

## МЕСТНЫЕ НЕТРАДИЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ И ОТХОДЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ИСТОЧНИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

**Куликова Алевтина Христофоровна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

**Яшин Евгений Александрович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

**Волкова Елена Сергеевна**, аспирант кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 432017, Ульяновск, бульвар Новый Венец 1,  
тел.: 8(8422) 55-95-68, e-mail: agroec@yandex.ru

**Ключевые слова:** диатомит, цеолит, птичий помет, сахарная свекла, просо.

Цель исследования — поиск местных дешевых источников биофильных элементов питания растений и изучение возможности создания на их основе органоминеральных удобрений, агрономически эффективных, экологически безопасных и экономически целесообразных. Для решения поставленной цели проводили полевые опыты на базе опытного поля Ульяновского ГАУ имени П.А. Столыпина и СПК Колхоз имени Калинина Вешкаймского района Ульяновской области. В полевых экспериментах изучали эффективность диатомита Инзенского месторождения и цеолита Майнского месторождения Ульяновской области в качестве удобрения овощных культур и проса в чистом виде, а также совместно с птичьим пометом. Все опыты проводили со строгим соблюдением методических требований, анализы почвенных и растительных образцов — по соответствующим ГОСТам. Установили, что в Ульяновской области наибольший интерес как источники элементов питания растений представляют высококремнистые породы диатомит и цеолит, а из отходов сельскохозяйственного производства — птичий помет. Исследования показали, что диатомит и цеолит при внесении в почву значительно улучшают ее питательный режим. Так, внесение в почву диатомита в качестве удобрения проса в дозе 3 т/га сопровождалось повышением содержания минерального азота в пахотном слое чернозема выщелоченного на 1,9 мг/кг, доступного фосфора на 7 мг, калия на 12 мг/кг почвы. Улучшение питательного режима почвы при внесении кремнистых пород закономерно сказалось на урожайности проса: при применении диатомита в дозе 3 т/га прибавка урожайности составила 0,82 т/га, цеолита в дозе 0,5 т/га — 0,33 т/га (13 %). Эффективность кремнистых пород существенно повысилась при совместном применении с птичьим пометом. При этом урожайность огурцов при внесении в почву диатомита с птичьим пометом по отношению к варианту применения его в чистом виде повышается на 6,8 т/га, томатов — на 0,4 т/га, моркови — на 4,9 т/га, свеклы столовой — на 8,1 т/га.

**Работа выполняется в рамках задания МСХ РФ по теме «Разработка комплексного сложного органоминерального удобрения на основе местных источников минерального питания растений, отходов промышленного и сельского хозяйства пролонгированного действия» (2022 г.).**

### Введение

Проблема устойчивого ведения сельскохозяйственного производства была и остается решающей в обеспечении продовольственной безопасности страны, особенно в условиях экономических санкций. В решении ее всегда придавалось и имеет большое значение применение минеральных удобрений, являющихся неотъемлемым фактором повышения урожайности. Однако применение их в настоящее время ограничивается безудержным ростом их стоимости и возможными негативными последствиями: загрязнением окружающей среды и получаемой продукции; потерей элементов питания, соответственно снижением коэффициентов их использования из удобрений. Достаточно сказать, что использование культурами азота из азотных удобрений не превышает 30-50 %, фосфора — 20-30 %, калия — 30-40 %. В связи

с этим особенно актуален поиск местных дешевых источников биофильных элементов и создание на их основе органоминеральных удобрений, агрономически эффективных, экологически безопасных и экономически целесообразных.

### Материалы и методы исследований

К местным ресурсам, широко распространенным в природе и которые в последнее десятилетие активно предлагаются в качестве почвенных мелиорантов, относятся кремнистые породы такие, как диатомиты, трепелы, цеолиты и другие (опоки, бентониты). Все они отличаются генезисом, минеральным составом, кристаллоструктурным строением. Общим является высокое содержание кремния, в том числе аморфного. Из них в Ульяновской области широкое распространение получили диатомиты и цеолиты.

