

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО
AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT
АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 631.45:631.8

**ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ПОЧВЫ ПОД
ДЕЙСТВИЕМ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ**

Андрей Леонидович Силаев, Николай Максимович Белоус, Евгений Владимирович Смольский
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В период с 2008 по 2023 год в условиях пойменного луга центральной поймы реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области изучено изменение агрохимических свойств аллювиальной почвы под действием минерального удобрения в динамике и установлена действительно возможная урожайность естественного травостоя. Под действием факторов почвообразования в условиях проведения исследований формируется аллювиальная почва с обменной кислотностью 5,28 ед., содержанием органического вещества 3,39%, подвижного фосфора и калия соответственно 144 и 58 мг/кг. Применение минерального удобрения и химической мелиорации изменяло степень кислотности от слабокислой до близкой к нейтральной, увеличивало содержание подвижного фосфора и калия, соответственно, от повышенного к высокому и от низкого к среднему. Изменчивость агрохимических свойств во времени зависела от конкретного показателя и норм применения минерального удобрения, колебалась от незначительной до значительной величины. Агрохимические свойства по профилю почвы изменялись в зависимости от конкретного показателя и норм применения минерального удобрения, наблюдали равномерное распределение или концентрацию элементов питания, углерода органического и ионов водорода в определенном слое почвы. Лимитирующим фактором повышения урожайности сена естественного травостоя является запас подвижного калия в почве.

Ключевые слова: аллювиальная почва, минеральное удобрение, углерод органический, элементы питания, кислотность, урожайность.

Для цитирования: Силаев А.Л., Белоус Н.М., Смольский Е.В. Изменение агрохимических свойств аллювиальной почвы под действием минерального удобрения // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 2 (102). С. 3-8.

Original article

**CHANGE IN AGROCHEMICAL PROPERTIES OF ALLUVIAL SOIL UNDER THE ACTION
OF MINERAL FERTILIZER**

Andrey L. Silaev, Nikolay M. Belous, Evgeny V. Smolsky
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. In the period from 2008 to 2023, in the conditions of the floodplain meadow of the central floodplain of the Iput river of the Novozybkov district of the Bryansk region, a change in the agrochemical properties of alluvial soil under the influence of mineral fertilizer in dynamics was studied and the possible yields of natural herbage was established. Under the influence of soil formation factors under the conditions of researches, alluvial soil is formed with an exchange acidity of 5.28 units, an organic substance content of 3.39%, mobile phosphorus and potassium of 144 and 58 mg/kg respectively. The use of mineral fertilizer in a floodplain meadow alters the agrochemical properties of alluvial soil. The use of mineral fertilizer and chemical reclamation changed the degree of acidity from slightly acidic to close to neutral, increased the content of mobile phosphorus and potassium, respectively, from increased to high and from low to medium. The variability of agrochemical properties over time depended on a specific indicator and norms of applying mineral fertilizer, ranged from insignificant to significant magnitude. It was revealed that the agrochemical properties according to the soil profile changed depending on the specific indicator and norms of applying mineral fertilizer, a uniform distribution or concentration of nutrients, organic carbon and hydrogen ions in a certain soil layer was observed. It was found that the limiting factor in increasing the yields of hay of natural herbage is the supply of available potassium in the soil.

Key words: alluvial soil, mineral fertilizer, organic carbon, nutrients, acidity, potential yields.

For citation: Silaev A.L., Belous N.M., Smol'sky E.V. Change in agrochemical properties of alluvial soil under the action of mineral fertilizer // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 2(102). 3-8.

Введение. Лугопастбищное хозяйство неразрывно связано с использованием естественных кормовых угодий и их постоянным улучшением посредством применения минерального удобрения и извести. Внесение макроэлементов в почву связано с пополнением выбывших из неё элементов с урожаем, однако продолжительное применение минерального удобрения может изменять кислотность почвы, содержание органического углерода, а также подвижность основных элементов питания [1, 2].

В почвенном покрове Брянской области аллювиальные дерновые оглеенные почвы занимают 133,1 тыс. га или 55,1% всех пойменных земель, на этих почвах расположены почти 20% естественных кормовых угодий области [3].

Производство кормов на естественных кормовых угодьях связано с интенсивным расходом плодородия почвы, с постоянным выносом элементов питания, поэтому необходим возврат утраченных количеств элементов [4, 5]. На кормопроизводство также повлияла авария на ЧАЭС, когда существование целого региона подвержено глубоким изменениям, связанным с нарушением нормального биогеохимического фона, когда производство кормов с нормативным содержанием цезия-137, основного дозообразующего радионуклида, без применения защитных мероприятий невозможно [6-8].

