

УДК 631.4

## **НОВОЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЕ УДОБРЕНИЕ НА ОСНОВЕ ЦЕОЛИТА, ЕГО ПРОИЗВОДСТВО, ЭФФЕКТИВНОСТЬ**

*Уханов А.И.<sup>1</sup>, генеральный директор ООО «БиоРесурс»*

*Шикунов Д.В.<sup>2</sup>, директор ООО «ИнБиоТех»*

*Панкратова Е.В.<sup>1</sup>, заместитель директора по науке  
и технологии ООО «БиоРесурс»*

*Акулич Л.В.<sup>3</sup>, директор ООО «Белэкстрадрев»,  
Республика Беларусь*

*<sup>1</sup>ООО «БиоРесурс», г. Ульяновск,*

*e-mail:elenapankratova3@yandex.ru*

*<sup>2</sup>ООО «ИнБиоТех» г. Ульяновск*

*<sup>3</sup>ООО «Белэкстрадрев», Республика Беларусь, г. Минск  
e-mail:extradrevo@gmail.com*

**Ключевые слова:** *цеолит, аминокислоты, органоминеральное удобрение, сельскохозяйственные культуры, урожайность.*

*В работе представлены данные о природном цеолите, его структурировании, характеристике аминокислотного комплекса, составе и свойствах полученного органоминерального удобрения, его эффективности в регионах Российской Федерации и зарубежных странах.*

Современные тенденции развития сельского хозяйства (повышение цен на минеральные удобрения, необходимость восстановления почвенного плодородия, поиск альтернативы ядохимикатам), обуславливает необходимость создания новых видов удобрений, действующим веществом которых является активный кремний. В настоящее время учеными и сотрудниками ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ совместно со специалистами научно-производственного комплекса ООО «БиоРесурс» проведены работы по созданию экологически чистого комплексного биоудобрения нового поколения на основе цеолита модифицированного, обогащенного аминокислотами и другими компонентами. Данное удобрение нельзя сопоставлять с известными минеральными удобрениями. Это органоминеральное удобрение, принцип его работы существенно отличается от общего понимания действия N, P, K. Его отличительной особенностью является присутствие аморфного (доступного) кремния в количестве более 30 %.

Кремний, так же как кислород, углерод, азот, водород, фосфор и кальций, относится к числу жизненно важных элементов. Элемент занимает второе после кислорода место по распространенности в земной коре, что составляет от 27,7 до 29,5 масс. %. Чаще всего он входит в состав аморфного и кристаллического диоксида кремния. Кремний может превращать один вид энергии в другой: механическую в электрическую, световую в тепловую и т. д. Именно кремний лежит в основе энергоинформационного обмена в космосе, на Земле и в живой природе. В настоящее время эта функция кремния только стала проясняться.

Не меньшую роль играет кремний в живом растительном мире. Главная его роль заключается в том, что он обеспечивает эластичность, устойчивость к полеганию и прочность к излому стеблей злаковых и других растений. В большем или меньшем количестве кремний содержится в листьях, ветвях, стволах, корнях и плодах всех видов растений. Среди наземных растений много кремния накапливают злаковые (рис, овес) и масличные (лен, конопля). Недостаток в почве усваиваемого кремния замедляет рост растений, делает их чувствительными к грибковым и бактериальным заболеваниям, понижает урожайность всех культур.

О положительной роли кремния в жизни растений свидетельствуют результаты многочисленных исследований отечественных и зарубежных авторов. В настоящее время доказано, что основные его функции выражаются в формировании защитных функций организма (механическая, физиологическая и биохимическая защита), которые наиболее ярко проявляются при неблагоприятных и, особенно, в стрессовых условиях выращивания сельскохозяйственных культур [1,2,3].

Вопросы об эффективности применения природных материалов с высоким содержанием кремния (в том числе аморфного) и уникальными адсорбционно-структурными характеристиками в качестве удобрений, мелиорантов и почвенных кондиционеров рассматриваются достаточное длительное время [4,5,6].

Природные цеолиты – новый, нетрадиционный, чрезвычайно перспективный тип нерудных полезных ископаемых, использование которых в промышленности, сельском хозяйстве началось в 60-е годы прошлого столетия [7].

