

## ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 631.6+631.867+631.431.1

### Влияние химических мелиорантов и птичьего помета на плотность пахотного слоя чернозема выщелоченного

*Кузин Е.Н., Небесная С.С.*

**Аннотация.** В работе представлены материалы по влиянию различных норм мергеля, доломитовой муки и их сочетаний с птичьим пометом на плотность в пахотном слое чернозема выщелоченного. Установлено, что наиболее существенное влияние на разуплотнение пахотного слоя почвы оказало внесение мергеля и доломитовой муки нормой 1,5 Нг в комплексе с птичьим пометом нормой 30 т/га. Плотность в пахотном слое в начале вегетации в 2020 году на их фоне составляло 1,13 г/см<sup>3</sup>, в период уборки озимой пшеницы 1,14-1,15 г/см<sup>3</sup> и была ниже контроля в первом случае на 0,07 г/см<sup>3</sup>, во втором случае на 0,09-1,10 г/см<sup>3</sup>. В условиях 2021 года перед посевом яровой пшеницы плотность пахотного слоя на этих вариантах опыта равнялась 1,01 г/см<sup>3</sup>, в период уборки 1,15 г/см<sup>3</sup> и была ниже контроля на 0,08 и 0,10 г/см<sup>3</sup> соответственно. В начале вегетации озимой пшеницы в 2022 году плотность в пахотном слое составляла 1,09 г/см<sup>3</sup>, а в период уборки 1,12-1,13 г/см<sup>3</sup>. Снижение по отношению к контрольному варианту составляло в начале вегетации 0,10 г/см<sup>3</sup>, в период уборки 0,11-0,12 г/см<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** чернозем выщелоченный, пахотный слой, мергель, доломитовая мука, птичий помет, плотность почвы.

**Для цитирования:** Кузин Е.Н., Небесная С.С. Влияние химических мелиорантов и птичьего помета на плотность пахотного слоя чернозема выщелоченного // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 4. С. 38–44.

### The effect of chemical meliorants and bird droppings on the density of the arable layer of leached chernozem

*Kuzin E.N., Nebesnaya S.S.*

**Abstract.** The paper presents materials on the influence of various norms of meringue, dolomite flour and their combinations with bird droppings on the density in the surface layer of leached chernozem. It was found that the most significant effect on the decompression of the arable soil layer was caused by the introduction of marl and dolomite flour with a norm of 1.5 Hg in combination with bird droppings with a norm of 30 t/ha. The density in the arable layer at the beginning of the growing season in 2020 against their background was 1.13 g/cm<sup>3</sup>, during the harvesting of winter wheat 1.14-1.15 g/cm<sup>3</sup> and was lower than the control in the first case by 0.07 g/cm<sup>3</sup>, in the second case by 0.09-1.10 g/cm<sup>3</sup>. In the conditions of 2021, before sowing the spring wheat, the density of the arable layer on these variants of the experiment was 1.01 g/cm<sup>3</sup>, during the harvesting period 1.15 g/cm<sup>3</sup> and was lower than the control by 0.08 and 0.10 g/cm<sup>3</sup>, respectively. At the beginning of the growing season of winter wheat in 2022, the density in the arable layer was 1.09 g/cm<sup>3</sup>, and during the harvesting period 1.12-1.13 g/cm<sup>3</sup>. The decrease in relation to the control variant was 0.10 g/cm<sup>3</sup> at the beginning of the vegetation, 0.11-0.12 g/cm<sup>3</sup> during the harvesting period.

**Keywords:** leached chernozem, arable layer, marl, dolomite flour, bird droppings, soil density.

**For citation:** Kuzin E.N., Nebesnaya S.S. The effect of chemical meliorants and bird droppings on the density of the arable layer of leached chernozem. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 4. pp. 38–44. (In Russ.).

