



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-1>

УДК: 631.821:631.8:631.445.25:631:874

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

## МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ, ИЗВЕСТИ И СИДЕРАЦИЯ В ПЛОДОСМЕННОМ СЕВООБОРОТЕ В УСЛОВИЯХ ПРИБАЙКАЛЬЯ

✉ Дьяченко Е.Н.

*Иркутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Иркутская область, с. Пивовариха, Россия

✉ e-mail: agrohim\_170@mail.ru

Представлены результаты исследований по влиянию длительного применения минеральных удобрений, извести и сидерации на кислотность почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур. Эксперимент проведен в длительном (2017–2020 гг.) стационарном полевом опыте в пятой ротации четырехпольного плодосменного севооборота: кукуруза, ячмень + клевер, клевер, яровая пшеница. Почва опытного участка – серая лесная тяжелосуглинистая. Изучали следующие варианты: без удобрений,  $N_{90}P_{60}$ ,  $P_{60}K_{90}$ ,  $N_{90}K_{90}$ ,  $N_{90}P_{60}K_{90}$  на двух фонах – без известкования и с внесением извести по 0,5 Нг (5,7 т/га). Установлено, что пятикратное применение мелиоранта способствовало снижению кислотности серой лесной почвы:  $pH_{KCl}$  по сравнению с исходным показателем (4,5–4,9) увеличился на 0,9–1,5, гидролитическая кислотность снизилась на 6,1–8,3 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями увеличилась на 20,0–25,5%. За счет применения сидерации в севообороте  $pH_{KCl}$  возрос на 0,4–0,6, гидролитическая кислотность снизилась на 2,3–4,1 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями увеличилась на 9,2–13,3%. Минеральные удобрения в применяемых дозах не оказывали влияния на изменение кислотности почвы, как на непроизвесткованном, так и на произвесткованном фонах. Продуктивность севооборота по вариантам опыта увеличилась на 0,23–0,69 т зерновых единиц/га (т з. ед./га) (7–21%) и была наибольшей при совместном действии полного минерального удобрения ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) и извести. Окупаемость 1 кг д.в. минеральных удобрений сельскохозяйственной продукцией составила 6,1–11,5 кг зерна, 1 т извести – 2,5–3,2 ц зерна.

**Ключевые слова:** серая лесная почва, кислотность, плодосменный севооборот, известкование, минеральные удобрения, сидерация

## MINERAL FERTILIZERS, LIME AND GREEN MANURING IN CROP ROTATION UNDER CONDITIONS OF THE BAIKAL REGION

✉ Dijachenko E.N.

*Irkutsk Research Institute of Agriculture*

Pivovarikha, Irkutsk region, Russia

✉ e-mail: agrohim\_170@mail.ru

The results of research on the effect of long-term application of mineral fertilizers, lime and green manuring on soil acidity and crop productivity are presented. The experiment was conducted in a long-term (2017-2020) stationary field experiment in the fifth rotation of a four-field crop rotation: corn, barley + clover, clover, spring wheat. The soil of the experimental plot is gray forest heavy loam. The following variants were studied: without fertilizers,  $N_{90}P_{60}$ ,  $P_{60}K_{90}$ ,  $N_{90}K_{90}$ ,  $N_{90}P_{60}K_{90}$  on two backgrounds - without liming and with the introduction of 0.5 Ng of lime (5.7 t/ha). It was found that 5 times use of ameliorant helped to decrease acidity of gray forest soil:  $pH_{KCl}$  increased by 0,9-1,5 in comparison with the initial indicator (4,5-4,9), hydrolytic acidity decreased by 6,1-

8,3 mg-eq./100 g, the degree of base saturation increased by 20,0-25,5%. Due to the use of green manuring in the crop rotation,  $pH_{KCl}$  grew by 0.4-0.6; hydrolytic acidity fell by 2.3-4.1 mg-eq./100 g of soil, the degree of base saturation raised by 9.2-13.3%. The mineral fertilizers at the applied rates had no effect on changing the soil acidity, both on non-lime- and lime-fertilized backgrounds. The productivity of crop rotations by experiment variants increased by 0.23-0.69 tons of grain units per hectare (tgru/ha) (7-21%) and was the greatest with the combined effect of total mineral fertilizer ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) and lime. The recoument of 1 kg rate of application of mineral fertilizers to agricultural products was 6.1-11.5 kg of grain, 1 ton of lime - 2.5-3.2 kg of grain.

