

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Научная статья

УДК 631.45:631.859

doi: 10.55471/19973225\_2022\_7\_4\_9

**ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ  
ПРОДУКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА СОЛОНЦЕВАТОГО  
В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Наталья Михайловна Троц<sup>1</sup>, Анатолий Александрович Соловьев<sup>2</sup>, Наталья Владимировна Боровкова<sup>3</sup>, Анна Алексеевна Бокова<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

<sup>1</sup>troz\_shi@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3774-1235>

<sup>2</sup>isslab@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1215-7067>

<sup>3</sup>anatoliy.solovyev@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0002-6486-7899>

<sup>4</sup>anuta1998b@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5193-364X>

*Цель исследований – разработка приемов повышения плодородия почвы за счет внесения фосфогипса на черноземе солонцеватом в условиях Самарской области. Изучено влияние внесения фосфогипса различных норм (1,5, 3,0, 5,0 т/га) на черноземе солонцеватом на фоне  $N_{120}P_{60}K_{60}$  на оструктуренность почвы, реакцию почвенной среды и содержание поглощенных оснований, на формирование продуктивности озимой пшеницы. Полевые опыты закладывались в 2019-2022 гг. на территории опытного участка в центральной агроэкологической зоне Самарской области. Почва – чернозём солонцеватый среднесуглинистый с мощностью гумусового горизонта до 50-60 см. Фосфогипс вносили на фоне применения минерального удобрения Аммофос ( $NH_4H_2PO_4 + (NH_4)_2HPO_4$ ). Одна половина расчетной нормы вносилась путем разбрасывания под предпосевную культивацию, вторая – при посеве через *туковысевающие аппараты* *сеялки*. При внесении фосфогипса в почву активизируются процессы структурообразования, в слое 0-10 см образуются устойчивые гранулы диаметром 1-3 мм, наблюдается улучшение морфологической структуры почвы. Внесение азотного удобрения в сочетании с фосфогипсом (5 т/га) способствует активации микробиологических процессов в почве на 67-87%. На естественном и повышенном фонах на черноземе солонцеватом ежегодное внесение фосфогипса и минеральных удобрений в дозе  $N_{40}P_{40}K_{40}$  улучшает обеспеченность почвы подвижными соединениями азота, фосфора, калия, повышая уровень эффективного плодородия. Усиливается рост и развитие возделываемых культур: при дозе фосфогипса 2 т/га достоверно повышается урожайность озимой пшеницы (на 19,3%).*

**Ключевые слова:** плодородие, почва, гумус, фосфогипс, удобрение, урожай.

**Для цитирования:** Троц Н. М., Соловьев А. А., Боровкова Н. В., Бокова А. А. Эколого-мелиоративные приемы повышения продуктивности чернозема солонцеватого в условиях Самарской области // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. №4. С. 9–15. doi: 10.55471/19973225\_2022\_7\_4\_9

AGRICULTURE

Original article

**ECOLOGICAL AND RECLAMATIVE METHODS OF INCREASING PRODUCTIVITY  
OF ALKALINE CHERNOZEM IN THE CONDITIONS OF THE SAMARA REGION**

**Natalya M. Trots<sup>1</sup>, Anatoly A. Soloviev<sup>2</sup>, Natalya V. Borovkova<sup>3</sup>, Anna A. Bokova<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia

<sup>1</sup>troz\_shi@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3774-1235>

<sup>2</sup>isslab@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1215-7067>

<sup>3</sup>anatoliy.solovyev@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0002-6486-7899>