Диатомит (часто называемый кизельгу-

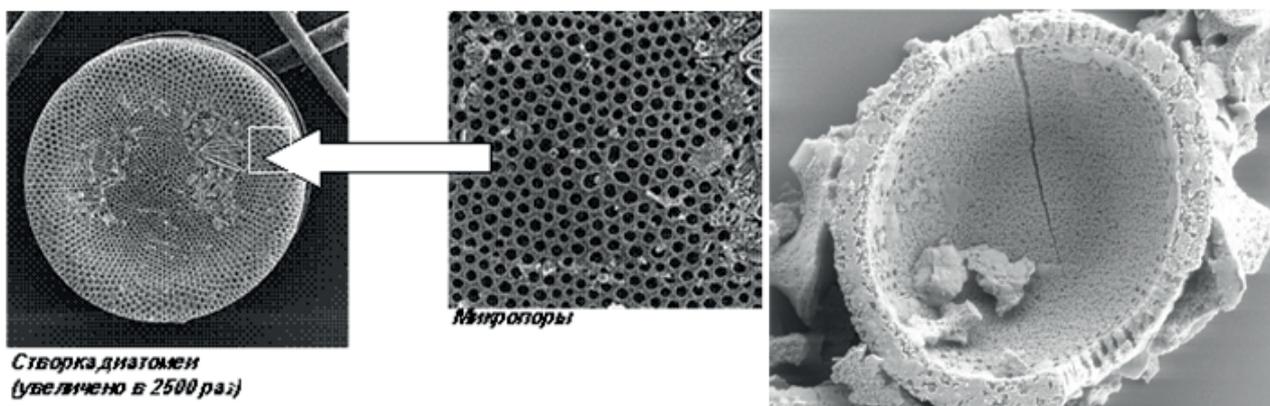


Рис. — Структура диатомитов, сложенных панцирями диатомовых водорослей

ром, инфузорной землей) — уникальная порода осадочно-биогенного происхождения. Сложена мельчайшими створками диатомовых водорослей (*Diatomiae*), которые представляют собой микроскопические растения с внешним скелетом (рис.).

Панцири диатомовых водорослей — полые внутри микроскопические тельца, которые придают диатомиту характерные физические свойства, в том числе очень высокую дисперсность и, соответственно, удельную поверхность (около 30 мг<sup>3</sup>/г). Количество цельных панцирей при этом достигает от 1,17 до 30 млн. шт. в 1 см<sup>2</sup>. В связи с этим пористость диатомитов велика и достигает 80 % и более, а размер пор составляет от 1 до 100 нм [1]. Следовательно, диатомит является природным наноструктурированным материалом.

Запасы диатомитов в мире велики и составляют около 1 млрд. тонн. Лидерство в добыче их принадлежит США (33 %, или 250 млн. тонн), около 110 млн. тонн добывает Китай (22 %), 11 % — Дания и 6 % — Япония. В России очень значительными запасами диатомита обладает Ульяновская область, где выявлено около 70-и (!) месторождений, из которых детально изучено девять. Запасы его оцениваются более 80 млн. м<sup>3</sup> [2,3].

Цеолит — полиминеральная порода вулканогенного осадочного происхождения, которая представляет собой сложный комплекс каркасных полигидратированных алюмосиликатов таких, как клиноптилолит, шамбазит, гейландит, морденит, стильбит, филлипсит и др. минералов. Отличительной особенностью цеолитов является их каркасная микроструктура, которая представляет собой систему микрополостей, соединенных между собой и окружающей средой достаточно широкими каналами. В каналах находятся строго определенным образом ионы K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ba<sup>2+</sup> и молекулы «цеолитной» воды. Благодаря системе каналов и полостей, которые пронизывают кристаллы, цеолит обладает хорошо развитой внутренней

поверхностью, доступной для адсорбируемых ионов и молекул. В связи с этим цеолиты отличаются высокой адсорбционной силой и каталитической активностью, а также обратимой дегитратацией и способностью к ионному обмену (обменная емкость достигает 1,5 г-экв/кг) [1].

Цеолиты в зависимости от доминирующего минерала различаются. В настоящее время выявлено около 1000 месторождений 42 разновидностей. Основные из них находятся в Европе, России, Японии и США. В СНГ запасы цеолитов составляют 1,6 млрд. тонн [4]. В нашей стране выявлено около 120 месторождений цеолитовых пород, запасы которых составляют 601,9 млн. тонн. В Ульяновской области это Майнское месторождение с запасами в 308 тысяч тонн.

Примерная характеристика общих физических и физико-химических свойств данных пород представлена в таблице 1.