**Keywords:** gray forest soil, acidity, crop rotation, liming, mineral fertilizers, green manuring

**Для цитирования:** Дьяченко Е.Н. Минеральные удобрения, известь и сидерация в плодосменном севообороте в условиях Прибайкалья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 5–11. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-1>

**For citation:** Dijachenko E.N. Mineral fertilizers, lime and green manuring in crop rotation under conditions of the Baikal region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 5–11. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-1>

#### **Конфликт интересов**

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

#### **Conflict of interest**

The author declares no conflict of interest.

#### **Благодарность**

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования (проект № 0806-2019-0004).

#### **Acknowledgments**

This work was performed within the framework of the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education (Project No. 0806-2019-0004).

## **ВВЕДЕНИЕ**

К глобальной проблеме, оказывающей негативное влияние на доходы и продовольственную безопасность населения всего мира, относится деградация почв и земельных ресурсов [1, 2]. В Российской Федерации с конца XX в. отмечается повсеместное снижение почвенного плодородия земель сельскохозяйственного назначения, что сопровождается отрицательным балансом элементов питания [3] и общим ухудшением агрохимической характеристики всех типов и разновидностей почв [4, 5], включая и серые лесные подтипы [6]. Среди этих почв преобладают сильнокислые и среднекислые, которые характеризуются невысоким содержанием гумуса и подвижными формами элементов питания.

Устранив избыточную кислотность путем внесения извести и восполнив недостаток питательных веществ с помощью минеральных и органических удобрений, можно

улучшить агрохимические свойства серой лесной почвы для создания благоприятных условий возделывания сельскохозяйственных культур [7, 8].

Известкование и систематическое применение минеральных удобрений способствуют их эффективному использованию и получению стабильных урожаев<sup>1</sup> [9–10]. Комплексное влияние систематического применения минеральных удобрений, извести и сидерации на снижение кислотности почвы в настоящее время недостаточно изучено. Результаты исследований за четыре ротации плодосменного севооборота показали положительное влияние известкования на снижение кислотности серой лесной почвы и продуктивность культур [11, 12].

Цель исследования – изучить изменение показателей кислотности серой лесной почвы при длительном использовании извести, минеральных удобрений и сидерации по завершении пяти ротаций плодосменного севооборота.

<sup>1</sup>Гладышева О.В., Свирина В.А., Артюхова О.А. Изменение плодородия почвы и продуктивности севооборота при длительном применении минеральных удобрений с известкованием // Плодородие. 2021. № 1. С. 27–29. DOI: 10.25680/S9948603.2021.118.08.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проводили в 2020 г. на опытном поле Иркутского научно-исследовательского института сельского хозяйства (НИИСХ) в Иркутском районе Иркутской области в конце пятой ротации плодосменного севооборота, заложенного в 2001 г. В севооборот входили следующие культуры: кукуруза (на силос) – ячмень + клевер – клевер (на сидерат) – яровая пшеница. Эксперимент проведен на двух фонах – без извести и известь, внесенная по 0,5 Нг (5,7 т/га). Почва опытного участка серая лесная тяжелосуглинистая, содержание гумуса – 4,5–4,8%, общего азота – 0,17–0,21%,  $pH_{\text{сол}}$  – 3,9–4,4; гидролитическая кислотность (Нг) – 9,1–10,6 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями (V) – 68,4–72,1%,  $P_2O_5$  – 100–120,  $K_2O$  – 80–100 мг/кг почвы (по Кирсанову). Изучали следующие системы применения удобрений: 1) без удобрений, 2) NP, 3) PK, 4) NK, 5) NPK. Минеральные удобрения (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, калий хлористый) вносили под кукурузу (гибрид Катерина СВ) в первой и второй ротациях в дозе  $N_{90}P_{40}K_{90}$ , под ячмень (сорт Биом) с подсевом клевера (сорт Родник Сибири) –  $N_{40}P_{40}K_{40}$ . Учитывая положительное действие сидерации на урожайность культур за две ротации севооборота, начиная с третьей ротации (2009 г.) дозы минеральных удобрений были снижены на 30%, они в результате составили  $N_{60}P_{30}K_{60}$  (под кукурузу) и  $N_{30}P_{30}K_{30}$  (под ячмень).