4anuta1998b@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5193-364X>

The purpose of the research is to develop methods for increasing soil fertility by introducing phosphogypsum on alkaline chernozem in the conditions of the Samara region. The effect of the introduction of various norms of phosphogypsum (1,5, 3,0, 5,0 t/ha) on alkaline chernozem against the background of  $N_{120}P_{60}K_{60}$  on soil structure, the reaction of the soil environment and the content of absorbed bases, and on the formation of winter wheat productivity was studied. Field experiments were laid in 2019-2022 on the territory of a pilot site in the central agroecological zone of the Samara region. The soil is alkaline medium loamy chernozem with a thickness of humus horizon up to 50-60 cm. Phosphogypsum was applied against the background of the use of the mineral fertilizer Ammophos ( $NH_4H_2PO_4 + (NH_4)_2HPO_4$ ). One half of the calculated norm was introduced by spreading for pre-sowing cultivation, and the second – when sowing through the fertilizer dispenser of the seeder. Field experiments were accompanied by the necessary observations and analyses. When phosphogypsum is applied to the soil, the processes of structure formation are activated, stable granules with a diameter of 1-3 mm are formed in a layer of 0-10 cm, an improvement in the morphological structure of the soil is observed. The application of nitrogen fertilizer in combination with phosphogypsum (5 t/ha) contributes to the activation of microbiological processes in the soil by 67-87 %. On natural and elevated backgrounds on alkaline chernozem, the annual application of phosphogypsum and mineral fertilizers at a dose of  $N_{40}P_{40}K_{40}$  improves the supply of soil with mobile compounds of nitrogen, phosphorus, and potassium, increasing the level of effective fertility. The growth and development of cultivated crops increases at a dose of phosphogypsum of 2 t/ha, the yield of winter wheat significantly increases (by 19.3%).

**Keywords:** fertility, soil, humus, phosphogypsum, fertilizers, harvest.

**For citation:** Trots, N. M., Soloviev, A. A., Borovkova, N. V. & Bokova, A. A. (2022). Ecological and reclamative methods of increasing productivity of alkaline chernozem in the conditions of the Samara region. *Izvestia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 4, 9–15 (in Russ.). doi: 10.55471/19973225\_2022\_7\_4\_9

Для повышения конкурентоспособности и рентабельности сельскохозяйственного производства в современных условиях необходимо эффективное и рациональное использование пахотных земель, сохранение и воспроизводство почвенного плодородия, высокая окупаемость агрохимических средств [1, 2, 3, 4].

Сельскохозяйственные угодья в Самарской области занимают около 4 млн га, в том числе 2832,4 тыс. га заняты пашней [5].

При современном ресурсном обеспечении и интенсивном использовании пашни постепенно ухудшаются её водно-физические, агрохимические и другие свойства, возрастают потери гумуса и питательных веществ, снижается продуктивность. Среди основных экологических проблем Самарского региона – дегумификация, связанная в основном с развитием эрозии почв [6, 7, 8, 9]. Ежегодная потеря гумуса по региону составляет 0,4 т/га, площади среднегумусных почв сократились на 1,7%, начиная с 2005 года. Уменьшение гумуса приводит к физической деградации почв, увеличению плотности и разрушению её структуры [10, 11, 12].

В связи с этим, успешное использование адаптированных к местным условиям современных технологий может на длительное время повысить продуктивность пашни, снизить зависимость от средообразующих и антропогенных факторов.

**Цель исследований** – разработка приемов повышения плодородия почвы за счет внесения фосфогипса на черноземе солонцеватом в условиях Самарской области.

**Задачи исследований** – изучить влияние внесения фосфогипса в различных нормах (1,5, 3,0, 5,0 т/га) на фоне  $N_{120}P_{60}K_{60}$  на черноземе солонцеватом на оструктуренность, реакцию среды и содержание поглощенных оснований, формирование продуктивности озимой пшеницы.

**Материал и методы исследований.** Полевые опыты закладывались в 2019-2022 гг. на территории опытного участка в центральной агроэкологической зоне Самарской области. Почва – чернозём солонцеватый среднесуглинистый с мощностью гумусового горизонта до 50-60 см. Фосфогипс вносили на фоне применения минерального удобрения Аммофос ( $NH_4H_2PO_4 + (NH_4)_2HPO_4$ ). Одна половина расчетной нормы вносилась путем разбрасывания под предпосевную культивацию, а вторая – при посеве через туковысевающие аппараты сеялки.

Полевые опыты сопровождались необходимыми наблюдениями и анализами [9, 10, 11, 12].

Лабораторные анализы выполнялись в лаборатории ФГБУ «Станция агрохимической службы «Самарская», имеющей «Аттестат аккредитации испытательной лаборатории (центра) в системе аккредитации аналитических лабораторий (центров)» №РОСС RU.0001.510565 (выдан 10.08.2016 г., дата внесения сведений в реестр аккредитованных лиц 22.04.2015 г.).