В данных условиях особую актуальность приобретает осуществление мониторинга за изменением агрохимических и физико-химических свойств аллювиальных почв, под влиянием защитных мероприятий, для качественной характеристики земельного фонда района, осуществления мероприятий по рациональному использованию земель и повышению их производительной способности, а также для обоснования схем комплексного использования, охраны земельных и водных ресурсов.

Цель исследований – определение агрохимических свойств аллювиальных почв для рационального их использования в кормопроизводстве.

Материалы и методы исследования. Климат места исследования умеренно-континентальный с теплым летом и умеренно-холодной зимой, достаточно влажный. Изменения температуры воздуха имеют четко выраженный сезонный характер. Переход среднесуточной температуры через 10 °С происходит в мае, затем идет более медленное повышение [9].

Агроклиматические условия, по данным метеорологического поста Новозыбковской СХОС, по годам исследования отличались, количество выпавших осадков по месяцам значительно изменялось, а температура воздуха по месяцам изменялась незначительно или средне. Сумма осадков за вегетацию в период исследований 2008-2023 годов в сравнении с климатической нормой была меньше на 18,7 мм. Температура воздуха в изучаемые годы исследования была выше на 1,8 °С (табл. 1).

Таблица 1 – Агроклиматические условия периода вегетации

Годы исследования	Май	Июнь	Июль	Август	Среднее
Температура, °С					
2008-2023	16,4	20,8	21,6	20,9	19,9
V, %	11,8	8,6	9,3	8,5	5,3
Климатическая норма	14,9	18,6	20,0	18,8	18,1
Осадки, мм					
2008-2023	53,2	60,8	85,7	56,6	256,2
V, %	60,9	37,2	43,9	61,7	24,9
Климатическая норма	54,6	70,3	80,9	69,1	274,9

Водный режим – промывной, на который накладывался пойменный процесс. Длительность затопления опытного участка во время весеннего паводка в зависимости от года колебалась от 10 до 22 дней, необходимо отметить, что наблюдали года без поёмного процесса.

Почва опытного участка – аллювиальная дерновая оглеенная, маломощная, среднегумусная, песчаная на супесчаном аллювии и имеет следующие строение профиля: A_d(0-8), A₁(8-28); B_g(28-46); C_g(46-...). Агрохимические свойства были следующие: рН_{KCl} – 4,8, содержание органического углерода – 3,2%, подвижного фосфора – 140 мг/кг, подвижного калия – 60 мг/кг (по Кирсанову), плотность загрязнения ¹³⁷Cs – 559-867 кБк/м².

Видовой состав растительности центральной поймы заливного луга представлен хозяйственно ценными растениями: овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.), двукосточник тростниковидный (*Diglyphis arundinacea*), манник водный (*Glyceria aquatica*) лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*) кострец безостый (*Bromopsis inermis*). Разнотравье: осока лисья (*Carex vulpina*), хвощ полевой (*Equisetum arvense*) и таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*), не превышало 15% общего состава растительного сообщества.

Минеральное удобрение вносили в форме аммиачной селитры, простого гранулированного суперфосфата и хлористого калия в следующих нормах: Контроль, $N_{90}P_{60}K_{90}$, $N_{90}P_{60}K_{150}$, $N_{120}P_{60}K_{120}$, $N_{120}P_{60}K_{180}$.

Почвенно-агрохимическое обследование пойменного луга было проведено на выделенном участке в 2008, 2015 и 2023 годах.

В пробах почв определяли обменную кислотность, органический углерод, подвижные формы фосфора и калия.

Расчет действительно возможной урожайности естественного сенокоса в условиях центральной поймы реки Ипуть в юго-западной части Брянской области проводили по содержанию доступных элементов питания (Лебедева Т.Б. Система удобрения в севообороте: методические указания. Пенза: ПГСХА, 2003. 78 с.)

Полученные результаты обрабатывали статистическими методами (дисперсионный анализ, определение изменчивости показателя) (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.).

Результаты и их обсуждение. Исследования проводили на центральной пойме реки Ипуть в юго-западной части Брянской области. Агрохимические свойства аллювиальной почвы обусловлены действием многих факторов и являются результатом сложных и многообразных биогеохимических процессов поступления, накопления, перемещения элементов.