Известняковую муку (содержание  $CaCO_3$  – 85%) вносили весной перед посевом кукурузы (норма высева – 200 тыс. зерен/га, или 60 кг/га) поверхностно с последующей заделкой дисковой бороной в два следа на глубину 12–15 см. Ячмень с подсевом клевера высевали после ранневесеннего боронования с последующим прикатыванием (норма высева: ячмень – 6,5 млн всхожих зерен/га, клевер – 4 млн всхожих зерен/га.

На второй год жизни клевер использовался в качестве сидеральной культуры. Замыкающей культурой в севообороте высевали яровую пшеницу (сорт Бурятская остистая) с нормой высева 7 млн всхожих зерен/га. Площадь посевной делянки 122,5 м<sup>2</sup>, учетной – 96,3 м<sup>2</sup>. Повторность 4-кратная, расположение делянок однорядное, последовательное.

Учет урожая зерновых проведен поделаночно прямым комбайнированием «Сампо-500», кормовых культур – вручную. Исследования состояли из проведения фенологических наблюдений, отбора почвенных образцов, учета урожайности культур севооборота, выполнения агрохимических анализов в лаборатории. Для изучения динамики изменения кислотности почвы осенью отбирали образцы из слоя 0–20 см в первом поле севооборота, в которых  $pH_{KCl}$  определяли потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85)<sup>2</sup>, гидролитическую кислотность – по методу Каппена, степень насыщенности основаниями – расчетным способом<sup>3</sup>. Статистическая обработка результатов исследований выполнена с помощью пакета прикладных программ Snedecor<sup>4</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Длительное применение извести в плодосменном севообороте оказало существенное влияние на снижение кислотности серой лесной почвы. К концу пятой ротации севооборота на удобренных вариантах  $pH_{KCl}$  по сравнению с исходным показателем (4,5–4,9) pH увеличился на 1,1–1,5, гидролитическая кислотность снизилась на 7,1–8,3 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями увеличилась на 22,8–25,5%. В варианте без удобрений эти показатели составили 0,9; 6,1 мг-экв./100 г почвы и 20% соответственно (см. табл. 1).

Отмечено снижение кислотности почвы на фоне без внесения извести. В варианте без внесения удобрений  $pH_{KCl}$  возрос на 0,4, гидролитическая кислотность снизилась на

<sup>2</sup>ГОСТ 26483–85. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. М., 1985. 7 с.

<sup>3</sup>Ариунушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Колос, 1979. 416 с.

<sup>4</sup>Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск, 2012. 282 с.