**Результаты исследований.** Для почвенного покрова Самарской области характерны следующие основные типы почв: черноземные, серые лесные, темно-каштановые и аллювиальные (пойменные). Наибольшие площади занимают почвы черноземного типа. Механический состав большинства почв области глинистый и тяжелосуглинистый (до 82%). По содержанию гумуса почвы региона относятся к средне- и малогумусным, а по мощности гумусового горизонта – к средне- и маломощным. В результате нерационального использования пашни, нарушения систем её обработки и технологий возделывания культур в Самарской области заметно увеличилась площадь засоленных и солонцеватых земель, требующих восстановления. Проблема решается проведением мелиоративных мероприятий, в первую очередь путем внесения гипса.

Однако, наряду с гипсом для рассоления почв может быть использован фосфогипс Балаковского филиала АО «Апатит», находящегося на относительно близком расстоянии от Самарской области в соседней Саратовской области.

При внесении фосфогипса в почву активизируются процессы структурообразования, в слое 0-10 см образуются устойчивые гранулы диаметром 1-3 мм (табл. 1).

Таблица 1

Влияние фосфогипса на оструктуренность чернозема солонцеватого, 2019-2022 гг.

Слой почвы, см	Содержание фракций, % на абсолютно сухую почву								Отношение фракций <0,005 мм к фракции >0,005 мм
	Размер фракций, мм					Сумма фракций, мм			
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,005	>0,005	
Контроль (без удобрений)									
0-20	3,9	39,91	23,38	1,23	11,28	20,9	32,18	67,82	0,47
20-40	6,1	37,59	24,44	2,34	9,82	19,7	29,51	70,49	0,42
40-70	6,2	32,64	31,76	3,87	8,56	16,9	25,53	74,47	0,34
Фон + фосфогипс 3 т/га									
0-20	2,8	36,89	23,23	1,19	14,85	21,0	35,89	64,11	0,56
20-40	5,4	25,45	29,38	2,97	11,52	25,3	36,8	63,2	0,58
40-70	6,1	33,71	26,84	3,12	10,15	20,1	30,23	69,77	0,43

Фосфогипс в дозе 3 т/га способствует уменьшению содержания наиболее крупных частиц, размером 1-0,25 мм, в исследуемых слоях почвы, при этом количество самых мелких фракций (0,005-0,001 и <0,001 мм) возрастает на 3-7%. Заметно снизилось суммарное содержание фракций частиц, размер которых превышают 0,005 мм. По количественному соотношению фракций частиц почвы размером менее 0,005 мм и фракций частиц почвы размером более 0,005 мм можно заключить, что фосфогипс влияет на увеличение количества мелких частиц и способствует разрушению крупных агрегатов в почве.

Величина реакции почвенной среды оподзоленных и выщелоченных черноземов, серых лесных почв – 5,9-6,2, южных чернозёмов, тёмно-каштановых почв – 7,1-7,3, обыкновенных и типичных чернозёмов – 6,5-6,7. Гидролитическая кислотность (Нг) не превышает 3-4 мг-экв./100 г у серых лесных почв, оподзоленных и выщелоченных чернозёмов; снижается до 1,6-2,0 мг-экв./100 г почвы у типичных и обыкновенных чернозёмов. Под влиянием фосфогипса происходит увеличение запасов продуктивной влаги в почве на 77-137%, в высокой степени – оструктурирование почвы (на 26-142%), снижается дисперсность почвы (слой 0-20 см) на 48-31%.

Сочетание азотного удобрения с фосфогипсом в количестве 5 т/га на 67-87% активизирует микробиологические процессы в почве.

Эффективен фосфогипс и на почвах с избыточной кислотностью, которые в наибольшей степени обеднены подвижной кремневой кислотой. Наблюдается увеличение pH, а также содержание кальция и магния в черноземной почве. При этом снижается количество натрия в почвенном поглощающем комплексе (табл. 2).

