

Светлана Михайловна Каюгина<sup>1</sup>, Дмитрий Иванович Еремин<sup>2</sup>✉

<sup>1,2</sup>Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

<sup>1</sup>kayuginasm@gausz.ru

<sup>2</sup>soil-tyumen@yandex.ru

## ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕМНО-СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Цель исследований – изучение гумусового состояния целинных темно-серых лесных почв на территории подтаежной и лесостепной зон Тюменской области для понимания направленности почвообразовательного процесса. За период с 1960 по 2020 г. были заложены и описаны 123 полнопрофильных разреза, отобраны образцы почвы для лабораторных анализов. Статистическая обработка результатов осуществлялась в MS Excel. Было установлено, что в среднем по горизонту А<sub>1</sub> содержание гумуса составляет 5,71±1,19 %. Преобладают темно-серые почвы с содержанием перегноя выше среднего по выборке, что указывает на улучшение их гумусового состояния в ходе естественного развития. Гумусовый горизонт А<sub>1</sub> темно-серых лесных почв содержит общего азота 0,37±0,10 %. Отношение углерода к азоту в гумусовом горизонте составляет 9,21±1,12, что свидетельствует о высоком качестве гумуса. В верхней части иллювиального горизонта (В<sub>1</sub>) среднее содержание гумуса по выборке составляет 0,80±0,37 % с размахом вариации от 0,14 до 1,52 %. Коэффициент вариации равен 46 %, что соответствует высокой степени неоднородности. Нижняя часть иллювиального горизонта содержит минимальные значения гумуса, которые варьируют от 0,02 до 1,21 %. Запасы гумуса в горизонте А<sub>1</sub> темно-серых лесных почв в среднем составляют 189 т/га при широком размахе вариации от 74 до 315 т/га. Темно-серые лесные почвы Северного Зауралья характеризуются благоприятным гумусовым состоянием, развиваются преимущественно по дерновому типу с постепенным накоплением гумуса в верхней части почвенного профиля с тенденцией снижения его обогащенности азотом. Это делает их наиболее перспективными для вовлечения в сельскохозяйственный оборот при расширении пахотного фонда в Северном Зауралье.

**Ключевые слова:** темно-серые лесные почвы, *Greyic Phaeozem Albic*, гумус, плодородие, вариабельность, пространственная неоднородность, почвообразование

**Для цитирования:** Каюгина С.М., Еремин Д.И. Гумусовое состояние темно-серых лесных почв Северного Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2022. № 10. С. 35–42. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-10-35-42.

Svetlana Mikhailovna Kayugina<sup>1</sup>, Dmitry Ivanovich Eremin<sup>2</sup>✉

<sup>1,2</sup>Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

<sup>1</sup>kayuginasm@gausz.ru

<sup>2</sup>soil-tyumen@yandex.ru

## DARK GRAY FOREST SOILS HUMUS STATE OF THE NORTHERN TRANS-URALS

The purpose of research is to study the humus state of virgin dark gray forest soils on the territory of the subtaiga and forest-steppe zones of the Tyumen Region in order to understand the direction of the soil-forming process. For the period from 1960 to 2020, 123 full-profile sections were laid and described, soil samples were taken for laboratory analysis. Statistical processing of the results was carried out in MS Excel. It was found that the average humus content in horizon A<sub>1</sub> is 5.71±1.19 %. Dark gray soils with a content of humus above the average for the sample predominate, which indicates an improvement in their

