

## ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 631.95:631.445.2:631.611(470.316)

doi: 10.31774/2712-9357-2025-15-3-309-328

### Агроэкологическая оценка дерново-подзолистой глееватой почвы агроценоза и залежи в условиях Ярославской области

Елена Владимировна Чебыкина<sup>1</sup>, Полина Алексеевна Котьяк<sup>2</sup>,  
Татьяна Васильевна Таран<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Российская Федерация

<sup>1</sup>e.chebykina@yarcx.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8189-5165>

<sup>2</sup>p.kotyak@yarcx.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1344-3380>

<sup>3</sup>t.taran@yarcx.ru

**Аннотация.** Цель: выявление направлений изменения показателей плодородия постагрогенной почвы при ее распашке и дальнейшем сельскохозяйственном использовании. **Материалы и методы.** Исследования проводились в 2023 г. в условиях ландшафта с дерново-подзолистыми глееватыми почвами, расположенного в Ярославской области. Методология исследований: проведение полевых опытов и лабораторных исследований по общепринятым методам анализа состояния почв. **Результаты.** В дерново-подзолистой глееватой почве залежи за 28-летний период повысилось содержание гумуса на 1,46 %. В агроценозе произошло увеличение количества водорастворимого гумуса на 2,26 мг CO<sub>2</sub>/100 г почвы. Значимых различий между залежной и пахотной почвами по групповому составу гумуса не обнаружено. Среднее содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в слое почвы 0–20 см биоценоза составляло 261,7, агроценоза – 170,8 мг/кг; K<sub>2</sub>O в слое почвы 0–20 см биоценоза – 134,3, агроценоза – 93,5 мг/кг. Произошло увеличение гидролитической кислотности с 0,93 до 1,25 мг-экв/100 г почвы, pH<sub>сол</sub> с 6,09 до 5,55 ед. Заметно снизилась степень насыщенности почвы основаниями – с 93,6 % в почве биоценоза до 91,9 % – агроценоза. В агроценозе, по сравнению с биоценозом, произошло снижение обилия нематод (–47,2 %). При выращивании сельскохозяйственных культур синтез фермента каталазы в почве был на 31,8 % интенсивнее, чем под естественной растительностью. «Дыхание» почвы под агроценозом превышает на 30,2 % его значения под биоценозом. **Выводы.** Сравнительная оценка агроценоза и вторичного биоценоза по основным эколого-агрохимическим показателям позволила установить, что в процессе антропогенного вмешательства при выращивании сельскохозяйственных культур в условиях ландшафта с дерново-подзолистой глееватой почвой значительно снижается в почве содержание гумуса, обеспеченность подвижными фосфором и калием, ухудшается ее физико-химическое состояние, усиливается интенсивность биохимических процессов. Вторичный биоценоз находится в относительно стабильном естественном состоянии.

**Ключевые слова:** агроценоз, залежь, дерново-подзолистая глееватая почва, содержание гумуса, фосфор, калий, кислотно-основные свойства, биологическая активность

**Финансирование:** работа финансировалась в рамках Государственного задания по теме: «Агробιοценотический и эколого-агрохимический анализ состояния почв агроландшафтов и его оптимизация при разных уровнях интенсивности возделывания полевых культур в условиях Нечерноземной зоны России», регистрационный номер НИОКТР: 123112900053-5.

**Для цитирования:** Чебыкина Е. В., Котьяк П. А., Таран Т. В. Агроэкологическая оценка дерново-подзолистой глееватой почвы агроценоза и залежи в условиях Яросла-

ской области // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 3. С. 309–328. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-3-309-328>.

## GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

### Agroecological assessment of sod-podzolic gleyic soil agrocnosis and fallow land in the Yaroslavl' region

Elena V. Chebykina<sup>1</sup>, Polina A. Kotyak<sup>2</sup>, Tatiana V. Taran<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russian Federation

<sup>1</sup>[e.chebykina@yarcx.ru](mailto:e.chebykina@yarcx.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8189-5165>

<sup>2</sup>[p.kotyak@yarcx.ru](mailto:p.kotyak@yarcx.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1344-3380>

<sup>3</sup>[t.taran@yarcx.ru](mailto:t.taran@yarcx.ru)

**Abstract. Purpose:** to identify trends in fertility indicators changes in post-agrogenic soils during plowing and further agricultural use. **Materials and methods.** The study was conducted in 2023 in a landscape with sod-podzolic gleyic soils located in the Yaroslavl region. Research methodology is the following: field experiments and laboratory studies using generally accepted soil status analysis methods. **Results.** The humus content of the sod-podzolic gleyic fallow soil increased by 1.46 % over a 28-year period. In the agrocnosis, the amount of water-soluble humus increased by 2.26 mg CO<sub>2</sub>/100 g of soil. No significant differences in the humus group composition between the fallow and arable soils were found. The average content of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in the 0–20 cm soil layer of the biocenosis was 261.7, and in the agrocnosis – 170.8 mg/kg; K<sub>2</sub>O in the 0–20 cm soil layer of the biocenosis was 134.3, and in the agrocnosis – 93.5 mg/kg. There was an increase in hydrolytic acidity from 0.93 to 1.25 mg-eq/100 g of soil, and pH<sub>salt</sub> from 6.09 to 5.55 units. The degree of soil saturation with bases noticeably decreased – from 93.6 % in the biocenosis to 91.9 % in the agrocnosis. In the agrocnosis, there was a decrease in the abundance of nematodes (–47,2 %) compared to the biocenosis. When growing agricultural crops, catalase enzyme synthesis in the soil was 31.8 % more intense than under natural vegetation. Soil “respiration” under an agrocnosis is 30.2 % higher than under a biocenosis. **Conclusions.** A comparative assessment of the agrocnosis and secondary biocenosis based on key ecological and agrochemical indicators revealed that anthropogenic intervention during crop cultivation in a landscape with sod-podzolic gleyic soil significantly reduces the humus content and availability of mobile phosphorus and potassium, deteriorates its physicochemical state, and intensifies biochemical processes. The secondary biocenosis is in a relatively stable natural state.

**Keywords:** agrocnosis, fallow land, sod-podzolic gleyic soil, humus content, phosphorus, potassium, acid-base properties, biological activity

**Funding:** this work was funded under the State Assignment on the theme: “Agrobiocenotic and ecological-agrochemical analysis of the condition of agricultural landscape soils and its optimization at different intensity levels of field crops cultivation under the conditions of the Non-Black Earth zone of Russia”, registration number NIOKTR is: 123112900053-5.

**For citation:** Chebykina E. V., Kotyak P. A., Taran T. V. Agroecological assessment of sod-podzolic gleyic soil agrocnosis and fallow land in the Yaroslavl' region. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2025;15(3):309–328. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-3-309-328>.

**Введение.** В естественных природных условиях плодородие почв мало изменяется, поддерживается благодаря ежегодному поступлению органической массы растительного опада и отпада в почву.

