

УДК 631.89:571.54

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ И ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ

*М.Г. Меркушева, Л.Н. Болонева*

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, РФ*  
[merkusheva48@mail.ru](mailto:merkusheva48@mail.ru)

Создание и использование биотехнологий с аборигенными видами фосфатмобилизирующих микроорганизмов, цеолитами, фосфоритами и окисленными бурыми углями местных месторождений, открывают широкие спектры разнообразия получения биологически активных минеральных и органо-минеральных удобрений с высокой эколого-агрохимической эффективностью для повышения плодородия почв и продукции растений при низкой экономической затратности.

**Ключевые слова:** фосфатмобилизирующие микроорганизмы, цеолит, фосфорит, окисленный бурый уголь, почва

## BIOLOGICALLY ACTIVE MINERAL AND ORGANOMINERAL FERTILIZERS OF PROLONGED ACTION

*M.G. Merkusheva, L.N. Boloneva*

*Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation*  
[merkusheva48@mail.ru](mailto:merkusheva48@mail.ru)

The creation and use of biotechnologies with native species of phosphate-mobilizing microorganisms, zeolites, phosphorites and oxidized brown coals of local deposits, open up wide ranges of diversity in the production of biologically active mineral and organo-mineral fertilizers with high ecological and agrochemical efficiency to increase soil fertility and plant products with low economic cost.

**Keywords:** phosphate-mobilizing microorganisms, zeolite, phosphorite, oxidized brown coal, soil.

Обеспечение продуктами питания при возрастающих потребностях в них человечества, особенно с середины XX в., во многом обязано применению фосфорных удобрений (Higgs et al., 2000). Природные ресурсы фосфора на Земле ограничены, поэтому нельзя допускать как его потерь, так и насыщения почв до чрезмерного уровня. Регулирование применения фосфорных удобрений должно создавать максимальную прибыль для производства продуктов растениеводства при минимальном загрязнении окружающей среды, особенно водоемов. Реализация всех потенциальных проблем, связанных с фосфорными удобрениями, привела к поиску экологически совместимых и экономически осуществимых альтернативных стратегий для улучшения производства культур (Zaidi et al., 2009). Использование микробных модификаторов, обладающих Р-солубилизирующей активностью в аграрных почвах рассматривается как экологически чистая альтернатива дальнейшему применению химических удобрений на основе Р. Многие микроорганизмы, в том числе и бактерии рода *Bacillus*, способны в определенных условиях переводить такие соединения в растворимые формы.

В Забайкалье в связи с глубоким промерзанием почв и медленным их оттаиванием, коротким и засушливым вегетационным периодом достичь увеличения продуктивности культур

невозможно без применения удобрений и орошения. Однако высокие цены на промышленные туки, бедность их ассортимента и низкая платежеспособность сельхозпроизводителей сокращают объемы применения удобрений. Поэтому, актуальной задачей является создание новых видов удобрений на основе местного минерального и органического сырья при использовании биотехнологий. Благоприятным фактором является достаточно высокая обеспеченность Забайкалья, в частности Республики Бурятия, местным минеральным и органическим сырьем. В регионе сосредоточены значительные ресурсы цеолитового сырья (1,5 млрд. т). Выявлен целый ряд месторождений и проявлений клиноптилолитовых, морденит-клиноптилолитовых, морденитовых и шабазитовых пород как вулканогенно-осадочного (*Шивыртуйское*), так и вулканогенного (*Холинское, Бадинское, Талан-Гозагорское, Мухор-Талинское*) типов.

В регионе широко распространены крупные месторождения, пелитоморфных и микрозернистых фосфоритов (Окинский и Китойский фосфоритоносные районы Восточного Саяна, которые являются северной частью обширного Окино-Хубсугульского фосфоритоносного бассейна. Однако, их широкомасштабное использование в настоящее время невозможно из-за жестких экологических ограничений на природоохранных территориях бассейна оз. Байкал.