*humus state in the course of natural development. The A1 humus horizon of dark gray forest soils contains  $0.37 \pm 0.10$  % total nitrogen. The ratio of carbon to nitrogen in the humus horizon is  $9.21 \pm 1.12$ , which indicates a high quality of humus. In the upper part of the illuvial horizon ( $B_1$ ), the average content of humus in the sample is  $0.80 \pm 0.37$  % with a range of variation from 0.14 to 1.52 %. The coefficient of variation is 46 %, which corresponds to a high degree of heterogeneity. The lower part of the illuvial horizon contains the minimum values of humus, which vary from 0.02 to 1.21 %. Humus reserves in the A1 horizon of dark gray forest soils average 189 t/ha with a wide range of variation from 74 to 315 t/ha. The dark gray forest soils of the Northern Trans-Urals are characterized by a favorable humus state; they develop mainly as a soddy type with a gradual accumulation of humus in the upper part of the soil profile with a tendency to decrease its enrichment with nitrogen. This makes them the most promising for involvement in agricultural turnover with the expansion of the arable fund in the Northern Trans-Urals.*

**Keywords:** dark gray forest soils, Greyic Phaeozem Albic, humus, fertility, variability, spatial heterogeneity, soil formation

**For citation:** Kayugina S.M., Eremin D.I. Dark gray forest soils humus state of the Northern Trans-Urals // Bulliten KrasSAU. 2022;(10): 35–42. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-10-35-42.

**Введение.** Несмотря на сложные природно-климатические условия, Западная Сибирь рассматривается как перспективный регион для расширения объемов аграрного производства. При этом особенное внимание уделяется лесостепной зоне, которая благоприятна для возделывания большинства сельскохозяйственных культур [1, 2].

Территория Западной Сибири имеет сложный почвенный покров, в состав которого преимущественно входят неплодородные почвы, такие как подзолистые и болотные [3]. Поэтому возникает проблема в изыскании наиболее плодородных земельных ресурсов, вовлечение которых в сельскохозяйственное производство не потребует больших материальных затрат.

Наиболее ценные почвы, такие как черноземы Западной Сибири, были выявлены и вовлечены в пашню во второй половине XX в. Поэтому расширение сельскохозяйственных угодий в Северном Зауралье возможно только за счет менее ценных почв, которые ранее не обрабатывались или были переведены в залежное состояние. Наиболее перспективными для использования в пашне являются темно-серые лесные почвы, которые по своему потенциальному плодородию не уступают черноземам Зауралья [4–6]. Основные площади темно-серых лесных почв сосредоточены в лесостепной зоне, где климатические условия способствуют формированию мощного гумусового горизонта с высоким содержанием питательных веществ. Общая площадь темно-серых почв на юге Тюменской области составляет 357,4 тыс. га [6].

Темно-серые лесные почвы преимущественно развиваются по дерновому типу за счет хо-

рошо развитой травянистой растительности под пологом осветленных лиственных лесов. Это обеспечивает ежегодное поступление в верхнюю часть почвенного профиля растительных остатков, которые постепенно гумифицируются. В отличие от черноземов поступление растительных остатков в темно-серых лесных почвах зависит от многих факторов. Разнообразные условия увлажнения и освещенности влияют как на накопление биомассы, так и на характер трансформации растительных остатков. При незначительных изменениях рельефа может изменяться водный режим на отдельных почвенных участках Северного Зауралья. Все это приводит к пространственной неоднородности элементов плодородия [7, 8].

Анализ литературных источников показал значительное варьирование содержания гумуса в серых почвах на территории России. Так, в серых лесных почвах Владимирского Ополя содержание гумуса колеблется в пределах 3–6 % [9]. В серых лесных почвах лесостепной зоны Красноярского края содержание гумуса составляет в среднем от 3 до 5 % [10, 11]. Исследования по Тюменской области показывают, что содержание гумуса, в зависимости от подтипа серых лесных почв, изменяется в диапазоне от 2 до 7 % [12].

Однако проводившиеся ранее исследования были связаны с пахотными серыми почвами, которые систематически подвергаются антропогенному воздействию. Трудов по гумусовому состоянию целинных темно-серых лесных почв недостаточно. Они мало изучены, что затрудняет их эффективное введение в сельскохозяйственный оборот.

Статистический анализ больших массивов данных позволяет установить характер гумусообразования темно-серых лесных почв, что крайне важно при их сельскохозяйственном использовании и для понимания направленности почвообразования.