Под действием различных факторов почвообразования, куда мы относим и антропогенный фактор, в условиях проведения исследований формируется аллювиальная дерновая оглеенная, мало-мощная, среднегумусная, песчаная на супесчаном аллювии почва с обменной кислотностью 5,28 ед., содержанием углерода органического 3,39%, подвижного фосфора и калия соответственно 144 и 58 мг/кг. Применение минерального удобрения на пойменном лугу изменяет агрохимические свойства аллювиальной почвы (табл. 2, 3).

В период исследований 2008-2023 годы обменная кислотность под действием минерального удобрения находилась в пределах 5,35–5,66 ед. Ежегодное применение минерального удобрения в норме $N_{90}P_{60}K_{90}$ достоверно снижает кислотность в сравнении с контролем, применение норм $N_{90}P_{60}K_{150}$, $N_{120}P_{60}K_{120}$ и $N_{120}P_{60}K_{180}$ достоверно снижает кислотность в сравнении с контролем и вариантом применения $N_{90}P_{60}K_{90}$. Изменчивость показателя обменной кислотности в динамике незначительна, коэффициент вариации – 0,9-1,9 (меньше 10%).

Таблица 2 – Динамика некоторых агрохимических свойств аллювиальной почвы

Показатель, год	Обменная кислотность, ед.					Углерод органический, %				
	2008	2015	2023	среднее	V, %	2008	2015	2023	среднее	V, %
Контроль	5,24	5,22	5,38	5,28	1,7	3,19	3,27	3,70	3,39	8,1
$N_{90}P_{60}K_{90}$	5,38	5,35	5,54	5,42	1,9	3,22	3,34	3,86	3,47	9,8
$N_{90}P_{60}K_{150}$	5,43	5,57	5,62	5,54	1,8	3,21	3,22	3,73	3,39	8,8
$N_{120}P_{60}K_{120}$	5,52	5,60	5,61	5,58	0,9	3,23	3,25	3,97	3,48	12,1
$N_{120}P_{60}K_{180}$	5,56	5,66	5,63	5,62	0,9	3,23	3,27	4,03	3,51	12,8
НСР ₀₅				0,10					0,15	

Агрохимические приемы улучшения пойменного луга в условиях исследования снижали кислотность, что связано, прежде всего, с применением минеральных удобрений, а также проведением известкования в 2008 и 2016 годах.

Содержание углерода органического под действием минерального удобрения находилось в пределах 3,22–4,03%, ежегодное применение минерального удобрения в нормах предусмотренных схемой опыта существенно не влияет на изменения показателя. Изменчивость в динамике показателя содержания углерода органического незначительна на вариантах контроль, $N_{90}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{150}$, коэффициент вариации – 8,1-9,8 (меньше 10%) и средняя на вариантах $N_{120}P_{60}K_{120}$ и $N_{120}P_{60}K_{180}$, коэффициент вариации – 12,1-12,8 (меньше 10%, но меньше 20%).

Содержание подвижного фосфора под действием минерального удобрения находилось в пределах 142–228 мг/кг, ежегодное применение минерального удобрения в норме $N_{90}P_{60}K_{90}$ существенно не изменяет показатель в сравнении с контролем, применение норм $N_{90}P_{60}K_{150}$, $N_{120}P_{60}K_{120}$ и $N_{120}P_{60}K_{180}$ достоверно повышает содержание подвижного фосфора в сравнении с контролем. Изменчивость показателя содержания подвижного фосфора в динамике незначительна на контрольном ва-

рианте, коэффициент вариации – 5,7 (меньше 10%) и средняя при применении минерального удобрения 13,3-18,4 (меньше 10%, но меньше 20%) (табл. 3).

Таблица 3 – Динамика содержания некоторых элементов питания в аллювиальной почве

Показатель, год	Подвижный фосфор, мг/кг					Подвижный калий, мг/кг				
	2008	2015	2023	среднее	V, %	2008	2015	2023	среднее	V, %
Контроль	135	146	151	144	5,7	58	62	54	58	6,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	142	172	185	166	13,3	62	65	86	71	18,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	141	178	193	171	15,7	68	68	90	75	16,9
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	160	184	226	190	17,6	65	76	87	76	14,5
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀	158	188	228	191	18,4	66	79	109	85	26,0
НСР ₀₅				22,3					17,6	

Содержание подвижного калия под действием минерального удобрения находилось в пределах 62–109 мг/кг, ежегодное применение минерального удобрения в нормах N₉₀P₆₀K₉₀ и N₉₀P₆₀K₁₅₀ существенно не изменяет показатель в сравнении с контролем, применение норм N₁₂₀P₆₀K₁₂₀ и N₁₂₀P₆₀K₁₈₀ достоверно повышает содержание подвижного калия в сравнении с контролем. Изменчивость показателя содержания подвижного калия в динамике незначительна на контрольном варианте, коэффициент вариации – 5,7 (меньше 10%), средняя при применении норм N₉₀P₆₀K₉₀, N₉₀P₆₀K₁₅₀ и N₁₂₀P₆₀K₁₂₀, коэффициент вариации – 14,5-18,4 (меньше 10%, но меньше 20%) и сильная при норме применения N₁₂₀P₆₀K₁₈₀, коэффициент вариации – 26,0 (больше 20%).