## Введение

О плотности упаковки землистого материала в единице объема почвы, о характере первичных минеральных частей, о соотношении пустот и твердой фазы дает представление такой физической показатель, как плотность почвы в ненарушенном сложении. Этот показатель весьма динамичен в различных почвах и различных генетических горизонтах. Плотность оказывает большое влияние на ход почвообразовательного процесса, плодородие почвы и развитие растений. Неблагоприятное влияние высокой плотности на развитие растений заключается как в механическом препятствии для прорастания семян и роста корней, так и в резком проявлении в этих условиях антагонизма между водой и воздухом. В результате потерь гумуса, кальция и магния снижается стабильность почвенного поглощающего комплекса. В почве уменьшается содержание органических и органоминеральных коллоидов, которые играют значительную роль в образовании водопроходной структуры. Потери гумуса, кальция и магния вызывают уменьшение агрегатированности почвенных частиц. Высокодисперсные глинистые минералы монтмориллонитовой и гидрослюдистой групп, высвобождающиеся в процессе разрушения водопроходных агрегатов, в силу названных причин, свободно перемещаются с токами воды и заполняют крупные межагрегатные и внутриагрегатные поры, что приводит к уплотнению почвы и структурных агрегатов [1-13].

## Объекты и методы исследования

Исследования по изучению влияния химических мелиорантов, птичьего помета и их сочетаний на плотность пахотного слоя чернозема выщелоченного проводились в соответствии с планом научно-исследовательской работы кафедры почвоведения, агрохимии и химии на стационарном опыте в условиях первого агропочвенного района Пензенской области по следующей схеме: 1. Без химических мелиорантов и птичьего помета (контроль); 2. Птичий помет 30 т/га; 3. Мергель – 1,0 Нг; 4. Мергель – 1,5 Нг; 5. Доломитовая мука – 1,0 Нг; 6. Доломитовая мука – 1,5 Нг; 7. Мергель – 1,0 Нг + птичий помет 30 т/га; 8. Мергель – 1,5 Нг + птичий помет 30 т/га; 9. Доломитовая мука – 1,0 Нг + птичий помет 30 т/га; 10. Доломитовая мука – 1,5 Нг + птичий помет 30 т/га.

Опыт был заложен в трехкратной повторности. Размещение вариантов в опыте рендомизированное. Учетная площадь одной делянки равнялась 20 м<sup>2</sup>. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистого гранулометрического состава. В качестве химических мелиорантов использовались доломитовая мука Иссинского карьера и мергель месторождения Сурское Никольского района Пензенской области. Содержание CaCO<sub>3</sub> и MgCO<sub>3</sub> в доломитовой муке составляло 87 %, в мергеле 48,8 %, влажность 11,8 и 21,3 % соответственно. Норма доломитовой муки в физическом весе, равная величине Нг, составляла 7,9 т/га, а 1,5 Нг – 11,9 т/га.

Таблица 1 – Влияние химических мелиорантов и птичьего помета на плотность почвы, г/см<sup>3</sup> (озимая пшеница, 2020 г.)

Вариант	Начало вегетации		В период уборки	
	плотность	отклонение от контроля	плотность	отклонение от контроля
1. Без химических мелиорантов и птичьего помета (контроль)	1,2	–	1,24	–
2. Птичий помет 30 т/га	1,15	-0,05	1,17	-0,07
3. Мергель – 1,0 Нг	1,19	-0,01	1,23	-0,01
4. Мергель – 1,5 Нг	1,18	-0,02	1,21	-0,03
5. Доломитовая мука – 1,0 Нг	1,18	-0,02	1,22	-0,02
6. Доломитовая мука – 1,5 Нг	1,17	-0,03	1,2	-0,04
7. Мергель – 1,0 Нг + птичий помет 30 т/га	1,14	-0,06	1,16	-0,08
8. Мергель – 1,5 Нг + птичий помет 30 т/га	1,13	-0,07	1,15	-0,09
9. Доломитовая мука – 1,0 Нг + птичий помет 30 т/га	1,14	-0,06	1,15	-0,09
10. Доломитовая мука – 1,5 Нг + птичий помет 30 т/га	1,13	-0,07	1,14	-0,1
HCP <sub>05</sub>		0,04		0,04

га; мергеля 16,1 и 24,2 т/га соответственно. В качестве органических удобрений использовался подстилочный индюшиный помет. Содержание азота в птичьём помете равнялось 1,97 %, фосфора 2,18 %, калия 3,65 %, влажность 47,8 %. Химические мелиоранты и органические удобрения были внесены весной в паровое поле.

### Результаты и их обсуждение

Экспериментальные данные показывают, что внесение мергеля и доломитовой муки оказало положительное влияние на плотность пахотного слоя чернозема выщелоченного.