В России исследования по созданию сырьевой базы цеолитов были начаты в 1968 г. геологами ВНИИгеолнеруд (г. Казань) под руководством А. С. Михайлова. Были определены перспективные районы, площади и за сравнительно короткий срок открыто более 70 месторождений и проявлений цеолитов в Закарпатье, Закавказье, Средней Азии,

Сибири, Приморье, на Сахалине и Камчатке. Потенциальные ресурсы цеолитового сырья в России очень высокие. В рамках комплексных программ «Сибирь», «Цеолиты Сибири», «Цеолиты России» (1990 г.) оценены возможности практического использования цеолитосодержащих пород. Благодаря своим уникальным свойствам природные цеолиты нашли широкое применение во многих отраслях промышленности, сельском хозяйстве, экологии. Проблема использования цеолитосодержащего минерального сырья имеет общемировое значение, поскольку они относятся к одной из групп биологически активного и экологически безопасного сырья, широко распространенного в природе [8].

Цеолиты относятся к каркасным алюмосиликатам. Кремнекислородные и алюмокислородные тетраэдры, обладающие общими ионами кислорода, слагают трехмерную решетку, образующую каркасную структуру — систему микрополостей, соединенных между собой достаточно широкими каналами. Молекулы воды в каналах координируются с катионами. В каналах находится и цеолитная вода, которую минерал способен отдавать, не изменяя структуры. Благодаря системе каналов и полостей, которые пронизывают кристаллы, цеолит обладает хорошо развитой внутренней поверхностью, доступной для адсорбируемых молекул.

Каркасы цеолитов похожи на пчелиные соты и образованы из цепочек анионитов кремния и алюминия (рис.) Из-за своего строения каркас имеет отрицательный заряд и этот заряд компенсируется катионами щелочных или щелочноземельных металлов, находящимися в полостях-сотах. Тип цеолита определяется соотношением кремния и алюминия и типом катионов.

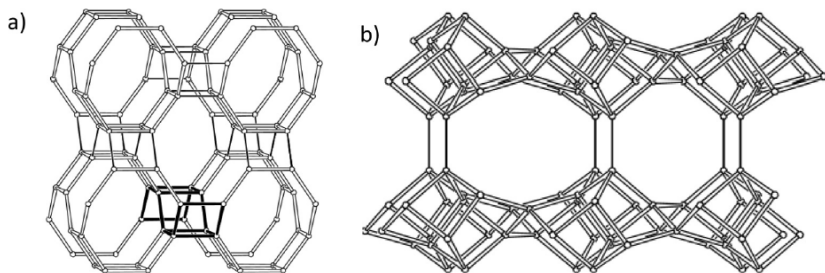


Fig. 1. Structure of analyzed zeolite materials: a) NaP1 (synthetic zeolite), b) clinoptilolite (natural zeolite) [57].

### Кристаллическая решетка цеолита

Однако чтобы заставить цеолит работать в нужном направлении, необходимо проводить его структурирование (модификацию), которая включает в себя механическую активацию, термическую активацию и в определенных случаях ультразвуковую активацию.

Большое количество НИОКР, проводимая в последние годы, направлена на улучшение свойств именно природных цеолитов. Ранее не было промышленной осмысленной контролируемой модификации, которая бы управляла свойствами природных цеолитов и позволила бы приблизить свойства природных цеолитов к свойствам синтетических, тем самым значительно увеличить область их применения.

Начиная с 2015 года инициативная группа, включающая ученых, технологов, производственников Ульяновской области последовательно работала над вопросами создания технологии управляемой модификацией цеолитов для решения прикладных задач. В ходе решения этой задачи был исследован огромный массив способов активации и управления свойствами цеолита под различные задачи. Специалистами предприятия ООО «БиоРесурс» (г. Ульяновск) была разработана технология структурирования цеолита, которая позволила повысить его сорбционную способность (пористость и влагоемкость) до 75-90%, увеличить его ионообменную способность до 160 г-экв/к (у природного цеолита 93 г-экв/кг). Речь идет о цеолите Юшанского месторождения Ульяновской области. Весь технологический процесс проводится на специально разработанном оборудовании, позволяющем проводить скоростной процесс термической активации совместно с грануляцией исходного материала. Природный цеолит проходит механическую и термическую активацию.