**Табл. 1.** Влияние извести и минеральных удобрений на показатели кислотности серой лесной почвы в слое 0–20 см**Table 1.** The effect of lime and mineral fertilizers on acidity parameters of gray forest soil in a layer of 0-20 cm

| Вариант  | рН <sub>KCl</sub> |         | Нг, мг-экв./100 г |         | V, %    |         |
|--|-------------------|---------|-------------------|---------|---------|---------|
|  | 2001 г.           | 2020 г. | 2001 г.           | 2020 г. | 2001 г. | 2020 г. |
| Без удобрений  | 4,0               | 4,4     | 10,1              | 7,8     | 68,7    | 77,9    |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub>                                  | 3,9               | 4,3     | 11,1              | 7,7     | 68,2    | 78,1    |
| P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>                                  | 3,8               | 4,4     | 11,4              | 7,6     | 65,7    | 78,6    |
| N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                  | 3,9               | 4,5     | 11,4              | 7,3     | 66,3    | 79,6    |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>                  | 3,8               | 4,3     | 11,9              | 8,4     | 65,9    | 76,5    |
| Без удобрений + известь 0,5 Нг                                   | 4,8               | 5,7     | 8,8               | 2,7     | 73,2    | 93,2    |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> + известь 0,5 Нг                 | 4,6               | 6,1     | 8,7               | 1,6     | 73,1    | 95,9    |
| P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + известь 0,5 Нг                 | 4,9               | 6,0     | 9,8               | 1,5     | 70,5    | 96,0    |
| N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + известь 0,5 Нг                 | 4,5               | 6,0     | 9,8               | 1,7     | 70,8    | 95,2    |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + известь 0,5 Нг | 4,9               | 6,1     | 8,8               | 1,6     | 72,7    | 95,7    |
| НСП <sub>05</sub> общая  | 0,2               | 0,2     | 0,5               | 0,4     | 0,7     | 1,1     |
| НСП <sub>05</sub> извести  | 0,3               | 0,3     | 0,9               | 0,8     | 1,2     | 2,0     |
| НСП <sub>05</sub> удобрений                                      | 0,5               | 0,4     | 0,4               | 1,2     | 0,9     | 3,2     |

2,3 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями увеличилась на 9,2%. В вариантах с использованием минеральных удобрений значение рН<sub>KCl</sub> увеличилось по сравнению с исходной (3,8–3,9) на 0,4–0,6, гидролитическая кислотность снизилась на 3,4–4,1, степень насыщенности основаниями увеличилась на 9,9–13,3%. Мы полагаем, что на снижение кислотности почвы на неизвесткованном фоне оказало влияние использование зеленой массы клевера на сидерат. Аналогичные результаты получены в исследованиях других ученых [13]. Нейтрализующее действие сидеральной бобовой культуры на почвенную кислотность установил В.Н. Прокошев [14]. Л.П. Галеева отмечает уменьшение гидролитической кислотности выщелоченных черноземов при применении сидерации [15]. Исследованиями Ш.К. Хуснидинова в нашем регионе установлено, что применение козлятника восточного в качестве сидеральной культуры снижает величину гидролитической кислотности почвы [16]. Исследования показали, что внесение минеральных удобрений в применяемых дозах не оказывало суще-

ственного влияния на изменение кислотности почвы.

Агрономическая эффективность применения удобрений и мелиорантов определяется прибавкой урожая, окупаемостью единицы внесенных туков зерном или в зерновых единицах и долей участия удобрений в формировании урожая. В плодосменном севообороте в среднем за четыре года достоверная прибавка урожая получена во всех вариантах опыта на обоих фонах. Продуктивность севооборота в пятой ротации по вариантам опыта повысилась на неизвесткованном фоне на 0,25–0,61 т з. ед./га (9–21%), на известкованном – на 0,23–0,69 т з. ед./га (7–21%) (см. табл. 2).

Наиболее продуктивным был вариант с внесением N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. Прибавка урожая на неизвесткованном фоне составила 0,61 т з. ед./га, или 21%, на известкованном – 0,69 т з. ед./га, или 21%, и была наибольшей в опыте при максимальной окупаемости 1 кг д.в. удобрений – 10,2 и 11,5 кг з. ед. соответственно. В варианте с двойным сочетанием азота и фосфора на известкованном фоне отмечена наимень-

**Табл. 2.** Влияние удобрений и извести на продуктивность севооборота и их окупаемость сельскохозяйственной продукцией (в среднем за 2017–2020 гг.)