Сырьевой базой окисленных бурых углей для агрохимических целей в Республике Бурятия являются их месторождения в различных районах: в Тункинском – Ахалинское с запасами углей – 1,1 млн. т., с содержанием гуминовых кислот (ГК) 47 %; в Селенгинском – Загустайское соответственно 1 млн. т и ГК 60-80 %; в Бичурском – Окино-Ключевское – 100 тыс. т и ГК 60 %; в Баргузинском – Бодонское – 1,5 млн. т и ГК в среднем 35 %. Наиболее обогащенными гуминовыми кислотами (63%) являются бурые окисленные угли Гусиноозерского месторождения (Лбов В. А., Лбов А. В., 2007).

Решение проблемы рационального использования цеолитов, фосфоритов и бурых окисленных углей как с экологических, так и с агрохимических позиций обуславливает необходимость поиска и реализации приемов или способов повышения коэффициента полезного действия удобрений. При этом должны соблюдаться следующие условия: 1. производство удобрений не должно усложнять технологический процесс и требовать использования дорогих и дефицитных реагентов; 2. основные составляющие компоненты удобрений должны находиться на территории (района, области, региона) потребителя, что резко снижает транспортные расходы, удешевляет их производство; 3. вновь созданные удобрения и удобрительные композиции из природного минерального и органического сырья должны соответствовать агрохимическим свойствам наиболее распространенного в регионе типа почв, используемых в земледелии.

В настоящее время имеется много разработок по созданию удобрений на основе молотых фосфоритов разных месторождений, но наличие в этих технологиях растворителей-кислот неприемлемо для использования их по двум основным причинам – отсутствию собственной химической промышленности и, самое главное, из-за жестких экологических требований к добыче и переработке фосфоритов, т. к. их месторождения входят в строго охраняемую бассейновую зону озер Хубсугул и Байкал. В этой связи наиболее подходящими способами повышения агрохимической эффективности удобрений могут быть те приемы, которые соответствуют почвенно-климатическим условиям, химическому составу компонентов и тем задачам, которые нацелены на сохранение плодородия почв, повышение продуктивности зерновых, овощей и картофеля, а также сенокосов и пастбищ. Тем не менее, оценка их удобрительной способности необходима как для повышения урожайности культур, так и обеспечения почв подвижным фосфором.

Учитывая, что на территории Забайкалья имеются большие запасы природных цеолитов с высоким качеством, нами разработан способ биологической активации цеолита с использованием аборигенных фосфатмобилизирующих микроорганизмов, поровое пространство которого является их носителем. В основу наших исследований взято положение о том, что

бактериальные клетки обычно адсорбированы на поверхности почвенных частиц. Однако адсорбция – обратимый процесс: изменение температуры, почвенной реакции, влажности и других факторов приводит к десорбции бактериальных клеток. Адсорбированные микроорганизмы защищены от неблагоприятных условий, но обладают меньшей активностью, поскольку их адсорбция носит не физико-химический, а биологический характер. Микроорганизмы обычно размещены в крупных порах, хотя могут проникать в мелкие поры и капилляры. Одним из путей повышения биологической активности почв и при этом не нарушающих экологического равновесия в системе почва – растение является использование пор природных цеолитов, которые составляют 50 % объема каркаса минерала, в качестве носителей микроорганизмов. Нами выделен штамм фосфатмобилизующих бактерий (**ФМБ**) из пахотных каштановых почв. Показано, что 70–80 % клеток и спор бактерий из водной суспензии адсорбционно закрепляется в цеолите. **I способ** биологической активации: цеолит смешивают с водной суспензией ФМБ, затем выдерживают при определенной температуре и после этого подсушивают до сыпучего состояния.

На основе биологически активного цеолита было создано фосфор-цеолитовое удобрение пролонгирующего действия. Во **II способе** фосфорит смешивают с цеолитом, насыщенным ФМБ в определенном соотношении, который обладает высокими биокаталитическими и пролонгирующими свойствами: повышает многократно численность бактерий и их фосфатазную активность, увеличивает в почвах образование доступных питательных соединений фосфора, азота, и в меньшей степени калия. Но наибольшая эффективность цеолита, насыщенного микроорганизмами, достигается при совместном использовании его с фосфоритами, превосходящая действие промышленного суперфосфата.

