

Научная статья  
УДК 631.427.22:631.412  
DOI: 10.37102/0869-7698\_2023\_229\_03\_9  
EDN: HOGQQO

## Влияние приемов регулирования биогенных потоков на показатели функционирования микробного сообщества лугово-бурой тяжелосуглинистой почвы

Н.А. Селезнева, А.Г. Тишкова<sup>✉</sup>, Т.А. Асеева

*Наталья Александровна Селезнева*

научный сотрудник

Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Хабаровск,  
Россия

nataliselezneva82@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6331-4045>

*Анна Геннадьевна Тишкова*

младший научный сотрудник

Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Хабаровск,  
Россия

betula2717@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4015-814X>

*Татьяна Александровна Асеева*

доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор

Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Хабаровск,  
Россия

aseeva59@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-8471-0891>

**Аннотация.** Установлено, что длительное внесение минеральных удобрений благоприятно сказывается на содержании биогенных элементов и микробного сообщества лугово-бурой тяжелосуглинистой почвы Хабаровского края. Содержание органического вещества, подвижного фосфора и обменного калия при внесении минеральных удобрений возросло в соответствии с дозой вносимых удобрений. Внесение минеральных удобрений в посевах овса благоприятно сказывалось на численности бактерий, развивающихся за счет минеральных форм азота, а также актиномицетов и грибов.

**Ключевые слова:** Биогенные элементы, микробное сообщество, органическое вещество, минеральные удобрения, лугово-бурые почвы

**Для цитирования:** Селезнева Н.А., Тишкова А.Г., Асеева Т.А. Влияние приемов регулирования биогенных потоков на показатели функционирования микробного сообщества лугово-бурой тяжелосуглинистой почвы // Вестн. ДВО РАН. 2023. № 3. С. 89–97. [http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698\\_2023\\_229\\_03\\_9](http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2023_229_03_9).

**Финансирование.** Исследования проводятся в рамках государственного задания, номер темы 2022-0019.

Original article

## Influence of methods of regulation of biogenic flows on the indicators of the functioning of the microbial community of meadow-brown heavy loamy soil

N.A. Selezneva, A.G. Tishkova, T.A. Aseeva

*Natalya A. Selezneva*

Researcher

Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk, Russia

[nataliselezneva82@mail.ru](mailto:nataliselezneva82@mail.ru)

<http://orcid.org/0000-0002-6331-4045>

*Anna G. Tishkova*

Junior Researcher

Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk, Russia

[betula2717@mail.ru](mailto:betula2717@mail.ru)

<http://orsid.org/0000-0002-4015-814X>

*Tatiana A. Aseeva*

Doctor of Sciences in Agriculture, Member-Correspondent of the Russian Academy of Sciences, Director

Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk, Russia.

[aseeva59@mail.ru](mailto:aseeva59@mail.ru)

<http://orsid.ogr/0000-0001-8471-0891>

**Abstract.** Based on the analysis of the results obtained in the course of the research, it was established that the long-term application of mineral fertilizers favorably affects the content of biogenic elements of the soil and the microbial community of meadow-brown heavy loamy soil of the Khabarovsk territory. The content of organic matter, mobile phosphorus and exchangeable potassium increased with the application of mineral fertilizers in accordance with the dose of applied fertilizers. The introduction of mineral fertilizers under oat crops favorably affected the number of bacteria developing due to mineral forms of nitrogen, as well as actinomycetes and fungi.

**Keywords:** Biogenic elements, microbial community, organic matter, mineral fertilizers, meadow-brown soils

**For citation:** Selezneva N.A., Tishkova A.G., Aseeva T.A. Influence of methods of regulation of biogenic flows on the indicators of the functioning of the microbial community of meadow-brown

**Funding.** Research is carried out within the framework of the state assignment, topic number 2022-0019.

## Введение

Всесторонняя оценка современной сельскохозяйственной деятельности человека свидетельствует о том, что она превратилась в мощный экологический фактор, влияющий на характер почвообразовательного процесса и подчас необратимо меняющий не только свойства самой почвы, но и сопряженных с ней экосистем в целом. По масштабам последствий данное явление сопоставимо только с глобальным изменением климата [1].