**Table 2.** The effect of fertilizers and lime on crop rotation productivity and their payback by agricultural products (averaged for 2017-2020)

| Внесено удобрений за севооборот, кг д.в./га                      | Продуктивность севооборота, т з. ед./га | Прибавка продуктивности, т з. ед./га |         | Окупаемость продукцией        |                      |
|--|---|--------------------------------------|---------|-------------------------------|----------------------|
|  |   | удобрений                            | извести | 1 кг д.в. удобрений, кг зерна | 1 т извести, ц зерна |
| Без удобрений  | 2,84                                    | –                                    | –       | –                             | –                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub>                                  | 3,09                                    | 0,25                                 | –       | 6,6                           | –                    |
| P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>                                  | 3,12                                    | 0,28                                 | –       | 7,4                           | –                    |
| N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                  | 3,27                                    | 0,43                                 | –       | 9,5                           | –                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>                  | 3,45                                    | 0,61                                 | –       | 10,2                          | –                    |
| Без удобрений + известь 0,5 Нг                                   | 3,22                                    | –                                    | 0,38    | –                             | 2,7                  |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> + известь 0,5 Нг                 | 3,45                                    | 0,23                                 | 0,36    | 6,1                           | 2,5                  |
| P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + известь 0,5 Нг                 | 3,55                                    | 0,33                                 | 0,43    | 8,8                           | 3,0                  |
| N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + известь 0,5 Нг                 | 3,71                                    | 0,49                                 | 0,44    | 10,9                          | 3,1                  |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + известь 0,5 Нг | 3,91                                    | 0,69                                 | 0,46    | 11,5                          | 3,2                  |
| НСП <sub>05</sub> общая  | 0,15                                    |                                      |         |                               |                      |
| НСП <sub>05</sub> извести  | 0,07                                    |                                      |         |                               |                      |
| НСП <sub>05</sub> удобрений                                      | 0,11                                    |                                      |         |                               |                      |

Примечание. Доля влияния: извести – 0,589, удобрений – 0,405.

шая прибавка продуктивности, которая составила 0,23 т з. ед./га при наименьшей окупаемости 1 кг д.в. удобрений (6,1 кг з. ед.).

Применение извести позволило повысить продуктивность севооборота на 0,36–0,46 т з. ед./га (12–14%). Окупаемость 1 т извести сельскохозяйственной продукцией в зависимости от варианта опыта составила 2,5–3,2 ц и была наибольшей при совместном внесении комплексного минерального удобрения и мелиоранта. Результаты дисперсионного анализа показали довольно высокую степень влияния изучаемых факторов в формировании продуктивности пашни. Доля влияния извести составила 0,589, минеральных удобрений – 0,405.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании девятнадцатилетних исследований в пятой ротации плодосменного севооборота установлено, что применение извести в дозе 0,5 Нг и клеверного пара обеспечило снижение кислотности серой лесной почвы. После завершения пяти ротаций плодосменного севооборота и пятикратного

внесения извести серую лесную почву можно отнести в разряд близких к нейтральным и нейтральным (рН<sub>KCl</sub> 5,7–6,1, Нг – 1,5–2,7 мг-экв./100 г почвы, V – 93,2–96,0%). Применение минеральных удобрений способствовало увеличению продуктивности севооборота на 0,23–0,69 т з. ед./га, извести – на 0,36–0,46 т з. ед./га. Окупаемость 1 кг д.в. внесенных удобрений в среднем за ротацию составила 6,1–11,5 кг зерна, 1 т извести – 2,7–3,2 ц зерна.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Le Q.B., Nkonya E., Mirzabaev A.* Biomass Productivity-Based Mapping of Global Land Degradation Hotspots // *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*, 2016. P. 55. DOI: 10.1007/978-3-319-19168-3\_4.
2. *Pender J., Mirzabaev A., Kato E.* Economic Analysis of Sustainable Land Management Options in Central Asia // *Final Report for the ADB. IFPRI/CARDA*. 2009. Vol. 168. URL: <https://msri.ucentralasia.org/>