В пахотных почвах ежегодное отчуждение минеральных элементов с урожаями, обработка почвы и другие агроприемы заметно нарушают равновесие почвенной экосистемы. При введении в оборот новых земель или повторном использовании залежи необходимо знать, в каком состоянии находится почва, в частности, по содержанию элементов питания, реакции среды и т. д., а также в каком направлении и как могут измениться показатели плодородия постагrogenной почвы при ее распашке и дальнейшем сельскохозяйственном использовании. Ведь распашка залежных почв провоцирует интенсивные процессы, что существенно снижает ее плодородие и нарушает ее «здоровье».

Т. В. Нечаева [1], М. Л. Бурдуковский, П. А. Перепелкина [2] отмечали, что сукцессионные изменения на залежах – это сложный процесс восстановления почвенного плодородия и растительности.

В литературе приводятся данные о том, что при зарастании заброшенных сельскохозяйственных угодий, особенно после долгого их использования, изменяются содержание углерода и гумусное состояние почв [3], физические, физико-химические и агрохимические свойства почв [4, 5], функционирование микробных сообществ и биологические свойства почв [6].

О. А. Сорокиной, А. П. Попковым приводятся данные о том, что повторное освоение и дальнейшее сельскохозяйственное использование залежных почв различных типов в лесостепной зоне, не обеспечивающее мероприятий по воспроизводству почвенного плодородия, может привести к проявлению «деградационного тренда» и снижению их ресурсного потенциала [7].

Т. В. Нечаева [1] подчеркивает, что для принятия решения по возврату залежей в пашню необходим предварительный осмотр каждого участка, количественный и качественный анализ состояния почв и растительности.

С целью выявления направлений изменения показателей плодородия, особенно содержания элементов питания, реакции среды и т. д., постагро-

генной почвы при ее распашке и дальнейшем сельскохозяйственном использовании проведена оценка изменений основных эколого-агрохимических показателей состояния дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почвы под агроценозом и вторичным биоценозом.

**Материалы и методы.** Наши исследования проводились в 2023 г. в условиях ландшафта, расположенного на бывшей территории СП «Молот» Ярославского района Ярославской области. На данном участке в 1995 г. под руководством заведующего кафедрой земледелия, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Б. А. Смирнова был заложен многолетний трехфакторный стационарный полевой опыт. До 1995 г. на земельном участке сформировался многолетний вторичный залежный биоценоз.

Непосредственно исследуемый ландшафт располагается на выровненном участке, имеющем небольшой уклон в одностороннем направлении. Почва дерново-подзолистая глееватая среднесуглинистая на карбонатной морене. Почва участка сформировалась в пониженных элементах агроландшафта при поверхностном периодическом избыточном увлажнении, что обуславливает в целом неблагоприятный водно-воздушный режим, низкое плодородие, но при окультуривании и вовлечении в категорию пахотных почв могло сформировать дополнительное количество растительной продукции [8].

Отбор почвенных образцов проводился в разных экосистемах. Экосистема «Вторичный биоценоз» представляла собой залежь, не обрабатываемую длительное время (более 30 лет), на которой обильно произрастают естественные травы, биомасса которых не отчуждается. Экосистема «Агроценоз» – это опытное поле, на котором в течение 28 лет выращивались полевые культуры. Оба ценоза расположены на территории одной фации, на одном элементе рельефа, с почвами со схожими характеристиками, сформированными на одной материнской породе.

Почва ландшафта характеризовалась следующими агрохимическими

показателями (слой 0–20 см): содержание органического вещества – 3,29 %, легкодоступного фосфора – 356,6 мг/кг почвы, обменного калия – 71,5 мг/кг почвы; сумма обменных оснований составляла 22,15 мг-экв/100 г почвы; гидролитическая кислотность – 1,38 мг-экв/100 г почвы;  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – 6,13 ед.

Анализ изменений состояния почвы проводился с помощью следующих методик: определение содержания гумуса проводилось по методу И. В. Тюрина в модификации В. Н. Симакова; определение водорастворимых органических веществ – по методу Кубеля – Тимана; определение состава гумуса почвы – по методу М. М. Кононовой и Н. П. Бельчиковой; содержание подвижных форм фосфора и калия определяли по А. Т. Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011); определение обменной кислотности почвы проводилось потенциометрическим методом (ГОСТ Р 58594-2019); гидролитическую кислотность определяли по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-2021); сумма поглощенных оснований – по методу Каппена (ГОСТ 27821-2020); учет нематод в почве осуществляли методом с использованием «воронки Бермана»; активность фермента каталаза определялась газометрическим методом; определение «дыхания» почвы в лаборатории по Галстяну.

**Результаты и обсуждение.** За период использования ландшафта под пашню (28 лет) произошли следующие изменения в почвенной экосистеме под вторичным биоценозом и вновь сформированным агроценозом.

Одним из главных индикаторов плодородия и «здоровья» является количество и качество гумуса. Масштаб и глубина процессов трансформации органического вещества, наблюдаемые при использовании дерново-подзолистых почв, особенно ярко проявляются при сравнении их с целинными (или залежными) аналогами, где уровень содержания и качественный состав гумуса относительно постоянны во времени, поскольку процессы новообразования и расхода гумуса в них уравновешены [9].

Наши исследования показали, что содержание гумуса в почве на

участке вторичного биоценоза составляло в верхнем (0–10 см) слое 4,11 %, в нижнем (10–20 см) слое – 3,28 % (таблица 1), что соответствует среднему уровню признака в верхнем слое и низкому в нижнем.

**Таблица 1 – Сравнительная характеристика агрохимических показателей почвенного плодородия во вторичном биоценозе и агроценозе ( $n = 148$ )**

**Table 1 – Comparative characteristics of agrochemical indicators of soil fertility in secondary biocenosis and agroenosis ( $n = 148$ )**