**Цель исследований** – изучить гумусовое состояние темно-серых лесных почв в Северном Зауралье.

**Объекты и методы.** Объектом исследования стали целинные темно-серые почвы (Greyic Phaeozem Albic (WRB)), которые сформировались в подтаежной и лесостепной зонах Тюменской области. В основу нашей работы легли многолетние исследования кафедры почвоведения и агрохимии Государственного аграрного

университета Северного Зауралья. За период с 1960 по 2020 г. были заложены и описаны 123 полнопрофильных разреза целинных темно-серых лесных почв.

Детальное представление о морфологии этих почв дает описание разреза (табл. 1) [13].

Мощность гумусового слоя определяли в полевых условиях, при описании почвенных профилей. В это же время проводили отбор образцов для лабораторных анализов. Органический углерод определяли фотометрическим методом по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91). Содержание гумуса рассчитывали путем умножения значений органического углерода на коэффициент 1,724. Общий азот определяли по Кьельдалю (ГОСТ 26107-84).

Таблица 1

**Почва темно-серая лесная осолодевшая, тяжелосуглинистая**

| Горизонт                     | Морфологические признаки   |
|------------------------------|--|
| A <sub>0</sub><br>0–3 см     | Дернина, лесной опад, остатки надземных частей травянистых растений  |
| A <sub>1</sub><br>3–27 см    | Темно-серый, в нижней части становится светлее, тяжелосуглинистый, комковатый, в нижней части – комковато-ореховатый, рыхлый, много корней. Переход постепенный  |
| B <sub>1</sub><br>27–60 см   | Серый с хорошо выраженным буроватым оттенком, тяжелосуглинистый, плотный, в верхней части комковато-ореховатой структуры, в нижней – ореховатой, с хорошо выраженными по граням структурных отдельностей иллювиальными темно-серыми глянцевитыми гумусово-глинистыми пленками, много корней. Переход постепенный |
| B <sub>2</sub><br>60–120 см  | Бурый, увлажнен, тяжелосуглинистый, ореховатый, плотный, тонкопористый, корни, переход постепенный, по наличию карбонатов ясный по линии вскипания   |
| B <sub>k</sub><br>120–170 см | Светло-бурый, свежий, тяжелосуглинистый, структура непрочно-ореховатая, в нижней части – выражена плохо, тонкопористый, уплотнен, редкие корни, вскипает от соляной кислоты, карбонаты в виде прожилок и твердых скоплений. Переход постепенный  |
| C <sub>k</sub><br>>170 см    | Желто-палевый, свежий, тяжелосуглинистый, бесструктурный, тонкопористый, уплотнен, бурно вскипает от соляной кислоты   |

Расчет статистических показателей гумусового состояния темно-серых лесных почв выполняли в MS Excel (настройка «Анализ данных»). Были определены меры центральной тенденции (среднее, мода, медиана), меры изменчивости (стандартное отклонение, дисперсия, размах), меры отклонения формы распределения (асимметрия, эксцесс).

Для оценки пространственной вариабельности гумусового состояния темно-серых лесных почв рассчитан коэффициент вариации (Cv), который представляет процентное отношение стандартного отклонения к среднему арифмети-

ческому. Варьирование принято считать незначительным, если Cv не превышает 10 %, небольшим при Cv 10–20 %, средним – 20–40, высоким – 40–60, очень высоким – более 60 % [14].

**Результаты и их обсуждение.** В горизонте A<sub>1</sub> темно-серых лесных почв Северного Зауралья гумус образуется в результате трансформации корневых остатков травянистой растительности, поэтому он обладает довольно высокой биологической активностью, что положительно влияет на питательный режим и формирование структурно-агрегатного состава гумусового горизонта. Содержание гумуса в среднем

составляет 5,71 %, при этом интервал варьирования довольно широкий – от 2,62 до 7,41 % (табл. 2). Преобладают почвы с содержанием гумуса выше среднего. На это указывает отрицательное значение коэффициента асимметрии, равного -0,77, что означает наличие «левого хвоста», когда медиана и мода выше среднего. Данный факт указывает на направление почвообразования в сторону улучшения гумусового состояния темно-серых лесных почв в ходе естественного развития. Содержание гумуса в верхней части почвенного профиля темно-серых лесных почв характеризуется средней пространственной неоднородностью ( $C_v=21$  %). Столь высокая вариабельность требует индивидуального подхода к темно-серым лесным почвам при вовлечении их в сельскохозяйственный оборот.