3. Кудеяров В.Н. Баланс азота, фосфора и калия в земледелии России // *Агрохимия*. 2018. № 10. С. 3–11.
4. Сычев В.Г., Лунев М.И., Павлихина А.В. Современное состояние и динамика плодородия пахотных почв России // *Плодородие*. 2012. № 4. С. 5–7.
5. Аканова Н.И., Шильников И.А. Проблема химической мелиорации почв в земледелии Российской Федерации // *Плодородие*. 2018. № 2. С. 9–11.
6. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации (по состоянию на 1 января 2010 года). Реестр плодородия почв. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент растениеводства, химизации и защиты растений, ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. М.: ВНИИА, 2013. 208 с.
7. Некрасов Р.В., Аканова Н.И., Шкуркин С.И. Агроэкологическая и социально-экономическая перспектива химической мелиорации почв // *Плодородие*. 2021. № 3. С. 52–55. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.09
8. Сискевич Р.Ю., Корчагин Е.В., Косикова Н.А. Химическая мелиорация земель сельскохозяйственного назначения // *Земледелие*. 2021. № 2. С. 14–17. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10203.
9. Гладышева О.В., Пестряков А.М., Свирина В.А. Влияние известкования на физико-химические свойства темно-серой лесной почвы и продуктивность возделываемых культур // *Плодородие*. 2015. № 6. С. 17–19.
10. Кирюшин В.И., Иванов А.Л., Ильин Л.И., Окорков В.В. Системы воспроизводства плодородия в зоне серых лесных почв // *Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии*. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 2013. С. 32–91.
11. Гамзиков Г.П., Дмитриев Н.Н., Мальцев В.Т., Дьяченко Е.Н. Длительное применение удобрений и известки в плодосменном севообороте на серой лесной почве Прибайкалья // *Плодородие*. 2014. № 6. С. 25–26.
12. Дьяченко Е.Н., Шевелев А.Т. Изменение агрохимических свойств серой лесной почвы при систематическом применении минеральных, известковых удобрений и сидерации // *Агрохимический вестник*. 2019. № 4. С. 35–38. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10056.
13. Лашков В.Г. Севооборот и плодородие почвы: монография. М.: Издательство ВНИИА, 2015. 512 с.
14. Яговенко Л.Л., Такунов И.П., Яговенко Г.Л. Влияние люпина на свойства почвы при его запашке на сидерацию // *Агрохимия*. 2003. № 6. С. 71–80.
15. Галеева Л.П. Физико-химические свойства и фосфатный режим черноземов выщелоченных Приобья при внесении сидератов // *Агрохимия*. 2009. № 5. С. 22–28.
16. Хуснидинов Ш.К., Дмитриев Н.Н., Такаландзе Г.О., Замациков Р.В. Сидеральная система земледелия Предбайкалья: монография. М.: Перо, 2014. 232 с.