Анализ таблицы показывает, что, несмотря на различное происхождение и особенности структурного состояния, общим для них является высокое содержание кремния (потому они и называются высококремнистыми породами), в том числе аморфного. Содержание последнего составляет от 26,7 % в цеолитах, до 62,3 % — диатомитах. Следовательно, данные породы при внесении в почву проявляют себя как кремниевые удобрения.

Кремний (*Silicium, Si*) — уникальный элемент, имеющий исключительное значение в живой и неживой природе, в том числе в системе «почва-растение» как элемент питания, так и элемент, обеспечивающий устойчивое функционирование почвенной системы [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. И не случайно современные тенденции развития сельского хозяйства (повышение цен на минеральные удобрения, необходимость восстановления почвенного плодородия, поиск альтернативы ядохимикатам) направлены на создание новых видов удобрений, действующим веществом которых является актив-

Таблица 1

## Характеристика кремнистых пород (диатомита и цеолита) Ульяновской области

Показатель	Единица измерения	Порода	
		диатомит	цеолит
Общие физические и физико-химические свойства			
Плотность	г/см <sup>3</sup>	0,5-0,9	2,0-2,3
Удельная поверхность	м <sup>2</sup> ×10 <sup>3</sup> /кг	20-50	47-95
Пористость	%	70-80	53-61
Эффективный диаметр пор	нм	100	0,3-0,6
Ионообменная емкость	мг-экв/100 г	12-80	34-48
pH (водной вытяжки)	ед. pH	7,2	8,5
Содержание элементов			
Кремний (SiO <sub>2</sub> ):			
- общий	%	83,1	56,6
- аморфный	%	42,1	26,7
Кальций (CaO)	%	0,52	13,3
Магний (MgO)	%	0,48	1,90
Натрий (Na <sub>2</sub> O)	%	0,42	0,20
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0,05	0,23
Калий (K <sub>2</sub> O)	%	1,25	1,82

ный кремний. При этом в качестве источника кремния (как отмечалось выше) активно предлагаются природные кремнийсодержащие породы.

Однако содержащиеся в данных породах элементы питания не всегда соответствуют потребностям возделываемых культур, и часто эффективность их достигается за счет устранения дефицита доступного кремния и благоприятного воздействия на свойства почвы. В частности, кремнистые породы не содержат азота, элемента, практически определяющего высоту урожайности культур. В связи с этим возникает необходимость повышения эффективности кремнистых пород в качестве удобрения путем смешивания их с органическими и минеральными удобрениями, а также создания на их основе новых органоминеральных удобрений, наиболее полно отвечающих требованиям культур к питанию растений.

Из отходов сельскохозяйственного производства местного значения в качестве источника элементов питания большой интерес представляет птичий помет. Преимущество птичьего помета не только в том, что он богат элементами питания (среднее содержание азота в нем 5,33 %, фосфора 4,12 %, калия 1,62 %, органического вещества 85 %), но и в том, что это постоянно возобновляемый ресурс. Однако утилизация его представляет опре-

деленные трудности. В связи с вышеизложенным целью наших исследований явилось изучение эффективности кремнистых пород (диатомита и цеолита) в качестве удобрения сельскохозяйственных культур и возможности создания на их основе с птичьим пометом органоминеральных удобрений.

Полевые опыты проводили на базе опытного поля Ульяновского государственного аграрного университета имени П.А. Столыпина и СПК Колхоз имени Калинина Вешкаймского района. Схемы полевых экспериментов приведены в соответствующих таблицах (2, 3, 4, 5). Почва опытного участка в Ульяновском ГАУ - чернозем типичный среднесуглинистый. Площадь учетной делянки - 20 м<sup>2</sup>, учет урожая - сплошной, поделочный, повторность опыта - четырехкратная. В 2021 году нами впервые проведены исследования по изучению эффективности диатомита Шарловского месторождения в технологии возделывания проса в производственных условиях СПК Колхоз им. Калинина Вешкаймского района Ульяновской области. Схема опыта состояла из 3-х вариантов: 1. Контроль, 2. Диатомит карьерный 3 т/га с влажностью 30 %, 3. Диатомит модифицированный 0,5 т/га. Площадь учетной делянки - 40 м<sup>2</sup>, учет урожая - сплошной поделочный, повторность опыта - четырехкратная, размещение делянок - рендемизированное, экспериментальные удобрения вносили вручную с последующей заделкой на глубину 8-10 см. Почва опытного поля — чернозем выщелоченный среднесуглинистый.