Многие авторы отмечают негативное влияние интенсивности сельского хозяйства, к которым относят: уничтожение природной растительности, замену ее сельскохозяйственными культурными растениями; вырубку леса и превращение этих площадей в луговые угодья; глубокую вспашку и другие, приводящие к агрохимической деградации земель. К таким негативным влияниям можно отнести дегумификацию, увеличение кислотности, изменение содержания макро- и микроэлементов, ухудшение физических свойств почвы [2, 3].

Применение агротехнологий значительно изменяет биогеохимические циклы, в том числе те, в которых участвуют почвенные микроорганизмы. Общий тренд этих изменений проявляется в снижении способности почвы обеспечивать сельскохозяйственные растения необходимым количеством элементов минерального питания и азотом. Снижение запасов органического вещества приводит к ухудшению физических свойств почвы: ухудшаются аэрация, водоудерживающая способность и агрегативность, увеличивается плотность, что приводит к угнетению роста растений и появлению эрозийных процессов [4–8].

Оказывая влияние на микроорганизмы, средства химизации воздействуют и на экосистемы, модифицируя их. В результате меняются интенсивность и направленность процессов формирования структуры почвы, образования гумуса и его минерализации, почвообразования и сохранения плодородия, что в целом может привести к необратимому нарушению экологического равновесия [9–11]. Микроорганизмы играют исключительно важную роль в самоочищении почвы от разнообразных веществ – продуктов производственной и прежде всего сельскохозяйственной деятельности человека, так как обладают мощным, разнообразным и лабильным ферментативным аппаратом [12]. Способность почвы к самовосстановлению и самоочищению, ее плодородие имеют прямую зависимость от активности микробиологических процессов, однако в результате высокой интоксикации почвы микробиологическая активность снижается из-за гибели полезной почвенной биоты, которая является ведущим деструктором в системе почва – растение и может существенно изменять характер трансформации питательных веществ удобрений [12–14].

Исходя из вышесказанного, цель работы – изучить влияние приемов регулирования биогенных потоков на показатели функционирования микробного сообщества лугово-бурой тяжелосуглинистой почвы Хабаровского края.

## Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2022 г. в длительных стационарных опытах Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства (Хабаровский край), заложенных в 1963–1965 гг., в 9-й ротации севооборота под посевами овса сорт Маршал. Объектом исследования являются лугово-бурые почвы. Почвенный покров на территории проведения исследований представлен лугово-бурыми тяжелосуглинистыми почвами с кислой реакцией и низким естественным плодородием, что обусловлено незначительным содержанием питательных элементов и гумуса, слабой биологической активностью.

Схема опыта включала следующие варианты: без удобрений с 1963 г. – контроль; минеральные удобрения в дозах  $N_{16}P_{16}K_{16}$ ,  $N_{32}P_{32}K_{32}$ ,  $N_{48}P_{48}K_{48}$ .

Площадь делянок в опыте составляла 170 м<sup>2</sup>, повторность закладки вариантов – 4-кратная.

Почвенные образцы отбирали до внесения удобрений, в фазу кущения, во время уборки; в них определяли аммоний колориметрически с реактивом Несслера по Е.В. Аринушкиной, нитратный азот (ГОСТ 26951-86), фосфор и калий (ГОСТ Р 54650-2011), органическое вещество (ГОСТ 26213-91). Повторность измерений была 3-кратной, для дальнейшего расчета использовали среднее значение.

Почвенные образцы для микробиологических исследований отбирали с помощью почвенного бура на глубину пахотного горизонта (0–20 см) методом конверта с соблюдением асептики 3 раза за период вегетации: до внесения минеральных удобрений, в фазу цветения и в фазу созревания культуры.

Общее число колониеобразующих единиц в 1 г абсолютно сухой почвы изучаемых образцов, а также количественные характеристики основных групп микроорганизмов определяли методом посева на плотные питательные среды с серией последовательных разведений почвенной суспензии согласно методике [15].

Коэффициент минерализации по Мишустину [15, 16] высчитывали через соотношение количеств микроорганизмов-аммонификаторов и микроорганизмов, иммобилизирующих минеральный азот, т.е. число КОЕ на КАА делили на число КОЕ, обнаруженных на МПА, из одного и того же почвенного разведения.

