

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.865-876>

УДК 631.481

**Изменение свойств агросерых лесных почв
Удмуртской Республики в результате их длительного
использования в сельскохозяйственном производстве**

© 2024. А. В. Леднев✉, А. В. Ложкин, И. М. Кудрявцев

ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН», г. Ижевск, Российская Федерация

На основании данных мониторингового обследования почвенного покрова Удмуртской Республики выявлены изменения морфологических и агрохимических показателей агросерых лесных почв за 50-летний период сельскохозяйственного использования. Исследования проведены на реперных участках и по материалам почвенного обследования на площади более 9 тыс. га. Установлено, что уровень плодородия агросерых лесных почв зависит от их генетических особенностей (происхождения) и агротехники, применяемой на земельных участках. По уровню плодородия агросерые лесные почвы в течение всего периода наблюдений хорошо дифференцировались на три подтипа: темно-серые (содержание гумуса – более 5 %, сумма обменных оснований – более 35 ммоль/100 г, реакция почвенной среды – близкая к нейтральной или нейтральная); светло-серые (2,5–3,5 %; 20–30 ммоль/100 г; слабокислая или близкая к нейтральной); серые (вышеперечисленные показатели занимали промежуточное положение). За период наблюдений в изменении свойств агросерых лесных почв прослеживались следующие тенденции: увеличилась мощность пахотного слоя в среднем на 2–4 см, уменьшилось содержание гумуса в пахотном слое на 0,2–0,3 абс.%, или 2,5–10,0 отн.%, произошло подкисление почвы в пределах исходной группировки почв по степени кислотности. Содержание элементов питания не зависело от генетических особенностей почв, а определялось уровнем агротехники на земельных участках. Выявленные закономерности позволят сделать многолетний прогноз дальнейших изменений этих почв в результате их сельскохозяйственного использования с целью разработки мероприятий по воспроизводству плодородия.

Ключевые слова: серые лесные почвы, почвенный мониторинг, морфологические показатели, агрохимические свойства, реперные участки, почвенное обследование.

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН» (тема № FUUE–2022-0001).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Леднев А. В., Ложкин А. В., Кудрявцев И. М. Изменение свойств агросерых лесных почв Удмуртской Республики в результате их длительного использования в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(5):865–876. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.865-876>

Поступила: 06.05.2024

Принята к публикации: 08.10.2024

Опубликована онлайн: 30.10.2024

Changes in the properties of agrogray forest soils of the Udmurt Republic as a result of their long-term use in agricultural production

© 2024. Andrey V. Lednev ✉, Andrey V. Lozhkin, Ivan M. Kudryavtsev

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russian Federation

Changes in the morphological and agrochemical parameters of agrogray forest soils over a fifty-year period of agricultural use were identified based on data from a monitoring survey of the soil cover of the Udmurt Republic. The studies were conducted on reference plots and based on soil survey data over an area of more than 9 thousand hectares. It was established that the fertility level of agrogray forest soils depended on their genetic characteristics (origin) and agricultural technology used on land plots. Throughout the observation period, agrogray forest soils were well differentiated by fertility level into three subtypes: dark gray (humus content – more than 5 %, sum of exchangeable bases – more than 35 mmol/100 g, soil reaction – close to neutral or neutral), light gray (2.5–3.5 %; 20–30 mmol/100 g; slightly acidic or close to neutral) and gray (the above mentioned indicators occupied an intermediate position). During the observation period, the properties of agrogray forest soils changed as follows: the thickness of the arable layer increased by an average of 2–4 cm, the humus content in the arable layer decreased by 0.2–0.3 abs.%, or 2.5–10.0 rel.%, and the soil became acidified within the initial grouping of soils according to the degree of acidity. The content of nutrients did not depend on the genetic characteristics of the soils, but was determined by the level of agricultural technology on the land plots. The identified patterns will make it possible to make a long-term forecast of further changes in these soils as a result of their agricultural use in order to develop measures to restore fertility.

Keywords: gray forest soils, soil monitoring, morphological indicators, agrochemical properties, reference plots, soil survey.

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. FUUE–2022–0001).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Lednev A. V., Lozhkin A. V., Kudryavtsev I. M. Changes in the properties of agro-gray forest soils of the Udmurt Republic as a result of their long-term use in agricultural production. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(5):865–876. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.865-876>

Received: 06.05.2024

Accepted for publication: 08.10.2024

Published online: 30.10.2024

Сельскохозяйственное использование земель является одним из ведущих факторов, влияющих на изменение свойств почвы, которое по своему воздействию не только не уступает, но и может превосходить природные процессы почвообразования, что, в одних случаях, приводит к окультуриванию почв, повышению их эффективного плодородия, в других – к деградации почв, резкому снижению их производительных свойств.

От состояния земельных ресурсов зависит продовольственная безопасность страны и экологическое состояние агроландшафтов. Выявление изменений количественных и качественных показателей в течение определённого времени с помощью регулярного мониторинга почвенного покрова является важнейшей государственной задачей.

Результаты по изучению изменений свойств почв в течение длительного периода отражены в многочисленных исследованиях. Основная их часть делает свои заключения по результатам агрохимических обследований пашни [1, 2, 3, 4] или по данным многолетних опытов [5, 6, 7, 8] и, значительно реже, по данным реперных участков [9]. Ряд работ посвящен актуальной теме – разработке методики проведения мониторинговых обследований почв с использованием современных цифровых технологий [10, 11, 12]. Многие исследователи изучают изменение в почвах только одного показателя или фактора: органического вещества [13, 14, 15]; элементов минерального питания [16, 17]; тяжелых металлов [18, 19]; нефти [20]; переувлажнения [21]; типа землепользования [22] или свойств почв участков конкретных землепользователей: свиного комплекса [23]; городских земель [24]; нарушенных или загрязненных земель [25]; лесных массивов [26, 27]. К сожалению, очень мало работ, которые анализируют изменение почвенного покрова

в течение длительного сельскохозяйственного использования по данным материалов почвенного обследования, хотя именно оно позволяет наиболее объективно оценить изменение как морфологических и агрохимических показателей, так и структуры почвенного покрова [28, 29]. Это связано с целым рядом объективных и субъективных причин, наиболее важными из которых являются:

- последний тур массового почвенного обследования в РФ завершился в 90-х годах XX века, поэтому архивные почвенные материалы просто не с чем сравнить;

- 2004 году принята новая классификация почв России¹, существенно отличающаяся от классификации 1977 года², по которой проведен последний тур почвенного обследования;

- массовая реорганизация колхозов и совхозов в конце XX века привела к изменению границ землепользований, смене землевладельцев и, в связи с этим, безвозвратной утрате многих архивных документов, в том числе материалов почвенного обследования.

