

Александр Анатольевич Белоусов¹, Елена Николаевна Белоусова²,
Ольга Алексеевна Ульянова^{3✉}, Татьяна Николаевна Демьяненко⁴,
Чайзат Сыдым-ооловна Барова⁵

^{1,2,3,4,5}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹svoboda57130@mail.ru

²svobodalist571301858@mail.ru

³kora64@mail.ru

⁴t-demyanen@mail.ru

⁵saaya.chajzat@bk.ru

ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛОДОРОДИЯ АГРОСЕРЫХ ПОЧВ ПРИ ЗАКЛАДКЕ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

Цель исследования – изучить закономерности изменчивости плодородия агросерых почв производственного массива, предназначенного для проведения полевого опыта с фосфорно-калийными удобрениями. Исследование было проведено на земельных площадях предприятия «Сухобузимское» в Красноярской лесостепи Красноярского геоморфологического округа, расположенного в пределах Чулым-Енисейского денудационного плато юго-западной окраины Средней Сибири. Его географическое положение определяется координатами 56°26' с.ш. и 92°54' в.д. Объект исследования – агросерая среднегумусная среднетощая легкоглинистая почва на красно-бурой глине, сформирована на ступенчатом слабопокатом с выраженными эрозионными уступами южном макросклоне междуречья Шила-Миндерла. Неоднородность земельного участка изучали рекогносцировочным обследованием территории, используя методические подходы к изучению сильно варьирующих свойств почв на близких расстояниях. Результаты агрохимического обследования агросерой почвы выявили слабокислую реакцию среды, низкое содержание гумуса, аммиачного азота, подвижного фосфора и среднюю обеспеченность подвижным калием. Вариабельность агрохимических показателей отличалась широким размахом: минимальное обнаруживалось для реакции почвенной среды, максимальное было характерно для аммиачных соединений азота. В целом по убыванию уровня вариабельности показатели распределились в следующий убывающий ряд: N-NH₄ (60 %) > гумус (19 %) > P₂O₅ (13 %) > K₂O (10 %) > рН_{H₂O} (4 %). Для изученных почвенных свойств обнаружена сильная пространственная зависимость (10 %), что связано с положением точек опробования. Рассчитанные величины почвенно-экологического индекса (ПЭИ) и почвенно-агроклиматического индекса (ПАКИ) имели относительно невысокие значения: 32,0 и 29,6 соответственно. При этом «содержание гумуса» оказывало влияние на уменьшение почвенного коэффициента, а «обеспеченность подвижным фосфором» – на снижение агрохимического индекса.

Ключевые слова: пространственная неоднородность плодородия почвы, агрохимические свойства, минералогический состав почвы, агроэкологическая оценка, геостатистика

Для цитирования: Оценка агроэкологических параметров плодородия агросерых почв при закладке полевого опыта / А.А. Белоусов [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 5. С. 81–88. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-5-81-88.

Благодарности: работа выполнена при поддержке средств, предоставленных РФФИ, Правительством Красноярского края, Краевым фондом науки и ООО «Троицкая соль» в рамках научного проекта № 20-416-2429030.

Alexander Anatolievich Belousov¹, Elena Nikolaevna Belousova², Olga Alekseevna Ulyanova³✉, Tatyana Nikolaevna Demyanenko⁴, Chaizat Sydym-oolovna Barova⁵

^{1,2,3,4,5}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹svoboda57130@mail.ru