В гидротермических условиях 2022 г. период вегетации от всходов до уборки овса составил 108 дней. Массовые всходы и выметывание метелки совпали с резко выраженным дефицитом влаги, гидротермический коэффициент составил 0,2–0,8. Фазы кущения и трубкования проходили при избыточном увлажнении пахотного слоя почвы, гидротермический коэффициент – 2,0 и 1,5. За период всходы–уборка сумма активных температур составила 2110,7 °С, сумма осадков – 530,2 мм.

## Результаты и обсуждение исследований

Как видно из табл. 1, содержание минерального азота, его нитратной и аммонийной форм, было максимальным в варианте с двойной дозой удобрений на известковом фоне (Фон +  $N_{32}P_{32}K_{32}$ ) в начале и конце вегетации и в среднем в 3,0 раза большим в опытах, чем в контрольном варианте.

На образование и накопление в почве подвижных фосфатов большее влияние оказало внесение  $N_{48}P_{48}K_{48}$  по известковому фону – 2,7 мг/100 г почвы в фазу кущения, что в 2,1 раза больше контрольных значений. В этом же варианте к моменту

уборки снижение показателя было наименьшим (0,9 мг/100 г почвы), чем при внесении других доз минеральных удобрений (0,7 мг/100 г почвы).

Таблица 1

**Влияние минеральных удобрений на содержание биогенных элементов в лугово-бурых почвах**

| Вариант  | N-NO <sub>3</sub> + N-NH <sub>4</sub> , мг/кг | Органическое вещество, % | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г почвы | K <sub>2</sub> O, мг/100 г почвы |
|--|---|--------------------------|--|----------------------------------|
| До посева  |   |                          |  |                                  |
| 1. Контроль  | 10,4  | 2,45                     | 0,6  | 7,8                              |
| 2. Фон + N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub> | 11,0  | 2,80                     | 1,2  | 8,4                              |
| 3. Фон + N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> | 17,6  | 2,91                     | 1,1  | 7,7                              |
| 4. Фон + N <sub>48</sub> P <sub>48</sub> K <sub>48</sub> | 11,8  | 3,15                     | 1,0  | 9,3                              |
| Кущение  |   |                          |  |                                  |
| 1. Контроль  | 4,3   | 2,46                     | 1,3  | 7,3                              |
| 2. Фон + N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub> | 8,2   | 2,78                     | 1,9  | 12,0                             |
| 3. Фон + N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> | 9,1   | 2,92                     | 2,6  | 10,9                             |
| 4. Фон + N <sub>48</sub> P <sub>48</sub> K <sub>48</sub> | 9,7   | 3,19                     | 2,7  | 13,1                             |
| Уборка   |   |                          |  |                                  |
| 1. Контроль  | 1,8   | 2,42                     | 0,6  | 5,2                              |
| 2. Фон + N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub> | 3,3   | 2,73                     | 0,7  | 10,0                             |
| 3. Фон + N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> | 3,6   | 3,12                     | 0,7  | 10,7                             |
| 4. Фон + N <sub>48</sub> P <sub>48</sub> K <sub>48</sub> | 3,5   | 3,21                     | 0,9  | 10,4                             |

Примечание. Контроль – без удобрений.

Среднее содержание обменного калия в почве до внесения минеральных удобрений отличалось от контроля незначительно (8,5 и 7,8 мг/100 г почвы), но увеличивалось соразмерно вносимым дозам удобрений и в среднем за период вегетации превысило значения для контрольного варианта в 1,5 раза.

Органическое вещество является важным компонентом почвы, который определяет ее физические, химические и биологические свойства, а также обеспечивает ее устойчивое функционирование. Высокое содержание органики способствует удержанию в почве влаги и питательных веществ, что улучшает качество почвы и приводит к большей продуктивности растений. При длительном сельскохозяйственном использовании почвы без внесения удобрений этот показатель снизился за период вегетации в 1,01 раза. Внесение возрастающих доз минеральных удобрений по известковому фону привело к увеличению содержания органического вещества к уборке в среднем на всех вариантах по сравнению с контрольным вариантом в 1,22 раза. Величина коэффициента минерализации свидетельствуют о том, что скорость процессов трансформации органических веществ в почве нарастает при вовлечении земель в сельскохозяйственное использование. Соотношение численности микроорганизмов амилोलитиков и аммонификаторов оказывает существенное влияние на процессы минерализации органического вещества. Показатель коэффициента минерализации (3,59) свидетельствует о преобладании в почве процессов разложения легкодоступного вещества и активизации начальной стадии процесса гумусообразования.