Данные исследования имеют высокую степень актуальности и практической значимости, так как позволяют выявить тренды изменения свойств почв в результате длительного сельскохозяйственного использования и внести соответствующие коррективы в агротехнологии для повышения эффективности и экологической безопасности использования земельных ресурсов.

Цель исследований – выявить изменение морфологических, химических и физико-химических показателей агросерых лесных почв Удмуртской Республики за длительный период их сельскохозяйственного использования.

Научная новизна – впервые проведен анализ изменений свойств агросерых лесных почв Удмуртской республики за 50-летний период сельскохозяйственного использования.

¹Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.

²Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.

В данной статье приведены экспериментальные данные по агросерым лесным почвам, занимающим более 18 % от площади пашни в Удмуртии [30]. Результаты исследований по дерново-подзолистым почвам, занимающим 69 % площади пашни в Удмуртии, опубликованы в [31].

Материал и методы. Влияние природных и агрогенных факторов на основные типы почв Удмуртской Республики устанавливали с помощью двух методов. Первый метод основан на проведении мониторинговых исследований на специально отобранных реперных земельных участках (РЗУ). Закладка РЗУ проведена в 1992-1993 гг. специалистами АО АХЦ «Удмуртский», на которых в течение 30 лет периодически проводили целый комплекс наблюдений и исследований. Последний срок отбора почвенных и растительных образцов – август 2022 года. На агросерых лесных почвах располагались два РЗУ.

На каждом реперном земельном участке первоначально был заложен почвенный разрез на глубину 1,5 м, имеющий точные координаты места расположения. При выборе реперных участков учитывалось много факторов и, в первую очередь, типичность залегающих на них почв для условий Удмуртской Республики. Из каждого генетического горизонта почвенных разрезов отобраны почвенные образцы на полный агрохимический анализ, содержание нефтепродуктов, тяжёлых металлов и остаточное содержание пестицидов. Исключение составил только образец из пахотного слоя, он являлся смешанным и состоял из пяти индивидуальных образцов, отобранных методом конверта из слоя 0–20 см. Четыре образца были отобраны агрохимическим буром, а пятый (центральный) – из почвенного разреза. Через каждые три года с мест расположения почвенных разрезов из пахотного слоя почв РЗУ агрохимическим буром отбирались смешанные почвенные образцы с глубины 0–20 см на эти же виды анализов. В 2022 году на РЗУ на тех же самых местах снова были заложены почвенные разрезы на глубину 1,5 метра и отобраны по вышеописанной методике почвенные образцы на эти же виды анализов. Почвенные образцы проанализированы в биохимических лабораториях АО

АХЦ «Удмуртский» (с 1991 по 2012 год) и в Центре коллективного пользования УдмФИЦ УрО РАН (2022 г.) гостированными методами.

Второй метод проведения мониторинговых исследований основан на сравнении материалов трёх туров почвенного обследования по двум землепользованиям УдмФИЦ УрО РАН. Первый земельный участок расположен в окрестностях д. Дуброво Завьяловского района (кадастровый номер кварталов 18:08:035001 и 18:08:036001), его площадь составляет 1930,7 га. Второй земельный участок расположен в окрестностях д. Уром Малопургинского района (кадастровый номер кварталов 18:16:084001, 18:16:086001 и 18:16:006001), площадь – 7325,2 га. Общая площадь почвенного обследования – 9255,9 га.

Первый тур почвенного обследования на первом земельном участке проведён в 1973 г., на втором – в 1972 г., второй тур – на первом участке в 1992 г., на втором – в 1993 г. В августе 2021 г. (на первом участке) и в июне 2022 г. (на втором участке) проведено новое детальное почвенно-агрохимическое обследование в М 1:10 000 с использованием современных ГИС-технологий. Для повышения объективности оценки изменений свойств почв за период между обследованиями при заложении почвенных разрезов в 2021-2022 гг. учитывалось месторасположение разрезов предыдущего тура обследований.

Из каждого почвенного разреза с учетом генетических горизонтов отобраны почвенные образцы, которые были проанализированы в Центре коллективного пользования УдмФИЦ УрО РАН (2022 г.) гостированными методами.

Агрохимические показатели почвы при обоих видах мониторинговых исследований определяли следующими методами: $pH_{\text{сол}}$ – ионометрическим (ГОСТ 26483 – 85)³; гидролитическая кислотность – по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212–91)⁴; сумма поглощенных оснований – по Каппену (ГОСТ 27821–88)⁵. Для определения степени окультуренности использовали модели плодородия почв Удмуртской Республики, разработанные В. П. Ковриго [30], по которым выделялись три градации: слабо окультуренные (освоенные), средне- и сильно окультуренные.

³ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1985. 4 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/738/4294827946.pdf>

⁴ГОСТ 26212-91. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1992. 7 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/33a/4294828268.pdf>

⁵ГОСТ 27821-91. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. М.: Изд-во стандартов, 1988. 7 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/3a6/4294826916.pdf>

Подвижный фосфор и калий определяли по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207–91)⁶ колориметрическим методом, содержание гумуса – по Тюрину (ГОСТ 26213–91)⁷.

При статистической обработке экспериментальных данных по турам почвенного обследования рассчитывали доверительный интервал и коэффициент вариации⁸.

Результаты и их обсуждение. Изменение свойств агросерых лесных почв за период наблюдений определено с помощью экспериментальных данных, полученных по двум реперным участкам и по двум землепользованиям УдмФИЦ УрО РАН, расположенным в различных частях Удмуртии.