В агроценозе озимой пшеницы в начале ее вегетации (2020 г.) на варианте без внесения химических мелиорантов и птичьего помета плотность в пахотном слое равнялась 1,20 г/см<sup>3</sup> (таблица 1).

На варианте с внесением птичьего помета нор-

мой 30 т/га плотность в пахотном слое в начале вегетации озимой пшеницы составляла 1,15 г/см<sup>3</sup>. Снижение по отношению к контролю было достоверным и равнялось 0,05 г/см<sup>3</sup> при значении НСР<sub>05</sub> 0,04 г/см<sup>3</sup>.

На фоне использования мергеля и доломитовой муки нормой 1,0 Нг плотность в пахотном слое изменялась в пределах от 1,18 до 1,19 г/см<sup>3</sup>, а на фоне использования их номой 1,5 Нг – от 1,17 до 1,18 г/см<sup>3</sup>. Снижение по отношению к контролю варианту было несущественным и составляло 0,01-0,03 г/см<sup>3</sup>.

Наиболее существенное влияние на разуплотнение почвы оказало внесение химических мелиорантов совместно с птичьим пометом. Величина плотности в пахотном слое на их фоне варьировала в интервале от 1,13 до 1,14 г/см<sup>3</sup>. Уменьшение плотности в пахотном слое по отношению к контролю

Таблица 2 – Влияние химических мелиорантов и птичьего помета на плотность почвы, г/см<sup>3</sup> (яровая пшеница, 2021 г.)

Вариант	Перед посевом		В период уборки	
	плотность	отклонение от контроля	плотность	отклонение от контроля
1. Без химических мелиорантов и птичьего помета (контроль)	1,09	–	1,25	–
2. Птичий помет 30 т/га	1,04	-0,05	1,19	-0,06
3. Мергель – 1,0 Нг	1,07	-0,02	1,22	-0,03
4. Мергель – 1,5 Нг	1,06	-0,03	1,21	-0,04
5. Доломитовая мука – 1,0 Нг	1,07	-0,02	1,23	-0,02
6. Доломитовая мука – 1,5 Нг	1,05	-0,04	1,21	-0,04
7. Мергель – 1,0 Нг + птичий помет 30 т/га	1,03	-0,06	1,17	-0,08
8. Мергель – 1,5 Нг + птичий помет 30 т/га	1,01	-0,08	1,15	-0,1
9. Доломитовая мука – 1,0 Нг + птичий помет 30 т/га	1,03	-0,06	1,16	-0,09
10. Доломитовая мука – 1,5 Нг + птичий помет 30 т/га	1,01	-0,08	1,15	-0,1
НСР <sub>05</sub>		0,04		0,03

Таблица 3 – Влияние химических мелиорантов и птичьего помета на плотность почвы, г/см<sup>3</sup> (озимая пшеница, 2022 г.)

Вариант	Начало вегетации		В период уборки	
	плотность	отклонение от контроля	плотность	отклонение от контроля
1. Без химических мелиорантов и птичьего помета (контроль)	1,19	–	1,24	–
2. Птичий помет 30 т/га	1,13	-0,06	1,16	-0,08
3. Мергель – 1,0 Нг	1,16	-0,03	1,2	-0,04
4. Мергель – 1,5 Нг	1,14	-0,05	1,18	-0,06
5. Доломитовая мука – 1,0 Нг	1,15	-0,04	1,2	-0,04
6. Доломитовая мука – 1,5 Нг	1,14	-0,05	1,18	-0,06
7. Мергель – 1,0 Нг + птичий помет 30 т/га	1,12	-0,07	1,14	-0,1
8. Мергель – 1,5 Нг + птичий помет 30 т/га	1,09	-0,1	1,13	-0,11
9. Доломитовая мука – 1,0 Нг + птичий помет 30 т/га	1,11	-0,08	1,14	-0,1
10. Доломитовая мука – 1,5 Нг + птичий помет 30 т/га	1,09	-0,1	1,12	-0,12
НСР <sub>05</sub>		0,04		0,05

Таблица 4 – Влияние химических мелиорантов и птичьего помета на плотность почвы, г/см<sup>3</sup> (в среднем за 2020-2022 г.)