| Показатель                                                                   | Экосистема         | Слой почвы, см   |                  |                  |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                                                              |                    | 0–10             | 10–20            | 0–20             |
| 1                                                                            | 2                  | 3                | 4                | 5                |
| Содержание гумуса, %                                                         | вторичный биоценоз | $4,11 \pm 0,04$  | $3,28 \pm 0,04$  | $3,70 \pm 0,04$  |
|                                                                              | агроценоз          | $2,44 \pm 0,08$  | $2,04 \pm 0,07$  | $2,24 \pm 0,06$  |
| Содержание углерода водорастворимого гумуса, мг/100 г почвы                  | вторичный биоценоз | $1,50 \pm 0,02$  | $1,05 \pm 0,02$  | $1,28 \pm 0,02$  |
|                                                                              | агроценоз          | $2,31 \pm 0,22$  | $1,51 \pm 0,14$  | $1,91 \pm 0,16$  |
| Содержание углерода водорастворимого гумуса, мг CO <sub>2</sub> /100 г почвы | вторичный биоценоз | $5,50 \pm 0,23$  | $3,85 \pm 0,16$  | $4,68 \pm 0,20$  |
|                                                                              | агроценоз          | $8,41 \pm 0,80$  | $5,49 \pm 0,51$  | $6,94 \pm 0,58$  |
| Содержание углерода в исходной почве, %                                      | вторичный биоценоз | $2,38 \pm 0,03$  | $1,90 \pm 0,03$  | $2,14 \pm 0,03$  |
|                                                                              | агроценоз          | $1,42 \pm 0,05$  | $1,18 \pm 0,04$  | $1,30 \pm 0,04$  |
| Углерод общий в вытяжке, % к общему С почвы                                  | вторичный биоценоз | $27,91 \pm 0,50$ | $32,95 \pm 0,55$ | $30,43 \pm 0,53$ |
|                                                                              | агроценоз          | $36,79 \pm 0,76$ | $39,79 \pm 1,10$ | $38,29 \pm 0,69$ |
| Углерод гуминовых кислот в вытяжке, % к общему С почвы                       | вторичный биоценоз | $12,23 \pm 0,33$ | $15,71 \pm 0,38$ | $13,97 \pm 0,36$ |
|                                                                              | агроценоз          | $14,21 \pm 0,51$ | $15,35 \pm 0,53$ | $14,78 \pm 0,37$ |
| Углерод фульвокислот в вытяжке, % к общему С почвы                           | вторичный биоценоз | $15,68 \pm 0,38$ | $17,24 \pm 0,40$ | $16,46 \pm 0,39$ |
|                                                                              | агроценоз          | $22,58 \pm 0,72$ | $24,48 \pm 0,90$ | $23,53 \pm 0,62$ |
| Углерод в остатке почвы (углерод гумина), % к общему С почвы                 | вторичный биоценоз | $72,09 \pm 0,81$ | $67,05 \pm 0,78$ | $69,57 \pm 0,79$ |
|                                                                              | агроценоз          | $63,21 \pm 0,76$ | $60,17 \pm 1,10$ | $61,69 \pm 0,69$ |
| Степень гумификации органического вещества, $C_{гк}/C_{общ} \times 100$ %    | вторичный биоценоз | $12,23 \pm 0,33$ | $15,71 \pm 0,38$ | $13,97 \pm 0,36$ |
|                                                                              | агроценоз          | $14,21 \pm 0,51$ | $15,66 \pm 0,70$ | $14,93 \pm 0,44$ |

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

| 1                                                      | 2                  | 3            | 4           | 5           |
|--------------------------------------------------------|--------------------|--------------|-------------|-------------|
| Тип гумуса, С <sub>гк</sub> /С <sub>фк</sub>           | вторичный биоценоз | 0,78 ± 0,02  | 0,91 ± 0,02 | 0,85 ± 0,02 |
|                                                        | агроценоз          | 0,70 ± 0,04  | 0,70 ± 0,05 | 0,70 ± 0,03 |
| Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы             | вторичный биоценоз | 270,0 ± 1,6  | 253,5 ± 1,5 | 261,7 ± 1,5 |
|                                                        | агроценоз          | 174,7 ± 9,1  | 166,9 ± 8,4 | 170,8 ± 8,6 |
| Содержание подвижного калия, мг/кг почвы               | вторичный биоценоз | 135,3 ± 1,1  | 133,4 ± 1,1 | 134,3 ± 1,1 |
|                                                        | агроценоз          | 101,9 ± 11,2 | 85,0 ± 9,1  | 93,5 ± 9,9  |
| Обменная кислотность почвы, рН <sub>КС1</sub>          | вторичный биоценоз | 6,09 ± 0,01  | 6,09 ± 0,01 | 6,09 ± 0,01 |
|                                                        | агроценоз          | 5,52 ± 0,02  | 5,58 ± 0,01 | 5,55 ± 0,01 |
| Гидролитическая кислотность почвы, мг-экв/100 г почвы  | вторичный биоценоз | 1,00 ± 0,02  | 0,87 ± 0,02 | 0,93 ± 0,02 |
|                                                        | агроценоз          | 1,28 ± 0,03  | 1,22 ± 0,02 | 1,25 ± 0,02 |
| Сумма поглощенных оснований в почве, ммоль/100 г почвы | вторичный биоценоз | 14,2 ± 0,1   | 13,2 ± 0,1  | 13,7 ± 0,1  |
|                                                        | агроценоз          | 13,9 ± 0,2   | 14,2 ± 0,2  | 14,1 ± 0,2  |
| Степень насыщенности почв основаниями, %               | вторичный биоценоз | 93,4 ± 0,2   | 93,8 ± 0,2  | 93,6 ± 0,2  |
|                                                        | агроценоз          | 91,6 ± 0,2   | 92,1 ± 0,2  | 91,9 ± 0,2  |

При использовании дерново-подзолистой глееватой почвы для возделывания сельскохозяйственных культур количество гумуса в пахотном горизонте уменьшилось по сравнению с залежью: в верхнем (0–10 см) слое – на 1,67 %, в нижнем (10–20 см) слое – на 1,24 %, что связано с отчуждением растительных остатков с урожаем сельскохозяйственных культур и отсутствием луговой травянистой растительности, которая усиливает протекание дернового процесса. А также, как отмечают в своей работе А. А. Гарезина и Ю. А. Завгородняя, «за счет высокой активности почвенной биоты в залежных почвах происходит обогащение почвы органическим веществом, а также накапливаются органоминеральные соединения, устойчивые к разложению почвенной микрофлорой» [10].

Сравнительный анализ данных двух экосистем указывает на заметное перераспределение по слоям почвы органического вещества. Наиболь-

шая дифференциация между верхним и нижним слоями по содержанию гумуса наблюдалась в залежной почве по сравнению с пахотной. В почве вторичного биоценоза среднее содержание гумуса в слое 0–10 см в 1,25 раза выше, чем в слое 10–20 см, что отмечалось также в исследованиях А. В. Леднева и А. В. Дмитриева [11], которые указывают, что «в верхней части бывшего пахотного горизонта залежных земель (слой 0–10 см) активизируется процесс гумусообразования, приводящий к увеличению содержания гумуса, а в нижней части (10–20 см) активизируется зональный подзолистый процесс, в результате которого уменьшается его гумусированность».

Кроме того, следует отметить, что за счет отчуждения биомассы растений и избыточной минерализации при интенсивном агрогенном воздействии произошло сокращение содержания гумуса по сравнению с начальным его количеством на 1,05 %. Следовательно, прекращение поступления в почву свежего органического вещества в течение 28 лет привело лишь к снижению содержания гумуса в почве, но не к его исчезновению. Эти результаты согласуются с данными исследований О. А. Власенко [12], А. П. Попкова [13], Ю. Н. Трубникова и А. А. Шпедта [14].

Нахождение почвы в залежном состоянии привело к уменьшению количества углерода, переходящего в водную вытяжку. При перманганатном окислении гумуса почвы происходит выделение углекислого газа. В почвенных образцах агроценоза в слое 0–20 см данный показатель выше на 2,26 мг  $\text{CO}_2/100$  г почвы, т. е. в почве, подверженной производственному воздействию, среднее содержание азота в форме водорастворимого гумуса, который может быть усвоен растениями. Полученные данные свидетельствуют, что эффективное плодородие дерново-подзолистой почвы падает при прекращении окультуривания. Данный факт А. В. Литвинович с соавторами [15] объясняют тем, что «при отсутствии антропогенного влияния связь между минеральной частью почвы и гумусовыми веществами



нарушается. Это делает гумус залежной почвы более доступным для вымывания, микробиологического и биохимического разложения».