Внесение агрохимикатов и пестицидов в агроценоз неизменно влияет на микробонаселение почвенного покрова. Данные изменения не всегда связаны со снижением численности микробного сообщества. Микробиологический мониторинг

почвы в посевах овса показал, что наименьшая общая численность микроорганизмов наблюдалась весной (до внесения удобрений), сразу после оттаивания почвы, что доказывает сохранение определенной численности микрофлоры в зимний период.

К фазе цветения овса суммарный пул активной микрофлоры достиг своего максимума, это, вероятнее всего, связано с внесением минеральных удобрений и поступлением свежего органического вещества в виде корневых выделений и отмерших частей растений. В этот период почвы под посевом овса, по шкале Звягинцева, были очень богаты микроорганизмами. В дальнейшем их численность снижается и к фазе созревания становится почти в 6 раз меньше, чем была в фазу цветения (табл. 2).

Внесение минеральных удобрений благоприятно сказывалось на численности аммонификаторов, амилолитиков, актиномицетов и грибов. В весенний период количество аммонификаторов было в 1,6 раза больше в вариантах с минеральными удобрениями, чем в контрольном. После их внесения в фазу цветения численность бактерий превысила контрольную в 3,6 раза. В период созревания овса процессы аммонификации замедлились и численность бактерий в вариантах превышала контроль только в 2 раза (табл. 2).

Таблица 2

**Численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов в лугово-бурых почвах на различных минеральных фонах**

| Вариант  | КОЕ/1 г абс. сух. почвы |             |           |            |                |                |              | Грибы |
|--|-------------------------|-------------|-----------|------------|----------------|----------------|--------------|-------|
|  | млн                     |             |           |            |                |                | тыс.         |       |
|  | Аммонификаторы          | Амилолитики | Автохтоны | Олиготрофы | Олигокарбофилы | Олигонитрофилы | Актиномицеты |       |
| <b>До посева</b>   |                         |             |           |            |                |                |              |       |
| 1. Контроль – б/у  | 0,14                    | 0,30        | 0,11      | 0,18       | 1,01           | 0,46           | 0,74         | 0,00  |
| 2. Фон + N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub> | 0,14                    | 0,82        | 0,25      | 0,40       | 1,86           | 0,74           | 1,01         | 9,47  |
| 3. Фон + N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> | 0,26                    | 0,54        | 0,49      | 0,45       | 2,33           | 0,93           | 1,28         | 8,22  |
| 4. Фон + N <sub>48</sub> P <sub>48</sub> K <sub>48</sub> | 0,27                    | 1,31        | 0,42      | 0,50       | 1,81           | 0,99           | 1,59         | 11,04 |
| <b>Цветение</b>  |                         |             |           |            |                |                |              |       |
| 1. Контроль – б/у  | 0,16                    | 1,63        | 0,12      | 13,99      | 12,65          | 0,36           | 40,27        | 1,46  |
| 2. Фон + N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub> | 0,61                    | 2,93        | 0,00      | 62,77      | 31,92          | 1,86           | 62,35        | 2,66  |
| 3. Фон + N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> | 0,56                    | 2,10        | 0,06      | 58,37      | 28,18          | 0,98           | 61,57        | 1,02  |
| 4. Фон + N <sub>48</sub> P <sub>48</sub> K <sub>48</sub> | 0,54                    | 2,74        | 0,04      | 27,49      | 30,91          | 1,53           | 72,03        | 2,08  |
| <b>Созревание</b>  |                         |             |           |            |                |                |              |       |
| 1. Контроль – б/у  | 0,34                    | 0,57        | 0,03      | 1,39       | 1,45           | 0,90           | 3,16         | 0,96  |
| 2. Фон + N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub> | 0,79                    | 1,23        | 0,00      | 2,41       | 3,53           | 1,03           | 6,80         | 0,29  |
| 3. Фон + N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> | 0,73                    | 1,42        | 0,07      | 2,39       | 4,92           | 2,20           | 7,33         | 1,47  |
| 4. Фон + N <sub>48</sub> P <sub>48</sub> K <sub>48</sub> | 0,46                    | 1,32        | 0,08      | 4,27       | 9,51           | 1,64           | 10,75        | 0,82  |