Реперный участок № 4. Находится в Каракулинском районе республики. Почвенная зона – северная лесостепная. Почвенная провинция – предуральская. Участок заложен в 1992 году. Землепользователь в 1992 году – совхоз «Каракулинский», в 2022 году – земли муниципального образования Каракулинский район. Площадь реперного участка 78 га, расположен на шлейфе пологого склона увала. Экспозиция склона – юго-восточная, крутизна – 1–2°. Название почвы: агросерая лесная среднепахотная слабосмытая тяжелосуглинистая на покровных глинах и тяжёлых суглинках (по классификации 2004 г.); светло-серая лесная сильно оподзоленная слабосмытая тяжелосуглинистая на покровных глинах и тяжёлых суглинках (по классификации 1977 г.). Морфологические признаки почвы реперного участка № 4 в 2022 г. определены с помощью закладки почвенного разреза 2. Координаты разреза: N 56.033.433; E 53.739.470. Они соответствовали координатам разреза 1, заложенного в 1992 г. Угодье – пашня. Культура в 2022 г. – многолетние травы (бобово-злаковая травосмесь). Биологическая урожайность зеленой массы – 800 г/м². Засоренность сильная осотом желтым, пыреем ползучим, нивяником полевым, щавелем конским. Морфологические признаки почвы разреза 2 в 2022 г. следующие:

Р (Апах) 0–24 см – пахотный; светло-серый; пылевато-комковатый; присутствуют многочисленные корни; тяжелосуглинистый; свежий; уплотненный; переход в нижележащий горизонт – резкий.

BEL (B₁) 24–48 см – субэлювиальный; белесовато-буровато-коричневый; состоит из комбинации белёсых, светлых и бурых фрагментов, различающихся по сложению, гранулометрическому составу и структуре; встречаются корневины и единичные корни; мелко-ореховатый; тяжелосуглинистый; свежий; среднеуплотнённый; переход в нижележащий горизонт постепенный.

BT (B₂) 48–130 см – иллювиальный (текстурный); буровато-коричневый; присутствуют единичные клиновидные языки, заполненные осветлённым материалом элювиального горизонта, и обильные многослойные кутаны из оксидов и гидроксидов железа, глинистых минералов, покрывающие структурные отдельности всех уровней; имеет многопорядковую структуру: призмы делятся на горизонтальные плитки, раскалывающиеся на орехи; тяжело-суглинистый; свежий; среднеуплотнённый.

С 130–150 см – почвообразующая порода; желтовато-коричневая; бесструктурная; тяжело-суглинистая; свежая; среднеуплотнённая.

За период с 1992 по 2022 год морфологические признаки остались без изменений, произошло лишь небольшое уменьшение мощности пахотного слоя на 1 см, что, возможно, связано с проявлением водной эрозии. Агрохимическая характеристика почвы реперного участка № 4 представлена в таблице 1.

Данные, приведенные в таблице 1, свидетельствуют, что в 1992 году пахотный слой почвы реперного участка № 4 характеризовался нейтральной реакцией солевой вытяжки, средним уровнем гидролитической кислотности, повышенной суммой обменных оснований и гумусированностью. Содержание обменного калия – среднее, подвижного фосфора – повышенное. Эти показатели являются типичными для освоенных агросерых суглинистых почв. Вниз по профилю наблюдалось снижение гумусированности, но не такое резкое, как у дерново-подзолистых почв [31]. Почвенная кислотность изменялась в небольших пределах и лишь в верхней части иллювиального горизонта снизилась до близкой к нейтральной реакции, что являлось следствием проявления ослабленного подзолистого процесса. Вниз по профилю происходило увеличение значений

⁶ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1992. 7 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/c43/4294828273.pdf>

⁷ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Изд-во стандартов, 1992. 8 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/f09/4294828267.pdf>

⁸Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.

суммы обменных оснований и содержания подвижного фосфора и калия, что связано с более тяжёлым гранулометрическим составом нижележащих горизонтов и региональной особен-

ностью почвообразующих пород, в образовании которых принимали участие породы морского происхождения (пермские карбонатные глины).

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика агросерой почвы реперного участка № 4 /
Table 1 – Agrochemical characteristics of agrogray soil of reference plot No. 4

Горизонт / Horizon	Глубина взятия, см / Taking depth, cm	pH _{KCl}	H ₂ / Hidrolytic acidity	S / Amount of exchange bases	V, % / The degree of saturation of the bases	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, % / Humus, %
			ммоль/100 г / mmol/100 g	мг/кг / mg/kg				
Разрез 1 (1992 г.) / Cut 1 (1992)								
Апах	0–20	6,4	3,36	29,4	90	110	88	2,9
В ₁	25–35	5,9	4,74	35,7	88	147	82	0,9
В ₁	60–70	6,1	2,67	35,1	94	190	89	0,6
В ₂	90–100	6,3	3,92	34,4	90	105	85	0,6
BC	120–130	6,3	4,74	36,1	88	192	93	0,5
C	140–150	6,2	4,57	36,7	89	220	101	0,7
Разрез 2 (2022 г.) / Cut 2 (2022)								
Р (Апах)	0–20	5,2	3,98	29,0	88	136	30	2,6
BEL (В ₁)	24–34	5,4	3,13	27,1	90	126	45	0,8
BT (В ₂)	60–70	6,1	3,79	29,0	88	144	45	0,6
BT (В ₂)	90–100	6,0	4,05	27,7	87	126	44	0,5
C	140–150	6,0	3,71	29,4	89	170	64	0,4

За период с 1992 по 2012 год наблюдали постепенное увеличение кислотности в пахотном слое и уменьшение показателя суммы обменных оснований, что связано с выносом кальция и магния урожаем сельскохозяйственных культур и периодическим внесением минеральных удобрений. Содержание элементов минерального питания по годам изменялось от среднего до повышенного уровня и определялось дозами внесения минеральных удобрений и полученной урожайностью сельскохозяйственных культур. Гумусированность пахотного слоя постепенно уменьшалась, это является следствием того, что на данном земельном участке применялись только экстенсивные технологии.

В 2022 году пахотный слой характеризовался слабокислой реакцией среды, средним уровнем гидролитической кислотности, повышенной суммой обменных оснований и гумусированностью. Содержание обменного калия в горизонте Апах – очень низкое, подвижного фосфора – повышенное. Всё это свидетельствует о снижении плодородия данного земельного участка за период наблюдений, о переходе степени его окультуренности от повышенной (до 2012 г.) до средней. Изменения показателей вниз по профилю почвы аналогичны отмеченным в 1992 году.