Изменение количества и качества поступающей растительности и дальнейших процессов трансформации, включая разложение, минерализацию и гумификацию растительных остатков, при выведении пахотных почв из сельскохозяйственного оборота оказывает влияние не только на содержание и запасы гумуса, но и на его качественный состав [16].

Из гумусово-аккумулятивного горизонта залежной почвы было извлечено меньшее количество гумусовых веществ, чем из почв сельскохозяйственного использования, где их выход возрос в 1,26 раза. Это свидетельствует о более прочной фиксации гумусовых кислот на поверхности глинистых минералов почвы агроценоза [15].

Относительное содержание гуминовых кислот в составе гумуса в почве слоя 0–20 см обоих ценозов находится практически на одном уровне (вторичный биоценоз – 13,97 % к  $C_{\text{общ}}$ , агроценоз – 14,78 % к  $C_{\text{общ}}$ ). На долю углерода фульвокислот приходилась большая часть от общего углерода (вторичный биоценоз – 16,46 % к  $C_{\text{общ}}$ , агроценоз – 23,53 % к  $C_{\text{общ}}$ ), причем в почве агроценоза данных кислот формировалось больше на 7,07 %. Учитывая, что за 28 лет после прекращения антропогенного воздействия в почве не удалось установить снижения содержания гумуса, по-видимому, можно говорить о сохраняющемся равновесии между процессами минерализации и новообразования гумусовых кислот под многолетней травянистой растительностью, что подтверждается работами А. В. Литвиновича и О. Ю. Павловой [15].

Следует отметить высокое содержание в почве обоих ценозов негидролизуемого остатка: вторичный биоценоз – 69,57 % и агроценоз – 61,69 %. Вероятно, временное избыточное увлажнение, характерное для глееватых почв, препятствует быстрой минерализации гумуса. Результатом уменьше-

ния содержания негидролизуемого остатка при антропогенной нагрузке вполне может стать пополнением запасов гуминовых кислот.

Согласно классификации [17], тип гумуса почвы 28-летней залежи ( $C_{ГК}:C_{ФК}$ ) характеризовался как гуматно-фульватный, а степень гумификации – «слабая». Производственное воздействие на почву способствовало расширению отношения  $C_{ГК}:C_{ФК}$  и соответствовало фульватному типу гумуса, а степень гумификации органического вещества также «слабая».

Значительные изменения произошли в содержании подвижных форм фосфора и калия. В почве агроценоза уровень содержания подвижного фосфора сформирован значительно ниже в сравнении с показателями как при закладке опыта, так и почвы вторичного биоценоза.

М. Т. Васбиева и Н. Е. Завьялова отмечают, что «изменения в фосфатном режиме почв при переходе как от высококультурного к залежному состоянию, так и от залежного в состояние сельскохозяйственного использования связаны с трансформацией группового и фракционного состава фосфатов почвы, в котором увеличивается доля более стабильной фракции и содержание органических форм. При переходе от залежного состояния к сельскохозяйственному отмечается, в первую очередь, использование более подвижных фракций фосфатов в первые годы и некоторая стабилизация в последующие, количественные и качественные изменения при этом определяются главным образом уровнем и видом применяемых удобрений» [18].

Обеспеченность почвы подвижным фосфором после многолетнего использования оказалась высокой, на уровне 5 класса (согласно группировке почв по содержанию подвижных форм фосфора по А. Т. Кирсанову для дерново-подзолистых почв), но снижение содержания по сравнению с исходным произошло более чем в 2 раза. В почве залежи содержание подвижного фосфора снизилось в сравнении с исходным значением в 1,36 раза, при этом оно значительно выше, чем в почве агроценоза.

Определенные изменения произошли и в содержании подвижного калия изучаемой почвы. Прежде всего, следует отметить, что не выявлено ожидаемого снижения его содержания за годы многолетнего использования в агроценозе. В почве залежи содержание подвижного калия значительно выше, на уровне 4-го класса обеспеченности (согласно группировке почв по содержанию подвижных форм калия по А. Т. Кирсанову для дерново-подзолистых почв) – 134 мг/кг почвы, что выше в сравнении с содержанием в почве агроценоза в 1,43 раза.

Непрерывное биологическое поглощение калия травянистой растительностью и его ежегодное поступление в почву в природных условиях из опада не повлияло на снижение биогенного калия в силу своего сродства к глинистым минералам и фиксации ими «на месте». Этим объясняется повышенное содержание калия в слое 0–20 см [19].

Положительная динамика подвижного калия в почвах агроценоза, объясняется переходом его из необменного фонда валового калия в условиях благоприятного увлажнения [20].

В почве агроценоза также отмечено ухудшение физико-химического состояния почвы в сравнении с почвой биоценоза, что определялось постоянным отчуждением катионов с растительной продукцией. Произошло подкисление почвы, что выражено в увеличении гидролитической кислотности с 0,93 до 1,25 мг-экв/100 г почвы, обменной кислотности с 6,09 до 5,55 ед. Сумма поглощенных оснований при этом различается в меньшей степени, в результате заметно снизилась степень насыщенности почвы основаниями – с 93,6 % в почве биоценоза до 91,9 % в почве агроценоза.

Характерная особенность почвообразовательного процесса – его цикличность. Понять природу почвообразования любой почвы невозможно без изучения сезонных процессов, их динамики и конкретного проявления. В наибольшей степени это относится к почвам с характерным для них контрастным режимом увлажнения. Цикличность биохимических процессов

проявляется в сезонной и многолетней динамике показателей плодородия почв [21]. С целью выявления сезонной динамики и определения зависимости биологических показателей почвенного плодородия экосистем от антропогенной нагрузки были проанализированы почвенные образцы, отобранные во вторичном биоценозе и агроценозе.

Основным фактором снижения почвенного биоразнообразия является ежегодное отчуждением биомассы сельскохозяйственных культур из агробиоценозов, приводящее к обеднению почвы питательными веществами и органическим веществом [22, 23]. Авторы М. Г. Юркевич, А. А. Сущук, Е. М. Матвеева и Д. С. Калинкина [24] отмечают, что постоянное увеличение плотности и разнообразия растений, отсутствии агротехнических мероприятий способствовало увеличению численности и разнообразия нематод.

Как отмечено нами ранее [25], в первый учет наименьшие значения наблюдались в почвенных образцах, отобранных на залежи, а во второй учет произошло увеличение общей численности изучаемой фауны на 15 экз./10 г почвы в целом по слою 0–20 см, а также происходит снижение обилия нематод (–47,2 %) в агроценозе по сравнению с биоценозом. (таблица 2).