²svobodalist571301858@mail.ru

³kora64@mail.ru

⁴t-demyanen@mail.ru

⁵saaya.chajzat@bk.ru

ASSESSMENT OF FERTILITY AGROECOLOGICAL PARAMETERS OF AGRO-GRAY SOILS WHEN LAYING A FIELD EXPERIMENT

The purpose of research is to study the patterns of fertility variability in agro-gray soils of a production area intended for conducting a field experiment with phosphorus-potassium fertilizers. The study was carried out on the company Sukhobuzimskoye land areas in the Krasnoyarsk forest-steppe of the Krasnoyarsk geomorphological district, located within the Chulym-Yenisei denudation plateau in the southwestern outskirts of Central Siberia. Its geographical position is determined by the coordinates 56°26' N and 92°54' E. The object of study is an agro-gray, medium-humus, medium-thick, light-clay soil on red-brown clay, formed on a stepped, slightly sloping southern macroslope of the Shila-Minderla interfluvium with pronounced erosion ledges. The heterogeneity of the land plot was studied by reconnaissance survey of the territory, using methodological approaches to the study of highly varying soil properties at close distances. The results of an agrochemical survey of agro-gray soil revealed a slightly acid reaction of the environment, a low content of humus, ammonia nitrogen, mobile phosphorus, and an average supply of mobile potassium. The variability of agrochemical indicators was wide-ranging: the minimum was found for the reaction of the soil environment, the maximum was characteristic of ammonia nitrogen compounds. In general, in descending order of the level of variability, the indicators were distributed in the following decreasing series: N-NH₄ (60 %) > humus (19 %) > P₂O₅ (13 %) > K₂O (10 %) > pH_{H₂O} (4 %). For the studied soil properties, a strong spatial dependence (10 %) was found, which is associated with the position of the sampling points. The calculated values of the soil-ecological index (SEI) and the soil-agro-climatic index (SAC) were relatively low: 32.0 and 29.6 respectively. At the same time, the "humus content" had an impact on the decrease in the soil coefficient, and the "availability of mobile phosphorus" – on the decrease in the agrochemical index.

Keywords: spatial heterogeneity of soil fertility, agrochemical properties, mineralogical composition of the soil, agroecological assessment, geostatistics

For citation: Assessment of fertility agroecological parameters of agro-gray soils when laying a field experiment / A.A. Belousov [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(5): 81–88. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-5-81-88.

Acknowledgments: the work has been supported by funds provided by the Russian Foundation for Basic Research, the Government of the Krasnoyarsk Region, the Regional Science Foundation and LLC Troitskaya Salt within the framework of scientific project № 20-416-2429030.

Введение. При проведении полевых опытов с минеральными удобрениями необходим учет не только пространственной пестроты агрохимических свойств почв. Также значима агроэкологическая оценка земельного массива с учетом природного варьирования его почвенного покрова. С точки зрения достоверности ожидаемых результатов исследований важной задачей является установление пределов варьирования значений агрохимических показателей, при которых опытный участок может считаться выровненным [1]. Реальное пространственное рас-

пределение подвижных элементов питания в полевых условиях является существенным фактором рационального распределения удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур, и агрохимическое обследование должно отражать реальную картину [2].

Проблема фосфорно-калийного питания сельскохозяйственных культур для земледельческой зоны Красноярского края не менее актуальна, чем азотного. По данным [3], в почвах региона наблюдается значительная пестрота, обусловленная не окультуриванием почв, а

природными факторами почвообразования. Причем дисперсия тем больше, чем выше среднее содержание элемента питания в почвах. Низкая обеспеченность агросерых почв подвижным фосфором и средняя подвижным калием обуславливают актуальность планируемых исследований.

В изменившихся социально-экономических условиях двух последних десятилетий усилилась агроэкологическая направленность в изучении и оценке структуры почвенного покрова, особенно в связи с распространением адаптивно-ландшафтных систем земледелия [3, 4]. Переход к ним требует обязательного учета экологических факторов, ограничивающих продуктивность земельного угодья: климата, рельефа, литологических условий, почвенного покрова и его пространственной неоднородности, состояния растений. Поэтому представляется целесообразным включить в перечень используемых оценочных показателей изучаемого земельного участка почвенно-экологический индекс (ПЭИ) и почвенно-агроклиматический индекс (ПАКИ) [5, 6].

Цель исследования – изучить закономерности изменчивости плодородия агросерых почв производственного массива, предназначенного для проведения полевого опыта с фосфорно-калийными удобрениями.

Объекты и методы. Исследование было проведено на земельных площадях предприятия «Сухобузимское» в Красноярской лесосте-

пи Красноярского геоморфологического округа, расположенного в пределах Чулым-Енисейского денудационного плато юго-западной окраины Средней Сибири. Его географическое положение определяется координатами 56°26' с.ш. и 92°54' в.д. Климат территории резко континентальный (коэффициент континентальности, рассчитанный по Иванову, – 220) и засушливый (гидротермический коэффициент по Селянинову – 0,9).

Опытный участок расположен на южном склоне междуречья Шила-Миндерла – притоков Енисея II порядка, впадающих в приток I порядка – р. Бузим. Междуречье имеет более высокие абсолютные отметки по сравнению с соседними и более глубокое расчленение, амплитуда высот на южном макросклоне составляет 130 м, абсолютные отметки водораздела 320 м. На соседнем междуречье Бузим-Миндерла амплитуда высот всего 50 м. Рельеф склона денудационный, созданный плоскостным смывом.