Реперный участок № 6. Расположен в Шарканском районе Удмуртии. Почвенная зона – южно-таёжная лесная. Почвенная провинция – среднерусская. Участок заложен в 1994 году. Землепользователь в 1994 году – колхоз «Идеал», в 2022 году – арендные земли КФК «Собин». Площадь реперного участка 113 га, расположен в нижней части слабопокатого склона увала. Экспозиция склона – северная, крутизна – 2-3°. Название почвы: агросерая лесная среднепахотная слабосмытая тяжело-суглинистая на покровных глинах и тяжёлых суглинках (по классификации 2004 г.); светло-серая лесная сильно оподзоленная слабосмытая тяжело-суглинистая на покровных глинах и тяжёлых суглинках (по классификации 1977 г.). Морфологические признаки почвы реперного участка № 6 в 2022 году определены с помощью закладки почвенного разреза 3 с координатами (N 57.266607; E 53.873406), которые соответствовали координатам разреза 1, заложенного в 1994 г. Угодье – пашня. Культура в 2022 г. – яровая пшеница. Биологическая урожайность зерна – 380 г/м². Засоренность средняя осотом розовым, выюнком полевым, овсягом. Морфологические признаки почвы разреза 3 следующие:

Р (Апах) 0–26 см – пахотный; светло-серый; пылевато-комковатый; присутствуют

многочисленные корни; среднесуглинистый; свежий; уплотненный; переход в нижележащий горизонт резкий.

BEL (B₁) 26–52 см – субэлювиальный; белесовато-буровато-коричневый; присутствуют многочисленные глубокие, сужающиеся книзу светлые языки, выполненные материалом элювиального горизонта, встречаются корневины и единичные корни; мелкоореховатый; тяжело-суглинистый; свежий; среднеуплотнённый; переход в нижележащий горизонт постепенный.

BT (B₂) 52–130 см – иллювиальный (текстурный); буровато-коричневый; присутствуют единичные клиновидные языки, заполненные осветлённым материалом элювиального горизонта, и обильные многослойные кутаны из оксидов и гидроксидов железа и глинистых минералов, покрывающие структурные отдельности всех уровней; имеет многопорядковую структуру: призмы делятся на горизонтальные плитки, раскалывающиеся на орехи; тяжело-суглинистый; свежий; среднеуплотнённый.

C 130–150 см – почвообразующая порода; желтовато-коричневая; бесструктурная; тяжело-суглинистая; свежая; среднеуплотнённая.

За период с 1994 по 2022 год произошло увеличение мощности пахотного слоя на 1 см (с 25 до 26 см), что, скорее всего, связано с периодической глубокой зяблевой обработкой данного участка отвальным плугом на глубину до 26 см. Кроме того, наблюдалось уменьшение мощности первого текстурного горизонта (ВТу) на 5 см. В 1994 году его мощность составляла 31 см (располагался на глубине 25–56 см), в 2022 году только 26 см (26–52 см). Это объясняется тремя причинами: 1) растянутым переходом первого текстурного горизонта во второй, что приводит к разным трактовкам определения его нижней границы; 2) увеличением мощности пахотного слоя на 1 см за счёт припашки текстурного горизонта; 3) развитием на земельном участке плоскостной водной эрозии, которая привела к смыву верхней части пахотного слоя.

Агрохимическая характеристика почвы реперного участка № 6 приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Агрохимическая характеристика агросерой почвы реперного участка № 6 /
 Table 2 – Agrochemical characteristics of agrogray soil of reference plot No. 6

Горизонт / Horizon	Глубина взятия, см / Taking depth, cm	pH _{KCl}	He / Hidrolytic acidity	S / Amount of exchange bases	V, % / The degree of saturation of the bases	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, % / Humus, %
			ммоль/100 г / mmol/100 g			мг/кг / mg/kg		
Разрез 1 (1994 г.) / Cut 1 (1994)								
Апах	0–20	4,9	5,54	22,4	80	76	59	3,5
A ₂ B ₁	25–35	4,1	4,71	17,8	79	36	78	0,9
B ₂	60–70	4,2	5,32	23,4	81	91	96	0,4
B ₂	90–100	4,7	4,00	28,9	88	114	95	0,5
C	140–150	5,0	2,89	29,8	91	117	97	0,6
Разрез 3 (2022 г.) / Cut 3 (2022)								
P (Апах)	0–20	5,2	3,63	25,8	88	100	80	3,4
BEL (B ₁)	26–36	4,9	1,98	21,8	92	80	44	1,1
BT (B ₂)	60–70	4,5	2,46	29,2	92	94	44	0,8
BT (B ₂)	90–100	5,3	2,72	30,7	92	120	58	0,8
C	140–150	5,6	2,34	31,2	93	180	60	0,7

В 1994 году пахотный слой почвы реперного участка № 6 характеризовался средне-кислой реакцией среды солевой вытяжки, повышенными значениями гидролитической кислотности и суммы обменных оснований, повышенным содержанием гумуса, средним – подвижного фосфора, низким – обменного калия. Полученные данные свидетельствуют об экстен-

сивном характере использования почвы и недостаточно высоком уровне ее плодородия. Вниз по профилю наблюдалось снижение гумусированности и увеличение почвенной кислотности, что являлось следствием проявления зонального подзолистого процесса. Самый низкий показатель почвенной кислотности и суммы обменных оснований закономерно

наблюдался в субэлювиальном горизонте (A_2B_1). Вниз по профилю происходило увеличение показателя суммы обменных оснований, содержания подвижного фосфора и обменного калия, что связано с более тяжёлым гранулометрическим составом нижележащих горизонтов и региональной особенностью почвообразующих пород, в образовании которых принимали участие породы морского происхождения. На глубине 130 см было зафиксировано снижение почвенной кислотности до 5,0 ед. $pH_{КС}$, что свидетельствовало о постепенной смене покровных глин и тяжёлых суглинков пермскими карбонатными глинами.

За период с 1994 по 2012 год наблюдали постепенное увеличение почвенной кислотности: значения обменной кислотности изменялись в пределах 4,6–5,0 ед. $pH_{КС}$, гидролитической кислотности – 4,14–8,45 ммоль/100 г почвы, что является следствием течения зонального подзолистого процесса и систематического внесения минеральных удобрений. Содержание элементов минерального питания по годам сильно изменялось (от низкого до повышенного) и определялось дозами внесения минеральных удобрений, а также урожайностью сельскохозяйственных культур. Наиболее стабильными показателями за период наблюдений отмечены сумма обменных оснований и содержание гумуса, коэффициент вариации по годам, в большинстве случаев, не превышал 10–20 %.