**Таблица 2 – Сравнительная характеристика биологических показателей почвенного плодородия во вторичном биоценозе и агроценозе ( $n = 148$ )**

**Table 2 – Comparative characteristics of biological indicators of soil fertility in secondary biocenosis and agrocenosis ( $n = 148$ )**

| Учет | Показатель                                      | Экосистема         | Слой почвы, см |                |                |
|------|-------------------------------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
|      |                                                 |                    | 0–10           | 10–20          | 0–20           |
| 1    | 2                                               | 3                  | 4              | 5              | 6              |
| 1    | Численность нематод, экз./10 г почвы            | вторичный биоценоз | $1,0 \pm 0,2$  | $0 \pm 0$      | $0,5 \pm 0,1$  |
|      |                                                 | агроценоз          | $28,6 \pm 2,6$ | $11,7 \pm 1,1$ | $20,2 \pm 1,5$ |
|      | Активность фермента каталаза, мл $O_2$ /г почвы | вторичный биоценоз | $0,5 \pm 0,1$  | $1,4 \pm 0,1$  | $0,9 \pm 0,1$  |
|      |                                                 | агроценоз          | $3,4 \pm 0,1$  | $2,7 \pm 0,1$  | $3,1 \pm 0,1$  |
|      | «Дыхание» почвы, мг $CO_2$ /10 г почвы за сутки | вторичный биоценоз | $48,7 \pm 0,7$ | $47,5 \pm 0,7$ | $48,1 \pm 0,7$ |
|      |                                                 | агроценоз          | $41,7 \pm 1,6$ | $41,6 \pm 1,6$ | $41,6 \pm 1,5$ |

Продолжение таблицы 2

Table 2 continued

| 1         | 2                                               | 3                  | 4              | 5              | 6              |
|-----------|-------------------------------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| 2         | Численность нематод, экз./10 г почвы            | вторичный биоценоз | $10,0 \pm 0,3$ | $21,0 \pm 0,4$ | $15,5 \pm 0,4$ |
|           |                                                 | агроценоз          | $8,7 \pm 0,5$  | $7,6 \pm 0,7$  | $8,2 \pm 0,4$  |
|           | Активность фермента каталаза, мл $O_2$ /г почвы | вторичный биоценоз | $4,0 \pm 0,2$  | $3,0 \pm 0,2$  | $3,5 \pm 0,2$  |
|           |                                                 | агроценоз          | $2,8 \pm 0,1$  | $2,7 \pm 0,1$  | $2,7 \pm 0,1$  |
|           | «Дыхание» почвы, мг $CO_2$ /10 г почвы за сутки | вторичный биоценоз | $53,5 \pm 0,7$ | $7,9 \pm 0,3$  | $30,7 \pm 0,5$ |
|           |                                                 | агроценоз          | $62,8 \pm 5,1$ | $58,9 \pm 5,6$ | $60,8 \pm 5,1$ |
| В среднем | Численность нематод, экз./10 г почвы            | вторичный биоценоз | $5,5 \pm 0,2$  | $10,5 \pm 0,3$ | $8,0 \pm 0,3$  |
|           |                                                 | агроценоз          | $18,6 \pm 1,3$ | $9,6 \pm 0,6$  | $14,1 \pm 0,7$ |
|           | Активность фермента каталаза, мл $O_2$ /г почвы | вторичный биоценоз | $2,3 \pm 0,1$  | $2,2 \pm 0,1$  | $2,2 \pm 0,1$  |
|           |                                                 | агроценоз          | $3,1 \pm 0,1$  | $2,7 \pm 0,1$  | $2,9 \pm 0,1$  |
|           | «Дыхание» почвы, мг $CO_2$ /10 г почвы за сутки | вторичный биоценоз | $51,1 \pm 0,7$ | $27,7 \pm 0,5$ | $39,4 \pm 0,6$ |
|           |                                                 | агроценоз          | $52,3 \pm 2,4$ | $50,3 \pm 2,7$ | $51,3 \pm 2,5$ |

В соответствие со шкалой сравнительной оценки биологической активности почва анализируемого участка отличалась слабой степенью активности каталаза и очень высоким выделением  $CO_2$  [26]. Однако почвенные экосистемы вторичного биоценоза и агроценоза отличались по данным показателям достаточно сильно.

В почве биоценоза в первый учет активность каталазы была относительно небольшой, причем четко прослеживалась дифференциация горизонта на слои. В верхнем слое (0–10 см) ферментативная активность была очень слабой, а в нижнем (10–20 см) – почти в 3 раза выше. Во второй учет, активность каталазы усилилась, при этом изменилось и ее распределение по исследуемому почвенному горизонту, теперь большей активностью отличался верхний (0–10 см) слой.

Агроприемы, применяемые при выращивании полевых культур, усиливали интенсивность протекающих в почве биохимических процессов. Под агроценозом активность фермента в 1 учет была выше в 3,2 раза в

сравнении с почвой биоценоза. Причем применяемые системы обработки и внесенные удобрения стимулировали ферментативную активность в верхнем (0–10 см) слое пахотного горизонта. Во 2-й учет активность каталазы под агроценозом снизилась на 9,8 %, при этом слои пахотного горизонта обладали примерно одинаковой биологической активностью.

Интенсивность «дыхания» почвы в период отрастания растений была примерно на одном уровне в почвенных экосистемах биоценоза и агроценоза. Дифференциации исследуемого горизонта на слои не отмечалось.

В течение вегетационного периода проявилось достаточно яркое отличие агроценоза и биоценоза по выделению  $\text{CO}_2$ . В почве биоценоза интенсивное «дыхание» было отмечено в верхней части исследуемого горизонта, что можно объяснить его большей аэрацией, увлажненностью и концентрацией в нем корневых систем растений и органических остатков. В нижнем слое выделение  $\text{CO}_2$  было ниже, чем в верхнем почти в 7 раз.

Под агроценозом «дыхание» почвы в период второго учета было очень интенсивным, и, хотя четкой дифференциации пахотного горизонта на слои не наблюдалось, можно отметить несколько более высокие значения показателя в верхнем слое (0–10 см).

В целом более интенсивным «дыханием» отличалась почва агроценоза в сравнении с биоценозом.

**Выводы.** Сравнительная оценка агроценоза и вторичного биоценоза по основным эколого-агрохимическим показателям позволила установить, что в процессе антропогенного вмешательства при выращивании сельскохозяйственных культур в условиях ландшафта с дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой глееватой почвой значительно снижается в почве содержание гумуса, обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием, ухудшается ее физико-химическое состояние, усиливается интенсивность биохимических процессов. Вторичный биоценоз находится в относительно стабильном естественном состоянии.