Применение минеральных удобрений привело к незначительному (на 0,1 ед.) подкислению почвы. Внесение к данному фону фосфогипса благоприятно сказалось на реакции среды уже при дозе

1,5 т/га. Максимальный эффект наблюдается при добавлении 5,0 т мелиоранта на га: произошло снижение кислотности до 0,5 единиц рН по сравнению с контролем и фоном.

Таблица 2

Влияние различных доз фосфогипса на реакцию среды и содержание поглощенных оснований в чернозёме солонцеватом, 2019-2022 гг.

Вариант опыта	Слой почвы, см	Показатель				
		рН	в среднем за 3 года		%	
			Ca, мг-экв./100 г почвы	Mg, мг-экв./100 г почвы	Na, мг-экв./100 г почвы	± к контролю
Контроль, без удобрений	0-20	5,80	22,83	2,89	3,2	-
	20-40	5,95	19,13	3,15	3,6	-
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> – фон	0-20	5,70	21,91	2,79	2,9	-10,0
	20-40	5,87	20,73	2,87	3,3	
Ф + фосфогипс 1,5 т/га	0-20	6,03	23,58	2,45	2,1	-34,3
	20-40	6,21	21,37	2,61	4,1	
Ф + фосфогипс 3,0 т/га	0-20	6,06	24,97	1,95	1,8	-43,7
	20-40	6,50	22,05	2,15	4,3	
Ф + фосфогипс 5,0 т/га	0-20	6,02	27,10	1,74	1,3	-59,4
	20-40	6,41	23,54	1,99	4,8	
НСР <sub>05</sub>		0,15	1,73	0,5	0,5	

Примечание. Ф – фон.

Внесение удобрений привело к снижению содержания поглощенных оснований в почве. Фосфогипс восполнил количество кальция, причем наибольший прирост (более, чем на 4%) наблюдается при внесении 5,0 т/га.

С увеличением дозы фосфогипса происходит снижение содержания магния. Количество натрия при этом уменьшается только в верхнем слое почвы (0-20 см), в то время как в глубине (20-40 см) этот показатель растет.

Важным фактором деградации почв является засоление, одной из причин которого может быть неправильное орошение сельскохозяйственных земель, отсутствие дренажа в условиях близкого залегания грунтовых вод. Отрицательным фактором является также переуплотнение почв.

Процесс осолонцевания почв пашни отмечен на 65 тыс. га, из которых 1,9 тыс. га характеризуются высокой степенью засоления. В почвенном профиле преобладают слабозасоленные земли, на площади 1,2 тыс. га пашни выявлены процессы вторичного засоления.

Фосфорные удобрения способствуют накоплению в почве метастабильных фосфатов кальция и железа, обладающих хорошей растворимостью в отличие от природных фосфатов. Благодаря этому процессу сохраняется длительное последствие этих удобрений и сохраняется повышенная растворимость фосфорной кислоты.

Состояние подвижного фосфора определяет критерий фосфатного состояния почв и зависит от биологических особенностей культуры и почвенно-климатических особенностей.

Проведенные исследования почв Самарской области показали, что содержание подвижного фосфора составило в среднем 95 мг/кг и перешло в категорию «низкое». Стабильность и рост урожая невозможны без соблюдения закона возврата элемента, в отношении фосфора этот баланс должен быть бездефицитным.

Внесение фосфогипса в сочетании с туками в дозах действующего вещества 40 г азота, 40 г фосфора, 40 г калия улучшает обеспеченность чернозема солонцеватого подвижными соединениями элементов и повышает плодородие почв и активность почвенных ферментов. Проведенные эксперименты показали, что фосфогипс обеспечивает увеличение урожайности сельскохозяйственных культур. Так, при внесении 2 т фосфогипса на 1 га почвы урожай озимой пшеницы возрастает на 19,3% (табл. 3).

Внесение фосфогипса положительно сказалось на урожайности озимой пшеницы при совместном применении с минеральными удобрениями. Максимальная продуктивность наблюдалась в варианте 4 т/га фосфогипса + N<sub>20</sub>K<sub>20</sub> независимо от культуры-предшественника. Применение только комплексного удобрения (N<sub>20</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub>) способствовало увеличению урожайности пшеницы на 6,4 и 8,3 ц/га (в зависимости от предшественника) или на 9,5 и 13,1 %, соответственно. Внесение удобрения, содержащего только азот и калий, дает наименьшую прибавку урожая (2 и 6 ц/га).