В 2022 году пахотный горизонт характеризовался слабокислой реакцией, средней гидролитической кислотностью, повышенной суммой обменных оснований и гумусированностью. Содержание обменного калия и подвижного фосфора в горизонте Апах – среднее. Приведенные показатели свидетельствуют о переходе степени окультуренности почвы от невысокой (до 2012 г.) до средней. Это связано с тем, что в настоящее время этот участок арендует экономически сильное сельскохозяйственное предприятие (КФК «Собин»). Изменение показателей вниз по профилю почвы, аналогично отмеченному в 1994 году.

Наибольший интерес при проведении мониторинга почв вызывает изменение в пахотном слое содержания гумуса – показатель, наиболее объективно отражающий степень окультуривания или деградации почв. За 30-летний период на реперном участке № 4 содержание гумуса уменьшилось на 0,3 абс.%, или 10,3 отн.%, на реперном участке № 6 – на 0,1 абс.%, или 2,6 отн.%. Это уменьшение обусловлено двумя

причинами: 1) увеличением мощности пахотного слоя за счёт припашки иллювиального горизонта; 2) развитием на реперных участках плоскостной водной эрозии, которая привела к смыву верхней части пахотного слоя и дополнительной припашке нижележащих горизонтов. Необходимо отметить, что процесс снижения содержания гумуса в агросерых лесных почвах протекал менее активно, чем на окружающих агродерново-подзолистых почвах [31], что объясняется их расположением в нижних частях пологих склонов и их шлейфах, которые являются наименее эрозионно опасными элементами агроландшафтов.

Для проверки выявленных закономерностей проведен анализ изменения свойств агросерых лесных почв на двух земельных участках за период между тремя турами почвенного обследования, который составил около 50 лет. Так как основные изменения агрохимических показателей происходили в пахотном слое почв, именно их обобщённая характеристика приведена в таблице 3.

Приведенные в таблице 3 агрохимические показатели пахотного слоя свидетельствуют о том, что разные подтипы агросерых лесных почв характеризуются отличающимся между собой уровнем плодородия, который возрастал от светло-серых к тёмно-серым лесным почвам. Наиболее четко прослеживались различия между подтипами по содержанию гумуса, показателю суммы обменных оснований и почвенной кислотности. Эти различия сохранялись в течение всего периода наблюдений. Содержание элементов минерального питания в пахотном слое не зависело от подтипа почв, оно определялось количеством минеральных удобрений, вносимых на данных земельных участках.

За период между почвенными обследованиями прослеживались следующие закономерности в изменении свойств серых лесных почв: 1) увеличилась мощность пахотного слоя в среднем на 2–4 см, что связано с использованием в хозяйствах более мощной почвообрабатывающей техники; 2) за 50-летний период во всех подтипах почв произошло снижение содержания гумуса в горизонте Апах. на 0,2–0,3 абс.%, что связано с целым комплексом причин; 3) за период с 1972 по 1992 год наблюдалось уменьшение почвенной кислотности, а впоследствии её увеличение, что связано с резким снижением объёмов известкования кислых почв после 90-х годов XX века; 4) наиболее значительно изменялось по годам содержание

в пахотном слое элементов минерального питания, количество которых не зависело от подтипа почв; 5) наиболее стабильными показателями за период наблюдений являлись содержание гумуса и сумма обменных оснований, коэффи-

циент вариации по годам, в большинстве случаев, не превышал 10-20 %. Выявленные при почвенных обследованиях закономерности подтверждаются экспериментальными данными, полученными на реперных участках.

Таблица 3 – Изменение агрохимических показателей пахотного слоя агросерых почв за период между обследованиями /

Table 3 – Changes in agrochemical parameters of the arable layer of agrogray soils during the period between the surveys

Количество разрезов / Number of cuts	Мощность слоя, см / Layer thickness, cm	pH _{KCl}	H ₂ / Hidro- lytic acidity	S / Amount of exchange bases	V, % / The degree of saturation of the bases	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, % / Humus, %
			ммоль/100 г / mmol/100 g	мг/кг / mg/kg				
Светло-серые лесные суглинистые / Light gray forest loamy 2021-2022 гг.								
10	30±6	5,4±0,4	2,90±0,32	23,7±3,9	89,1±0,5	212±48	138±28	2,7±0,3
1992-1993 гг.								
10	26±2	5,8±0,2	2,2±0,58	25,7±2,5	92,0±2,6	172±86	128±42	2,8±0,4
1972–1974 гг.								
8	22±1	5,3±0,2	3,9±0,70	21,4±2,5	84,7±0,8	89±28	74±19	3,0±0,3
Серые лесные суглинистые / Gray forest loamy 2021-2022 гг.								
4	26±2	5,9±0,6	2,0±1,22	33,0±3,2	94,1±3,8	232±73	91±31	4,6±0,8
1992-1993 гг.								
4	25±2	6,0±0,4	2,17±1,40	34,9±5,6	94,1±3,2	190±41	96±26	4,7±0,6
1972–1974 гг.								
3	24±3	5,6±0,3	3,61±1,36	28,2±4,6	88,6±4,1	172±48	65±24	4,8±0,9
Темно-серые лесные суглинистые / Dark gray forest loamy 2021-2022 гг.								
3	29±1	6,0±0,5	2,74±1,40	40,7±3,3	93,7±3,2	177±27	73±12	5,6±0,4
1992-1993 гг.								
3	26±2	6,2±0,3	1,98±0,85	42,9±4,9	95,6±4,1	189±42	65±16	5,8±0,7
Данные за период 1972–1974 гг. отсутствуют / Data for the period 1972–1974 are not available								

Выводы.

1. Сельскохозяйственное использование изменяет только самые верхние горизонты почв. Формируется специфический агрогенный (пахотный) слой, показатели которого зависят от генетических особенностей почвы (её происхождения) и особенностей агротехники, применяемой на земельных участках.