### Список источников

1. Нечаева Т. В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // Почвы и окружающая среда. 2023. Т. 6, № 2. DOI: 10.31251/pos.v6i2.215. EDN: GAOIEM.
2. Бурдуковский М. Л., Перепелкина П. А. Агроэкологическое состояние почв и восстановление растительности в залежных экосистемах // Биота и среда природных территорий. 2022. Т. 10, № 2. С. 28–36. DOI: 10.37102/2782-1978\_2022\_2\_3. EDN: GBXJAX.
3. Изменение денситометрического фракционного состава органического вещества почв лесостепной зоны в процессе постагрогенной эволюции / Л. А. Овсепян, И. Н. Курганова, В. О. Лопес Де Гереню [и др.] // Почвоведение. 2020. № 1. С. 56–68. DOI: 10.31857/S0032180X20010128. EDN: EMBFON.
4. Борисов Б. А., Ефимов О. Е., Елисеева О. В. Органическое вещество и физические свойства постагрогенной эродированной дерново-подзолистой почвы в сравнении с пахотным аналогом // Почвоведение. 2022. № 7. С. 909–917. DOI: 10.31857/S0032180X22070036. EDN: GURYIL.
5. Попков А. П., Сорокина О. А. Влияние направления использования залежей на некоторые агрофизические свойства почв // АгроЭкоИнфо. 2023. № 1(55). DOI: 10.51419/202131128. EDN: ZSMAXP.
6. Динамика пулов углерода и биологической активности агродерново-подзолов южной тайги в ходе постагрогенной эволюции / И. Н. Курганова, В. М. Телеснина, В. О. Лопес Де Гереню [и др.] // Почвоведение. 2021. № 3. С. 287–303. DOI: 10.31857/S0032180X21030102. EDN: HVZXHE.
7. Сорокина О. А., Попков А. П. Влияние направления использования залежей на плодородие почв в сибирском регионе // Проблемы плодородия почв в современном земледелии: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию освоения целинных и залежных земель, г. Красноярск, 24–28 июня 2024 г. Красноярск: Красноярский научный центр СО РАН, 2024. С. 98–102. DOI: 10.52686/9785605087878\_98. EDN: MYNAEW.
8. Система поверхностно-отвальной обработки на дерново-подзолистых глееватых почвах: новая ресурсосберегающая экологически безопасная почвозащитная система / Б. А. Смирнов [и др.]. Ярославль: ЯГСХА, 2009. 381 с. ISBN 978-5-98914-066-4. EDN: QLADGX.
9. Дедов А. В., Придворев Н. И., Верзилин В. В. Трансформация послеуборочных остатков и содержание водорастворимого гумуса в черноземе выщелоченном // Агрохимия. 2004. № 2. С. 13–22. EDN: ONKUZR.
10. Гарезина А. А., Завгородняя Ю. А. Состав и содержание алифатических углеводов в профилях почв под зарастающими угодьями в зоне Южной тайги // Мониторинг, охрана и восстановление почвенных экосистем в условиях антропогенной нагрузки: материалы Междунар. молодежной научной школы, г. Ростов-на-Дону, 27–30 сент. 2022 г. Ростов-на-Дону – Таганрог: ЮФУ, 2022. С. 336–340. EDN: QMLCPF.
11. Леднев А. В., Дмитриев А. В. Современные почвообразовательные процессы в постагрогенных дерново-подзолистых почвах Удмуртской Республики // Почвоведение. 2021. № 7. С. 884–896. DOI: 10.31857/S0032180X2107008X. EDN: CISOBJ.
12. Власенко О. А. Особенности гумусного состояния черноземов при освоении залежи // Вестник КрасГАУ. 2024. № 5(206). С. 77–84. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-5-77-84. EDN: GKDJWS.
13. Попков А. П. Оценка агрохимических свойств почв залежей при их освоении в Красноярской лесостепи // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, г. Красноярск, 29–31 марта 2023 г. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2023. С. 89–95. EDN: SYGTDZ.

14. Трубников Ю. Н., Шпедт А. А. Изменение свойств почв разновозрастных залежей и агротехнические приемы их освоения // Почвы и окружающая среда. 2024. Т. 7, № 3. DOI: 10.31251/pos.v7i3.279. EDN: RNJRAR.

15. Литвинович А. В., Павлова О. Ю. Изменение гумусного состояния дерново-подзолистой глееватой песчаной почвы на залежи // Почвоведение. 2007. № 11. С. 1323–1329. EDN: IBCEEZ.

16. Гумусное состояние разновозрастных залежей лесостепной зоны Прибайкалья / С. Ю. Зорина, Л. Г. Соколова, Н. В. Дорофеев, С. Г. Казановский // Вестник ИрГСХА. 2020. № 96. С. 16–24. EDN: QWWFTG.

17. Орлов Д. С., Бирюкова О. Н., Розанова М. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926. EDN: OWPLCP.

18. Васбиева М. Т., Завьялова Н. Е. Фосфатный режим дерново-подзолистой суглинистой почвы естественных и агрофитоценозов // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2021. Вып. 107. С. 92–115. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-107-92-115. EDN: FXCACF.

19. Рахимгалиева С. Ж., Володин М. А., Мусагалиев Н. К. Содержание калия и его запасы в залежных каштановых почвах сухостепной зоны // Новости науки Казахстана. 2013. Вып. 3(117). С. 128–132.

20. Сычев В. Г., Никитина Л. В. Калийный режим суглинистых дерново-подзолистых почв // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 2(26). С. 233–243. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-233-243. EDN: HVBXYU.

21. Колесник А. А. Гумусное состояние агрочерноземов Красноярской лесостепи в посевах кукурузы, возделываемой по ресурсосберегающим технологиям // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, г. Красноярск, 8–9 апр. 2019 г. В 2ч. Ч. I. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2019. С. 43–47. EDN: DQPWCM.

22. Effects of land use and soil properties on taxon richness and abundance of soil assemblages / V. J. Burton, A. Baselga, A. De Palma [et al.] // European Journal of Soil Science. 2023. Vol. 74, no. 6. DOI: 10.1111/ejss.13430. EDN: BRHBBX.

23. Re-establishment of nematode communities in a rehabilitated surface mining area in Sibutad, southern Philippines / J. G. Martinez, T. Moens, K. A. Balondo [et al.] // European Journal of Soil Biology. 2021. Vol. 102. P. 103254. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2020.103254. EDN: WVWAXR.

24. Изменения сообществ почвообитающих нематод при постагрогенной трансформации торфяных почв и растительности / М. Г. Юркевич, А. А. Сушук, Е. М. Матвеева, Д. С. Калинкина // Почвоведение. 2020. № 5. С. 627–638. DOI: 10.31857/S0032180X20050160. EDN: FHFVYZ.

25. Котьяк П. А., Галицкая С. А. Оценка влияния агротехнических приемов на экологическое состояние почвы методом биоиндикации // Аграрный вестник Нечерноземья. 2024. № 1(13). С. 34–41. DOI: 10.52025/2712-8679\_2024\_01\_34. EDN: PSSZYL

26. Гапонюк Э. И., Малахов С. В. Комплексная система показателей экологического мониторинга почв // Миграция загрязненных веществ в почвах и сопредельных средах: труды 4-го Всесоюзного совещания. Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 3–10.

## References

1. Nechaeva T.V., 2023. *Zalezhnnye zemli Rossii: rasprostranenie, agroekologicheskoe sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya (obzor)* [Fallow lands of Russia: distribution, agroecological state, and prospects for use (review)]. *Pochvy i okruzhayushchaya sreda* [Soils and Environment], vol. 6, no. 2, DOI: 10.31251/pos.v6i2.215, EDN: GAOIEM. (In Russian).