Динамика численности амилолитиков в эти периоды (до посева, цветение и созревание) имела противоположный характер. В начальный период вегетации численность этих бактерий была почти в 3 раза выше при многолетнем использовании

удобрений, чем в почвах контрольного варианта. Это, скорее всего, объясняется тем, что весной в почве интенсивно протекали процессы иммобилизации азота. В фазе цветения овса разница между вариантами снизилась до 1,6 раза. В период созревания овса иммобилизация азота также интенсивнее проходила в вариантах с внесением минеральных удобрений.

Численность микроскопических грибов увеличивалась с усилением минерального питания в весенний период, но уменьшалась в период цветения и созревания. По отношению к контрольному варианту количество грибных зачатков все равно оставалось выше в среднем на 40,0 %.

Численность коренного (автохтонного) микробонаселения не зависит от количества элементов питания и больше подвержена сезонным изменениям. Максимальной она была весной, к середине вегетации снизилась в 4,6 раза, а к концу вегетации – в 8 раз.

### **Заключение**

При длительном сельскохозяйственном использовании почв без внесения удобрений содержание в них органического вещества в среднем за период вегетации снизилось незначительно (в 1,01 раза). Длительное внесение минеральных удобрений благоприятно сказалось на содержании питательных веществ к концу вегетации по сравнению с контролем: содержание подвижного фосфора увеличилось в 1,7 раза, обменного калия – в 1,5 раза.

Внесение минеральных удобрений в посевах овса благоприятно сказалось на численности бактерий, развивающихся за счет минеральных форм азота и являющихся показателем интенсивности минерализационных процессов, а также актиномицетов и грибов. Количество аммонификаторов азота было в среднем в 2,3 раза больше, чем в контроле. Численность амилолитиков в период интенсивного развития микроорганизмов увеличилась в 2,5 раза. Число микроорганизмов, участвующих в процессах образования и минерализации гумуса, в среднем увеличилось в 2 раза по отношению к контролю. Количество грибных зачатков увеличилось в среднем на 40,0 %.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Зинченко М.К. Система биологических показателей при оценке экологического состояния серой лесной почвы на примере стационарного опыта // Владимирский земледелец. 2022. № 1. С. 9–15. <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2022-1-9-15>

2. Аветисян М.Г. Трансформация органического вещества и биогенных элементов почв, вызванная антропогенной деятельностью // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия: География. Геоэкология. 2018. № 4. С. 34–38.

3. Суняйкин А.А., Селезнева Н.А., Хоменок Г.П. и др. Динамика агрохимических показателей в естественных и антропогенно-преобразованных экосистемах лугово-бурых почв Среднего Приамурья // Вклад агрофизики в решение фундаментальных задач сельскохозяйственной науки: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. СПб., 2020. С. 503–508. ISBN 978-5-905200-43-4.

4. Абакумов Е.В., Лойко С.В., Истигечев Г.И. и др. Почвы черневой тайги Западной Сибири – морфология, агрохимические особенности, микробиота // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 5. С. 1018–1039. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.5.1018rus>

5. Васбиева М.Т. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на динамику содержания органического углерода и азотный режим дерново-подзолистой почвы // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1365–1372.