Опыты проведены со строгим соблюдением методических требований. Учеты, наблюдения, анализы почвенных и растительных образцов проводили по соответствующим методикам и ГОСТам. Результаты исследований подвергнуты математической обработке.

#### Результаты исследований

Результаты исследований приведены в таблицах 2,3,4,5.

#### Обсуждение

Первые исследования о возможности значительного повышения эффективности кремнистых пород и создания на их основе новых органоминеральных удобрений нами проведены в начале 2000 года при возделывании овощных культур. В таблице 2 представлены результаты трехлетних мелкоделяночных опытов с применением в качестве удобрения диатомита и смеси его с куриным пометом при возделывании огурцов, томатов, моркови и свеклы столовой. Приведенные данные свидетельствуют о высокой эффективности диатомита в качестве удобрения овощных культур: прибавка урожайности плодов составила от 13 %

Таблица 2

Влияние диатомита и его смесей с куриным пометом на урожайность овощных культур, т/га (средняя за 2000-2002 гг., опытное поле УлГАУ им. П.А. Столыпина)

Вариант	Огурцы		Томаты		Морковь		Свекла столовая	
	урожайность	отклонение от контроля	урожайность	отклонение от контроля	урожайность	отклонение от контроля	урожайность	отклонение от контроля
Контроль	25,4	-	38,1	-	42,1	-	55,4	-
Диатомит, 5 т/га	30,5	+5,1	43,0	+4,9	48,0	+5,9	62,5	+7,1
Диатомит + куриный помет (4:1)	37,3	+12,9	43,4	+5,3	52,9	+10,8	70,6	+15,2
НСП <sub>05</sub>	2000 г.	0,7	1,2		4,5		9,2	
	2001 г.	2,8	4,5		5,5		4,4	
	2002 г.	0,6	3,4		5,0		10,0	

Таблица 3

Влияние диатомита и его смесей на содержание нитратов в овощной продукции, мг/кг (среднее за 2000-2002 гг., опытное поле УлГАУ им. П.А. Столыпина)

Вариант	Огурцы		Томаты		Морковь		Свекла столовая	
	нитраты	отклонение от контроля	нитраты	отклонение от контроля	нитраты	отклонение от контроля	нитраты	отклонение от контроля
Контроль	303	-	300	-	206	-	230	-
Диатомит, 5 т/га	275	-28	267	-33	164	-42	188	-42
Диатомит + куриный помет (4:1)	275	-28	255	-45	166	-40	192	-38
НСП <sub>05</sub>	2000 г.	10	3		2		2	
	2001 г.	4	4		3		4	
	2002 г.	1	4		5		2	

Таблица 4

Содержание доступных элементов питания в пахотном слое почвы (0-30 см) и урожайность проса (2021 г., СПК Колхоз им. Калинина)

Вариант	мг/кг			Урожайность, т/га	
	(N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) + (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	содержание	отклонение от контроля
Диатомит карьерный, 3 т/га	11,8	161	156	2,62	-
Диатомит модифицированный, 0,5 т/га	13,7	168	168	3,44	+0,82
Диатомит карьерный, 3 т/га	14,4	164	166	3,26	+0,64
НСП <sub>05</sub>	0,2	5	7	0,15	

Таблица 5

Влияние цеолита и удобрений на его основе на содержание доступных элементов питания и урожайность проса (2021 г., опытное поле УлГАУ им. П.А. Столыпина)

Вариант	рН <sub>KCl</sub>	мг/кг				Урожайность, т/га
		(N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) + (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Si (водорастворимый)	
Контроль	6,4	18,7	143	102	28,0	2,54
Диатомит карьерный, 3 т/га	6,7	19,3	152	110	34,6	2,87
Диатомит модифицированный, 0,5 т/га	6,6	23,6	147	103	35,3	3,32
НСП <sub>05</sub>	0,3	1,1	5	4	2,3	0,17

(томаты, свекла столовая) до 20 % (огурцы). Аналогичные данные приведены в работах А.А. Ермолаева [14]: при применении кремниевых удобрений урожайность сахарной свеклы повышалась более, чем в 2 раза. Следовательно, повышение урожайности экспериментальных культур, прежде всего, как указывалось выше, обусловлено присутствием в диатомите в значительном количестве аморфного (доступного) кремния, оказывающего благоприятное воздействие на свойства почвы и в целом на систему «почва-растение» [15, 16].