## REFERENCES

1. Le Q.B., Nkonya E., Mirzabaev A. Biomass Productivity-Based Mapping of Global Land Degradation Hotspots. *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*, 2016. pp. 55. DOI: 10.1007/978-3-319-19168-3\_4.
2. Pender J., Mirzabaev A., Kato E. Economic Analysis of Sustainable Land Management Options in Central Asia. *Final Report for the ADB. IFPRI/CARDA*. 2009, vol. 168. URL: <https://msri.ucentralasia.org/>
3. Kudeyarov V.N. The balance of nitrogen, phosphorus and potassium in agriculture of Russia. *Agrohimia = Agrochemistry*, 2018, no. 10, pp. 3–11. (In Russian).
4. Sychev V.G., Lunev M.I., Pavlikhina A.V. Current state and dynamics of arable land fertility in Russia. *Plodorodie = Plodorodie*, 2012, no. 4, pp. 5–7. (In Russian).
5. Akanova N.I., Shilnikov I.A. On the problem of chemical reclamation of soils in the agriculture of the Russian Federation. *Plodorodie = Plodorodie*, 2018, no. 2, pp. 9–11. (In Russian).
6. *Agrochemical characteristics of farmlands in Russian Federation (at the date of January 1, 2010). Register of soil fertility*. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Department of Crop Production, Chemicalization and Plant Protection, Pryanishnikov Institute of Agrochemistry. Moscow, ARRIAC, 2013, 208 p. (In Russian).
7. Nekrasov R.V., Akanova N.I., Shkurkin S.I. Agroecological and socioeconomic perspec-

- tive of chemical soil reclamation. *Plodorodie = Plodorodie*, 2021, no. 3, pp. 52–55. (In Russian). DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.09.
8. Siskevich R. Yu., Korchagin E. V., Kosikova N. A. Chemical reclamation of agricultural land. *Zemledelie = Zemledelie*, 2021, no. 2, pp. 14–17. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10203.
  9. Gladysheva O. V., Pestryakov A. M., Svirina V. A. Effect of liming on the physicochemical properties of clay loamy dark gray forest soil and the productivity of crops. *Plodorodie = Plodorodie*, 2015, no. 6, pp. 17–19. (In Russian).
  10. Kiryushin V. I., Ivanov A. L., Il'in L. I., Okorkov V. V. Fertility reproduction systems in the belt of gray forest soils. *Scientific bases of prevention of degradation of soils (lands) of farmlands of Russia and formation of systems of their fertility reproduction in adaptive landscape arable farming*, Moscow, Soil Institute named after V. V. Dokuchayev Publ., 2013, pp. 32–91. (In Russian).
  11. Gamzikov G. P., Dmitriev N. N., Maltsev V. T., D'yachenko E. N. Long-term application of fertilizers and lime in a crop rotation on gray forest soil in Cisbaikalia. *Plodorodie = Plodorodie*, 2014, no. 6, 2014, pp. 25–26. (In Russian).
  12. Dijachenko E. N., Shevelev A. T. Changing in agrochemical properties of gray forest soil with systematic application of mineral fertilizers, lime and green manuring. *Agrokhimicheskij vestnik = Agrochemical Herald*, 2019, no. 4, pp. 35–38. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10056.
  13. Lashkov V. G. *Crop rotation and soil fertility*. Moscow, VNIIA Publ., 2015, 512 p. (In Russian).
  14. Yagovenko L. L., Takunov I. P., Yagovenko G. L. The effect of plowed-down lupin green manure of soil properties. *Agrohimia = Agrochemistry*, 2003, no. 6, pp. 71–80. (In Russian).
  15. Galeeva L. P. Effect of green manure application on the physicochemical properties and phosphate status of leached chernozems in the Ob' region. *Agrohimia = Agrochemistry*, 2009, no. 5, pp. 22–28. (In Russian).
  16. Husnidinov Sh. K., Dmitriev N. N., Takalandze G. O., Zamaschikov R. V. *Green manuring system of arable farming in Predbaikalie*. Moscow, Pero Publ., 2014, 232 p. (In Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Дьяченко Е.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией; адрес для переписки: Россия, 664511, Иркутская область, Иркутский район, с. Пивовариха, ул. Дачная, 14; e-mail: agrohim\_170@mail.ru

#### AUTHOR INFORMATION

✉ Evgeniya N. Dijachenko, Candidate of Science in Agriculture, Laboratory Head; address: 14, Dachnaya St., Pivovarikha, Irkutsk District, Irkutsk Region, 664511, Russia; e-mail: agrohim\_170@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 23.06.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 23.08.2022  
Дата публикации / Published 27.12.2022