В иллювиальном горизонте  $B_1$  темно-серых лесных почв гумусовые вещества могут образовываться за счет глубоко проникшей корневой массы, но есть и вероятность вымывания гумусовых веществ из вышележащего горизонта. Содержание гумуса незначительно и составляет в среднем 0,80 %, что указывает на резкий характер убывания гумуса. Распределение значений в выборке плосковершинное (эксцесс равен -0,85), то есть имеет место разброс значений относительно среднего. Асимметрия незначительна. Более половины почвенных образцов содержат гумуса менее среднего уровня, поскольку медиана составляет 0,76 %, что ниже среднего по выборке. Вариабельность высокая ( $C_v=46$  %).

Таблица 2

**Статистические характеристики содержания гумуса  
в почвенном профиле темно-серой лесной почвы (n=123), %**

| Показатель                        | Горизонт |       |       |
|-----------------------------------|----------|-------|-------|
|                                   | $A_1$    | $B_1$ | $B_2$ |
| Среднее                           | 5,71     | 0,80  | 0,41  |
| Медиана                           | 5,9      | 0,76  | 0,34  |
| Мода                              | 6,67     | 0,47  | 0,05  |
| Стандартное отклонение            | 1,19     | 0,37  | 0,30  |
| Дисперсия выборки                 | 1,42     | 0,13  | 0,09  |
| Эксцесс                           | -0,09    | -0,85 | -0,36 |
| Асимметричность                   | -0,77    | 0,25  | 0,73  |
| Размах вариации                   | 4,79     | 1,38  | 1,19  |
| Минимум                           | 2,62     | 0,14  | 0,02  |
| Максимум                          | 7,41     | 1,52  | 1,21  |
| Коэффициент вариации ( $C_v$ ), % | 21       | 46    | 73    |

*Примечание:* n – количество почвенных разрезов.

В иллювиальном горизонте  $B_2$  темно-серых почв содержание гумуса снижается до минимальных значений. В отдельных разрезах данный показатель достигает 0,02 %, в то же время присутствуют почвы, в которых содержание гумуса составляет 1,21 %, что приближает их к черноземам. В среднем содержание гумуса в горизонте  $B_2$  составляет  $0,41 \pm 0,3$  %. Вариабельность выше, чем в верхней части иллювиального горизонта ( $C_v=73$  %).

Качественной характеристикой гумуса принято считать содержание в нем питательных веществ, главным образом азота [14], а также отношение углерода к азоту. Количество общего азота в органическом веществе почвы влияет

на биологическую активность и питательный режим почв, вовлеченных в сельскохозяйственный оборот. Гумусовый горизонт  $A_1$  темно-серых лесных почв содержит общего азота  $0,37 \pm 0,1$  % (табл. 3). В рассматриваемой выборке преобладают почвенные образцы с содержанием общего азота выше среднего, поскольку имеется левосторонняя асимметрия (медиана и мода превышают средний уровень). Это доказывает накопительный характер содержания азота в темно-серых почвах. Пространственная неоднородность темно-серых лесных почв по содержанию общего азота в гумусовом горизонте оценивается как средняя, так как коэффициент вариации равен 27 %.