Диатомит как минеральное образование не содержит азота, который чаще всего может лимитировать высоту урожая. Добавление к диатомиту куриного помета с высоким содержанием азота (в нашем случае 5,33 %) обусловило очень значительное повышение урожайности культур: огурцов - почти в 2 раза (с 25,4 до 37,3 т/га), томатов - с 38,1 до 43,4 т/га, моркови - с 42,1 до 52,9 т/га и свеклы столовой - от 55,4 т/га на контроле до 70,6 т/га. По отношению вариантов с применением диатомита в чистом виде превышение урожайности с использованием в качестве удобрения смеси диатомита с куриным пометом соответственно составило 7,3; 0,4; 4,9 и 8,1 т/га. При этом улучшилось качество продукции.

Известно, что в отношении овощных культур, непосредственно потребляемых в пищу, очень важен показатель содержания в них нитратов. Содержание нитратов в продукции зависит от множества факторов, в том числе уровня азотного питания, условий освещенности, водного режима, соотношения элементов питания в почвенном растворе, биологических особенностей культур. Результаты исследований показали, что содержание нитратов в плодах огурцов и томатов (потребляемых в большом количестве в свежем виде) превышает допустимые их концентрации в продукции (ПДК) и для них крайне важны меры, способствующие уменьшению их поступления в продукцию. Внесение в почву диатомита в чистом виде сопровождалось заметным уменьшением накопления их: в огурцах - на 9 %, томатах - на 11 %, моркови - на 20 %, свеклы столовой на -18 %. Влияние диатомита на содержание нитратов в продукции при применении в смеси с куриным пометом сохранялось: в продукции овощных культур нитратов содержалось меньше контрольного варианта на 9-20 %.

Таким образом, применение диатомита в чистом виде и с куриным пометом сопровождалось не только значительным повышением урожайности овощных культур, но и улучшением качества продукции, в частности, снижением накопления в ней нитратов.

Одним из основных элементов питания, определяющих продуктивность культур, является азот почвы, а также азот фиксируемый в ризосфере за счет ассоциации diaзотрофными микроорганизмами с небобовыми растениями. Азот в состав диатомита не входит, тем не менее при внесении последнего в почву произошло заметное повышение его содержания в пахотном слое (на 1,9 и 2,6 мг/кг почвы) (табл. 4). Последнее, несомненно, обусловлено усилением микробиологической активности почвы под влиянием диатомита [2]. Установлено стимулирующее действие кремнийсодержащих соединений на активность аммонифицирующих бактерий, актиномицетов и бактерий, разлагающих клетчатку, а также на численность анаэробных азотфиксирующих бактерий, обогащающих почву связанным азотом [2, 17].

Внесение диатомита не оказало существенного влияния на увеличение содержания доступного фосфора в пахотном слое почвы. Однако на экспериментальных вариантах растения проса на протяжении всего вегетационного периода были лучше обеспечены фосфором. Последнее касается и питания растений калием: в среднем за вегетационный период содержание обменного калия в пахотном слое поддерживалось выше контрольного варианта на 10-12 мг/кг почвы.

Заметное улучшение питательного режима почвы при внесении диатомита в почву не сказалось на урожайности культуры: она увеличилась на 0,64-0,84 т/га, или на 24-31 % (табл. 4). Более того, внесение диатомита Шарловского месторождения в почву оказывало положительное влияние не только на повышение урожайности, но и качественные показатели зерна проса: в нем увеличилось содержание белка, фосфора и калия.

В 2019 году также впервые в условиях опытного поля Ульяновского ГАУ проводили эксперименты по применению в качестве удобрения проса цеолита Майнского месторождения Ульяновской области. Почва опытного поля — чернозем типичный среднесуглинистый. Результаты их приведены в таблице 5.

