

БИОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ПРОДУКТЫ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ИЗ ПРИРОДНЫХ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПЕРВИЧНЫМИ САПРОТРОФНЫМИ БАКТЕРИЯМИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Козлов Андрей Владимирович¹, кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторным комплексом «Эколого-аналитическая лаборатория мониторинга и защиты окружающей среды»

Куликова Алевтина Христофоровна², доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

Урмова Ирина Павловна¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий научно-образовательным центром «Биотехнология»

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский ГПУ им. К. Минина»

603950, г. Нижний Новгород, улица Ульянова, 1;

тел.: 8(831) 439-00-79, e-mail: a_v_kozlov@mail.ru

²ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1;

тел.: 8(422) 55-95-47, e-mail: agroec@yandex.ru

Ключевые слова: высококремнистые породы, аммонифицирующие и целлюлозолитические бактерии, бактериальная деградация пород, продукты выщелачивания, фосфаты, силикаты, калий, кальций, магний, дерново-подзолистая почва.

В лабораторных опытах проведено изучение бактериальной деградации трех высококремнистых пород – диатомита, цеолита и бентонитовой глины – природными накопительными культурами первичных сапротрофных микроорганизмов, выделенных из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. Исследования проведены на базе научно-образовательного центра «Биотехнология» и лабораторного комплекса «Эколого-аналитическая лаборатория мониторинга и защиты окружающей среды» Мининского университета (Нижний Новгород). В результате экспериментов была установлена способность аммонифицирующих и целлюлозолитических бактерий проводить минерализацию кремнийсодержащих материалов с высвобождением в растворимое состояние фосфатов, силикатов, а также калия, кальция и магния. При этом из цеолита высвобождалось наибольшее количество кальция (до 84,90 мг/мл и 59,79 мг/мл соответственно), кремния (до 226,25 мг/мл и 145,22 мг/мл), магния (до 15,96 мг/мл и 11,81 мг/мл). При биохимической деградации культурами сапротрофов бентонитовой глины в раствор переходило наибольшее количество фосфора (до 109,21 и 50,29 мкг/мл) и кремния (до 288,58 и 126,53 мг/мл). Бактериальное разрушение диатомовой породы сопровождалось в большей степени растворением соединений калия (до 6,0 мг/мл и 17,4 мг/мл) и силикатов (до 207,50 мг/мл и 176,38 мг/мл) от действия соответственно бактерий-аммонификаторов и целлюлозолитиков. Таким образом, на основании прямого воздействия метаболизма различных сапротрофных микроорганизмов, выделенных из почвы, на вещество природных высококремнистых материалов можно судить об их активном участии в биохимической деградации последних при их внесении в почву с последующим высвобождением в почвенный раствор различных элементов.

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

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

Введение

К настоящему времени имеется достаточно много сведений о способности и особенностях различных бактерий в деструкции минералов [1, 2, 3]. Причиной тому в основном является химическая активность большого количества разнообразных продуктов метаболизма, образующихся в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. При их накоплении в микроконкрециях породы или почвенных агрегатах происходят биохимические процессы выщелачивания вещества в растворимое состояние. В качестве таких метаболитов обычно выступают экзополисахариды, ферменты гидролазного и оксидоредуктазного типов, а также органические кислоты (галловая, щавелевая, лимонная, салициловая, пирокатехиновая, изомеры бензойной кислоты и многие другие) [4, 5].

В биологических исследованиях почв широко известен факт прямого участия всех микробиотических представителей как в первичной деструкции почвообразующих пород, так и в формировании профиля почвенного тела [6, 7]. При этом есть данные об участии низкомолекулярных органических кислот – метаболитов сапротрофных и литотрофных бактерий в разрушении силикатных и алюмосиликатных пород [8, 9], в результате чего почвенный раствор обогащается ионами и лигандами элементов, принимающих участие как в элементарных почвенных процессах, так и в формировании свойств естественного плодородия гумусо-аккумулятивного горизонта.

Однако в практике почвоведения, к сожалению, пока недостаточно сведений о прямом участии некоторых родов сапротрофных почвообитающих микроорганизмов в деструкции веществ, используемых в качестве удобрений [10, 11, 12]. В том числе данный пробел имеется и в отношении эффектов от прямого (без участия собственно почвенного вещества) биохимического воздействия аммонифицирующих и целлюлолитических бактерий, выделенных из конкретных природных био-

геоценозов, на вещество высококремнистых пород – диатомита, цеолита и бентонитовой глины.

В связи с этим настоящие исследования имеют целью раскрытие потенциального действия накопительной природной культуры бактерий-аммонификаторов и целлюлолитиков, выделенных из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы Нижегородской области, на вещество природных кремнийсодержащих материалов, которые используются в наших полевых исследованиях в качестве удобрений и почвенных кондиционеров.

