

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ENVIRONMENTAL PROTECTION

УДК 631.412+631.879+549.678

Изменение емкости катионного обмена и суммы обменных оснований на фоне последствия осадков городских сточных вод и цеолита

Арефьев А.Н., Кузин Е.Н., Кузина Е.Е.

Аннотация. Как свидетельствуют результаты исследований, наиболее существенное влияние на изменение физико-химических свойств лугово-черноземной почвы оказало комплексное последствие мелиоративных норм осадков городских сточных вод с цеолитсодержащей агрорудой. Емкость катионного обмена на их фоне была выше исходной на 4,76-5,59 мг-экв/100 г почвы, сумма обменных оснований на 6,37-7,51 мг-экв/100 г почвы.

Ключевые слова: лугово-черноземная почва, осадки городских сточных вод, цеолитсодержащая агроруда, емкость катионного обмена, сумма обменных оснований.

Для цитирования: Арефьев А.Н., Кузин Е.Н., Кузина Е.Е. Изменение емкости катионного обмена и суммы обменных оснований на фоне последствия осадков городских сточных вод и цеолита // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 2. С. 46–51. EDN: VNTEAK.

Changes in the cation exchange capacity and the sum of exchangeable bases against the background of the aftereffect of urban sewage sludge and zeolite

Arefiev A.N., Kuzin E.N., Kuzina E.E.

Abstract. According to the research results, the most significant impact on the change in the physicochemical properties of the meadow-chernozem soil was exerted by the complex aftereffect of the ameliorative norms of urban sewage sludge with zeolite-containing agricultural ore. The cation exchange capacity against their background was higher than the initial one by 4.76-5.59 mg-eq/100 g of soil, the sum of exchangeable bases by 6.37-7.51 mg-eq/100 g of soil.

Keywords: meadow-chernozem soil, urban sewage sludge, zeolite-containing agricultural ore, cation exchange capacity, sum of exchangeable bases.

For citation: Arefiev A.N., Kuzin E.N., Kuzina E.E. Changes in the cation exchange capacity and the sum of exchangeable bases against the background of the aftereffect of urban sewage sludge and zeolite. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 2. pp. 46–51. EDN: VNTEAK. (In Russ.).

Введение

Интенсивное использование почв при низких объемах применения органических и минеральных удобрений и химических мелиорантов привело в последние годы к значительному снижению их эффективного плодородия. Потери гумуса, повышение подвижности кальция и отчуждение с товарной частью урожая сельскохозяйственных культур приводит к безвозвратным его потерям. Это в свою

очередь снижает емкость катионного обмена, степень насыщенности почв основаниями и создает условия для повышения кислотности почв [1, 2]. В настоящее время актуальным становится разработка агроприемов с использованием местных более дешевых сырьевых ресурсов в системе удобрения и мелиорации почв. К числу таких материалов можно отнести цеолитсодержащие породы, диатомит, мергель, осадки городских сточных вод. Внесение осадочных цеолитсодержащих пород в почву улуч-

шает ее агрохимические свойства, увеличивает продуктивность культур и качество сельскохозяйственной продукции. Эффективность цеолитсодержащих пород при применении их в растениеводстве значительно повышается при внесении их в комплексе с другими видами удобрений. Альтернативным источником органического вещества, на фоне низкого уровня использования традиционных органических удобрений, могут служить осадки городских сточных вод. По своему химическому составу, действию на почвенное плодородие и продуктивность сельскохозяйственных культур осадки городских сточных вод не уступают навозу [3-10].

Объекты и методы исследований

Цель исследований заключалась в изучении последствий мелиоративных норм осадков городских сточных вод и их сочетаний с цеолитсодержащей агрорудой на емкость катионного обмена и сумму обменных оснований лугово-черноземной почвы. Для реализации поставленной цели в первом агропочвенном районе Пензенской области в 2014 году был заложен полевой опыт по следующей схеме: 1. Без ОГСВ и цеолитсодержащей агроруды (контроль); 2. Цеолитсодержащая агроруда; 3. ОГСВ 100 т/га; 4. ОГСВ 120 т/га; 5. ОГСВ 140 т/га; 6. ОГСВ 160 т/га; 7. ОГСВ 180 т/га; 8. ОГСВ 100 т/га + цеолитсодержащая агроруда; 9. ОГСВ 120 т/га + цеолитсодержащая агроруда; 10. ОГСВ 140 т/га + цеолитсодержащая агроруда; 11. ОГСВ 160 т/га + цеолитсодержащая агроруда; 12. ОГСВ 180 т/га + цеолитсодержащая агроруда.