Данные таблицы убедительно показывают достаточно высокую эффективность цеолита в качестве кремниевого удобрения: урожайность зерна проса повысилась на 0,33 т/га. Последнее, несомненно, обязано улучшением при этом всех агрохимических показателей почвы. Следует особо отметить улучшение кремниевого питания культуры: содержание доступного кремния при внесении в почву цеолита увеличилось на 6,6 мг/кг, или на 24 %. В то же время результаты эксперимента свидетельствуют о необходимости как уже отмечалось

выше, применения кремнистых пород совместно с азотным удобрением. В опыте совместное внесение цеолита с мочевиной обеспечило прибавку урожайности зерна проса на 0,78 т/га, или на 31 %.

#### **Заключение**

1. К местным ресурсам, как источникам элементов питания растений, относятся высококремнистые породы. В Ульяновской области это диатомиты и цеолиты. Общим для них является высокое содержание аморфного (доступного) кремния: от 26,7 % в цеолитах до 62,3 % - в диатомитах. Кремний является таким же элементом питания как азот, фосфор, калий, определяющим высоту урожайности сельскохозяйственных культур. В связи с этим кремнистые породы, прежде всего, являются кремниевым (силикатным) удобрением. Кроме того, в составе их присутствуют в небольшом количестве калий (более 1 %), фосфор, кальций, магний и другие необходимые растениям элементы. Следует также отметить, в силу кристалло-структурного состояния и других физико-химических свойств кремнистые породы обладают высокими адсорбционными, ионообменными и каталитическими свойствами.

Из отходов сельскохозяйственного производства богатым источником элементов питания является птичий помет. Среднее содержание в нем азота составляет 5,33 %, фосфора 4,12 %, калия 1,62 %, органического вещества 85 %, микроэлементов: медь 0,008 %, марганец 0,004 %, цинк 0,0026 %, бор 0,0045 %. Птичий помет является постоянно возобновляемым ресурсом — источником элементов питания.

2. Исследования по изучению эффективности диатомита и цеолита в системе удобрения сельскохозяйственных культур показали, что они значительно улучшают питательный режим почвы. Так, внесение в почву диатомита в качестве удобрения проса в дозе 3 т/га сопровождалось повышением содержания минерального азота в пахотном слое чернозема выщелоченного на 1,9 мг/кг, доступного фосфора - на 7 мг/кг, калия - на 12 мг/кг почвы. Аналогичную закономерность наблюдали при выращивании проса на черноземе типичном в дозе 0,5 т/га. Несмотря на то, что доза породы невысокая, в среднем за вегетацию культуры содержание минерального азота было выше контроля на 0,6 мг/кг, доступных фосфора - на 9 мг/кг, калия - на 8 мг/кг почвы. Заметно повысилось содержание водорастворимого кремния (на 6,6 мг/кг).

3. Улучшение питательного режима почвы при внесении кремнистых пород закономерно сказалось на урожайности проса: при применении диатомита в дозе 3 т/га прибавка урожайности со-

ставила 0,82 т/га (31 %), цеолита в дозе 0,5 т/га — 0,33 т/га (13 %).

Эффективность кремнистых пород можно существенно повысить при совместном применении с птичьим пометом: прибавка урожайности огурцов составила 5,1 т/га (20 %), томатов - 4,9 т/га (13 %), моркови - 5,9 т/га (14 %), свеклы столовой - 7,1 т/га (13 %); урожайность соответственно увеличилась на 12,9 т/га (47 %), 5,3 т/га (14 %), 10,8 т/га (26 %) и 15,2 т/га (27 %). Таким образом, на основе местных ресурсов, богатых элементами питания, возможно создание новых агрономически эффективных, экологически безопасных и экономически целесообразных органоминеральных удобрений.