2. Burdukovsky M.L., Perepelkina P.A., 2022. *Agroekologicheskoe sostoyanie pochv i vosstanovlenie rastitel'nosti v zaleznykh ekosistemakh* [Agroecological state of soils and vegetation recovery in fallow ecosystems]. *Biota i sreda prirodnnykh territoriy* [Biota and Environment of Natural Areas], vol. 10, no. 2, pp. 28-36, DOI: 10.37102/2782-1978\_2022\_2\_3, EDN: GBXJAX. (In Russian).

3. Ovsepyan L.A., Kurganova I.N., Lopez De Guerenu V.O. [et al.], 2020. *Izmenenie densitometricheskogo fraktsionnogo sostava organicheskogo veshchestva pochv lesostepnoy zony v protsesse postagrogennoy evolyutsii* [Changes in the densitometric fractional composition of organic matter in the soils of the forest-steppe zone during post-agrogenic evolution]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 1, pp. 56-68, DOI: 10.31857/S0032180X20010128, EDN: EMBFON. (In Russian).

4. Borisov B.A., Efimov O.E., Eliseeva O.V., 2022. *Organicheskoe veshchestvo i fizicheskie svoystva postagrogennoy erodirovannoy dervno-podzolistoy pochvy v sravnenii s pakhotnym analogom* [Organic matter and physical properties of post-agrogenic eroded sod-podzolic soil and its arable analogue]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 7, pp. 909-917, DOI: 10.31857/S0032180X22070036, EDN: GURYIL. (In Russian).

5. Popkov A.P., Sorokina O.A., 2023. *Vliyanie napravleniya ispol'zovaniya zalezhey na nekotorye agrofizicheskie svoystva pochv* [Influence of the direction of use of fallow lands on some agrophysical properties of soils]. *AgroEkoInfo* [AgroEcoInfo], no. 1(55), DOI: 10.51419/202131128, EDN: ZSMAXP. (In Russian).

6. Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopes De Guerenu V.O. [et al.], 2021. *Dinamika pulov ugleroda i biologicheskoy aktivnosti agrodernovo-podzolov yuzhnoy taygi v khode postagrogennoy evolyutsii* [Dynamics of carbon pools and biological activity of southern taiga agro-sod-podzols during post-agrogenic evolution]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 3, pp. 287-303, DOI: 10.31857/S0032180X21030102, EDN: HVZXHE. (In Russian).

7. Sorokina O.A., Popkov A.P., 2024. *Vliyanie napravleniya ispol'zovaniya zalezhey na plodorodie pochv v sibirskom regione* [Influence of the direction of use of fallow lands on soil fertility in the Siberian region]. *Problemy plodorodiya pochv v sovremennom zemledelii: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 70-letiyu osvoiniya tslinnykh i zaleznykh zemel'* [Issues of Soil Fertility in Modern Agriculture: Proceed. of the International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 70th Anniversary of the Development of Virgin and Fallow Lands]. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS, pp. 98-102, DOI: 10.52686/9785605087878\_98, EDN: MYHAEW. (In Russian).

8. Smirnov B.A. [et al.], 2009. *Sistema poverkhnostno-otval'noy obrabotki na dervno-podzolistykh gleyevykh pochvakh: novaya resursosberegayushchaya ekologicheski bezopasnaya pochvozashchitnaya sistema* [Surface-moldboard Cultivation System on Sod-Podzolic Gleyic Soils: a New Resource-Saving, Environmentally Safe Soil-Protection System]. Yaroslavl', Yaroslavl State Agricultural Academy, 381 p., ISBN 978-5-98914-066-4, EDN: QLADGX. (In Russian).

9. Dedov A.V., Pridvoren N.I., Verzilin V.V., 2004. *Transformatsiya posleuborochnykh ostatkov i sodержanie vodorastvorimogo gumusa v chernozeme vyshchelochnom* [Transformation of postharvest residues and the content of water-soluble humus in leached chernozem]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 2, pp. 13-22, EDN: ONKUZR. (In Russian).

10. Garegina A.A., Zavgorodnyaya Yu.A., 2022. *Sostav i sodержanie alifaticheskikh uglevodorodov v profilyakh pochv pod zarastayushchimi ugod'yami v zone Yuzhnoy taygi* [Composition and content of aliphatic hydrocarbons in soil profiles under overgrown lands in the Southern taiga zone]. *Monitoring, okhrana i vosstanovlenie pochvennykh ekosistem v usloviyakh antropogennoy nagruzki: materialy Mezhdunar. molodezhnoy nauchnoy shkoly* [Monitoring, Protection and Restoration of Soil Ecosystems under Anthropogenic Load: Proceed. of the International Youth Scientific School]. Rostov-on-Don – Taganrog, SFedU, pp. 336-340, EDN: QMLCPF. (In Russian).

11. Lednev A.V., Dmitriev A.V., 2021. *Sovremennye pochvoobrazovatel'nye protsessy v postagrogennykh dernovo-podzolistykh pochvakh Udmurtskoy Respubliki* [Recent soil-forming processes in postagrogenic soddy-podzolic soils of the Udmurt Republic]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 7, pp. 884-896, DOI: 10.31857/S0032180X2107008X, EDN: CISOBJ. (In Russian).

12. Vlasenko O.A., 2024. *Osobennosti gumusnogo sostoyaniya chernozemov pri osvoenii zalezhi* [Chernozems humus state features during fallow land development]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KrasSAU], no. 5(206), pp. 77-84, DOI: 10.36718/1819-4036-2024-5-77-84, EDN: GKDJWS. (In Russian).

13. Popkov A.P., 2023. *Otsenka agrokhimicheskikh svoystv pochv zalezhey pri ikh osvoenii v Krasnoyarskoy lesostepi* [Assessment of agrochemical properties of fallow soils during their development in the Krasnoyarsk forest-steppe]. *Innovatsionnye tendentsii razvitiya rossiyskoy nauki: materialy XVI Mezhdunar. nauchno-prakt. konf. molodykh uchenykh* [Innovative Trends in the Development of Russian Science: Proceed. of the XVI International Scientific and Practical Conf. of Young Scientists]. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk State Agrarian University, pp. 89-95, EDN: SYGTDZ. (In Russian).

14. Trubnikov Yu.N., Shpedt A.A., 2024. *Izmenenie svoystv pochv raznovozrastnykh zalezhey i agrotekhnicheskie priemy ikh osvoeniya* [Changes in soil properties of differently aged fallow lands and agrotechnical methods for the land development]. *Pochvy i okruzhayushchaya sreda* [Soils and Environment], vol. 7, no. 3, DOI: 10.31251/pos.v7i3.279, EDN: RNJRAR. (In Russian).

15. Litvinovich A.V., Pavlova O.Yu., 2007. *Izmenenie gumusnogo sostoyaniya dernovo-podzolistoy gleevatoy peschanoy pochvy na zalezhi* [Changes in the humus status of sod-podzolic gleyic sandy soil on a fallow land]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 11, pp. 1323-1329, EDN: IBCEEZ. (In Russian).