2. По уровню плодородия в течение всего периода наблюдений серые лесные почвы хорошо дифференцировались на три подтипа: темно-серые (содержание гумуса очень высокое – более 5 %, сумма обменных оснований очень большая – более 35 ммоль/100 г, кислотность изменялась от близкой к нейтральной до нейтральной по показателю pH_{KCl}); светло-

серые (содержание гумуса повышенное – 2,5–3,5 %, сумма обменных оснований повышенная и большая – 20–30 ммоль/100 г, реакция почвенной среды изменялась от слабо кислой до близкой к нейтральной); серые (вышеперечисленные показатели занимали промежуточное положение).

3. В течение 50-летнего сельскохозяйственного использования в изменении свойств агросерых лесных почв прослеживались следующие тенденции: увеличилась мощность пахотного слоя в среднем на 2–4 см; отмечено уменьшение содержания гумуса в пахотном слое на 0,2-0,3 абс.%, или 5–10 отн.%; произошло небольшое подкисление почвы – в пределах исходной группировки почв по степени кислотности.

4. Агрохимические показатели, используемые для проведения мониторинга почв, подразделялись на две основные группы: наиболее изменчивые, к которым относятся содержание элементов минерального питания (в течение длительного периода они изменялись в значительных пределах, коэффициент вариации превышал 33 %); относительно стабильные – это сумма обменных оснований и содержание гумуса (коэффициент вариации, в большинстве случаев, не превышал 10–20 %).

5. Для проведения длительного мониторинга почв наибольший интерес представляет вторая группа показателей (сумма обменных оснований и содержание гумуса). Они не такие консервативные, как гранулометрический и минералогический состав почв, но в то же время достаточно объективно сигнализируют о деградации или окультуривании почв, что позволяет использовать данные показатели для паспортизации почв земельных участков⁹.

Список литературы

1. Лукин С. В. Динамика агроэкологического состояния почв Белгородской области при длительном сельскохозяйственном использовании. Почвоведение. 2023;(12):1671–1685. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600890> EDN: DQWBBW
2. Суринов А. В. Динамика агрохимических показателей плодородия черноземов лесостепной зоны ЦЧР. Агрохимический вестник. 2022;(2):8–10. DOI: <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-2-002> EDN: GYRVGC
3. Некрасов Р. В. На страже плодородия почв России. Агрохимический вестник. 2019;(2):3–9. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2516-2019-10017> EDN: WZCIRD
4. Соловиченко В. Д., Тютюнов С. И. Мониторинг почвенного покрова Белгородской области. Белгород: изд-во Отчий край, 2014. 113 с.
5. Семенов М. В., Ксенофонтова Н. А., Никитин Д. А., Тхакахова А. К., Лукин С. М. Микробиологические показатели дерново-подзолистой почвы и ризосферы в полувековом полевом опыте с применением разных систем удобрения. Почвоведение. 2023;(6):715–729. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22601220> EDN: FREBGH
6. Семенов В. М., Лебедева Т. Н., Зинькова Н. Б., Соколова Д. А. Размеры и соотношения пулов органического углерода в серой лесной почве при многолетнем применении минеральных и органических удобрений. Почвоведение. 2023;(4):482–501. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22601426> EDN: HORPOE
7. Кузьмина Т. Е., Володина Т. И., Левченкова А. Н. Агроэкологическая оценка дерново-подзолистых почв по агрохимическим и агрофизическим свойствам в условиях Псковской области. Агрохимический вестник. 2022;(1):17–21. DOI: <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-1-004> EDN: LGOMJG
8. Bassouny M., Chen J. Effect of long-term organic and mineral fertilizer on physical properties in root zone of a clayey Ultisol. Archives of Agronomy and Soil Science. 2016;62(6):819–828. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650340.2015.1085649>
9. Воронин М. Ю., Сискевич Р. Ю., Фролова Н. А. Динамика агрохимических показателей пахотного горизонта почв Липецкой области по результатам локального мониторинга. Агрохимический вестник. 2022;(5):3–9. DOI: <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-5-001> EDN: ENUGTS
10. Шарый П. А. Факторы среды в предсказательном картографировании почв. Почвоведение. 2023;(3):285–299. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22100380> EDN: HCYRWI
11. Рухович Д. И., Королева П. В., Калинина Н. В., Вильчевская Е. В., Сулейман Г. А., Черноусенко Г. И. Детектирование деградированных участков пашни на основе анализа больших спутниковых данных. Почвоведение. 2021;(2):151–167. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X21020131> EDN: WLJCMW
12. Лукин С. В., Костин И. Г., Малышева Е. С. Применение геоинформационных систем для агроэкологического мониторинга сельскохозяйственных земель. Агрохимический вестник. 2019;(4):8–13. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2516-2019-10050> EDN: ANUBYO
13. Фомин Д. С., Полякова С. С., Фомин Дм. С. Продуктивность севооборотов с разными видами пара и их влияние на содержание гумуса в дерново-подзолистой почве Среднего Предуралья. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(2):207–215. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.2.207-215> EDN: BTQGIT
14. Митрофанов Ю. И., Первушина Н. К. Динамика гумуса в полевых севооборотах на осушаемых землях. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(1):62–74. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.1.62-74> EDN: IAAFVI
15. Овсепян Л. А., Курганова И. Н., Лопес де Гереню В. О., Русаков А. В., Кузяков Я. В. Изменение денситометрического фракционного состава органического вещества почв лесостепной зоны в процессе постагрогенной эволюции. Почвоведение. 2020;(1):56–68. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0032180X20010128> EDN: EMBFON

⁹ГОСТ Р 70229–2022. Почвы. Показатели качества почв. М.: Российский институт стандартизации, 2022. 32 с. URL: <http://gost.gtsever.ru/Data/784/78427.pdf>