6. Селезнева Н.А., Асеева Т.А., Федорова Т.Н. Изменение качественного состава органического вещества в лугово-бурой тяжелосуглинистой почве при антропогенном воздействии // Плодородие почв России. Состояние, тенденции и прогноз: материалы Междунар. науч. конф. М., 2019. С. 287–293. DOI: 10.25680/VNIA.2019.77.60.074.
7. Ларионова А.А., Золотарева Б.Н., Евдокимов И.В. и др. Идентификация лабильного и устойчивого пулов органического вещества в агросерой почве // Почвоведение. 2011. № 6. С. 685–698.
8. Кураченко Н.Л., Бопп В.Л. Динамика углерода водорастворимого гумуса в черноземе обыкновенном под чистыми и бинарными посевами донника // Сиб. вестн. с.-х. науки. 2016. № 5. С. 14–20.
9. Евдакова М.В. Воздействие пестицидов на почвенную микрофлору сельскохозяйственных угодий // Фундаментальные и прикладные научные исследования: инноватика в современном мире: сб. науч. статей по материалам III Междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2020. С. 53–58.
10. Walder F., Schmid M.W., Riedo J. et al. Soil microbiome signatures are associated with pesticide residues in arable landscapes // *Soil Biology and Biochemistry*. 2022. Vol. 174. 108830. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108830>.
11. Синеговская В.Т., Банецкая Е.В. Микробоценозный состав луговой черноземовидной почвы в посевах сои и пшеницы при длительном внесении удобрений // Плодородие. 2022. № 1. С. 46–49. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.124.12>.
12. Толстихина Д.В., Ферапонтова С.А. Отдаленные экологические последствия гербицидных обработок лука для микроорганизмов почвы // Сельскохозяйственные науки: материалы 57-й Междунар. науч. студ. конф. Новосибирск, 2019. С. 32.
13. Владимцева И.В., Колотова О.В., Могилевская И.В. и др. Некоторые аспекты получения и применения бактериальных препаратов для ремедиации почв, загрязненных пестицидами // Вестн. ИрГСХА. 2019. № 90. С. 34–44.
14. Мосина Л.В., Мёрзлая Г.Е. Экологическая оценка влияния органических и минеральных удобрений на микрофлору дерново-подзолистой почвы и продуктивность агроценозов в экстремальных погодных условиях // Изв. ТСХА. 2013. № 5. С. 5–18.
15. Титова В.И., Козлов А.В. Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества: науч.-метод. пособие. Нижний Новгород: Нижегородская с.-х. акад., 2012. 64 с.
16. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. 216 с.

## REFERENCES

1. Zinchenko M.K. Sistema biologicheskikh pokazatelei pri otsenke ehkologicheskogo sostoyaniya seroi lesnoi pochvy na primere statsionarnogo opyta = [System of biological markers to assess the ecological state of grey forest soil through a stationary experiment]. *Vladimir agricolist*. 2022;(1):9-15. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2022-1-9-15>
2. Avetisyan M.G. Transformatsiya organicheskogo veshchestva i biogennykh elementov pochv, vyzvannaya antropogennoi deyatel'nost'yu = [Transformation of organic matter and soil biogenic elements caused by anthropogenic activity]. *Proc. Voronezh State Univ. Series: Geography. Geoecology*. 2018;(4):34-38. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/geo.2018.4/2263>
3. Sunyaikin A.A., Selezneva N.A., Homenok G.P. et al. Dinamika agrokhimicheskikh pokazatelei v estestvennykh i antropogenno-preobrazovannykh ehkosistemakh lugovo-burykh pochv Srednego Priamur'ya = [The dynamics of agrochemical indicators in natural and anthropogenic ecosystems of meadow-brown soils of the middle amur region]. *Vklad agrofiziki v reshenie fundamental'nykh zadach sel'skokhozyaistvennoi nauki: materialy Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Saint Petersburg; 2020. P. 503-508. (In Russ.).
4. Abakumov E.V., Loyko S.V., Istigechev G.I. et al. Pochvy chernevoi taigi Zapadnoi Sibiri – morfologiya, agrokhimicheskie osobennosti, mikrobiota = [Soils of chernevaya taiga of Western Siberia – morphology, agrochemical features, microbiota]. *Agricultural Biology*. 2020;(5):1018-1039. (In Russ.).
5. Vasbieva M.T. Effect of long-term application of organic and mineral fertilizers on the organic carbon content and nitrogen regime of soddy-podzolic soil. *Eurasian Soil Science*. 2019;(11):1422-1428
6. Selezneva N.A., Aseeva T.A., Fedorova T.N. Izmenenie kachestvennogo sostava organicheskogo veshchestva v lugovo-buroi tyazhelosuglinistoj pochve pri antropogenom vozdeistvii = [Change in the qualitative composition of organic matter in meadow-brown heavy loamy soil under anthropogenic



influence]. *Plodorodie pochv Rossii. Sostoyanie, tendentsii i prognoz: materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*. Moscow, 2019. P. 287-293. (In Russ.). DOI: 10.25680/VNIIA.2019.77.60.074.