**Статистические характеристики содержания общего азота  
в темно-серых лесных почвах Северного Зауралья (n=123), %**

| Показатель                   | Горизонт       |                |                |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                              | A <sub>1</sub> | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> |
| Среднее                      | 0,37           | 0,09           | 0,06           |
| Медиана                      | 0,4            | 0,08           | 0,04           |
| Мода                         | 0,39           | 0,07           | 0,03           |
| Стандартное отклонение       | 0,10           | 0,05           | 0,04           |
| Дисперсия выборки            | 0,011          | 0,003          | 0,002          |
| Эксцесс                      | -0,4           | 0,42           | 0,63           |
| Асимметричность              | -0,77          | 0,73           | 1,07           |
| Размах вариации              | 0,41           | 0,26           | 0,17           |
| Минимум                      | 0,14           | 0,01           | 0,01           |
| Максимум                     | 0,55           | 0,27           | 0,18           |
| Коэффициент вариации (Cv), % | 27             | 56             | 67             |

В иллювиальных горизонтах B<sub>1</sub> и B<sub>2</sub> азота содержится в среднем 0,09 и 0,06 % соответственно. Значение данного показателя изменяется в широком диапазоне. Вариабельность очень высокая.

Отношение углерода к азоту в гумусовом горизонте A<sub>1</sub> темно-серых лесных почв в среднем составляет 9,21, при стандартном отклонении 1,12 (табл. 4), что свидетельствует о высоком качестве гумуса. По данному показателю темно-серые лесные почвы наиболее близки к чернозему выщелоченному лесостепной зоны Зау-

ралья [15]. Необходимо отметить, что отношение C:N довольно сильно варьирует: от 7,73 до 12,7, что может привести к затруднению разработки единых рекомендаций по использованию этого подтипа в зональной системе земледелия. Асимметрия выборки значительная, характеризуется наличием «правого хвоста», то есть преобладают почвы с отношением C:N ниже среднего, что указывает на постепенное ухудшение качества гумуса целинных темно-серых лесных почв. Варьирование небольшое (Cv=12 %).

Таблица 4

**Статистические характеристики отношения углерода к азоту (C:N)  
темно-серых лесных почв (n=123)**

| Показатель                   | Горизонт       |                |                |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                              | A <sub>1</sub> | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> |
| Среднее                      | 9,21           | 5,51           | 4,43           |
| Медиана                      | 8,78           | 5,3            | 4,3            |
| Мода                         | 8,61           | 6              | 3              |
| Стандартное отклонение       | 1,12           | 1,45           | 1,93           |
| Дисперсия выборки            | 1,26           | 2,11           | 3,71           |
| Эксцесс                      | -0,25          | 3,43           | 19,52          |
| Асимметричность              | 1,03           | 1,38           | 2,85           |
| Размах вариации              | 4,44           | 8,74           | 17,5           |
| Минимум                      | 7,73           | 3,26           | 0,5            |
| Максимум                     | 12,17          | 12             | 18             |
| Коэффициент вариации (Cv), % | 12             | 26             | 44             |

В верхней части иллювиального горизонта (В1) отношение углерода к азоту ниже, чем в гумусовом горизонте, и составляет 5,51. Данный факт объясняется тем, что в темно-серых лесных почвах, которые формируются при периодически промывном типе водного режима, проявляется процесс внутрипрофильной миграции минеральных соединений азота.

Дисперсия увеличивается так же, как и размах вариации. Вариабельность средняя ( $C_v=26\%$ ). В нижней части иллювиального горизонта отношение составляет 4,43. Значение дисперсии, размах вариации выше, чем в верхних горизонтах. Коэффициент вариации, равный 44 %, говорит о высоком пространственном варьировании.

Запасы гумуса в горизонте А1 темно-серых лесных почв изменяются в интервале от 74 до 315 т/га, в среднем по выборке составляют

189 т/га (табл. 5). Медиана, значение которой 192 т/га, превышает средний уровень, следовательно, большая часть почвенных образцов имеет запасы гумуса выше среднего. Коэффициент вариации, значение которого 28 %, позволяет сделать вывод о средней пространственной неоднородности темно-серых лесных почв по запасам гумуса в верхней части почвенного профиля.