Повторность опыта трехкратная, варианты в опыте размещены методом рендомизированных повторений, учетная площадь одной делянки 4 м². В опыте использовались осадки сточных вод г. Пенза, которые характеризуются следующими показателями: величина рН_{сол} – 6,0 ед., гидролитическая кислотность – 2,4 мг-экв./100 г осадков, сумма обменных оснований – 31,6 мг-экв./100 г осадков. Содержание элементов питания: азота – 291, фосфора – 116 и калия – 120 мг/100 г осадков; углерода органического вещества – 21,2 %. Концентрация тяжелых металлов в сухом веществе осадков сточных вод г. Пенза и в лугово-черноземной почве была значительно ниже предельно-допустимой концентрации. В качестве химического мелиоранта в опыте использовалась цеолитсодержащая агроруда Лунинского месторождения. Содержание клиноптилолита в цеолитсодержащей агроруде составляло 41 %. Норма химического мелиоранта рассчитывалась по содержанию клиноптилолита в цеолитсодержащей агроруде и составляла 24,4 т/га.

Результаты и их обсуждение

Радикальным приемом увеличения емкости катионного обмена в малогумусных лугово-черноземных почвах является использование мелиора-

тивных норм органических удобрений и химических мелиорантов, обладающих высокой емкостью катионного обмена.

Перед внесением мелиоративных норм осадков городских сточных вод и цеолитсодержащей агроруды в 2014 году емкость катионного обмена в пахотном слое лугово-черноземной почвы составляла 29,43-29,47 мг-экв/100 г почвы (таблица 1).

Установлено, что последствие осадков городских сточных вод и их комплексное последствие с цеолитсодержащей породой оптимизируют физико-химические свойства лугово-черноземной почвы.

Емкость катионного обмена в пахотном слое на варианте без использования осадков городских сточных вод и цеолитсодержащей породы в агроценозе овса составляла 29,44 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха – 29,42 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы – 29,41 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы – 29,35 мг-экв/100 г почвы, при исходном значении 29,46 мг-экв/100 г почвы.

На фоне последствия цеолитсодержащей агроруды емкость катионного обмена в пахотном слое в агроценозе овса в 2018 году составляла 32,95 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха в 2019 году – 32,91 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы – 32,86 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы – 32,83 мг-экв/100 г почвы, превышая исходное значение на 3,50; 3,46; 3,41 и 3,38 мг-экв/100 г почвы соответственно. Отклонение от контроля было достоверным и составляло в 2018 году 3,51 мг-экв/100 г почвы, в 2019 году 3,49 мг-экв/100 г почвы, в 2020 году 3,45 мг-экв/100 г почвы, в 2021 году 3,48 мг-экв/100 г почвы.

Осадки городских сточных вод, на фоне их одностороннего последствия, увеличивали емкость катионного обмена по отношению к исходным значениям в 2018 году на 1,40 (ОГСВ 100 т/га) – 2,27 мг-экв/100 г почвы (ОГСВ 180 т/га), в 2019 году – на 1,34-2,21 мг-экв/100 г почвы, в 2020 году – на 1,35-2,23 мг-экв/100 г почвы, в 2021 году – на 1,31-2,21 мг-экв/100 г почвы, а по отношению к контролю – на 1,40-2,28; 1,36-2,24; 1,38-2,27 и 1,40-2,31 мг-экв/100 г почвы соответственно.

Максимальная величина емкости катионного обмена была зафиксирована на вариантах с последствием осадков городских сточных вод совместно с цеолитсодержащей агрорудой. Емкость катионного обмена на фоне их последствия в агроценозе овса изменялась в интервале от 34,34 до 35,19 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха от 34,27 до 35,12 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы от 34,22 до 35,06 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы от 34,21 до 35,03 мг-экв/100 г почвы, превышая исходные значения в 2018 году на 4,89-5,75 мг-экв/100 г почвы, в 2019 году на 4,81-5,68 мг-экв/100 г почвы, в 2020 году на 4,77-5,62 мг-экв/100 г почвы, в 2021 году на 4,76-5,59 мг-экв/100 г почвы. Увеличение по отношению

Таблица 1 – Последствие ОГСВ и цеолитсодержащей агроруды на емкость катионного обмена, мг-экв/100 г почвы

Вариант	Чистый пар, 2014 г.	Овес		Горох		Озимая пшеница		Кукуруза	
		2018 г.	отклонение от исходного	2019 г.	отклонение от исходного	2020 г.	отклонение от исходного	2021 г.	отклонение от исходного
1. Без ОГСВ и цеолитсодержащей агроруды (контроль)	29,46	29,44	-0,02	29,42	-0,04	29,41	-0,05	29,35	-0,11
2. Цеолитсодержащая агроруда	29,45	32,95	3,5	32,91	3,46	32,86	3,41	32,83	3,38
3. ОГСВ 100 т/га	29,44	30,84	1,4	30,78	1,34	30,79	1,35	30,75	1,31
4. ОГСВ 120 т/га	29,44	31,04	1,6	30,99	1,55	30,97	1,53	30,96	1,52
5. ОГСВ 140 т/га	29,44	31,31	1,87	31,25	1,81	31,19	1,75	31,18	1,74
6. ОГСВ 160 т/га	29,44	31,55	2,11	31,5	2,06	31,41	1,97	31,4	1,96
7. ОГСВ 180 т/га	29,45	31,72	2,27	31,66	2,21	31,68	2,23	31,66	2,21
8. ОГСВ 100 т/га + цеолитсодержащая агроруда	29,45	34,34	4,89	34,27	4,81	34,22	4,77	34,21	4,76
9. ОГСВ 120 т/га + цеолитсодержащая агроруда	29,43	34,59	5,16	34,53	5,1	34,48	5,05	34,47	5,04
10. ОГСВ 140 т/га + цеолитсодержащая агроруда	29,47	34,81	5,34	34,75	5,28	34,7	5,23	34,68	5,21
11. ОГСВ 160 т/га + цеолитсодержащая агроруда	29,46	35,02	5,56	34,96	5,5	34,92	5,46	34,9	5,44
12. ОГСВ 180 т/га + цеолитсодержащая агроруда	29,44	35,19	5,75	35,12	5,68	35,06	5,62	35,03	5,59
НСР ₀₅		1,3		1,29		1,31		1,34	

к контрольному варианту было достоверным и составляло в агроценозе овса 4,90-5,75 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха 4,85-5,70 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы 4,81-5,65 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы 4,86-5,68 мг-экв/100 г почвы.

Последствие осадков городских сточных вод, цеолитсодержащей агроруды и комплексное последствие осадков городских сточных вод с цеолитсодержащей агрорудой оказали положительное влияние на сумму обменных оснований в почвенном поглощающем комплексе, в нем увеличилась доля участия катионов кальция и магния (таблица 2).

В чистом пару перед внесением в почву мелиоративных норм осадков городских сточных вод и цеолитсодержащей агроруды (2014 г.) сумма обменных оснований в пахотном слое лугово-черноземной почвы варьировала в интервале от 26,39 до 26,42 мг-экв/100 г почвы.

В пахотном слое лугово-черноземной почвы за период исследований на контрольном варианте была отмечена тенденция к уменьшению суммы обменных оснований в почвенном поглощающем комплексе. В период уборки кукурузы в 2021 году сумма обменных оснований на этом варианте была

ниже исходной на 0,18 мг-экв/100 г почвы и равнялась 26,24 мг-экв/100 г почвы.

На фоне последствия цеолитсодержащей агроруды сумма обменных оснований в агроценозе овса (2018 г.) составляла 31,47 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха (2019 г.) 31,38 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы (2020 г.) 31,30 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы (2021 г.) 31,26 мг-экв/100 г почвы. Сумма обменных оснований на фоне ее последствия была выше исходного значения в период уборки овса на 5,08 мг-экв/100 г почвы, в период уборки гороха на 4,99 мг-экв/100 г почвы, в период уборки озимой пшеницы на 4,91 мг-экв/100 г почвы, в период уборки кукурузы на 4,87 мг-экв/100 г почвы. Отклонение от контроля было достоверным и составляло в 2018 году 5,09 мг-экв/100 г почвы, в 2019 году 5,04 мг-экв/100 г почвы, в 2020 году 4,98 мг-экв/100 г почвы, в 2021 году 5,02 мг-экв/100 г почвы.

На фоне одностороннего последствия мелиоративных норм осадков городских сточных вод, в зависимости от их нормы, сумма обменных оснований в агроценозе овса варьировала от 27,90 до 29,08 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха от 27,80 до 28,96 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы от 27,77 до 28,93 мг-экв/100 г почвы, в

Таблица 2 – Последействие ОГСВ и цеолитсодержащей агроруды на сумму обменных оснований, мг-экв/100 г почвы

Вариант	Чистый пар, 2014 г.	Овес		Горох		Озимая пшеница		Кукуруза	
		2018 г.	отклонение от исходного	2019 г.	отклонение от исходного	2020 г.	отклонение от исходного	2021 г.	отклонение от исходного
1. Без ОГСВ и цеолитсодержащей агроруды (контроль)	26,42	26,38	-0,04	26,34	-0,08	26,32	-0,1	26,24	-0,18
2. Цеолитсодержащая агроруда	26,39	31,47	5,08	31,38	4,99	31,3	4,91	31,26	4,87
3. ОГСВ 100 т/га	26,39	27,9	1,51	27,8	1,46	27,77	1,38	27,71	1,32
4. ОГСВ 120 т/га	26,4	28,24	1,84	28,14	1,74	28,07	1,67	28,03	1,63
5. ОГСВ 140 т/га	26,39	28,55	2,16	28,45	2,06	28,34	1,95	28,3	1,91
6. ОГСВ 160 т/га	26,4	28,85	2,45	28,76	2,36	28,63	2,23	28,6	2,2
7. ОГСВ 180 т/га	26,39	29,08	2,69	28,96	2,57	28,93	2,54	28,89	2,5
8. ОГСВ 100 т/га + цеолитсодержащая агроруда	26,41	33,02	6,61	32,91	6,5	32,82	6,41	32,78	6,37
9. ОГСВ 120 т/га + цеолитсодержащая агроруда	26,39	33,36	6,97	33,25	6,86	33,16	6,77	33,12	6,73
10. ОГСВ 140 т/га + цеолитсодержащая агроруда	26,41	33,65	7,24	33,54	7,13	33,45	7,04	33,41	7
11. ОГСВ 160 т/га + цеолитсодержащая агроруда	26,4	33,96	7,56	33,84	7,44	33,76	7,36	33,71	7,31
12. ОГСВ 180 т/га + цеолитсодержащая агроруда	26,39	34,18	7,79	34,05	7,66	33,96	7,57	33,9	7,51
НСР ₀₅		1,31		1,26		1,25		1,33	

агроценозе кукурузы от 27,71 до 28,89 мг-экв/100 г почвы, превышая исходные значения в 2018 году на 1,51-2,69 мг-экв/100 г почвы, в 2019 году на 1,46-2,57 мг-экв/100 г почвы, в 2020 году на 1,38-2,54 мг-экв/100 г почвы, в 2021 году на 1,32-2,50 мг-экв/100 г почвы. Увеличение по отношению к контролю было достоверным и изменялось в посевах овса от 1,52 до 2,70 мг-экв/100 г почвы, в посевах гороха от 1,46 до 2,62 мг-экв/100 г почвы, в посевах озимой пшеницы от 1,45 до 2,61 мг-экв/100 г почвы, в посевах кукурузы от 1,47 до 2,65 мг-экв/100 г почвы.

Комплексное последействие осадков городских сточных вод с цеолитсодержащей породой оказало наиболее существенное влияние на сумму обменных оснований. Сумма обменных оснований на их фоне в агроценозе овса составляла 33,02-34,18 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха 32,91-34,05 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы 32,82-33,96 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы 32,78-33,90 мг-экв/100 г почвы, превышая исходные значения в 2018 гоу на 6,61-7,79 мг-экв/100 г почвы, в 2019 году на 6,50-7,66 мг-экв/100 г почвы, в 2020 году на 6,41-7,57 мг-экв/100 г почвы, в 2021 году на 6,37-7,51 мг-экв/100 г почвы. Отклонение от контроля было достоверным и варьировало

в агроценозе овса в интервале от 6,64 до 7,80 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха от 6,57 до 7,71 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы от 6,50 до 7,64 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы от 6,54 до 7,66 мг-экв/100 г почвы.

Выводы

Комплексное последействие осадков городских сточных вод с цеолитсодержащей породой оказало наиболее существенное влияние на сумму обменных оснований. Емкость катионного обмена в пахотном слое лугово-черноземной почвы на фоне их последействия по завершении исследований варьировала от 34,21 до 35,03 мг-экв/100 г почвы, а сумма обменных оснований – от 32,78 до 33,90 мг-экв/100 г почвы, превышая исходные значения в первом случае на 4,76-5,59 мг-экв/100 г почвы, во втором на 6,37-7,51 мг-экв/100 г почвы.

Литература

- [1] Арефьев, А.Н. Изменение плодородия чернозема выщелоченного в зависимости от характера антропогенного воздействия на почву / А.Н. Арефьев, Е.Е. Кузина, Е.Н. Кузин // *Нива Поволжья*. – 2017. – № 3 (44). – С. 9-16.
- [2] Чекаев, Н.П. Влияние осадков сточных вод и навоза на плодородие чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур в условиях лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.П. Чекаев. – М., 2000. – 20 с.
- [3] Арефьев, А.Н. Изменение плодородия чернозема выщелоченного и урожайности сельскохозяйственных культур под влиянием природных цеолитов и удобрений / А.Н. Арефьев, Е.Н. Кузин, Е.Н. Ефремова, Е.В. Калмыкова // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2005. – № 2 (38). – С. 80-84.
- [4] Бережная, Н.П. Влияние осадков сточных вод и фосфогипса на свойства почвы и продуктивность озимой пшеницы / Н.П. Бережная, В.П. Бережная // *Экологический вестник Северного Кавказа*. – 2012. – Т. 8, № 2. – С. 27–29.
- [5] Васбиева, М.Т. Изменение показателей плодородия дерново-подзолистой почвы и содержания в ней тяжелых металлов в результате длительного применения осадков сточных вод / Т.М. Васбиева, А.И. Косолапова // *Почвоведение*. – 2015. – № 5. – С. 580–586.
- [6] Дорошкевич, С.Г. Влияние органо-минеральных удобрительных смесей на основе осадков сточных вод и цеолитов на агрохимические свойства аллювиальной дерновой почвы / С.Г. Дорошкевич, Л.Л. Убугунов // *Агрохимия*. – 2002. – № 4. – С. 5–10.
- [7] Кирьянов, Д.П. Действие и последствие осадков сточных вод г. Новочебоксарск, навоза и их сочетаний на биологическую активность светло-серой лесной почвы и урожайность кормовых культур / Д.П. Кирьянов, Л.Н. Михайлов // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2012. – № 1(17). – С. 17–22.
- [8] Кузин, Е.Н. Влияние цеолитсодержащей породы, дефеката и органических удобрений на плодородие чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур / Е.Н. Кузин, А.А. Королев // *Нива Поволжья*. – 2007. – № 3 (4). – С. 19-24.
- [9] Кузин, Е.Н. Изменение продуктивности культур зернопаропропашного севооборота и плодородия серой лесной почвы при использовании природного цеолита и удобрений / Е.Н. Кузин, Г.Е. Гришин, Е.Е. Кузина, Л.А. Кузина. – Пенза, 2009. – 196 с.
- [10] Королев, А.А. Влияние химических мелиорантов и органических удобрений на урожайность сельхозкультур / А.А. Королев, Е.Е. Кузина // *Зерновое хозяйство*. – 2007. – № 6. – С. 19-20.

References

- [1] Arefyev, A.N. Changes in the fertility of leached chernozem depending on the nature of anthropogenic impact on the soil / A.N. Arefyev, E.E. Kuzina, E.N. Kuzin // *Niva of the Volga region*. – 2017. – № 3 (44). – P. 9-16.
- [2] Chekaev, N.P. The influence of sewage sludge and manure on the fertility of leached chernozem and crop yields in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region: abstract. dis. ... Candidate of Agricultural Sciences / N.P. Chekaev. – M., 2000. – 20 p.
- [3] Arefyev, A.N. Changes in the fertility of leached chernozem and crop yields under the influence of natural zeolites and fertilizers / A.N. Arefyev, E.N. Kuzin, E.N. Efremova, E.V. Kalmykova // *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and Higher professional education*. – 2005. – № 2 (38). – Pp. 80-84.
- [4] Berezhnaya, N.P. Influence of sewage sludge and phosphogypsum on soil properties and productivity of winter wheat / N.P. Berezhnaya, V.P. Berezhnaya // *Ecological Bulletin of the North Caucasus*. – 2012. – Vol. 8, No. 2. – pp. 27-29.
- [5] Vasbieva, M.T. Changes in fertility indicators of sod-podzolic soil and the content of heavy metals in it as a result of prolonged use of sewage sludge / T.M. Vasbieva, A.I. Kosolapova // *Soil science*. – 2015. – No. 5. – pp. 580-586.
- [6] Doroshkevich, S.G. Influence of organo-mineral fertilizer mixtures based on sewage sludge and zeolites on agrochemical properties of alluvial turf soil / S.G. Doroshkevich, L.L. Ubugunov // *Agrochemistry*. – 2002. – No. 4. – p. 5-10.
- [7] Kiryanov, D.P. The effect and aftereffect of sewage sludge in Novocheboksarsk, manure and their combinations on the biological activity of light gray forest soil and the yield of fodder crops / D.P. Kiryanov, L.N. Mikhailov // *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. – 2012. – № 1(17). – S. 17-22.
- [8] Kuzin, E.N. Influence of zeolite-containing rock, defecate and organic fertilizers on the fertility of leached chernozem and crop yields / E.N. Kuzin, A.A. Korolev // *Niva of the Volga region*. – 2007. – № 3 (4). – Pp. 19-24.
- [9] Kuzin, E.N. Changes in the productivity of crops of grain-crop rotation and fertility of gray forest soil using natural zeolite and fertilizers / E.N. Kuzin, G.E. Grishin, E.E. Kuzina, L.A. Kuzina. – Penza, 2009. – 196 p.
- [10] Korolev, A.A. The influence of chemical meliorants and organic fertilizers on the yield of agricultural crops / A.A. Korolev, E.E. Kuzina // *Grain farming*. – 2007. – No. 6. – pp. 19-20.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Арефьев Александр Николаевич доктор сельскохозяйственных наук профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия, химия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(841) 262-85-65 E-mail: arefiev.a.n@pgau.ru</p>	<p>Arefyev Alexander Nikolaevich D.Sc. in Agricultural Sciences professor at the department of «Department of Soil Science, Agrochemistry, Chemistry» Penza State Agrarian University Phone: +7(841) 262-85-65 E-mail: arefiev.a.n@pgau.ru</p>
<p>Кузин Евгений Николаевич доктор сельскохозяйственных наук профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия, химия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(841) 262-85-65 E-mail: kuzin.e.n.@pgau.ru</p>	<p>Kuzin Evgeny Nikolaevich D.Sc. in Agricultural Sciences professor at the department of «Department of Soil Science, Agrochemistry, Chemistry» Penza State Agrarian University Phone: +7(841) 262-85-65 E-mail: kuzin.e.n.@pgau.ru</p>
<p>Кузина Елена Евгеньевна кандидат сельскохозяйственных наук доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия, химия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(841) 262-85-65 E-mail: alena-kuzina@mail.ru</p>	<p>Kuzina Elena Evgenievna PhD in Agricultural Sciences associate professor at the department of «Department of Soil Science, Agrochemistry, Chemistry» Penza State Agrarian University Phone: +7(841) 262-85-65 E-mail: alena-kuzina@mail.ru</p>