#### **Библиографический список**

1. Дистанов, О. Г. Природные сорбенты и охрана окружающей среды / О. Г. Дистанов, Т. П. Конюхова // Химия сельского хозяйства. - 1990. - № 9. - С. 35-39.
2. Куликова, А. Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур : монография / А. Х. Куликова. - Ульяновск, 2013. - 176 с. - ISBN 978-5-905970-04-7.
3. Обзор рынка диатомита в СНГ / Отчет исследовательской группы объединения независимых экспертов области минеральных ресурсов металлургии и химической промышленности. - Москва : ИнфоМайн, 2016. - 171 с.
4. Обзор рынка цеолитов в СНГ / Отчет исследовательской группы объединения независимых экспертов области минеральных ресурсов металлургии и химической промышленности. - Москва : ИнфоМайн, 2016. - 140 с.
5. Воронков, М. Г. Кремний и жизнь / М. Г. Воронков, Г. И. Зелчан, Э. Я. Лукевиц. - Рига : Зинатне, 1978. - 578 с.
6. Bocharnikova, E. A. Silicon soil state and biogeochemical balance in forest and grass ecosystems / E. A. Bocharnikova, V. V. Matichenkov // Sustainable Development: the View from the Less Industrialized Countries. - San Jose. Costa Rica : UNED, 1994. - P. 453-466.
7. Bichter, W. Significance of silicon inplant nutrition / W. Bichter, L. Suntheim // Archiv fur Ackerund Pfan und Boden. - 1986. - Vol. 30, № 12. - P. 737-744.
8. Read, D. W. Residual value presphorus fertilizer of chnozemic soil / D. W. Read // Canad. T. Soil Sci. - 1973. - Vol. 53, № 4. - P. 398.
9. Physiological roles of silicon in photosynthesis and dry matler production in rice peants / S. Agaris, W. Agata, F. Kubota, P. B. Kaufman // Iapan I. Crop Sci. - 1992. -Vol. 61. - P. 200-206.
10. Effect of Si-rich slag and lime on P leaching in sandy soil / B. Ande, P. Ande, E. A. Bocharnikova, D. V.

Calvert, V. V. Matichenkov // Journal American Society of Sugar Cane Technologists. - 2002. - Vol. 22. - P. 9–15.

11. DeDatta, S. K. Principles and practices of rice production / S. K. DeDatta, N. Y. John Willy of Sons. - 1981. - 618 p.

12. Ермолаев, А. А. Кремний и устойчивость земледелия / А. А. Ермолаев. - Воронеж, 1992. - 216 с.

13. Яшин, Е. А. Эффективность использования диатомита и его смесей с куриным пометом в качестве удобрения сельскохозяйственных культур на черноземе выщелоченном Среднего Поволжья : спец. 06.01.04 : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Яшин Евгений Александрович ; Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева. - Ульяновск, 2004. - 171 с.

14. Ермолаев, А. А. Роль кремния в повышении продуктивности винограда, кукурузы и сахарной све-

жлы: спец. 06.01.04 : диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук в виде научного доклада / Ермолаев Андрей Андреевич. - Москва: МСХА, 1993. - 49 с.

15. 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.

16. 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. - С. 23-28.

17. Zhou, Xuerong. Benefits of silicon nutrition on plants and its enlightenment to turf grass research / Xuerong Zhou // Environmental Science. - 2010. - № 3.

## LOCAL NON-TRADITIONAL RESOURCES AND AGRICULTURAL WASTE AS SOURCES OF NUTRITION ELEMENTS OF PLANTS

*Kulikova A.Kh., Yashin E.A., Volkova E.S.*

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ulyanovsk State Agrarian University, 432017, Ulyanovsk, Novyi Venets boulevard 1, phone: 8(8422) 55-95-68, e-mail: agroec@yandex.ru*

**Key words:** diatomaceous earth, zeolite, poultry manure, sugar beet, millet.

The purpose of the study is a search for local cheap sources of biophilic plant nutritional elements and a possibility of production of organomineral fertilizers based on them, which are agronomically effective, environmentally safe and economically feasible. To achieve this goal, field experiments were carried out on the basis of the experimental field of Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin and SPK Kolkhoz named after Kalinin, Veshkaimsky district, Ulyanovsk region. The effectiveness of diatomite from Inza deposit and zeolite from the Maina deposit of Ulyanovsk region were studied in field experiments as fertilizers for vegetable crops and millet in pure form, as well as in combination with poultry manure. All experiments were conducted with strict compliance with methodological requirements; analyzes of soil and plant samples were carried out in accordance with relevant state standards. It was found that, high-siliceous rocks such as diatomite and zeolite are of great interest in Ulyanovsk region as sources of plant nutrients, and poultry manure is important agricultural waste. Studies showed that diatomite and zeolite significantly improve soil nutritional regime. Thus, introduction of diatomite into the soil as a fertilizer of millet at a dose of 3 t/ha led to an increase of mineral nitrogen in the arable layer of leached black soil by 1.9 mg/kg, available phosphorus by 7 mg, and potassium by 12 mg/kg of soil. Improvement of soil nutritional regime with introduction of siliceous rocks influenced millet yield: in case of diatomite application at a dose of 3 t/ha, the yield increase was 0.82 t/ha; zeolite at a dose of 0.5 t/ha - 0.33 t/ha (13%). The effectiveness of siliceous rocks increased significantly when combined with poultry manure. Yield of cucumbers increased by 6.8 t/ha, tomatoes by 0.4 t/ha, carrots by 4.9 t/ha, table beetroot by 8.1 t/ha in case of diatomite application in combination with poultry manure compared to variant of its application in pure form.