В иллювиальных горизонтах В1 и В2 гумуса содержится 24 и 28 т/га соответственно. Положительное значение коэффициента асимметрии указывает на «правый хвост», то есть преобладание почвенных образцов с содержанием гумуса меньше среднего. Вариабельность очень высокая, особенно в нижней части иллювиального горизонта.

Таблица 5

**Статистические характеристики запасов гумуса  
в почвенном профиле темно-серых лесных почв (n=123), т/га**

| Показатель                        | Горизонт      |               |               |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                                   | А1            | В1            | В2            |
| Среднее                           | 189           | 24            | 28            |
| Медиана                           | 192           | 21            | 25            |
| Мода                              | Не определена | Не определена | Не определена |
| Стандартное отклонение            | 53,4          | 12,1          | 22,4          |
| Дисперсия выборки                 | 2847,4        | 145,3         | 503,2         |
| Экссесс                           | -0,4          | 1,5           | 0,7           |
| Асимметричность                   | -0,2          | 1,0           | 1,0           |
| Размах вариации                   | 241           | 70            | 104           |
| Минимум                           | 74            | 4             | 1             |
| Максимум                          | 315           | 74            | 105           |
| Коэффициент вариации ( $C_v$ ), % | 28            | 51            | 79            |

Запасы гумуса в метровом слое темно-серых лесных почв в среднем составляют 241 т/га, варьируют в диапазоне от 111 до 378 т/га. По данному показателю темно-серые почвы уступают черноземам лесостепной зоны Зауралья, запасы гумуса в которых достигают на целине 500 т/га [16–19]. Отрицательный коэффициент эксцесса показывает, что распределение плосковершинное, имеет место разброс значений относительно среднего. Это подтверждается размахом вариации, равным 268 т/га. Таким образом, можно сделать вывод, что темно-серые лесные почвы неоднородны по запасам гумуса в слое 0–100 см, вариабельность оценивается как средняя ( $C_v=26\%$ ).

**Заключение.** Темно-серые лесные почвы Северного Зауралья характеризуются благо-

приятным гумусовым состоянием, что делает их наиболее перспективными для вовлечения в сельскохозяйственный оборот. Среднее содержание гумуса в гумусовом горизонте (А1) составляет 5,71 % с размахом вариации от 2,62 до 7,41 %. Пространственная неоднородность содержания гумуса в темно-серых лесных почвах оценивается как средняя ( $C_v=21\%$ ). Содержание общего азота в гумусовом горизонте (А1) изменяется от 0,14 до 0,55 % при коэффициенте вариации 27 %. Это благоприятно сказывается на отношении С:N, средняя величина которого составляет 9,21.

В горизонте В1 содержание гумуса незначительно и составляет в среднем 0,8 %. Общего азота содержится в среднем 0,09 %. Отношение С:N существенно меньше, чем в гумусовом го-

ризонте, – 5,51, что обусловлено внутривидовой миграцией минеральных соединений азота.

В ходе анализа выявлено, что темно-серые лесные почвы Северного Зауралья развиваются преимущественно по дерновому типу с постепенным накоплением гумуса в верхней части почвенного профиля с тенденцией снижения его обогащенности азотом.