Определили, что применение минерального удобрения увеличивало содержание элементов питания в почве, при этом наблюдали тренд повышения содержания подвижного фосфора и калия с увеличением уровня химизации. Сохранение плодородия во времени на одном уровне, даже при использовании пойменного луга в качестве сенокоса без агрохимических приемов улучшения, показатели агрохимических свойств аллювиальной почвы изменялись незначительно.

Минеральное удобрение вносили ежегодно, поверхностно, различия были только в количестве и соотношении в нём элементов питания, поэтому дополнительно решили исследовать, как изменяются агрохимические свойства по слоям аллювиальной почвы (табл. 4).

Таблица 4 – Распределение агрохимических свойств по слоям аллювиальной почвы, 2023 г.

Вариант	Слой почвы	Обменная кислотность	Углерод органический	Подвижный фосфор	Подвижный калий
	см	ед.	%	мг/кг	
Контроль	0–5	5,39	5,10	128	62
	5–10	5,35	3,60	118	58
	10–20	5,40	2,40	208	41
	V, %	0,49	36,56	32,60	20,78
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	0–5	5,74	5,60	160	104
	5–10	5,60	3,50	175	79
	10–20	5,28	2,48	220	76
	V, %	4,26	41,21	16,88	17,94
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	0–5	5,82	5,00	123	159
	5–10	5,53	4,05	153	67
	10–20	5,51	2,15	303	43
	V, %	3,09	38,87	49,97	67,95
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0–5	5,93	5,10	176	148
	5–10	5,50	4,30	184	78
	10–20	5,39	2,50	318	34
	V, %	5,09	33,57	35,30	66,23
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀	0–5	5,70	5,20	162	188
	5–10	5,63	4,20	196	90
	10–20	5,57	2,70	326	49
	V, %	1,15	31,20	37,96	65,42

Установили, что изменчивость показателя обменной кислотности вне зависимости от применения минерального удобрения была незначительной, коэффициент вариации – 0,49-5,09 (меньше 10%), то есть распределение ионов H^+ было равномерным.

Изменчивость показателя содержания углерода органического в корнеобитаемом слое (0-20 см) была значительной на всех вариантах опыта, коэффициент вариации – 31,20-41,21 (больше 20%), то есть распределение органического углерода было неравномерным, с концентрацией в слое 0-5 см, где его находилось 5,00-5,60% в зависимости от применения минерального удобрения.

Изменчивость показателя содержания подвижного фосфора была значительной на всех вариантах опыта, коэффициент вариации – 32,60-49,97 (больше 20%), за исключением варианта применения минерального удобрения в норме $N_{90}P_{60}K_{90}$, когда наблюдали среднюю изменчивость, то есть распределение фосфора было неравномерным, с концентрацией в слое 10-20 см, где находилось его наибольшее количество от 208 до 326 мг/кг.

Показатель содержания подвижного калия изменялся значительно на всех вариантах опыта, коэффициент вариации – 20,78-67,95 (больше 20%), за исключением варианта применения минерального удобрения в норме $N_{90}P_{60}K_{90}$, когда наблюдали среднюю изменчивость, то есть распределение калия было неравномерным, с концентрацией в слое 0-5 см, где находилось его наибольшее количество от 62 до 188 мг/кг, в зависимости от применения минерального удобрения.

В условиях проведения исследований аллювиальная почва формирует запасы подвижного фосфора и калия соответственно 354-396 и 141-162 мг/кг. Применение минерального удобрения повышает запасы элементов питания в почве и тем самым увеличивает действительно возможную урожайность сена естественного травостоя на пойменном лугу (табл. 5).