Склон ступенчатый, слабопокатый, с выраженными эрозионными уступами. На пологих террасовидных поверхностях располагаются сельскохозяйственные поля. Суммарный уклон поверхности макросклона составляет 2,1°, варьируя на отдельных участках от 1,5 до 4,5°. На опытном участке наклон составляет около 2,5°. Схема размещения элементарных делянок и точек опробования на поле представлена на рисунке.



Местоположение опытного участка внутри производственных посевов (А) и схема размещения элементарных делянок и точек опробования (Б)

По данным рентгенофазовой дифракции минералогический состав агросерой почвы представлен кварцем, количество и размер зерен которого определяют гранулометрический состав и многие физические свойства почвы, а также калиевым полевым шпатом – микроклином ($KAlSi_3O_8$), натриевым полевым шпатом альбитом ($NaAlSi_3O_8$), амфиболом-козулитом, серпентином, глинистыми минералами групп: иллита, монтмориллонита, хлорита, каолинита. Наличие иллита и калиевых полевых шпатов в почве определяет среднюю обеспеченность ее обменным калием.

Объект исследований – агросерая среднегумусная среднемощная легкоглинистая на карбонатных песчанисто-иловатых легких глинах почва.

Для изучения внутривидовой неоднородности земельного участка, где предполагалась организация полевых исследований, осуществляли рекогносцировочное изучение территории площадью 0,5 га. Объем выборки составил 28 индивидуальных проб [7]. В границах производственных посевов заложены реперные участки прямоугольной формы с учетной площадью 0,33 га. Основные химические и физико-химические параметры почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели химических и физико-химических свойств агросерой почвы

Показатель	Значение
Глубина, см	0–20
Гумус, %	3,89
pH_{H_2O}	6,4
Ca^{2+} , ммоль /100 г	26,2
Mg^{2+} , ммоль /100 г	5,1
S, ммоль /100 г	31,3
H_r	2,5
ЕКО	33,8
V, %	92,6
Содержание фракций, %:	
< 0,01	64,1
< 0,001	39,4

Исследования проводили, исходя из представлений об объективно существующих уровнях неоднородности почв и их свойств [8], а также используя методические подходы к изучению сильно варьирующих свойств почв на близких расстояниях [9].

Химические и физико-химические показатели получены по общепринятым прописям современных методов [10]. Минералогический состав агросерой почвы определяли рентгенофазовым анализом, который выполняли на рентгеновском дифрактометре «ДРОН-4». Регистрацию и обработку рентгеновской дифракции проводили

с использованием компьютерной системы обслуживания. Полученные дифрактограммы расшифровывали по стандартной процедуре путем сравнения с библиотекой эталонных рентгеновских дифракционных спектров порошковых материалов (ASTM). Для всех данных рассчитаны основные статистические характеристики при помощи программ Excel и Statistica. Геоэкономический анализ проводили с помощью пакета Surfer в соответствии с рекомендациями [11].

Определение ПЭИ и ПАКИ проводилось по методике [6]. Расчет ПЭИ проводили по формуле

$$ПЭИ = 12,5 \cdot (2 - V) \cdot П \cdot Дс \cdot А \cdot \frac{(\sum t^{>10^\circ C}) \cdot (KY - P)}{KK + 100},$$

где 12,5 – постоянный множитель для всех почв; V – плотность сложения в среднем для метрового слоя, $г/см^3$; 2 – максимально возможная плотность, $г/см^3$; П – полезный объем почвы, основанный на гранулометрическом составе; Дс – дополнительно учитываемые свойства (гу-

мусность, мощность гумусового горизонта); А – итоговый агрохимический индекс; KY – коэффициент увлажнения; P – постоянная поправка к коэффициенту увлажнения; KK – коэффициент континентальности; 100 – поправка к KK.