#### Список источников

1. *Абрамов Н.В.* Производительность агроэкосистем и состояние плодородия почв в условиях Западной Сибири / Гос. аграр. ун-т Северного Зауралья. Тюмень, 2013. 254 с.
2. *Любимова А.В., Иваненко А.С.* Овес в Тюменской области / НИИСХ СЗ – филиал ТюмНЦ СО РАН. Тюмень, 2021. 172 с.
3. *Кульшин В.А.* История развития почвенных исследований в Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2009. Т. 16. № 2. С. 139–142.
4. *Еремин Д.И., Груздева Н.А., Еремина Д.В.* Изменение гумусового состояния серых лесных почв восточной окраины Зауральского Плато под действием длительной распашки // Почвоведение. 2018. № 7. С. 826–835.
5. *Ренев Е.П., Еремин Д.И., Еремина Д.В.* Оценка основных показателей плодородия почв, наиболее пригодных для расширения пахотных угодий в Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 4. С. 27–31.
6. *Еремин Д.И.* Особенности морфогенетических свойств серых лесных почв юга Тюменской области // Вестник Курганской ГСХА. 2017. № 3 (23). С. 8–11.
7. *Груздева Н.А., Котченко С.Г., Еремин Д.И.* Динамика содержания и запасов гумуса в агросерых лесных почвах Северного Зауралья // Плодородие. 2017. № 3 (96). С. 16–19.
8. *Каюгина С.М., Еремин Д.И.* Пространственная вариативность мощности генетических горизонтов серых лесных почв Северного Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2020. № 10 (163). С. 3–12.
9. *Никитишан В.И., Курганова Е.В.* Плодородие и удобрение серых лесных почв ополей Центральной России / Рос. акад. наук, Ин-т физико-химических и биологических проблем почвоведения. М.: Наука, 2007. 366 с.

10. *Сорокина О.А.* Агрогенная трансформация серых лесных почв. Красноярск, 2008. 176 с.
11. *Сорокина О.А.* Оценка трансформации плодородия серых почв по степени гумусированности // Вестник КрасГАУ. 2018. № 3. С. 240–246.
12. *Каретин Л.Н.* Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука, Сиб.отд-ние, 1990. 286 с.
13. *Каюгина С.М.* Особенности строения темно-серых лесных почв лесостепной зоны Зауралья // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: мат-лы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Курган, 2021. С. 289–293.
14. *Савич В.И.* Применение вариационной статистики в почвоведении М.: ТСХА, 1972. 104 с.
15. *Гамзиков Г.П.* Агрохимия азота в агроценозах / РАСХН, Сиб. отд-ние. Новосибирск, 2013. 790 с.
16. *Еремин Д.И.* Изменение содержания и качества гумуса при сельскохозяйственном использовании чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья // Почвоведение. 2016. № 5. С. 584–592.
17. *Eremin D.I.* Changes in the content and quality of humus in leached chernozems of the Trans-Ural forest-steppe zone under the impact of their agricultural use // Eurasian soil science. Т. 49, No 5. 2016. P. 538–545. DOI: 10.1134/S1064229316050033.
18. *Кураченко Н.Л.* Идеи профессора В.В. Чупровой в исследовании органического вещества агрогенно-преобразованных почв Сибири // Вестник КрасГАУ. 2021. № 10 (175). С. 94–100. DOI 10.36718/1819-4036-2021-10-94-100.
19. *Кривонос Л.А., Комиссарова И.В.* Состояние плодородия старопашотных обыкновенных черноземов Зауралья на начало XXI века // Аграрный вестник Урала. 2009. № 1(55). С. 38–39.

#### References

1. *Abramov N.V.* Proizvoditel'nost' agro`ekosistem i sostoyanie plodorodiya pochv v usloviyah Zapadnoj Sibiri / Gos. agrar. un-t Severnogo Zaural'ya. Tyumen', 2013. 254 s.
2. *Lyubimova A.V., Ivanenko A.S.* Oves v Tyumenskoj oblasti / NIISH SZ – filial TyumNC SO RAN. Tyumen', 2021. 172 s.
3. *Kul'shin V.A.* Istoriya razvitiya pochvennyh issledovanij v Zapadnoj Sibiri // Sibirskij