Принципиальные основы технологии получения гуминовых кислот (ГК) из углей идентичны, но более пригодны бурые окисленные, характеризующиеся безотходностью и экологической безопасностью (Комплексные..., 2002). Установлено структурное высокое сходство ГК окисленных бурых углей Забайкалья с гуминовыми кислотами черноземов и каштановых почв. Количество ГК в бурых окисленных углях достигает 70-75 %, тогда как неокисленные угли содержат 3,6-7,7 %.

Создание биологически активного органоминерального удобрения, включающего фосфорит, природный цеолит, окисленный бурый уголь, заключалось в измельчении компонентов до размеров зерен 0,25-0,20 мм, смешивании в определенном соотношении и компостировании под воздействием фосфатмобилизующих бактерий, выделенных из почв методом селективного отбора, в течение 30-60 дней при влажности смеси на уровне 65-70% от полной влагоемкости. Содержание фосфатмобилизующих микроорганизмов определялось кинетикой образования подвижного  $P_2O_5$  в компосте. Под действием микроорганизмов происходит увеличение подвижного фосфора до 17,0-50,4 мг/кг почвы, фосфатазной активности – в 2,8-21,8 раз за счет минерализации органических соединений фосфора.

Создание и использование биотехнологий с аборигенными видами фосфатмобилизующих микроорганизмов, выделенных из почв Забайкалья, цеолитами, фосфоритами и окисленными бурыми углями местных месторождений, открывают широкие спектры разнообразия их получения и применения с высокой эколого-агрохимической эффективностью и низкой экономической затратностью. Например, урожайность овса на зеленую массу при использовании биологически активных минеральных удобрений возрастала в первый год на 18-20 %, в последствии на второй год – на 35-40 %, на третий год – на 24-29% по сравнению с вариантом без внесения удобрений. Внесение биологически активного органоминерального удобрения пролонгированного действия позволило увеличить урожайность овса на зеленую массу в первый год на 25-32%, в последствии на второй год – 35-49%.

Техническим результатом разработанной технологии является повышение биологической активности сухих и сезонно-мерзлотных почв Забайкалья, увеличение содержания в почве подвижного фосфора до 17,0-50,4 мг/кг почвы и урожайности овощных и кормовых культур.

Таким образом, доказана перспектива использования выделенных из местных почв фосфатмобилизирующих микроорганизмов в качестве биоактиваторов удобрений из минеральных (цеолит, фосфорит) и органических агроруд (бурые окисленные угли), повышающих интенсивность биологических, биохимических и микробиологических процессов, содержание подвижных соединений азота, фосфора, калия и увеличивающих продуктивность овощных и кормовых культур. Значительный прирост корневой массы растений при внесении органоминерального удобрения имеет большое значение в повышении плодородия почвы, его стабилизации независимо от высокого уровня выноса питательных веществ в соответствии с возрастающей урожайностью растений.

Все разработки прошли государственную экспертизу и получены патенты РФ. Рекомендованы для внедрения: Министерство природных ресурсов, Министерство сельского хозяйства, крестьянские и фермерские хозяйства.

**Благодарности.** Работа выполнена по темам НИР (Госзадание 121030100228-4 «Эволюционно-генетические, биогеохимические и продукционные функции почв Байкальского региона как компонента биосферы, оценка их ресурсного потенциала и разработка технологий рационального использования и охраны»

### Библиографический список

1. Higgs B., Johnston A. E., Salter J. L., Dawson C. J. Some aspects of achieving sustainable phosphorus use in agriculture // J. Environ. – 2000. – Qual. 29. – P. 80–87.
2. Лбов В. А., Лбов А. В. Агрохимическое сырье // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 12. – С. 48–54.
3. Комплексные удобрения из природного и техногенного сырья Забайкалья. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2002. – 195 с.
4. Zaidi A, Khan MS, Ahemad M, Oves M. Plant growth promotion by phosphate solubilizingbacteria. // Acta Microbiol Immunol Hung, 2009. - Qual.56. – P. 283–284.