Таблица 5 – Запасы некоторых доступных элементов питания в аллювиальной почве и действительно возможная урожайность сена естественного травостоя

Показатель, год Вариант	Подвижный фосфор, мг/кг				ДВУ ₂₀₂₃ , т/га	Подвижный калий, мг/кг				ДВУ ₂₀₂₃ , т/га
	2008	2015	2023	Разница 08/23		2008	2015	2023	Разница 08/23	
Контроль	354,4	383,3	396,4	42,0	15,25	152,3	162,8	141,8	-10,50	1,14
$N_{90}P_{60}K_{90}$	372,8	451,5	485,6	112,9	18,68	162,8	170,6	225,8	63,00	1,81
$N_{90}P_{60}K_{150}$	370,1	467,3	506,6	136,5	19,49	178,5	178,5	236,3	57,75	1,90
$N_{120}P_{60}K_{120}$	420,0	483,0	593,3	173,3	22,82	170,6	199,5	228,4	57,75	1,83
$N_{120}P_{60}K_{180}$	414,8	493,5	598,5	183,8	23,02	173,3	207,4	286,1	112,88	2,30

Установили, что увеличение уровня химизации повышало запасы элементов питания в динамике, при этом обнаружили повышение запасов доступного фосфора во времени, запас доступного калия также возрастал во времени, за исключением контрольного варианта.

Выявили, что запасы элементов питания обеспечивают возможную урожайность от 15,25 до 23,02 и от 1,14 до 2,30 т/га сена соответственно по фосфору и калию. Ограничивающим фактором в повышении урожайности в условиях опыта служило содержание подвижного калия, особенно актуально дополнительное применение калийного удобрения не только с целью повышения продуктивности сенокосов, но и на радиоактивно загрязненных пойменных лугах с целью получения продукции кормопроизводства с допустимым содержанием ^{137}Cs .

Заключение. В результате исследований установили, что под действием применения минерального удобрения и химической мелиорации изменялась степень кислотности от слабокислой до близкой к нейтральной, увеличивалось содержание подвижного фосфора и калия соответственно от повышенного к высокому и от низкого к среднему. Изменчивость агрохимических свойств во времени зависела от конкретного показателя и норм применения минерального удобрения, колебалась от незначительной до значительной величины.

Выявили, что агрохимические свойства по профилю почвы изменялись в зависимости от конкретного показателя и норм применения минерального удобрения, наблюдали равномерное распределение или концентрацию элементов питания, углерода органического и ионов водорода в определенном слое почвы.

Обнаружили, что лимитирующим фактором повышения урожайности сена естественного травостоя является запас подвижного калия в почве.

Список источников

1. Косолапов В.М., Чернявских В.И., Костенко С.И. Современное состояние и вызовы для отрасли кормопроизводства в России // Кормопроизводство. 2022. № 10. С. 3-8.
2. Лытов М.Н. Принципы регулирования потоков и баланса биогенных элементов на мелиорированных землях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3. С. 141-152. с.
3. Воробьев Г.Т. Почвы Брянской области: генезис, свойства, распространение. Брянск: Грани, 1993. 158 с.
4. Просянкин Е.В. Агрохимические аспекты устойчивого земледелия // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 13-17.
5. Урожайность культур, вынос и баланс элементов питания в зернотравяном севообороте / П.А. Постников, В.В. Попова, Е.Ф. Данько, О.В. Васина // Плодородие. 2022. № 3. С. 16-19.
6. Динамика содержания ¹³⁷Cs в кормах сельскохозяйственных животных в районах Брянской области, пострадавших после аварии на ЧАЭС / С.В. Фесенко, П.В. Прудников, Н.Н. Исамов и др. // Радиационная гигиена. 2023. Т. 16, № 1. С. 104-119.
7. Авария на Чернобыльской АЭС: защитные и реабилитационные мероприятия в сельском хозяйстве / С.В. Фесенко, Н.И. Санжарова, Н.Н. Исамов, О.А. Шубина // Радиационная биология. Радиоэкология. 2021. Т. 61, № 3. С. 261-276.
8. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв (к 30-летию техногенной аварии на Чернобыльской АЭС) / В.Г. Сычев, В.И. Лунёв, П.М. Орлов, Н.М. Белоус. М.: ВНИИА, 2016. 184 с.
9. Просянкин Е.В., Малявко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области // Агрохимический вестник. 2021. № 6. С. 45-49.

Информация об авторах

А.Л. Силаев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Н.М. Белоус – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Е.В. Смольский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, sev_84@mail.ru.

Information about the authors

A.L. Silaev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University.

N.M. Belous – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University.

E.V. Smolsky – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, sev_84@mail.ru

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 04.03.2024; одобрена после рецензирования 25.03.2024, принята к публикации 28.03.2024..

The article was submitted 04.03.2024; approved after reviewing 25.03.2024; accepted for publication 28.03.2024.

© Силаев А.Л., Белоус Н.М., Смольский Е.В.