7. Larionova A.A., Zolotareva B.N., Yevdokimov I.V. et al. Identification of labile and stable pools of organic matter in an agrogray soil. *Eurasian Soil Science*. 2011;(6):628-640.

8. Kurachenko N.L., Bopp V.L. Dinamika ugleroda vodorastvorimogo gumusa v chernozeme obyknovennom pod chistymi i binarnymi posevami donnika = [Water-soluble humus carbon dynamics in common chernozem of Krasnoyarsk forest steppe in the pure and binary melilot crops]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2016;(5):14-20. (In Russ.).

9. Evdakova M.V. Vozdeistvie pestitsidov na pochvennyu mikrofloru sel'skokhozyaistvennykh ugodii = [The impact of pesticides on the soil microflora of agricultural land]. *Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: innovatika v sovremennoy mire: Sbornik nauchnykh statei po materialam III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Ufa; 2020. P. 53-58. (In Russ.).

10. Walder F., Schmid M.W., Riedo J., Valzano-Held A.Y., et al. Soil microbiome signatures are associated with pesticide residues in arable landscapes. *Soil Biology and Biochemistry*. 2022;174:108830. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108830>.

11. Sinegovskaya V.T., Banetskaya E.V. Mikrobotsenoznyi sostav lugovoi chernozemovidnoi pochvy v posevakh soi i pshenitsy pri dlitel'nom vnesenii udobrenii = [Microbocenosis composition of meadow chernozem-like soil in soybean and wheat crops with long-term application of fertilizers]. *Plodorodie*. 2022;(1):46-49. (In Russ.). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.124.12>

12. Tolstikhina D.V., Ferapontova S.A. Otdalennyye ehkologicheskie posledstviya gerbitsidnykh obrabotok luka dlya mikroorganizmov pochvy = [Long-term ecological consequences of onion herbicidal treatments for soil microorganisms]. *Sel'skokhozyaistvennye nauki: materialy 57 Mezhdunarodnoi nauchnoi studencheskoi konferentsii*. Novosibirsk; 2019. P. 32. (In Russ.).

13. Vladimtseva I.V., Kolotova O.V., Mogilevskaya I.V. et al. Nekotorye aspekty polucheniya i primeneniya bakterial'nykh preparatov dlya remediatsii pochv, zagryaznennykh pestitsidami = [Some aspects of obtaining and using bacterial preparation for remediation of soils polluted by pesticides]. *Vestnik Irkutskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2019;(90):34-44. (In Russ.).

14. Mosina L.V., Merzlaya G.E. Ehkologicheskaya otsenka vliyaniya organicheskikh i mineral'nykh udobrenii na mikrofloru dernovo-podzolistoi pochvy i produktivnost' agrotsenozov v ehkstremal'nykh pogodnykh usloviyakh = [The ecological effect of organic and mineral fertilizers on microbiological activity of sod-podzolic soils and agrocenoses productivity under extreme weather conditions]. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2013;(5):5-18. (In Russ.).

15. Titova V.I., Kozlov A.V. Metody otsenki funktsionirovaniya mikrobotsenoza pochvy, uchastvuyushchego v transformatsii organicheskogo veshchestva: Nauchno-metodicheskoe posobie = [Methods for assessing the functioning of soil microbiocenosis involved in the transformation of organic matter: Scientific and methodological manual]. Nizhniy Novgorod: Nizhegorodskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya; 2012. 64 p. (In Russ.).

16. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F. Biologicheskaya diagnostika i indikatsiya pochv: metodologiya i metody issledovaniy = [Biological diagnostics and indication of soils: methodology and research methods]. Rostov na Donu: Rostov State Univ. Publ.; 2003. 216 p. (In Russ.).