Вариант	Начало вегетации		В период уборки	
	плотность	отклонение от контроля	плотность	отклонение от контроля
1. Без химических мелиорантов и птичьего помета (контроль)	1,16	–	1,24	–
2. Птичий помет 30 т/га	1,11	-0,05	1,17	-0,07
3. Мергель – 1,0 Нг	1,14	-0,02	1,22	-0,02
4. Мергель – 1,5 Нг	1,13	-0,03	1,2	-0,04
5. Доломитовая мука – 1,0 Нг	1,13	-0,03	1,22	-0,02
6. Доломитовая мука – 1,5 Нг	1,12	-0,04	1,2	-0,04
7. Мергель – 1,0 Нг + птичий помет 30 т/га	1,1	-0,06	1,16	-0,08
8. Мергель – 1,5 Нг + птичий помет 30 т/га	1,08	-0,08	1,14	-0,1
9. Доломитовая мука – 1,0 Нг + птичий помет 30 т/га	1,09	-0,07	1,15	-0,09
10. Доломитовая мука – 1,5 Нг + птичий помет 30 т/га	1,08	-0,08	1,14	-0,1

было достоверным и изменялось в пределах от 0,06 до 0,07 г/см<sup>3</sup>.

В период уборки озимой пшеницы в пахотном слое без внесения химических мелиорантов и птичьего помета величина равновесной плотности составляла 1,24 г/см<sup>3</sup>. Дрейф от оптимальной плотности составлял 0,04 г/см<sup>3</sup> (таблица 1).

Прямое действие птичьего помета нормой 30 т/га достоверно снижало величину равновесной плотности по отношению к контрольному варианту на 0,07 г/см<sup>3</sup> при значении НСР<sub>05</sub> 0,04 г/см<sup>3</sup>. Величина равновесной плотности на этом варианте равнялась 1,17 г/см<sup>3</sup>.

На вариантах с использованием различных норм химических мелиорантов была отмечена тенденция к снижению равновесной плотности в пахотном слое чернозема выщелоченного. Так, при внесении мергеля и доломитовой муки нормой 1,0 Нг равновесная плотность в пахотном слое составляла 1,22-1,23 г/см<sup>3</sup>, а при внесении мелиорантов нормой 1,5 Нг 1,20-1,21 г/см<sup>3</sup>. Снижение равновесной плотности по отношению к контролю в первом случае равнялось 0,01-0,02 г/см<sup>3</sup>, во втором 0,03-0,04 г/см<sup>3</sup>.

Наиболее существенное влияние на равновесную плотность оказало совместное использование мергеля и доломитовой муки с птичьим пометом. Величина равновесной плотности на их фоне была в пределах оптимальной и варьировала в интервале от 1,14 до 1,16 г/см<sup>3</sup>. Снижение по отношению к контрольному варианту было достоверным и составляло 0,08-0,10 г/см<sup>3</sup>.

В условиях 2021 года перед посевом яровой пшеницы плотность в пахотном слое на контрольном варианте и на вариантах с использованием химических мелиорантов варьировала в интервале от 1,07 до 1,09 г/см<sup>3</sup>. Различия между вариантами были недостоверными (таблица 2).

Последствие птичьего помета нормой 30 т/га достоверно снижало плотность почвы перед посевом яровой пшеницы на 0,05 г/см<sup>3</sup> при значении НСР<sub>05</sub> 0,04 г/см<sup>3</sup>.

Наиболее рыхлое сложение пахотного слоя перед посевом яровой пшеницы обеспечивало использование химических мелиорантов в комплексе с птичьим пометом. Плотность в пахотном слое на их фоне варьировала от 1,01 до 1,03 г/см<sup>3</sup>. Снижение по отношению к контрольному варианту было достоверным и составляло 0,06-0,08 г/см<sup>3</sup>.

Величина равновесной плотности в пахотном слое в период уборки яровой пшеницы на контрольном варианте составляла 1,25 г/см<sup>3</sup>. Дрейф от оптимальной плотности равнялся 0,05 г/см<sup>3</sup> (таблица 2).

Последствие птичьего помета нормой 30 т/га достоверно снижало равновесную плотность в пахотном слое по отношению к контрольному варианту на 0,06 г/см<sup>3</sup> при значении НСР<sub>05</sub> 0,03 г/см<sup>3</sup>. Величина равновесной плотности на этом варианте равнялась 1,19 г/см<sup>3</sup>.

На фоне последствия мергеля и доломитовой муки нормой 1,0 Нг величина равновесной плотности изменялась в интервале от 1,22 до 1,23 г/см<sup>3</sup>. Снижение по отношению к контролю было недостоверным и равнялось 0,02-0,03 г/см<sup>3</sup>.