16. Zorina S.Yu., Sokolova L.G., Dorofeev N.V., Kazanovsky S.G., 2020. *Gumusnoe sostoyanie raznovozrastnykh zalezhey lesostepnoj zony Pribajkal'ya* [A humus status of fallow lands of different ages in the Baikal forest-steppe zone]. *Vestnik IrGSKHA* [Bullet. of Irkutsk State Agricultural Academy], no. 96, pp. 16-24, EDN: QWWFTG. (In Russian).

17. Orlov D.S., Biryukova O.N., Rozanova M.S., 2004. *Dopolnitel'nye pokazateli gumusnogo sostoyaniya pochv i ikh geneticheskikh gorizontov* [Additional indicators of the humus status of soils and their genetic horizons]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 8, pp. 918-926, EDN: OWPLCP. (In Russian).

18. Vasbieva M.T., Zavyalova N.E., 2021. *Fosfatnyy rezhim dernovo-podzolistoy suglinistoy pochvy estestvennykh i agrofytotsenozov* [Phosphate regime of sod-podzolic soil in natural and agrophytocenoses]. *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V. V. Dokuchaeva* [Dokuchaev Soil Bulletin], iss. 107, pp. 92-115, DOI: 10.19047/0136-1694-2021-107-92-115, EDN: FXCACF. (In Russian).

19. Rakhimgalieva S.Zh., Volodin M.A., Musagaliev N.K., 2013. *Soderzhanie kaliya i yego zapasy v zalezhnykh kashtanovykh pochvakh sukhostepnoy zony* [Potassium content and its reserves in fallow chestnut soils of the dry steppe zone]. *Novosti nauki Kazakhstana* [Science News of Kazakhstan], iss. 3(117), pp. 128-132. (In Russian).

20. Sychev V.G., Nikitina L.V., 2021. *Kaliynyy rezhim suglinistykh dernovo-podzolistykh pochv* [Potassium regime of sod-podzolic loamy soils]. *Tavricheskiy Vestnik Agrarnoi Nauki* [Taurida Herald of the Agrarian Sciences], no. 2(26), pp. 233-243, DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-233-243, EDN: HBBXYU. (In Russian).

21. Kolesnik A.A., 2019. *Gumusnoe sostoyanie agrochernozemov Krasnoyarskoy lesostepi v posevakh kukuruzy, vzdelyvaemoy po resursosberegayushchim tekhnologiyam* [Humus state of agrochernozems of the Krasnoyarsk forest-steppe in corn crops cultivated using resource-saving technologies]. *Innovatsionnye tendentsii razvitiya rossiyskoy nauki: ma-*

*terialy XII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh. V 2ch. Ch. I* [Innovative Trends in the Development of Russian Science: Proceed. of the XII International Scientific-Practical Conference of Young Scientists. In 2 parts. Part 1]. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk State Agrarian University, pp. 43–47, EDN: DQPWCM. (In Russian).

22. Burton V.J., Baselga A., De Palma A. [et al.], 2023. Effects of land use and soil properties on taxon richness and abundance of soil assemblages. *European Journal of Soil Science*, vol. 74, no. 6, DOI: 10.1111/ejss.13430, EDN: BRHBBX.

23. Martinez J.G., Moens T., Balondo K.A. [et al.], 2021. Re-establishment of nematode communities in a rehabilitated surface mining area in Sibutad, southern Philippines. *European Journal of Soil Biology*, vol. 102, pp. 103254, DOI: 10.1016/j.ejsobi.2020.103254, EDN: WVWAXR.

24. Yurkevich M.G., Sushchuk A.A., Matveeva E.M., Kalinkina D.S., 2020. *Izmeneniya soobshchestv pochvoobitayushchikh nematod pri postagrogennoy transformatsii torfyanykh pochv i rastitel'nosti* [Changes in soil nematode communities during postagrogenic transformation of peat soils and vegetation]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 5, pp. 627–638, DOI: 10.31857/S0032180X20050160, EDN: FHFVYZ. (In Russian).

25. Kotyak P.A., Galitskaya S.A., 2024. *Otsenka vliyaniya agrotekhnicheskikh priemov na ekologicheskoe sostoyanie pochvy metodom bioindikatsii* [Assessment of the impact of agrotechnical techniques on the ecological state of the soil by the method of bioindication]. *Agrarnyy vestnik Nechernozem'ya* [Agrarian Bulletin of the Non-Black Earth Region], no. 1(13), pp. 34–41, DOI: 10.52025/2712-8679\_2024\_01\_34, EDN: PSSZYL. (In Russian).

26. Gaponyuk E.I., Malakhov S.V., 1985. *Kompleksnaya sistema pokazateley ekologicheskogo monitoringa pochv* [Integrated system of indicators for Environmental Monitoring of Soils]. *Migratsiya zagryaznennykh veshchestv v pochvakh i sopredel'nykh sredakh: trudy 4-go Vsesoyuznogo soveshchaniya* [Migration of Polluted Substances in Soils and Adjacent environments: Proceed. of the 4th All-Union Conference]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., pp. 3–10. (In Russian).

---

#### **Информация об авторах**

**Е. В. Чебыкина** – заведующая кафедрой экологии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Ярославский государственный аграрный университет (150042, Ярославская область, г. Ярославль, ш. Тутаевское, д. 58), e.chebykina@yarcx.ru, ORCID: 0000-0001-8189-5165;

**П. А. Котьяк** – доцент кафедры экологии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Ярославский государственный аграрный университет (150042, Ярославская область, г. Ярославль, ш. Тутаевское, д. 58), p.kotyak@yarcx.ru, ORCID: 0000-0003-1344-3380;

**Т. В. Таран** – профессор кафедры экологии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Ярославский государственный аграрный университет (150042, Ярославская область, г. Ярославль, ш. Тутаевское, д. 58), t.taran@yarcx.ru.

#### **Information about the authors**

**E. V. Chebykina** – Head of the Department of Ecology, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Yaroslavl State Agrarian University (150042, Yaroslavl Region, Yaroslavl, Tutayevskoye Highway, 58), e.chebykina@yarcx.ru, ORCID: 0000-0001-8189-5165;

**P. A. Kotyak** – Associate Professor of the Department of Ecology, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Yaroslavl State Agrarian University (150042, Yaroslavl Region, Yaroslavl, Tutayevskoye Highway, 58), p.kotyak@yarcx.ru, ORCID: 0000-0003-1344-3380;

**T. V. Taran** – Professor of the Department of Ecology, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Yaroslavl State Agrarian University (150042, Yaroslavl Region, Yaroslavl, Tutayevskoye Highway, 58), t.taran@yarcx.ru.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.  
All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 26.05.2025; одобрена после рецензирования 22.09.2025;  
принята к публикации 26.09.2025.*

*The article was submitted 26.05.2025; approved after reviewing 22.09.2025; accepted for  
publication 26.09.2025.*