### Bibliography:

1. Distanov, O. G. Natural sorbents and environmental protection / O. G. Distanov, T. P. Konyukhova // Chemistry of agriculture. - 1990. - № 9. - P. 35-39.
2. Kulikova, A.Kh. Silicon and high-siliceous rocks in fertilizer system of agricultural crops: monograph / A.Kh. Kulikova. - Ulyanovsk, 2013. - 176 p. - ISBN 978-5-905970-04-7.
3. Overview of diatomite market in the CIS / Report of the research group of the association of independent experts in the field of mineral resources of metallurgy and the chemical industry. - Moscow: InfoMine, 2016. - 171 p.
4. Overview of zeolite market in the CIS / Report of the research group of the association of independent experts in the field of mineral resources of metallurgy and the chemical industry. - Moscow: InfoMine, 2016. - 140 p.
5. Voronkov, M. G. Silicon and life / M. G. Voronkov, G. I. Zelchan, E. Ya. Lukevits. - Riga: Zinatne, 1978. - 578 p.
6. Bocharnikova, E. A. Silicon soil state and biogeochemical balance in forest and grass ecosystems / E. A. Bocharnikova, V. V. Matichenkov // Sustainable Development: the View from the Less Industrialized Countries. - San Jose. Costa Rica: UNED, 1994. - P. 453-466.
7. Bichter, W. Significance of silicon inplant nutrition / W. Bichter, L. Suntheim // Archiv fur Ackerund Pfan und Boden. - 1986. - Vol. 30, № 12. - P. 737-744.
8. Read, D. W. Residual value presphorus fertilizer of chnozemic soil / D. W. Read, Canada. T. Soil Sci. - 1973. - Vol. 53, № 4. - P. 398.
9. Physiological oles of silicon in photosynthesis and dry matler production in rice peants / S. Agaris, W. Agata, F. Kubota, P. B. Kaufman // Iapan I. Crop Sci. - 1992. -Vol. 61.-P. 200-206.
10. Effect of Si-rich slag and lime on Pleaching in sandy soil / B. Ande, P. Ande, E. A. Bocharnikova, D. V. Calvert, V. V. Matichenkov // Journal American Society of Sugar Cane Technologists. - 2002. - Vol. 22. - P. 9-15.
11. DeDatta, S. K. Principles and practices of rice production / S. K. DeDatta, N. Y. John Willy of Sons. - 1981. - 618 p.
12. Ermolaev, A. A. Silicon and sustainability of agriculture / A. A. Ermolaev. - Voronezh, 1992. - 216 p.
13. Yashin, E. A. Efficiency of using diatomite and its mixtures with chicken manure as a fertilizer for agricultural crops on leached black soil of the Middle Volga region: spec. 06.01.04: dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences / Yashin Evgeny Aleksandrovich; Mordovian State University named after N.P. Ogarev. - Ulyanovsk, 2004. - 171 p.
14. Ermolaev, A. A. The role of silicon in increasing productivity of grapes, corn and sugar beetroot: spec. 06.01.04: dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences in the form of a scientific report / Ermolaev Andrey Andreevich. - Moscow: MAA, 1993. - 49 p.
15. Bocharnikova, E. A. Silicon fertilizers and ameliorants: history of study, theory and practice of application / E. A. Bocharnikova, V. V. Matychenkov, I. V. Matychenkov // Agrochemistry. - 2011. - № 7. - P. 84-96.
16. Kozlov, A. V. The role and importance of silicon and silicon-containing substances in agroecosystems / A. V. Kozlov, A. Kh. Kulikova, E. A. Yashin // Vestnik of Minin University. - 2015. - № 2. - P. 23-28.
17. Zhou, Xuerong. Benefits of silicon nutrition on plants and its enlightenment to turf grass research / Xuerong Zhou // Environmental Science. - 2010. - № 3.