Достоверное снижение равновесной плотности было отмечено на фоне последствия мергеля и доломитовой муки нормой 1,5 Нг. Величина равновесной плотности на этих вариантах составляла 1,21 г/см<sup>3</sup> и была ниже контроля на 0,04 г/см<sup>3</sup>.

Химические мелиоранты в комплексе с птичьим пометом оказали наиболее существенное влияние на разуплотнение пахотного слоя чернозема выщелоченного. Величина равновесной плотности на их фоне варьировала в пределах от 1,15 до 1,17 г/см<sup>3</sup>. Снижение по отношению к контролю было достоверным и изменялось в интервале от 0,08 до 0,10 г/см<sup>3</sup>.

В начале вегетации озимой пшеницы в условиях 2022 года плотность почвы на варианте без использования химических мелиорантов и птичьего помета составляла 1,19 г/см<sup>3</sup> (таблица 3).

Последствие птичьего помета нормой 30 т/га достоверно снижало плотность в пахотном слое по отношению к контролю на 0,06 г/см<sup>3</sup> при значении

НСР<sub>05</sub> 0,04 г/см<sup>3</sup>. Плотность пахотного слоя в начале вегетации озимой пшеницы на этом варианте равнялась 1,13 г/см<sup>3</sup>.

На вариантах с использованием мергеля и доломитовой муки нормой 1,0 Нг плотность в пахотном слое составляла 1,15-1,16 г/см<sup>3</sup>. Отклонение от контроля было недостоверным и составляло 0,03-0,04 г/см<sup>3</sup>.

Достоверное снижение плотности в пахотном слое обеспечивало последствие мергеля и доломитовой муки нормой 1,5 Нг. Величина плотности на их фоне равнялась 1,14 г/см<sup>3</sup> и была ниже контроля на 0,05 г/см<sup>3</sup> при значении НСР<sub>05</sub> 0,04 г/см<sup>3</sup>. Комплексное последствие мергеля и доломитовой муки нормой 1,0 Нг с птичьим пометом достоверно снижало плотность пахотного слоя на 0,07-0,08 г/см<sup>3</sup>. Плотность почвы на фоне их последствия в пахотном слое изменялась в интервале от 1,11 до 1,12 г/см<sup>3</sup>.

Наиболее существенное влияние на разуплотнение пахотного слоя оказало последствие химических мелиорантов нормой 1,5 Нг в комплексе с птичьим пометом нормой 30 т/га. Плотность почвы в пахотном слое на этих вариантах опыта составляла 1,09 г/см<sup>3</sup> и была достоверно ниже контроля на 0,10 г/см<sup>3</sup>.

В период уборки озимой пшеницы равновесная плотность в пахотном слое на контрольном варианте равнялась 1,24 г/см<sup>3</sup>. Дрейф от оптимальной плотности составлял 0,04 г/см<sup>3</sup> (таблица 3).

На фоне последствия птичьего помета нормой 30 т/га величина равновесной плотности была оптимальной и составляла 1,16 г/см<sup>3</sup>. Отклонение от контроля было достоверным и равнялось 0,08 г/см<sup>3</sup>.

Химические мелиоранты нормой 1,0 Нг снижали равновесную плотность по отношению к контролю на 0,04 г/см<sup>3</sup>. Величина равновесной плотности на их фоне была оптимальной и составляла 1,20 г/см<sup>3</sup>.

Мергель и доломитовая мука нормой 1,5 Нг достоверно снижали равновесную плотность по отношению к контрольному варианту на 0,06 г/см<sup>3</sup>. Величина равновесной плотности на их фоне равнялась 1,18 г/см<sup>3</sup>.

Наиболее существенное влияние на снижение равновесной плотности в посевах озимой пшеницы в 2022 году оказало комплексное последствие мергеля и доломитовой муки с птичьим пометом. Величина равновесной плотности на этих вариантах была в пределах оптимальной и варьировала в интервале от 1,12 до 1,14 г/см<sup>3</sup>. Снижение по отношению к контролю было достоверным и изменялось от 1,10 до 1,12 г/см<sup>3</sup>.

В среднем за период исследований плотность в пахотном слое чернозема выщелоченного в начале вегетационного периода на варианте без внесения химических мелиорантов и птичьего помета равнялась 1,16 г/см<sup>3</sup> (таблица 4).