16. Папаскири Т. В., Митрофанов С. В., Серова Е. В., Орлова Н. В., Савина Н. П. Анализ влияния сельскохозяйственного применения удобрений на баланс основных элементов питания и устойчивость земледелия Нидерландов. *Агрохимический вестник*. 2023;(6):72–78. DOI: <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-6-014> EDN: RYXQSI
17. Дзюин А. Г. Фосфатный режим дерново-подзолистых почв Северо-восточной зоны Нечерноземья. Ижевск: изд-во Алкид, 2020. 208 с.
18. Сысо А. И., Соколов Д. А., Сиромля Т. И., Ермолов Ю. В., Махатков И. Д. Антропогенная трансформация свойств почв ландшафтов Таймыра. *Почвоведение*. 2022;(5):521–537. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22050082> EDN: TWYXFU
19. Кашулина Г. М. Комплексный мониторинг окружающей среды в районе медно-никелевого предприятия на Кольском полуострове. *Почвоведение*. 2022;(5):556–570. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22050021> EDN: YMIYMT
20. Леднев А. В. Изменение свойств почв европейской части Нечерноземной зоны РФ под действием продуктов нефтедобычи и приемы их ремедиации. Ижевск: изд-во «Цифра», 2018. 230 с.
21. Королева П. В., Рухович Д. И., Шаповалов Д. А., Сулейман Г. А., Долинина Е. А. Ретроспективный мониторинг переувлажнения почвенного покрова пахотных земель Тамбовской области в 2018–1968 гг. *Почвоведение*. 2019;(7):872–890. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0032180X19070074> EDN: BSDBSB
22. Marzaioli R., D'Ascoli R., De Pascale R. A., Rutigliano F. A. Soil Quality in a Mediterranean Area of Southern Italy as Related to Different Land Use Types. *Applied Soil Ecology*. 2010;44(3):205–212. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.12.007>
23. Титова В. И., Мартынова О. С., Рыбин Р. Н. Динамика агрохимических показателей почв свинокомплекса за 10 лет его функционирования. *Агрохимический вестник*. 2024;(1):7–12. DOI: <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2024-1-002> EDN: KNZLCG
24. Парамонова Т. А., Черногаева Г. М., Лукьянова Н. Н., Парамонов М. С. Тяжелые металлы в городских почвах Приволжского федерального округа: сопряженный анализ официальных данных. *Почвоведение*. 2023;(11):1472–1488. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600300> EDN: MGZLIZ
25. Сычева Д. Г., Кошелева Н. Е. Эколого-геохимическое состояние почвенного покрова г. Гусиноозерска в зоне влияния угольной ГРЭС. *Почвоведение*. 2023;(8):953–969. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600270> EDN: OJFDFW
26. Копчик Г. Н., Смирнова И. Е., Копчик С. В. Анализ эколого-генетических особенностей почв для мониторинга лесных экосистем в зоне хвойно-широколиственных лесов. *Почвоведение*. 2023;(10):1269–1284. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600592> EDN: UKBCZF
27. Mihailović D. T., Dresković N., Arsenić I., Ćivić V., Durđević V., Mimić G., Pap I. I., Balaž I. Impact of climate change on soil thermal and moisture regimes in Serbia: An analysis with data from regional climate simulations under SRES-A1B. *Science of The Total Environment*. 2016;571:398–409. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.142>
28. Леднев А. В., Кудрявцев И. М. Изменение почвенного покрова за период между обследованиями (1992–2021 гг.) на примере земельного участка Удмуртского НИИСХ. *Агрофизика*. 2022;(2):7–12. DOI: <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2022.02.02> EDN: VJZJJI
29. Киселева А. Н., Курмашева Н. Г., Асылбаев И. Г., Хасанов А. Н., Низаметдинов З. М. Мониторинг изменения почвенного покрова северной лесостепной зоны республики Башкортостан (на примере Иглинского района). *Агрофизика*. 2021;(3):27–34. DOI: <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2021.03.05> EDN: CGBJTF
30. Ковриго В. П. Почвы Удмуртской Республики. Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2004. 489 с.
31. Леднев А. В., Ложкин А. В. Изменение свойств агродерново-подзолистых почв Удмуртской Республики с 1992 по 2022 гг. *Агрохимический вестник*. 2023;(5):33–39. DOI: <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2023-5-006> EDN: BAIJIY

References

1. Lukin S. V. Dynamics of the agroecological state of the soils of the central chernozem region during long-term agricultural use (on the example of the Belgorod region). *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 2023;(12):1671–1685. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600890>
2. Surinov A. V. Dynamics of agrochemical parameters of chernozem fertility in forest-steppe zone of the Central chernozem region. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald*. 2022;(2):8–10. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-2-002>
3. Nekrasov R. V. On the guard of Russian soils fertility. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald*. 2019;(2):3–9. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2516-2019-10017>
4. Solovichenko V. D., Tyutyunov S. I. Monitoring of the soil surface of the Belgorod region. Belgorod: *izd-vo Otchiy kray*, 2014. 113 p.