ПАКИ рассчитывали по формуле

$$\text{ПАКИ} = 12,0 \cdot (2 - V_{\text{пл}}) \cdot M \cdot D \cdot \frac{(\sum t > 10^{\circ}\text{C} + t^{\circ}\text{n}) \cdot (KY - P + Kn)}{KK + 90},$$

где 2,0 – постоянный множитель (коэффициент пропорциональности); (2 – $V_{\text{пл}}$) – суммарный показатель, рассчитанный как разность между максимально возможным уплотнением почвы и усредненной величиной плотности данной почвы в метровом слое; M – поправка на гранулометрический состав почвы; D – дополнительно учитываемые свойства почв (смытость, солонцеватость и т. д.); $\sum t > 10^{\circ}$ – годовая сумма температур выше 10° ; $t^{\circ}\text{n}$ – поправка на сумму температур в зависимости от крутизны и экспозиции склона и широты местности; KY – коэффициент увлажнения; P – постоянная поправка к коэффициенту увлажнения; Kn – поправка к

величине KY на экспозицию и крутизну склонов; KK – коэффициент континентальности климата.

Результаты и их обсуждение. Материалы агрохимического обследования агросерой почвы выявили низкое содержание гумуса (табл. 2), согласно градациям, разработанным [12]. Уровень пространственного варьирования показателя соответствовал среднему. Размах варьирования представлен значениями, охватывающими только одну градацию оценочной шкалы. Весь исследованный участок по средним значениям рН характеризовался слабокислой реакцией среды. Ее варьирование в 0–20 см слое почвы указывало на однородность распределения в пространстве.

Таблица 2

Статистические показатели агрохимических показателей агросерой почвы (n = 28)

Показатель	Гумус		рН _{H₂O}	N-NH ₄		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	%	т/га		мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га
X*	3,88	90,62	6,2	5,32	12,5	77,24	180,84	216,80	507,31
Sx	0,36	10,38	0,04	1,67	4,45	5,00	16,70	6,73	15,75
V, %	19	23	4	60	62	13	19	10	12

Здесь и далее: X – среднее; Sx – ошибка средней; V – коэффициент вариации.

Максимально варьирующим показателем на участке оказалось содержание аммонийного азота. Его концентрация оценивалась «низкими» значениями. Перечисленное является закономерным для условий агросерых почв земельной зоны Красноярского края.

Значительно слабее изменялась пространственная неоднородность почвы по содержанию подвижных форм фосфора и калия. Количество легкорастворимых соединений фосфора в среднем составило 77,2 мг/кг почвы и оценивалось как «низкое» со средним уровнем варьирования показателя. С позиции закладки планируемого полевого опыта с минеральными удобрениями обозначенная информация указывает на необходимость ее учета при выборе способа

размещения делянок на стационаре [13]. Исследуемая агросерая почва характеризовалась средней обеспеченностью и запасами подвижного калия. Его распределение в пространстве более равномерно, чем подвижного фосфора, однако также соответствовало средней степени варьирования.

В качестве показателя, интегрирующего почвенные и климатические условия, рассмотрим почвенно-экологический индекс, а также его модификацию – почвенно-агроклиматический индекс. Рассчитанные нами величины ПЭИ и ПАКИ согласуются с ранее установленными характеристиками [14] и указывают на относительно невысокие их значения (табл. 3).

Агроэкологическое состояние агросерой почвы

Показатель	Значение
Индекс почвы	Л ^с
Составляющие ПЭИ:	
2 – V	0,83
П	0,95
Дс	0,91
ПИ	8,97
P ₂ O ₅	0,91
K ₂ O	1,0
pH	0,96
АИ	0,87
КИ	4,10
ПЭИ	32,0
ПАКИ	29,6

Поскольку в алгоритме ПЭИ используются почвенные, агрохимические и климатические параметры, то, вероятно, что при сходных климатических показателях (КИ = 4,1), свойственных для обследуемой территории, продуктивность растений будет находиться в зависимости от почвенных свойств, прежде всего, физических и агрохимических. Согласно рассчитанным составляющим индексов, «содержание гумуса» оказало влияние на уменьшение почвенного коэффициента, а из агрохимических – «обеспеченность подвижным фосфором». Таким образом, плодородие исследуемого земельного массива, вероятно, будет лимитироваться содержанием органических соединений и подвижных фосфатов.

Необходимость исследования внутривольной неоднородности предполагает выбор наиболее диагностически чувствительных показателей, при помощи которых можно оценить уровень пространственной пестроты плодородия [15]. Коэффициент вариации нельзя считать определяющим показателем однородности. В последнее время для оценки вариации стал использоваться универсальный метод – вариограммный анализ. Выполненные расчеты выявили довольно сильную пространственную зависимость (10 %) для оцениваемых почвенных свойств (табл. 4). По-видимому, она связана с положением точек опробования. Ранг пространственной корреляции составлял от 1 до 56 м.