На фоне использования птичьего помета нормой 30 т/га плотность в пахотном слое в начале вегетации в среднем за три года составляла 1,11 г/см<sup>3</sup> и была ниже контрольного варианта на 0,05 г/см<sup>3</sup>.

Одностороннее использование химических мелиорантов снижало плотность в пахотном слое на 0,02-0,04 г/см<sup>3</sup>. Плотность почвы на их фоне варьировала в начале вегетации в интервале от 1,12 до 1,14 г/см<sup>3</sup>.

Наиболее рыхлое сложение в пахотном слое в начале вегетации обеспечивало совместное внесение химических мелиорантов с птичьим пометом. Плотность почвы на этих вариантах опыта изменялась в интервале от 1,08 до 1,10 г/см<sup>3</sup> и была ниже контроля на 0,06-0,08 г/см<sup>3</sup>.

Величина равновесной плотности в пахотном слое на контрольном варианте в период уборки изучаемых культур составляла 1,24 г/см<sup>3</sup>. Дрейф от оптимальной составлял 0,04 г/см<sup>3</sup>.

На варианте с использованием птичьего помета нормой 30 т/га равновесная плотность в период уборки равнялась 1,17 г/см<sup>3</sup> и была ниже контроля на 0,07 г/см<sup>3</sup>.

Химические мелиоранты нормой 1,0 Нг снижали равновесную плотность в пахотном слое в среднем за три года на 0,02 г/см<sup>3</sup>, а химические мелиоранты нормой 1,5 Нг на 0,04 г/см<sup>3</sup>. Величина равновесной плотности в первом случае составляла 1,22 г/см<sup>3</sup>, во втором – 1,20 г/см<sup>3</sup>.

Наиболее существенное влияние на равновесную плотность оказало комплексное использование химических мелиорантов с птичьим пометом. Величина равновесной плотности в пахотном слое на их фоне в среднем за три года изменялась в пределах от 1,14 до 1,16 г/см<sup>3</sup> и была ниже контроля на 0,08-0,10 г/см<sup>3</sup>.

Таким образом, птичий помет нормой 30 т/га, химические мелиоранты нормой 1,5 Нг и комплексное внесение птичьего помета с химическими мелиорантами обеспечивали оптимальную плотность в пахотном слое чернозема выщелоченного в течение всего периода вегетации зерновых культур.

## Выводы

В результате исследований установлено, что наиболее существенное влияние на разуплотнение пахотного слоя оказало использование мергеля и доломитовой муки нормой 1,5 Нг в комплексе с птичьим пометом. Величина равновесной плотности на их фоне в условиях 2020 и 2021 годов была ниже контроля на 0,08-0,10 г/см<sup>3</sup>, в условиях 2022 года на 0,10-0,12 г/см<sup>3</sup>.

## Литература

- [1] Arefiev A.N., Kuzin E.N., Kukharev O.N., Kulikova Yu.N. Effects and consequences of sewage sludge from urban wastewater and their combinations with zeolite on soil fertility and productivity of grain crops. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2020. T. 63. № 1. P. 15-20.
- [2] Kuzina E.E., Arefyev A.N., Kuzin E.N. Influence of diatomite and its combinations with manure on the fertility of leached black earth soil (chernozem) and on the yield of vegetable crops. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2021. T. 27. № 3. P. 512-518.
- [3] Арефьев А.Н. Теоретическое обоснование и разработка приемов повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур: дисс. ... д. с.-х. н. Пенза, 2017. 415 с.
- [4] Витковская С.Е., Шаврина К.Ф. Динамика кислотности дерново-подзолистой почвы в зависимости от дозы известкового мелиоранта. *Агрофизика*. 2021. № 1. С. 1-6.
- [5] Кузин Е.Н., Галиуллин А.А., Кузина Е.Е. Изменение плодородия чернозема выщелоченного под влиянием агромелиоративных приемов в условиях лесостепи Среднего Поволжья: монография. Пенза: ПГАУ. 2023. 304 с.
- [6] Лебедева Т.Б., Власова Т.А., Арефьев А.Н. Органические удобрения в земледелии лесостепи Поволжья. – Пенза: ПГСХА, 2007. 124 с.
- [7] Лебедева Т.Б., Власова Т.А., Арефьев А.Н., Надежкина Е.В. Особенности использования почв и удобрений в правобережной лесостепи Среднего Поволжья. – Пенза: ПГСХА, 2009. 290 с.
- [8] Чекаев Н. П., Галиуллин А. А. Изменение запасов элементов питания в почве в зависимости от норм известкового мелиоранта и минеральных удобрений. *Сурский вестник*. 2022. № 1(17). С. 31–35. DOI 10.36461/2619–1202\_2022\_01\_007.
- [9] Чекаев Н. П., Галиуллин А. А. Эффективность применения отхода из печи обжига известняковой муки для известкования кислых черноземов. *Сурский вестник*. 2022. № 2(18). С. 31–35. DOI 10.36461/2619–1202\_2022\_02\_006.
- [10] Чекаев Н.П., Леснов А.В. Агрофизические свойства чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от применения птичьего помета и известкования. *Нива Поволжья*. 2020. № 1(54). С. 41-47.