### ***Механическая активация цеолита***

Цеолит, предназначенный для производства и прошедший входной контроль, поступает на участок механической активации, где за счет использования избирательного дробления происходит обогащение цеолита на 10-20%. Эффект избирательного дробления получается за счет того, что клиноптилолит и биокальцит имеют значительно меньшую твердость, чем кварц и вулканическое стекло (примеси, содержащиеся в породе), а также различаются по плотности. Кроме того, эффект избирательного дробления получается за счет использования уникального нестандартного оборудования и избирательных технологических режимов.

Каскадная механическая активация природного цеолита позволяет изменить минералогический состав исходного сырья, а именно:

очистить природный цеолит от примесей и получить продукт с максимальным содержанием активного компонента — клиноптилолита и бентонита. Результаты рентгено-структурных анализов подтверждают, что, после этапа каскадной механической активации, происходит обогащение цеолита на 10-20%. Примеси в продукте присутствуют в следовых количествах.

Метод каскадной механической активации природного цеолита не вызывает изменений в химическом составе минерала. Выход полуфабриката после данного этапа составляет 40-50% и зависит от исходного качества поступившей цеолитовой породы.

### ***Термическая активация цеолита***

При удовлетворительных результатах анализа производственного контроля после этапа каскадной механической активации полуфабрикат поступает на специализированную установку термической активации, где при индивидуальных расчетных диапазонах температуры проводится дегидратация цеолита, удаление цеолитной воды и газообразных примесей, которые цеолит сорбирует в естественных условиях, а также органических примесей, находящихся в породе. Стадия термической активации полуфабриката проходит без нарушения структуры кристалла, термически активированный цеолит сохраняет свои свойства, позволяет сохранить в неизменном количестве жизненно важные элементы.

Термическая активация природного цеолита позволяет значительно увеличить адсорбционную емкость — систему каналов и пористостей, которая пронизывает кристаллы цеолита. Эта система становится более доступной для адсорбируемых молекул, дегидратированные кристаллы цеолита наиболее сильно проявляют молекулярно — ситовые эффекты, а также позволяет гарантировать отсутствие патогенной микрофлоры в конечном продукте, что еще раз подтверждает безопасность продукта. Например, специфическая поверхность адсорбции, прошедшего технологическую обработку, увеличивается более, чем в 3 раза, по сравнению с неактивированным цеолитом.

Молекулярно-ситовые свойства цеолитов определяются эффективным диаметром «окон», которые, в свою очередь, зависят от геометрических размеров последних и наличия в них обменных катионов.

Структурированный (модифицированный цеолит), прошедший две ступени активации, как нельзя лучше подходит для процесса обогащения его различными компонентами.

Пористая микроструктура цеолитов предопределяет возможность внедрения в них полезных тех или иных компонентов и создание на их основе высокоэффективных, экологически безопасных и экономически эффективных удобрений нового поколения.

Основной и главным компонент, в этом случае, является аминокислотный комплекс «ВитаАмин», разработанный российскими учеными, и выпускаемый на предприятии ООО «СЕМИРАМИДА» г. Москва. Аминокислотный комплекс «ВитаАмин», изготовлен на основе животного белка. Способ производства – ферментативный гидролиз (технический процесс, моделирующий ферментацию, происходящую в живой природе, используемые ферменты также природного происхождения). Только при ферментативном гидролизе сохраняются все содержащиеся в исходном сырье аминокислоты и пептиды.

ВитаАмин — это концентрированная смесь активных аминокислот в водном растворе с витаминами. Аминокислоты — органические вещества, состоящие из углеводородного скелета и двух дополнительных групп: аминной и карбоксильной. Последние два радикала обуславливают уникальные свойства аминокислот — они могут проявлять свойства как кислот, так и щелочей: первые — за счет карбоксильной группы, вторые — за счет аминогруппы.

ВитаАмин, благодаря наличию сбалансированного количества витаминов и аминокислот, в том числе незаменимых, компенсирует дефицит биологически активных веществ, нормализует обмен веществ, способствует повышению неспецифической резистентности к неблагоприятным факторам внешней среды. Состав аминокислот (%):

Аспарагиновая кислота	3,31±0,50	Аланин	1,30±0,19
Глутаминовая кислота	2,88±0,43	Тирозин	1,15±0,17
Серин	0,70±0,11	Цистин	0,32 ±0,05
Гистидин	0,52±0,08	Валин	1,82±0,27
Глицин	0,95±0,14	Метионин	0,42 ±0,06
Треонин	0,60±0,09	Фенилаланин	1,76±0,26
Аргинин	0,89±0,13	Изолейцин	3,18±0,48
Лейцин	4,46±0,67	Лизин	7,41±1,11
Пролин	3,10±0,46		