Таблица 4

Статистические и геостатистические показатели свойств агросерой почвы (n = 28)

Показатель	X	lim	V, %	Наггет-эффект	Порог дисперсии	Ранг	Класс пространственной зависимости, %
pH _{H2O}	6,2	5,8–6,9	4,0	0,1	1,0	1,0	10
Гумус, %	3,8	3,1–4,7	19,0	0,1	1,0	2,6	10
P ₂ O ₅ , мг/кг	77,2	65,7–87,8	13,0	0,1	1,0	56,6	10

По убыванию уровня варибельности показатели распределились в ряд: N-NH₄ (60 %) > гумус (19 %) > P₂O₅ (13 %) > K₂O (10 %) > pH_{H2O} (4 %). Таким образом, по тестируемым показателям территория земельного участка отнесена к невыровненной по плодородию и характеризовалась закономерным варьированием.

Заключение. Варибельность агрохимических показателей отличалась широким размахом: минимальное значение обнаруживалось для реакции почвенной среды, максимальное было характерно для аммиачных соединений азота. В целом по убыванию уровня варибельности показатели распределились в следующий

убывающий ряд: $N-NH_4$ (60 %) > гумус (19 %) > P_2O_5 (13 %) > K_2O (10 %) > pH_{H_2O} (4 %). Для изученных почвенных свойств обнаружена сильная пространственная зависимость (10 %). Рассчитанные величины ПЭИ и ПАКИ имели относительно невысокие значения: 32,0 и 29,6 соответственно. При этом «содержание гумуса» оказывало влияние на уменьшение почвенного коэффициента, а «обеспеченность подвижным фосфором» – на снижение агрохимического индекса.

Список источников

1. *Витковская С.Е.* Методы оценки пространственной и временной неоднородности биомассы и элементного состава сельскохозяйственных культур. СПб.: АФИ, 2019. 91 с.
2. *Медведев В.В., Мельник А.И.* Неоднородность агрохимических показателей почвы в пространстве и во времени // *Агрохимия*. 2010. № 1. С. 20–26.
3. *Антипина Л.П.* Фосфор в почвах Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Омск, 1991. 32 с.
4. Почвенно-экологическая оценка сельскохозяйственных земель Красноярского края, Иркутской области, Республики Бурятия / *А.А. Шпедт* [и др.] // *Земледелие*. 2022. № 1. С. 9–13.
5. *Кирюшин В.И.* Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель // *Почвоведение*. 2020. № 7. С. 871–879.
6. Применение и верификация почвенно-экологического индекса при оценке структур почвенного покрова пахотных угодий / *Д.С. Булгаков* [и др.] // *Почвоведение*. 2013. № 11. С. 1367–1376.
7. *Белюсов А.А., Белюсова Е.Н.* Влияние внутривольной неоднородности почвенного плодородия на выбор элементов методики полевого опыта // *Вестник КрасГАУ*. 2013. № 6 (81). С. 55–62.
8. *Козловский Ф.И.* Теория и методы изучения почвенного покрова. М.: ГЕОС, 2003. 536 с.
9. *Медведев В.В.* Неоднородность почв и точное земледелие. Ч. 1. Харьков: 13 типография, 2007. 296 с.
10. *Воробьева Л.А.* Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
11. Информационное обеспечение современных систем земледелия в России / *В.П. Якушев* [и др.] // *Вестник РАН*. 2021. Т. 91, № 8. С. 755–768.
12. *Козут Б.М., Семенов В.М.* Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.
13. Пути сохранения и повышения плодородия почв Красноярского края: науч.-практ. рекомендации / *Е.В. Алхименко* [и др.]. Красноярск, 2020. 48 с.
14. Оценка плодородия почв и почвенных комбинаций пахотных земель Красноярской лесостепи / *В.В. Чупрова* [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. 2015. № 2 (55). С. 47–56.
15. *Самсонова В.П.* Пространственная изменчивость почвенных свойств: на примере дерново-подзолистых почв. М.: ЛКИ, 2008. 160 с.