Почти на четверть (23,9%) увеличивается прибавка урожая озимой пшеницы при использовании фосфогипса в дозе 4 т/га совместно с азотно-калийным удобрением, культура-предшественник – кукуруза на силос.

Таблица 3

Влияние фосфогипса на формирование продуктивности озимой пшеницы, 2019-2022 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка	
		ц/га	%
предшественник – соя			
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	67,1	–	–
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	73,5	6,4	9,5
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	69,1	2,0	3,0
ФГ 2 т/га + N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	74,9	7,8	11,6
ФГ 4 т/га + N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	78,3	11,2	16,7
ФГ 6 т/га + N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	75,8	8,7	13,0
НСР <sub>05</sub>	3,2		
предшественник – кукуруза на силос			
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	63,2	-	-
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	71,5	8,3	13,1
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	69,2	6,0	9,5
ФГ 2 т/га + N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	75,4	12,2	19,3
ФГ 4 т/га + N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	78,3	15,1	23,9
ФГ 6 т/га + N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	76,1	12,9	20,4
НСР <sub>05</sub>	2,9		

Наибольшая эффективность наблюдается при совместном использовании фосфогипса с минеральными удобрениями. Прибавка урожая озимой пшеницы в этом случае больше, чем при внесении комплексного минерального удобрения, содержащего азот, фосфор, калий.

**Заклучение.** При внесении фосфогипса в почву активизируются процессы структурообразования, в слое 0-10 см образуются устойчивые гранулы диаметром 1-3 мм, наблюдается улучшение морфологической структуры почвы. Сочетание фосфогипса с азотными удобрениями в количестве 5 т/га способствует активации микробиологических процессов в почве на 67-87%. Усиливается рост и развитие возделываемых культур: при дозе фосфогипса 2 т/га достоверно повышается урожайность озимой пшеницы (на 19,3%). Внесение фосфогипса в сочетании с минеральными удобрениями в дозах действующего вещества 40 г азота, 40 г фосфора, 40 г калия улучшает обеспеченность чернозема солонцеватого подвижными соединениями элементов, повышает плодородие почвы и активность почвенных ферментов.

#### Список источников

1. Дербенцева А. М. Химическая деградация почв под воздействием техногенных геохимических потоков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. №3. С. 544–549.
2. Околелова А. А., Капля В. Н., Лапченков А. Г. Оценка содержания нефтепродуктов в почве // Региональные геосистемы. 2019. Т. 43, № 1. С. 76–86.
3. Панкова Е. И., Турсина Т. В., Тишков А. А. Вклад Н. И. Базелевич в развитие почвенной науки // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1283–1295.
4. Панкова Е. И., Конюшкова М. В., Горохова И. Н. О проблеме оценки засоленности почв и методике крупномасштабного цифрового картографирования засоленных почв // Экосистемы: экология и динамика. 2017. №1. С. 26–54.
5. Троц В. Б., Троц Н. М. Использование нетрадиционных материалов для гипсования почв под яровой ячмень // Современное состояние и инновационные пути развития земледелия, мелиорации и защиты почв от эрозии : сб. ст. Ижевск : Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. С. 128–131.
6. Аканова Н. И. Фосфогипс нейтрализованный – перспективное агрохимическое средство интенсификации земледелия // Плодородие. 2013. №1. С. 2–7.
7. Аканова Н. И., Троц Н. М., Троц В. Б. Агроэкологическая эффективность применения калийно-натриевого глинистого удобрения на посевах сельскохозяйственных культур в условиях Среднего Поволжья // Самара АгроВектор. 2021. № 1. С. 32–39. doi: 10.55170/77962\_2021\_1\_1\_32.