«ВитаАмин» включает витамины:

Витамин А (ретинол)	- 8 300±2 000 МЕ/л,
Витамин D <sub>3</sub> (колекальциферол)	- 510 000±120 000 МЕ/л,
Витамин В <sub>1</sub> (тиамин)	- 4,31±0,26 г/л,
Витамин В <sub>2</sub> (рибофлавин)	- 3,2±0,26 г/л,

Витамин Е (токоферол) - 3,5±0,5 г/л,

Аминокислотный комплекс «ВитаАмин» является веществом, хорошо растворимым в воде, безупречным в гигиеническом отношении, полностью безвредным для человека, растений и животных, что в свою очередь дает широчайший диапазон применения – от органического земледелия до использования в городском хозяйстве при озеленении, для рекультивации земель, производстве премиксов и кормовых добавок. Это активатор, который проводит биологическую стимуляцию роста и развития сельскохозяйственных культур, отличается от обычных стандартных форм подкормки растений химическими удобрениями, которые оказывают разрушительное действие на почву и экосистемы.

Для внесения в почву необходимых питательных элементов для жизнедеятельности растений, незаменимым материалом в качестве носителя стал цеолит структурированный. Он является оптимальным носителем для аминокислот и других компонентов таких, как калий, фосфор, азот, сера. При данном сочетании возникает значительный синергический эффект, когда уникальные свойства биостимуляторов в сочетании с активными свойствами цеолита, который сам по себе довольно широко используется в сельском хозяйстве, позволяют получить действительно значительный результат. Проведенные эксперименты показали перспективность этого направления, полученная продукция одобрена крупными сельскохозяйственными предприятиями.

В октябре 1919 г на территории Ульяновской области в ООО «Био-Ресурс» создано производство по выпуску органоминерального удобрения на основе высокоструктурированного цеолита, обогащенного аминокислотным комплексом «ВитаАмин» и другими питательными элементами — «ВитаБентАгро», а так же кормовых добавок для всех видов сельскохозяйственных животных, птиц и рыб «ВитаБент».

Данное удобрение оказывает положительное влияние на физико-химические и агрохимические свойства почвы, оптимизируя их структурное состояние и кислотно-основной режим, а также фосфорное и кремниевое питание культурных растений, что в итоге продуктивно сказывается на их урожайности и качестве получаемой продукции. Кроме того, «ВитаБентАгро» проявляет сорбционные свойства в отношении многих токсикантов (тяжелые металлы, остаточные количества пестицидов и др.), тем самым способствуя получению экологически безопасной продукции растениеводства.

Высокоструктурированный (модифицированный) цеолит обогащенный аминокислотами, обладает высоким коэффициентом катион-

ного обмена, который индуцируется при применении комбинации цеолит + аминокислоты с почвой, по разности потенциалов, существующей в ближней зоне около корневой системы растений. Цеолит + аминокислотный комплекс, нагруженный ионами N,P,K и микроэлементами, являясь отличным транспортером этих ионов, вплоть до зоны микроворсинок корневой системы, обеспечивает таким образом питание растения тогда, когда оно его требует, с максимальной эффективностью.

Данное удобрение на основе цеолита модифицированного и аминокислот улучшает почвенную среду, помогает растениям быстрее адаптироваться к новым условиям, в более короткие сроки начать расти, развиваться, формировать урожай. Улучшает физические свойства почвы: делает ее более структурной, легкой, улучшает химический состав, способствует укоренению и росту растений. Удобрение сохраняет свое положительное действие не менее 3 лет. Регулирует кислотность почв, прекрасно удерживает влагу и затем постепенно отдает растениям, что очень хорошо себя проявляет в засушливые периоды. Цеолит, как составляющая удобрения, адсорбирует тяжелые металлы: мышьяк, кадмий, свинец, медь, переводя их в недоступное для растений состояние. Данное удобрение применяется как при посеве сельскохозяйственных культур (зерновых, кормовых, технических), так и при посадке лесохозяйственных пород, для окультуривания истощенных почв, рекультивации нарушенных земель.