References

1. *Vitkovskaya S.E.* Metody ocenki prostranstvennoj i vremennoj neodnorodnosti biomassy i `elementnogo sostava sel'skohozyajstvennyh kul'tur. SPb.: AFI, 2019. 91 s.
2. *Medvedev V.V., Mel'nik A.I.* Neodnorodnost' agrohimicheskikh pokazatelej pochvy v prost-ranstve i vo vremeni // *Agrohimiya*. 2010. № 1. S. 20–26.
3. *Antipina L.P.* Fosfor v pochvah Sibiri: avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. Omsk, 1991. 32 s.
4. Pochvenno-`ekologicheskaya ocenka sel'sko-hozyajstvennyh zemel' Krasnoyarskogo kraja, Irkutskoj oblasti, Respubliki Buryatiya / *A.A. Shpedt* [i dr.] // *Zemledelie*. 2022. № 1. S. 9–13.
5. *Kiryushin V.I.* Metodologiya kompleksnoj ocenki sel'skohozyajstvennyh zemel' // *Pochvovedenie*. 2020. № 7. S. 871–879.
6. Primenenie i verifikaciya pochvenno-`ekologi-cheskogo indeksa pri ocenke struktur pochvennogo pokrova pahotnyh ugodij / *D.S. Bulgakov* [i dr.] // *Pochvovedenie*. 2013. № 11. S. 1367–1376.
7. *Belousov A.A., Belousova E.N.* Vliyanie vnutripol'noj neodnorodnosti pochvennogo plodorodiya na vybor `elementov metodiki polevogo opyta // *Vestnik KrasGAU*. 2013. № 6 (81). S. 55–62.
8. *Kozlovskij F.I.* Teoriya i metody izucheniya pochvennogo pokrova. M.: GEOS, 2003. 536 s.

9. *Medvedev V.V.* Neodnorodnost' pochv i tochnoe zemledelie. Ch. 1. Har'kov: 13 tipografiya, 2007. 296 s.
10. *Vorob'eva L.A.* Teoriya i praktika himicheskogo analiza pochv. M.: GEOS, 2006. 400 s.
11. Informacionnoe obespechenie sovremennyh sistem zemledeliya v Rossii / *V.P. Yakushev* [i dr.] // Vestnik RAN. 2021. T. 91, № 8. S. 755–768.
12. *Kogut B.M., Semenov V.M.* Pochvennoe organicheskoe veschestvo. M.: GEOS, 2015. 233 s.
13. Puti sohraneniya i povysheniya plodorodiya pochv Krasnoyarskogo kraja: nauch.-prakt. rekomendacii / *E.V. Alhimenko* [i dr.]. Krasnoyarsk, 2020. 48 s.
14. Ocenka plodorodiya pochv i pochvennyh kombinacij pahotnyh zemel' Krasnoyarskoj lesostepi / *V.V. Chuprova* [i dr.] // Pochvovedenie i agrohimiya. 2015. № 2 (55). S. 47–56.
15. *Samsonova V.P.* Prostranstvennaya izmenchivost' pochvennyh svojstv: na primere dernovo-podzolistykh pochv. M.: LKI, 2008. 160 s.

Статья принята к публикации 03.03.2023 / The article accepted for publication 03.03.2023.

Информация об авторах:

Александр Анатольевич Белоусов¹, доцент кафедры почвоведения и агрохимии, кандидат биологических наук, доцент

Елена Николаевна Белоусова², доцент кафедры почвоведения и агрохимии, кандидат биологических наук, доцент

Ольга Алексеевна Ульянова³, профессор кафедры почвоведения и агрохимии, доктор биологических наук, профессор

Татьяна Николаевна Демьяненко⁴, доцент кафедры почвоведения и агрохимии, кандидат биологических наук, доцент

Чайзат Сыдым-ооловна Барова⁵, аспирант кафедры почвоведения и агрохимии

Information about the authors:

Alexander Anatolievich Belousov¹, Associate Professor at the Department of Soil Science and Agrochemistry, Candidate of Biological Sciences, Docent

Elena Nikolaevna Belousova², Associate Professor at the Department of Soil Science and Agrochemistry, Candidate of Biological Sciences, Docent

Olga Alekseevna Ulyanova³, Professor at the Department of Soil Science and Agrochemistry, Doctor of Biological Sciences, Professor

Tatyana Nikolaevna Demyanenko⁴, Associate Professor at the Department of Soil Science and Agrochemistry, Candidate of Biological Sciences, Docent

Chaizat Sydym-oolovna Barova⁵, Postgraduate student at the Department of Soil Science and Agrochemistry