5. Semenov M. V., Ksenofontova N. A., Nikitin D. A., Tkhakakhova A. K., Lukin C. M. Microbiological parameters of sod-podzolic soil and rhizosphere in a half-century field experiment with different fertilizer systems. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2023;(6):715–729. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22601220>
6. Semenov V. M., Lebedeva T. N., Zinkova N. B., Sokolova D. A. Sizes and ratios of organic carbon pools in gray forest soil under long-term application of mineral and organic fertilizers. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2023;(4):482–501. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22601426>
7. Kuz'mina T. E., Volodina T. I., Levchenkova A. N. Agroecological assessment of soddy-podzolic soils by agrochemical and agrophysical properties under conditions of the Pskov region. *Agrokhimicheskiy vestnik* = Agrochemical Herald. 2022;(1):17–21. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-1-004>
8. Bassouny M., Chen J. Effect of long-term organic and mineral fertilizer on physical properties in root zone of a clayey Ultisol. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2016;62(6):819–828. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650340.2015.1085649>
9. Voronin M. Yu., Siskevich R. Yu., Frolova N. A. Dynamics of agrochemical indicators of arable soil horizon in the Lipetsk region according to results of local monitoring. *Agrokhimicheskiy vestnik* = Agrochemical Herald. 2022;(5):3–9. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-5-001>
10. Sharyy P. A. Environmental variables in predictive soil mapping. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2023;(3):285–299. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22100380>
11. Rukhovich D. I., Koroleva P. V., Kalinina N. V., Vilchevskaya E. V., Suleyman G. A., Chernousenko G. I. Detecting degraded arable land on the basis of remote sensing big data analysis. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2021;(2):151–167. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X21020131>
12. Lukin S. V., Kostin I. G., Malysheva E. S. Application of gis for agroecological monitoring of agricultural lands. *Agrokhimicheskiy vestnik* = Agrochemical Herald. 2019;(4):8–13. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2516-2019-10050>
13. Fomin D. S., Polyakova S. S., Fomin D. S. Productivity of crop rotations with different types of fallow and their effect on the humus content in sod-podzolic soil the Middle Urals. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(2):207–215. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.2.207-215>
14. Mitrofanov Yu. I., Pervushina N. K. Dynamics of humus in field crop rotations on drained lands. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(1):62–74. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.1.62-74>
15. Ovsepyan L. A., Kurganova I. N., Lopes de Gerenyu V. O., Rusakov A. V., Kuzyakov Ya. V. Changes in the fractional composition of organic matter in the soils of the forest–steppe zone during their postagrogenic evolution. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2020;(1):56–68. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.1134/S0032180X20010128>
16. Papaskiri T. V., Mitrofanov S. V., Serova E. V., Orlova N. V., Savina N. P. Analysis of the impact of agricultural application of fertilizers on the balance of basic nutrition elements and sustainability of agriculture in the Netherlands. *Agrokhimicheskiy vestnik* = Agrochemical Herald. 2023;(6):72–78. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-6-014>
17. Dzyuin A. G. Phosphate regime of sod-podzolic soils of the Northeastern zone of the Non-Chernozem region. Izhevsk: *izd-vo Alkid*, 2020. 208 p.
18. Syso A. I., Sokolov D. A., Siromlya T. I., Ermolov Yu. V., Makhatkov I. D. Anthropogenic transformation of soil properties in Taimyr landscapes. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2022;(5):521–537. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22050082>
19. Kashulina G. M. Multi-medium environmental monitoring in the impact zone of the copper-nickel industrial complex in the Kola peninsula. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2022;(5):556–570. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22050021>
20. Lednev A. V. Changes in soil properties of the European part of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation under the influence of oil products and methods of their remediation. Izhevsk: *izd-vo «Tsifra»*, 2018. 230 p.
21. Koroleva P. V., Rukhovich D. I., Shapovalov D. A., Suleyman G. A., Dolinina E. A. Retrospective monitoring of soil waterlogging on arable land of Tambov oblast in 1918–1968. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2019;(7):872–890. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.1134/S0032180X19070074>
22. Marzaioli R., D'Ascoli R., De Pascale R. A., Rutigliano F. A. Soil Quality in a Mediterranean Area of Southern Italy as Related to Different Land Use Types. *Applied Soil Ecology*. 2010;44(3):205–212. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.12.007>
23. Titova V. I., Martyanova O. S., Rybin R. N. Dynamics of agrochemical indicators of soils of pig farm during 10-year period of its operation. *Agrokhimicheskiy vestnik* = Agrochemical Herald. 2024;(1):7–12. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2024-1-002>
24. Paramonova T. A., Chernogaeva G. M., Lukyanova N. N., Paramonov M. S. Heavy metals in urban soils of the Volga federal district: a conjugate analysis of official data. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2023;(11):1472–1488. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600300>

25. Sycheva D. G., Kosheleva N. E. Ecological and geochemical state of soil cover in Gusinoozersk in the zone of influence of coal thermal power plant. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2023;(8):953–969. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600270>
26. Koptsik G. N., Smirnova I. E., Koptsik S. V. Analysis of ecological and genetic soil properties for forest ecosystem monitoring in the zone of coniferous-broad-leaved forests. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2023;(10):1269–1284. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600592>
27. Mihailović D. T., Dresković N., Arsenić I., Čivić V., Durđević V., Mimić G., Pap I. I., Balaž I. Impact of climate change on soil thermal and moisture regimes in Serbia: An analysis with data from regional climate simulations under SRES-A1B. *Science of The Total Environment*. 2016;571:398–409. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.142>
28. Lednev A. V., Kudryavtsev I. M. Soil cover changes during the period between surveys (1992–2021) on the example of the land site of the Udmurt Research Institute of Agriculture. *Agrofizika* = Agrophysica. 2022;(2):7–12. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2022.02.02>
29. Kiseleva A. N., Kurmasheva N. G., Asylbaev I. G., Khasanov A. N., Nizametdinov Z. M. Monitoring of soil cover change in the northern forest-steppe zone of the republic of Bashkortostan (on the example of the Iginsky district). *Agrofizika* = Agrophysica. 2021;(3):27–34. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2021.03.05>
30. Kovrigo V. P. Soils of the Udmurt Republic. Izhevsk: *RIO Izhevskaya GSKhA*, 2004. 489 p.
31. Lednev A. V., Lozhkin A. V. Changes of agro-soddy-podzolic soils properties in the Udmurt Republic from 1992 to 2022. *Agrokhimicheskiy vestnik* = Agrochemical Herald. 2023;(5):33–39. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2023-5-006>

Сведения об авторах

✉ **Леднев Андрей Викторович**, доктор с.-х. наук, доцент, руководитель Удмуртского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина, д. 1, с. Первомайский, Завьяловского района, Российская Федерация 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8602-768x>, e-mail: av-lednev@yandex.ru

Ложкин Андрей Владимирович, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник управления НИР Удмуртского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина, д. 1, с. Первомайский, Завьяловского района, Российская Федерация, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9654-7462>

Кудрявцев Иван Михайлович, аспирант, младший научный сотрудник Удмуртского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина, д. 1, с. Первомайский, Завьяловского района, Российская Федерация, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2609-4856>

Information about the authors

✉ **Andrey V. Lednev**, DSc in Agricultural Science, associate professor, Head of the Udmurt of Sciences Research Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budgetary of Sciences Institution «Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», st. Lenin, 1, v. Pervomaisky, Zavyalovsky district, Russian Federation, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8602-768x>, e-mail: av-lednev@yandex.ru

Andrey V. Lozhkin, PhD in Agricultural Science, senior researcher, the Research Department, Udmurt of Sciences Research Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budgetary of Sciences Institution «Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», st. Lenin, 1, v. Pervomaisky, Zavyalovsky district, Russian Federation, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9654-7462>

Ivan M. Kudryavtsev, postgraduate, junior researcher, Udmurt of Sciences Research Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budgetary of Sciences Institution «Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», st. Lenin, 1, v. Pervomaisky, Zavyalovsky district, Russian Federation, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2609-4856>

✉ – Для контактов / Corresponding author