8. Троц Н. М., Боровкова Н. В., Соловьев А. А. Оценка эффективности фосфогипса в агроценозах ярового ячменя // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 3-11.
9. Кирейчева Л. В., Неведов А. В., Виноградов Д. В. Обоснование использования удобрительно-мелиорирующей смеси на основе торфа и сапропеля для повышения плодородия деградированных почв // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2016. № 3 (31). С. 12–17.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5 изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
11. Троц В. Б., Троц Н. М., Обущенко С. В. Влияние фосфогипса на урожайность ярового ячменя // Стратегические направления развития агропромышленного комплекса : сб. ст. Караваево : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. С. 32–35.
12. Liu X., He P., Jin J., Zhou W., Sulewski G., Phillips S. Yield gaps, indigenous nutrient supply, and nutrient use efficiency of wheat in China // *Agronomy Journal*. 2011. Vol. 103, Iss. 5. P. 1452–1463.

#### References

1. Derbentseva, A. M. (2005). Chemical degradation of soils under the influence of technogenic geochemical flows. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (Mining informational and analytical bulletin)*, 3, 544–549 (in Russ.).
2. Okolelova, A. A., Drop, V. N. & Lapchenkov, A. G. (2019). Assessment of the content of petroleum products in the soil. *Regional'nye geosistemy (Regional geosystems)*, 43, 1, 76–86 (in Russ.).
3. Pankova, E. I., Tursina, T. V. & Tishkov, A. A. (2019). N. I. Bazelevich's contribution to the development of soil science. *Pochvovedenie (Edaphology)*, 11, 1283-1295 (in Russ.).
4. Pankova, E. I., Konyushkova, M. V. & Gorokhova, I. N. (2017). On the problem of soil salinity assessment and methods of large-scale digital mapping of saline soils. *Ekosistemy: ekologiya i dinamika (Ecosystems: ecology and dynamics)*, 1, 26–54 (in Russ.).
5. Trots, V. B. & Trots, N. M. (2022). The use of unconventional materials for plastering soils for spring barley. Modern state and innovative ways of development of agriculture, land reclamation and soil protection from erosion '22: *collection of scientific papers*. (pp. 128–131). Izhevsk (in Russ.).
6. Akanova, N. I. (2013). Neutralized phosphogypsum – a promising agrochemical means of intensification of agriculture. *Plodorodie (Plodorodie)*, 1, 2–7 (in Russ.).
7. Akanova, N. I., Trots, N. M. & Trots, V. B. (2021). Agroecological efficiency of the use of potassium-sodium clay fertilizer on crops in the conditions of the Middle Volga region. *Samara AgroVektor (Samara AgroVector)*, 1, 32–39 (in Russ.) Doi: 10.55170/77962\_2021\_1\_1\_32.
8. Trots, N. M., Borovkova, N. V. & Soloviev, A. A. (2022). Evaluation of the effectiveness of phosphogypsum in agrocenosis of spring barley. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 1, 3–11 (in Russ.).
9. Kireicheva, L. V., Nefedov, A. V. & Vinogradov, D. V. (2016). Justification of the use of a fertilizer-reclamation mixture based on peat and сапропель to increase the fertility of degraded soils. *Vestnik Riazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva (Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostycheva)*, 3 (31), 12–17 (in Russ.).
10. Dospikhov, B. A. (1985). *Methodology of field experience*. Moscow (in Russ.).
11. Trots, V. B., Trots, N. M. & Obushchenko S. V. (2022). Influence of phosphogypsum on the yield of spring barley. Strategic directions of development of the agro-industrial complex '22: *collection of proceedings*. (pp. 32–35). Karavaevo (in Russ.).
12. Liu, H., He, P., Jin, J., Zhou, W., Sulewski, G. & Phillips, S. (2011). Yield gaps, local nutrient reserves and efficiency of nutrient use by wheat in China. *Agronomic Journal*, 103, 5, 1452–1463.

#### Информация об авторах:

Н. М. Троц – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;  
 А. А. Соловьев – аспирант;  
 Н. В. Боровкова – аспирант;  
 А. А. Бокова – аспирант.

#### Information about the authors:

N. M. Trots – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;  
 A. A. Solovyov – post-graduate student;  
 N. V. Borovkova – post-graduate student;  
 A. A. Bokova – post-graduate student.

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 21.08.2022; одобрена после рецензирования 1.09.2022; принята к публикации 24.09.2022.

The article was submitted 21.08.2022; approved after reviewing 1.09.2022; accepted for publication 24.09.2022.