Первые полевые опыты в 2018-2019 гг. проводились на полях аграрного университета г. Ульяновска и фермерских хозяйствах Ульяновской области, на полях Орловской и Воронежской областей, Ставропольского края. Были получены результаты, значительно превышающие стандартные минеральные удобрения. Так, повышение урожайности яровой пшеницы составило от 23% в Ульяновской области до 41% в Орловской области. На посевах рапса урожайность повысилась на 72,5 %, подсолнечника 13%, проса 46%, кукурузы 33%.

В настоящее время удобрение успешно применяется в различных регионах России и Зарубежья. География распространения применения «ВитаБентАгро» расширяется, в 2019 г. удобрение применяли хозяйства в Чувашской Республике ОАО «Средняя Волга» при выращивании ячменя сорта «Владимир», фермерское хозяйство ООО «Природа» Воронежской области при возделывании яровой пшеницы, кукурузы и сои. При этом урожайность сои повысилась на 0,7 т/га. В 2020 г. Краснодарском крае урожайность озимой пшеницы в среднем составила 4,45 т/га, при использовании удобрения «ВитаБентАгро» – 7,45 т/га.



Как следует из результатов производственных опытов, применение в качестве удобрения цеолита структурированного, обогащённого аминокислотами и другими питательными элементами, при возделывании сельскохозяйственных культур с использованием в дозе 250 кг/га в реальных условиях сельскохозяйственного производства показало его высокую эффективность как с точки зрения повышения урожайности, так и качества продукции.

В настоящее время удобрение «ВитаБентАгро» применяют в Кемеровской, Воронежской, Ульяновской, Калининградской и Астраханской областях, Республиках Чувашия и Татарстан, Алтайском, Краснодарском, Ставропольском краях, при возделывании сельскохозяйственных культур и выращивании томатов как в открытом, так и в закрытом грунте. Получены положительные результаты (протоколы, отчет) в Республике Беларусь, Македонии. В феврале месяце этого года 22 тонны удобрений отправлены в Израиль. Проявляют интерес к нашим удобрениям Турция, Узбекистан, Казахстан, Объединенные Арабские Эмираты.

Производственный комплекс предприятий ООО «БиоРесурс» и ООО «ИнБиоТех» совместно с учеными Ульяновского ГАУ продолжают работы в данном направлении, совершенствуют технологические процессы, изучают особенности применения удобрений на основе уникального природного минерала цеолита, который по праву называют «Камень 21 века».

*Библиографический список:*

1. Матыченков В. В., Бочарникова Е. А., Амнорова Е. М. Влияние кремниевых удобрений на растения и почву // *Агрохимия*. 2002. №9. С. 86-93.
2. Epstein E. The anomaly of silicon in plant biology // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1994. V 91. P. 11-17.
3. Самсонова Н. Е. Кремний в почве и растениях // *Агрохимия*. 2005. №6. С. 76-86.
4. Халилов Э.Н., Багиров Р.А. Природные цеолиты, их свойства, производство и применение Международной союз научных исследований // *Международная академия науки, здоровья и экологии, секция Азербайджан, Восточно-европейская секция, компания «Yeni Tech»*. Баку-Берлин, 2002. 347 с.
5. Ma I. F., Takahashi E. Soie, fertilizer and plant silicon Research in Japan // *The Amsterdam: Elsevier*, 2002. 215 p.

6. Куликова А. Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрений на растения и почву // *Агрохимия*. 2002. № 9. С. 86-93.
7. Челищев Н.Ф., Беренштейн Б.Г., Володин В.Ф. Цеолиты — новый тип минерального сырья. // М.: Недра, 1987. 176 с.
8. Лобода Б.П. Применение цеолитсодержащего минерального сырья в растениеводстве // *Агрохимия*. 2000. № 6. С. 78–91.

## **NEW ORGANIC MINERAL FERTILIZER BASED ON ZEOLITE, ITS PRODUCTION, EFFICIENCY**

***Ukhanov A. I., Shikunov D. V., Pankratova E. V., Akulich L. V.***

***Key words:*** *zeolite, amino acids, organomineral fertilizer, agricultural crops, yield.*

*The paper presents data on natural zeolite, its structuring, the characteristics of the amino acid complex, the composition and properties of the resulting organomineral fertilizer, its effectiveness in the regions of the Russian Federation and foreign countries.*