## References

- [1] Arefiev A.N., Kuzin E.N., Kukharev O.N., Kulikova Yu.N. Effects and consequences of sewage sludge from urban wastewater and their combinations with zeolite on soil fertility and productivity of grain crops. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2020. Vol. 63. No. 1. P. 15-20.
- [2] Kuzina E.E., Arefyev A.N., Kuzin E.N. Influence of diatomite and its combinations with manure on the fertility of leached black earth soil (chernozem) and on the yield of vegetable crops. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2021. Vol. 27. No. 3. P. 512-518.
- [3] Arefyev A.N. Theoretical substantiation and development of methods for increasing soil fertility and productivity of agricultural crops: diss. ... Doctor of Agricultural Sciences Penza, 2017. 415 p.
- [4] Vitkovskaya S.E., Shavrina K.F. Dynamics of acidity of sod-podzolic soil depending on the dose of lime meliorant. *Agrophysics*. 2021. No. 1. pp. 1-6.
- [5] Kuzin E.N., Galiullin A.A., Kuzina E.E. Changes in the fertility of leached chernozem under the influence of agro-reclamation techniques in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region: a monograph. Penza: PGAU. 2023. 304 p.
- [6] Lebedeva T.B., Vlasova T.A., Arefyev A.N. Organic fertilizers in agriculture of the Volga forest area. – Penza: PGSXA, 2007. 124 p.
- [7] Lebedeva T.B., Vlasova T.A., Arefyev A.N., Nadezhkina E.V. Features of the use of soils and fertilizers in the right-bank forest-steppe of the Middle Volga region. – Penza: PGSXA, 2009. 290 p.
- [8] Chekaev N. P., Galiullin A. A. Changes in the stocks of nutrients in the soil depending on the norms of lime meliorant and mineral fertilizers. *Sursky Bulletin*. 2022. No. 1(17). pp. 31-35. DOI 10.36461/2619–1202\_2022\_01\_007.
- [9] Chekaev N. P., Galiullin A. A. The effectiveness of the use of waste from the lime flour kiln for liming acid chernozems. *Sursky Bulletin*. 2022. No. 2(18). pp. 31-35. DOI 10.36461/2619-1202\_2022\_02\_006.
- [10] Chekaev N.P., Lesnov A.V. Agrophysical properties of leached chernozem and crop yield depending on the use of bird droppings and cultivation. *The field of the Volga region*. 2020. No. 1(54). pp. 41-47.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Кузин Евгений Николаевич</b> доктор сельскохозяйственных наук профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия и химия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 <b>Тел.:</b> +7(927) 385-17-52 <b>E-mail:</b> alena-kuzina@mail.ru</p>	<p><b>Kuzin Evgeny Nikolaevich</b> PhD in Technical Sciences professor at the department of «Soil science, agrochemistry and chemistry» Penza State Agricultural University <b>Phone:</b> +7(927) 385-17-52 <b>E-mail:</b> alena-kuzina@mail.ru</p>
<p><b>Небесная Софья Сергеевна</b> магистрант «Почвоведение, агрохимия и химия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 <b>Тел.:</b> +7(927) 286-79-70</p>	<p><b>Nebesnaya Sof'ya Sergeevna</b> undergraduate «Soil science, agrochemistry and chemistry» Penza State Agricultural University <b>Phone:</b> +7(927) 286-79-70</p>