- `ekologicheskij zhurnal. 2009. T. 16. № 2. S. 139–142.
4. Eremin D.I., Gruzdeva N.A., Eremina D.V. Izmenenie gumusovogo sostoyaniya seryh lesnyh pochv vostochnoj okrainy Zaural'skogo Plato pod dejstviem dlitel'noj raspashki // Pochvovedenie. 2018. № 7. S. 826–835.
  5. Renev E.P., Eremin D.I., Eremina D.V. Ocenka osnovnyh pokazatelej plodorodiya pochv, naibolee prigodnyh dlya rasshireniya pahotnyh ugodij v Tyumenskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2017. T. 31. № 4. S. 27–31.
  6. Eremin D.I. Osobennosti morfogeneticheskikh svojstv seryh lesnyh pochv yuga Tyumenskoj oblasti // Vestnik Kurganskoj GSHA. 2017. № 3 (23). S. 8–11.
  7. Gruzdeva N.A., Kotchenko S.G., Eremin D.I. Dinamika sodержaniya i zapasov gumusa v agroseryh lesnyh pochvah Severnogo Zaural'ya // Plodorodie. 2017. № 3 (96). S. 16–19.
  8. Kayugina S.M., Eremin D.I. Prostranstvennaya variabel'nost' moschnosti geneticheskikh gorizontov seryh lesnyh pochv Severnogo Zaural'ya // Vestnik KrasGAU. 2020. № 10 (163). S. 3–12.
  9. Nikitishen V.I., Kurganova E.V. Plodorodie i udobrenie seryh lesnyh pochv opolij Central'noj Rossii / Ros. akad. nauk, In-t fiziko-himicheskikh i biologicheskikh problem pochvovedeniya. M.: Nauka, 2007. 366 s.
  10. Sorokina O.A. Agrogennaya transformaciya seryh lesnyh pochv. Krasnoyarsk, 2008. 176 s.
  11. Sorokina O.A. Ocenka transformacii plodoro diya seryh pochv po stepeni gumusirovannosti // Vestnik KrasGAU. 2018. № 3. S. 240–246.
  12. Karetin L.N. Pochvy Tyumenskoj oblasti. Novosibirsk: Nauka, Sib.otd-nie, 1990. 286 s.
  13. Kayugina S.M. Osobennosti stroeniya temnoseryh lesnyh pochv lesostepnoj zony Zaural'ya // Innovacionnye tehnologii v APK: teoriya i praktika: mat-ly Vseros. (nac.) nauch.-prakt. konf. Kurgan, 2021. S. 289–293.
  14. Savich V.I. Primenenie variacionnoj statistiki v pochvovedenii M.: TSHA, 1972. 104 s.
  15. Gamzikov G.P. Agrohimiya azota v agroce-nozah / RASHN, Sib. otd-nie. Novosibirsk, 2013. 790 s.
  16. Eremin D.I. Izmenenie sodержaniya i kachestva gumusa pri sel'skohozyajstvennom ispol'zovanii chernozema vyschelochennogo lesostepnoj zony Zaural'ya // Pochvovedenie. 2016. № 5. S. 584–592.
  17. Eremin D.I. Changes in the content and quality of humus in leached chernozems of the Trans-Ural forest-steppe zone under the impact of their agricultural use // Eurasian soil science. T. 49, No 5. 2016. P. 538–545. DOI: 10.1134/S1064229316050033.
  18. Kurachenko N.L. Idei professora V.V. Chuprovoj v issledovanii organicheskogo veschestva agrogenno-preobrazovannyh pochv Sibiri // Vestnik KrasGAU. 2021. № 10 (175). S. 94–100. DOI 10.36718/1819-4036-2021-10-94-100.
  19. Krivonos L.A., Komissarova I.V. Sostoyanie plodorodiya staropahotnyh obyknovennyh chernozemov Zaural'ya na nachalo XXI veka // Agrarnyj vestnik Urala. 2009. № 1(55). S. 38-39.

Статья принята к публикации 28.04.2022 / The article accepted for publication 28.04.2022.

Информация об авторах:

**Светлана Михайловна Каюгина**<sup>1</sup>, старший преподаватель кафедры математики и информатики  
**Дмитрий Иванович Еремин**<sup>2</sup>, профессор кафедры почвоведения и агрохимии, доктор биологических наук, доцент

Information about the authors:

**Svetlana Mikhailovna Kayugina**<sup>1</sup>, Senior Lecturer, Department of Mathematics and Informatics  
**Dmitry Ivanovich Eremin**<sup>2</sup>, Professor at the Department of Soil Science and Agrochemistry, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor