

УДК 631.811.93:631.823:631.415.1

ВЛИЯНИЕ ДИАТОМИТА, ЦЕОЛИТА И БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

© 2017 А.В. Козлов¹, А.Х. Куликова², Н.Н. Копосова¹¹Нижегородский государственный педагогический университет имени К. Минина²Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина

Статья поступила в редакцию 15.05.2017

В работе представлены результаты влияния высоких доз природных кремнийсодержащих пород (диатомит Инзенского месторождения, цеолит Хотынецкого месторождения, бентонит Зырянского месторождения) на некоторые показатели физико-химического состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в условиях Нижегородской области. Показано, что двухлетнее взаимодействие высоких (мелиоративных) доз пород с почвой в разной степени способствует повышению показателя рН_{КС}, существенному снижению содержания в почве подвижных соединений алюминия, а также увеличению содержания обменных форм кальция и магния. В зависимости от применяемого вещества соотношение $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ в почве сужается в сторону относительного увеличения содержания обменного кальция. Изменения, происходящие в почвенно-поглощающем комплексе, в целом свидетельствуют об оптимизации коллоидной системы почвы в условиях применения природных высококремнистых пород в качестве кондиционеров – почвоулучшителей ионообменного и сорбционного типов.

Ключевые слова: *диатомит, цеолит, бентонитовая глина, кислотность, подвижный алюминий, обменный кальций и магний, дерново-подзолистая почва*

Известно, что избыточная кислотность почвы, а также низкое содержание в ней обменных форм кальция и магния, и высокое содержание подвижных соединений алюминия неблагоприятно сказывается как на коллоидных и буферных свойствах почвенно-поглощающего комплекса, так и на продуктивности агрофитоценозов [1]. В свою очередь ряд авторов указывает [1-3], что при повсеместном сокращении систематических мелиоративных мероприятий (в том числе известкования кислых почв) данные обстоятельства, как правило, приводят не только к ухудшению свойств плодородия пахотных земель, но и снижению их естественно-антропогенной устойчивости к неблагоприятным факторам, сложившейся в течение природной эволюции почвенного тела и эпохи интенсивного земледелия советского времени. По этим и другим причинам в настоящее время продолжается изучение альтернативных материалов, в том числе природных высококремнистых пород. Их использование в качестве удобрений, мелиорантов и кондиционеров почвы позволяет значительно повышать продуктивность агрофитоценозов и их устойчивость к факторам экотопа, снижать пестицидную и минеральную нагрузку, оптимизировать состояние плодородного слоя почвы и усиливать его

питательную составляющую [4-8]. Например, ряд авторов [9-13] описывает существенное положительное влияние кремниевых материалов на продуктивность и качество продукции культурных растений. Другие исследователи [14-19] объясняют оптимизацию почвенно-поглощающего (ППК) и почвенно-биотического (ПБК) комплексов почвы посредством сложных ионообменных и биохимических взаимодействий с веществом опок, трепелов и различных глин.

Новизна и цель исследования. В настоящее время недостаточно исследований, которые характеризовали бы влияние высоких доз диатомовой, цеолитовой и бентонитовой пород на коллоидное состояние почвы и ее физико-химические свойства и, вследствие чего, на стабильность агроландшафтов в условиях дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны России. Поскольку оптимизация ППК является ключевым фактором формирования свойств устойчивости почв агроценозов, полученные данные позволяют не только понимать степень влияния кремнийсодержащих материалов на состояние эффективного плодородия почвы как на следствие, но также и на сопряженность процессов почвенно-поглощающего и микробиотического комплексов в ней как на ключевые причины.

Цель работы: раскрытие механизмов взаимодействия почвенно-поглощающего вещества дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и высоких доз природных кремнийсодержащих пород, выступающих в качестве кондиционеров – почвоулучшителей ионообменного и сорбционного типов.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили на базе картофелеводческого предприятия ООО «Элитхоз» Борского района

Козлов Андрей Владимирович, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологического образования и рационального природопользования. E-mail: a_v_kozlov@mail.ru
Куликова Алевтина Христофоровна, доктор сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой «Почвоведение, агрохимия и агроэкология». E-mail: agroec@yandex.ru
Копосова Наталья Николаевна, кандидат географических наук, доцент кафедры экологического образования и рационального природопользования. E-mail: coposowa.nataliya@yandex.ru

Нижегородской области, где в 2014 г. был заложен микрополевой опыт с полевыми сельскохозяйственными культурами. В первые два года испытаний (2015-2016 гг.) выращивалась озимая пшеница сорта *Московская 39* и ячмень сорта *Велес*.

Объектами исследований являются кремнийсодержащие породы – диатомит Инзенского

месторождения (Ульяновская область), цеолит Хотынецкого месторождения (Орловская область) и бентонитовая глина Зырянского месторождения (Курганская область), обобщенный химический состав которых представлен в табл. 1.

Таблица 1. Обобщенный химический состав высококремнистых пород

Порода	ИЕ*	Элемент в оксидной форме (на абс.-сух. вещество)				
		SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Диатомит	80					
- валовая форма, %		83,1	0,05	1,25	0,52	0,48
- подвижная форма, мг/кг		12200	37	350	10	39
Цеолит	48					
- валовая форма, %		56,6	0,23	1,82	13,3	1,90
- подвижная форма, мг/кг		7950	260	250	4800	1600
Бентонит	150					
- валовая форма, %		52,3	0,12	0,92	5,5	3,2
- подвижная форма, мг/кг		10500	165	87	46,1	14,2

Примечание: * – ионообменная емкость, мг-экв./100 г

Схема опыта предусматривает вариант без пород (контроль), а также по три варианта с внесением в почву трех доз диатомита (Д₁, Д₂, Д₃), цеолита (Ц₁, Ц₂, Ц₃) и бентонитовой глины (Б₁, Б₂, Б₃). Породы вносили однократно в летний период 2014 года в пахотный слой почвы при разбивке участка и закладке опытов в высоких дозах из расчета по 3, 6 и 12 т/га каждого вида. Агротехника выращивания культур – общепринятая для микрополевых экспериментов, все работы проводились вручную. Учетная площадь делянки – 1 м², расположение делянок рендомизированное, повторность в опытах – четырехкратная. Образцы почвы отбирали в день уборки урожая культур: точетные – методом конверта из пяти точек с делянки, соединяя их в один объединенный образец.

Микрополевым опытом был заложен на одном участке, сложенным дерново-подзолистой легкосуглинистой почвой, которая характеризуется низким содержанием гумуса (1,2%), среднекислой реакцией среды (4,8 ед. рН_{KCl}), а также средней обеспеченностью подвижными формами фосфора (86 мг/кг), калия (110 мг/кг) и кремния (16 и 213 мг/кг). Погодные условия местности в 2015 г. характеризовались незначительным количеством осадков, а сам год в целом был более жарким по сравнению со средними климатическими нормами региона. Метеоусловия 2016 г., наоборот, не отличались дефицитом осадков, а температура воздуха колебалась в пределах нормы с небольшим ее превышением в августе.

В почве, отобранной из пахотного слоя, определялась обменная кислотность (рН солевой вытяжки) ионометрическим методом с помощью рН-метра МАРК-903 по ГОСТ 26483-85, гидролитическая кислотность (Н_г) – титриметрически по методу Каппена. Содержание подвижного алюминия определялось титриметрическим способом по А.В. Соколову, содержание обменных соединений кальция и

магния – комплексонометрическим титрованием с трилоном Б по методу ЦИНАО (ГОСТ 26487-85). Все аналитические изменения выполнены из воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с диаметром ячеек в 1 мм. Исследования проводились на базе лабораторного комплекса «Эколого-аналитическая лаборатория мониторинга и защиты окружающей среды» Мининского университета, аналитическая повторность – трехкратная. Математическая обработка результатов исследований выполнена по Б.А. Доспехову [20] методом дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2007.

Результаты исследований. В табл. 2 и 3 показаны данные за 2 года (2015-2016 гг.) по изменению показателей обменной и гидролитической кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, а также содержания в ней подвижных соединений алюминия в зависимости от дозы диатомита, цеолита и бентонитовой глины.

Было установлено, что как в первый, так и на второй год исследований показатель рН солевой вытяжки почвы повышался в зависимости от дозы любого из рассматриваемых кремнийсодержащих материалов. Так, минимальное повышение показателя отмечалось на варианте с диатомитом в дозе 3 т/га – на 0,11-0,13 ед. рН, среднее увеличение было установлено на варианте с бентонитовой глиной – на 0,13-0,16 ед. рН и наибольшее – от дозы цеолита (на 0,23-0,27 ед. рН).

Максимальное увеличение показателя рН_{KCl} было отмечено при второй дозе высококремнистых пород (6 т/га). Так, на варианте с диатомитовой породой также отмечалось наименьшее увеличение показателя (0,32-0,30 ед. рН), а на варианте с цеолитовой породой – наибольшее (0,40-0,41 ед. рН по годам исследований). Однако на вариантах дозой кремнийсодержащих материалов в 12 т/га значение

pH солевой вытяжки почвы не продолжало увеличиваться и имело несущественную разницу со значениями вариантов предыдущей дозы. Необходимо отметить, что практически по всем вариантам

данный показатель сильнее изменялся на второй год исследований по отношению к значениям, полученным на контроле.

Таблица 2. Влияние высококремнистых пород на обменную кислотность почвы и содержание в ней подвижного алюминия

Вариант	Обменная кислотность, рН _{ксл} , ед. рН				Подвижный алюминий Al ³⁺ , мг/100 г почвы			
	2015 год		2016 год		2015 год		2016 год	
	среднее	± к контролю	среднее	± к контролю	среднее	± к контролю	среднее	± к контролю
Контроль	4,81	–	4,90	–	3,26	–	3,79	–
Д ₁	4,92	0,11	5,03	0,13	3,03	-0,23	3,41	-0,38
Д ₂	5,13	0,32	5,20	0,30	2,64	-0,62	3,03	-0,76
Д ₃	5,06	0,25	5,16	0,26	2,18	-1,08	2,64	-1,15
Ц ₁	5,04	0,23	5,17	0,27	3,11	-0,15	3,57	-0,22
Ц ₂	5,21	0,40	5,31	0,41	3,01	-0,25	3,29	-0,50
Ц ₃	5,16	0,35	5,28	0,38	2,90	-0,36	3,17	-0,62
Б ₁	4,94	0,13	5,06	0,16	2,55	-0,71	2,86	-0,93
Б ₂	5,14	0,33	5,25	0,35	2,04	-1,22	2,20	-1,59
Б ₃	5,10	0,29	5,21	0,31	1,86	-1,40	1,77	-2,02
НСР ₀₅		0,22		0,10		0,20		0,23

Содержание подвижных форм алюминия в почве, в значительной степени обуславливающих ее полную кислотность, существенно снижалось при взаимодействии почвы с высокими дозами высококремнистых материалов. Исключением явился вариант с первой дозой Хотынецкого цеолита, на котором уменьшение показателя находилось в пределах ошибки опыта. При этом данный материал среди прочих в наименьшей степени влиял на содержание подвижного алюминия в почве (снижение на 0,36-0,62 мг/100 г от максимальной дозы соответственно по годам исследований). Наибольшее снижение содержания в почве подвижных форм алюминия было отмечено на вариантах с применением 12 т/га бентонитовой глины, где уменьшение показателя составило 1,40 и 2,02 мг/100 г почвы. На вариантах с такой же дозой диатомовой породы сни-

жение показателя составило 1,08 и 1,15 мг/100 г почвы по годам исследований.

Нужно отметить, что на второй год испытаний наблюдалось усиление снижения содержания в почве подвижного алюминия на вариантах со всеми рассматриваемыми кремнийсодержащими материалами, что, очевидно, может быть обусловлено пролонгацией их взаимодействия с почвенно-поглощающим комплексом, которая, по ряду мнений, может достигать 4-6 лет в зависимости от дозы материала и типа почвы [21]. Однако уже на второй год исследований сила действия на показатель кратности увеличения дозы пород снижалась в отношении диатомита (от 2,7-4,7 раза до 2,0-3,0 раз) и повышалась в отношении бентонитовой глины (от 1,7-2,0 раз до 1,8-2,2 раза).

Таблица 3. Влияние высококремнистых пород на гидролитическую кислотность почвы

Вариант	Гидролитическая кислотность Нг, мг-экв./100 г почвы				
	2015 год		2016 год		в среднем за 2 года
	среднее	± к контролю	среднее	± к контролю	
Контроль	2,84	–	2,75	–	2,80
Д ₁	2,83	-0,01	2,70	-0,05	2,77
Д ₂	2,76	-0,08	2,63	-0,12	2,70
Д ₃	2,74	-0,10	2,60	-0,15	2,67
Ц ₁	2,76	-0,08	2,61	-0,14	2,69
Ц ₂	2,60	-0,24	2,49	-0,26	2,55
Ц ₃	2,52	-0,32	2,41	-0,34	2,47
Б ₁	2,80	-0,04	2,66	-0,09	2,73
Б ₂	2,74	-0,10	2,58	-0,17	2,66
Б ₃	2,69	-0,15	2,53	-0,22	2,61
НСР ₀₅		0,08		0,08	–

Данные аспекты могут быть обусловлены различием в ионообменных механизмах взаимодействия коллоидной системы почвы и вещества пород, характеризующихся неодинаковым генезисом и свойствами [15, 22].

В отличие от значений pH солевой вытяжки показатель гидролитической кислотности дерново-подзолистой почвы, претерпевшей двухлетнюю экспозицию взаимодействия с веществом кремнийсодержащих пород, наоборот, закономерно снижался к вариантам с максимальной дозой (табл. 3).

Здесь прослеживалась аналогичная тенденция в части неодинаковой силы изменения показателя в зависимости от породы. Например, если на вариантах с диатомитом наибольшее снижение показателя было равно 0,10 и 0,15 мг-экв./100 г почвы по годам исследований, то на вариантах с цеолитовой породой оно составило 0,32 и 0,34 мг-экв./100 г почвы. На вариантах с бентонитовой глиной гидро-

литическая кислотность почвы снижалась на 0,15 и 0,22 мг-экв./100 г почвы соответственно в 2015 и 2016 годах. Подобно показателям pH_{КС} и содержания подвижных соединений алюминия значения Нг почвы также сильнее изменялись (снижались) на второй год исследований по отношению к первому. Другой стороной почвенно-поглощающего комплекса дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы является содержание обменных соединений кальция и магния, которые приобретают наибольшее значение в нейтрализации избыточной кислотности почвы, коагуляции частиц и формировании ее водопрочной структуры, а также в образовании особо устойчивых фракций с органическими матрицами и гумусовыми компонентами в почве [2, 3]. В табл. 4 показаны результаты взаимодействия природных кремнийсодержащих материалов с почвой в части изменения в ней содержания обменных форм кальция и магния, а также их соотношения.

Таблица 4. Влияние высококремнистых пород на содержание обменных соединений кальция и магния

Вариант	Обменный кальций Ca ²⁺ , мг-экв./100 г почвы			Обменный магний Mg ²⁺ , мг-экв./100 г поч- вы			Ca : Mg		
	2015 год	2016 год	в сред. за 2 г.	2015 год	2016 год	в сред. за 2 г.	2015 год	2016 год	в сред. за 2 г.
Контроль	5,12	5,23	5,18	1,19	1,26	1,23	4,3	4,2	4,3
Д ₁	5,14	5,77	5,46	1,25	1,43	1,34	4,1	4,0	4,1
Д ₂	5,15	5,79	5,47	1,32	1,50	1,41	3,9	3,9	3,9
Д ₃	5,19	5,82	5,51	1,44	1,63	1,54	3,6	3,6	3,6
Ц ₁	6,43	8,56	7,50	3,18	4,49	3,84	2,0	1,9	2,0
Ц ₂	10,30	13,67	11,99	5,76	8,11	6,94	1,8	1,7	1,8
Ц ₃	18,04	23,89	20,97	10,92	15,33	13,13	1,7	1,6	1,7
Б ₁	5,19	5,94	5,57	1,21	1,45	1,33	4,3	4,1	4,2
Б ₂	5,27	6,02	5,65	1,24	1,48	1,36	4,3	4,1	4,2
Б ₃	5,42	6,19	5,81	1,28	1,53	1,41	4,2	4,0	4,1
НСР ₀₅	0,17	0,18	–	0,09	0,13	–	–	–	–

Было выявлено, что из всех изучаемых материалов применение цеолита способствовало многократному увеличению содержания в почве обменных форм кальция и магния. В частности, уже на варианте с минимальной дозой вещества (3 т/га) содержание обменного Ca²⁺ возрастало на 26% в первый год и на 64% во второй год исследований по отношению к контролю. На этом же варианте содержание обменного Mg²⁺ в почве возрастало в 2,7 раза и в 3,6 раза по годам исследований. С двух- и четырехкратным увеличением дозы цеолитовой породы содержание обменных соединений кальция и магния возрастало практически пропорционально самой дозе: до 2,0-3,5 раза и до 2,6-4,6 раза в отношении кальция, а также до 4,8-9,2 раза и до 6,4-12,2 раза в отношении магния по годам исследований соответственно. Подобного рода закономерности, очевидно, были обусловлены очень высоким содержанием кальция и магния в исходной Хотынецкой породе (см. табл. 1), которая представлена аморфными (некристаллическими) формами, способными достаточно быстро взаимодействовать с коллоидной

системой почвы и переходить в почвенный раствор [23].

Влияние бентонитовой глины и диатомита на содержание подвижных соединений кальция и магния в почве было не столь значительным, однако, как и в случае с цеолитом, сильно возрастало на второй год исследований. Так, на вариантах с диатомитовой породой в первый год испытаний в отношении подвижного кальция положительного действия не отмечалось, однако на второй год таковое достигало 10-11% от контрольного значения вне зависимости от дозы материала. Содержание обменных форм магния в почве возрастало пропорционально дозе диатомита в первый год (на 5-21%), однако на второй год влияние уровня дозы было более выраженным (на 14-29% по отношению к контролю), но при этом в меньшей степени зависело от ее кратности увеличения. В отношении вариантов с различными дозами бентонитовой глины и содержания обменных соединений кальция и магния в почве нужно сказать, что рассматриваемые показатели повышались на второй год – на 14-18%

по кальцию и на 15-21% по магнию в зависимости от уровня дозы. В первый год испытаний положительное действие прослеживалось только на варианте с максимальной дозой породы – увеличение содержания кальция и магния соответственно на 6% и 8% по отношению к контролю. В целом по обоим показателям нужно отметить, что применение диатомита, цеолита и бентонитовой глины способствовало сужению соотношения Ca : Mg по мере увеличения дозы каждой из пород, причем, в большей степени на вариантах с цеолитом Хотынецкого месторождения.

Выводы: применение природных кремнийсодержащих пород различного генезиса в высоких дозах способствует изменению показателей физико-химического состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы Нижегородской области. В среднем за 2 года исследований обменная кислотность почвы снижается на 0,41, 0,34 и на 0,31 ед. рН_{ксл} соответственно от применения 6 т/га цеолита, бентонитовой глины и диатомита. Максимальное снижение содержания подвижных соединений алюминия в почве установлено от применения наибольшей дозы (12 т/га) каждой из этих пород – на 0,33, 0,19 и на 0,13 мг/100 г почвы. Изучаемые породы способствуют увеличению содержания обменных соединений кальция и магния в почве – на 0,33, 0,63 и 15,79 мг-экв. Ca²⁺/100 г почвы и на 0,31, 0,18 и 11,90 мг-экв. Mg²⁺/100 г почвы от дозы в 12 т/га диатомита, бентонита и цеолита. Таким образом, можно констатировать, что двухлетние изменения, происходящие в почвенно-поглощающем комплексе дерново-подзолистой почвы, в целом способствуют оптимизации ее коллоидной системы в условиях применения природных высококремнистых пород в качестве кондиционеров – почвоулучшителей ионообменного и сорбционного типов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Зайдельман, Ф.Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов. – М.: Издательство КДУ, 2009. 720 с.
2. Добровольский, Г.В. Экология почв / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Издательство МГУ, 2012. 412 с.
3. Муха, В.Д. Естественнo-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности). – М.: КолосС, 2004. 271 с.
4. Белоусов, В.С. Применение цеолитсодержащей породы как сорбента аммиака и пестицидов из водных сред // *Агрохимия*. 2005. № 8. С. 65-69.
5. Бочарникова, Е.А. Кремниевые удобрения и мелиоранты: история изучения, теория и практика применения / Е.А. Бочарникова, В.В. Матыченков, И.В. Матыченков // *Агрохимия*. 2011. № 7. С. 84-96.
6. Ермолаев, С.А. Эффективность применения силикатных форм химических мелиорантов / С.А. Ермолаев, И.А. Шильников, Н.И. Аканова // *Плодородие*. 2004. № 2. С. 13-16.
7. Капранов, В.Н. Диатомит как кремнийсодержащее удобрение // *Плодородие*. 2006. № 4. С. 12-13.
8. Матыченков, В.В. Влияние кремниевых удобрений на растения и почву / В.В. Матыченков, Е.А. Бочарникова, Я.М. Аммосова // *Агрохимия*. 2002. № 2. С. 86-93.
9. Бочарникова, Е.А. Сравнительная характеристика некоторых кремниевых удобрений / Е.А. Бочарникова, В.В. Матыченков, А.Г. Погорелов // *Агрохимия*. 2011. № 11. С. 25-30.
10. Дронина, О.С. Эффективность предпосевной обработки семян сахарной свеклы биопрепаратами и диатомитовым порошком в условиях Среднего Поволжья: Автореф. дис. ... к.с./х.н. – Ульяновск, 2009. 18 с.
11. Камский, А.В. Эффективность кремнийсодержащего сырья – диатомита при возделывании зерновых культур на дерново-подзолистых почвах: Автореф. дис. ... к.с./х.н. Немчиновка, 2007. 21 с.
12. Лобода, Б.П. Влияние удобрения на основе цеолитсодержащих трепелов Хотынецкого месторождения на урожайность и качество картофеля / Б.П. Лобода, В.Р. Багдасаров, Д.Д. Фицура // *Агрохимия*. 2014. № 3. С. 28-35.
13. Pirzad, A. Zeolite use efficiency variation under water deficit stress in grass pea and lentil / A. Pirzad, S. Mohammadzadeh // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология*. 2016. № 9 (3). С. 291-303.
14. Агафонов, Е.В. Влияние бентонита на повышение плодородия чернозема обыкновенного / Е.В. Агафонов, М.В. Хованский // *Почвоведение*. 2014. № 5. С. 597-601.
15. Козлов, А.В. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агроэкосистемах / А.В. Козлов, А.Х. Куликова, Е.А. Яшин // *Вестник Мининского университета*. 2015. № 2 (10). С. 23.
16. Лобода, Б.П. Диатомиты и трепелы как почвоулучшители и источники биогенных элементов / Б.П. Лобода, Н.Н. Яковлева // *Плодородие*. 2003. № 5. С. 11-14.
17. Матыченков, И.В. Изменение содержания подвижных фосфатов почвы при внесении активных форм кремния / И.В. Матыченков, Е.П. Пахненко // *Вестник УГСХА*. 2013. № 3 (23). С. 24-28.
18. Самсонова, Н.Е. Роль кремния в формировании фосфатного режима дерново-подзолистых почв // *Агрохимия*. 2005. № 8. С. 11-18.
19. Шеуджен, А.Х. Влияние цеолитов на агрохимические показатели плодородия лугово-черноземной почвы и урожайность риса / А.Х. Шеуджен, А.К. Шапацев, Т.Ф. Бочко // *Агрохимия*. 2002. № 8. С. 14-20.
20. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: ИД Альянс, 2011. 352 с.
21. Матыченков, В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и в системе почва-растение: Автореф. дис. ... д.б.н. – Пушкино, 2008. 34 с.
22. Дистанов, У.Г. Минеральное сырье. Опал-кристобалитовые породы: справочник. – М.: Геоинформарк, 1998. 27 с.
23. Матыченков, В.В. Биогеохимический цикл Si в системе почва-растение / В.В. Матыченков, Е.А. Бочарникова // *Функции почв в биосферно-геосферных системах*. – М., 2001. С. 100-110.

INFLUENCE OF DIATOMITE, ZEOLITE AND BENTONITE CLAY ON INDICATORS OF PHYSICAL AND CHEMICAL CONDITION OF CESPITOSE-PODSOLIC SOIL

© 2017 A.V. Kozlov¹, A.H. Kulikova², N.N. Kopusova¹

¹ Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University

² Stolypin Ulyanovsk State Agricultural Academy

In work results of influence of natural siliceous breeds (diatomite of the Inzensky field, zeolite of the Hotynetsky field, bentonite of the Zyrian field) high doses on some indicators of physical and chemical condition of cespitose-podsolic sandy loamy soil in conditions of the Nizhny Novgorod Region are presented. It is shown, that two years' interaction of high (meliorative) doses of breeds with soil in different degree promotes increase in an indicator of pH_{KCl}, essential decrease in contents in soil of aluminum mobile compounds, and also to increase in maintenance of calcium and magnesium exchange forms. Depending on the applied substance Ca²⁺ : Mg²⁺ in soil is narrowed towards relative increase in content of exchange calcium. Changes, happening in soil-absorbing complex, in general demonstrate optimization of colloidal system of soil in conditions of natural high-siliceous breeds use as conditioners – meliorants of ion-exchange and sorption types.

Key words: *diatomite, zeolite, bentonite clay, acidity, mobile aluminum, exchange calcium and magnesium, cespitose-podsolic soil*

Andrey Kozlov, Candidate of Biology, Associate Professor at the Ecological Education and Rational Nature Management Department. E-mail: a_v_kozlov@mail.ru
Alevtina Kulikova, Doctor of Agriculture, Head of the Department "Soil Science, Agrochemistry and Agroecology". E-mail: agroec@yandex.ru
Natalia Koposova, Candidate of Geography, Associate Professor at the Ecological Education and Rational Nature Management Department. E-mail: coposowa.nataliya@yandex.ru