Объекты и методы исследований

Исследования проводились на базе научно-образовательного центра «Биотехнология» и лабораторного комплекса «Эколого-аналитическая лаборатория мониторинга и защиты окружающей среды» Мининского университета в виде серии постановочных лабораторных экспериментов с природными кремнийсодержащими породами. Данные материалы подвергались микробиологической деструкции накопительными культурами ряда сапротрофных бактериальных комплексов, выделенных из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы природного биогеоценоза (лесной массив Борского района Нижегородской области).

В качестве объектов биохимического воздействия были выбраны первичные сапротрофы зимогенной экологической ниши – аэробные бактерии, трансформирующие азотсодержащие и безазотистые органические вещества с выделением в качестве метаболитов ферментов преимущественно гидролазного типа – аммонифицирующие и целлюлолитические микроорганизмы.

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 таблице 1.

Накопительную культуру комплекса аммо-

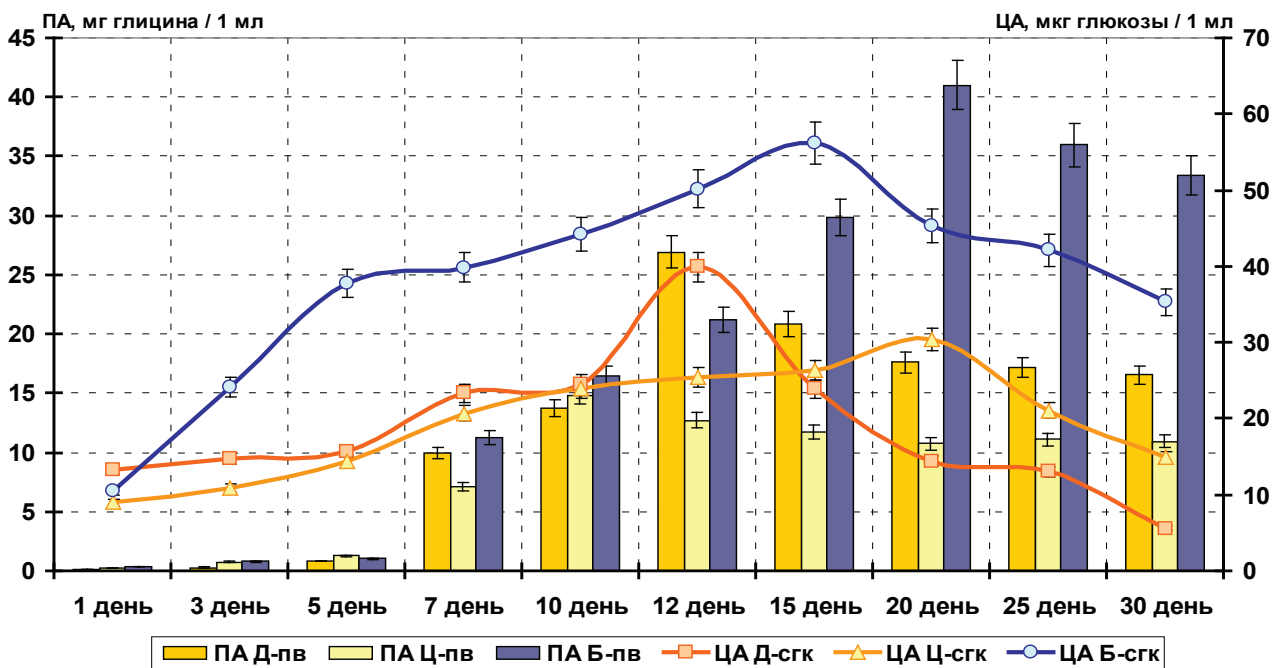


Рис. 1 - Динамика протеазной и целлюлазной ферментативной активности аммонифицирующих и целлюлозолитических бактерий при деградации кремнийсодержащих пород

нифицирующих бактерий получали путем засева стерильной пептонной воды (ПВ), а культуру целлюлозолитических бактерий – стерильного жидкого варианта среды Гетчинсона-Клейтона (СГК) навеской подготовленной почвы и культивирования бактериальных биомасс в термостате в течение семи суток при температуре +26 °С [13].

Затем производился засев испытуемых пород полученными бактериальными комплексами. опыты ставили в стерильных конических колбах на 100 мл, в которые асептически помещалось по 40 мл селективной жидкой питательной среды и точно по 1,000 г высушенной кремнийсодержащей породы, после чего полученная система асептически заседалась по 10 мл суспензии 7-суточной накопительной культуры выращенных бактериальных комплексов.

В качестве контроля для каждой системы «порода-культура» использовалась стерильная питательная среда с навеской стерильной породы без засева бактериями. На основании данных, полученных с контрольных колб, оценивалась химическая минерализация кремниевых материалов под действием температуры, компонентов питательных сред и гидролиза водой.

Засеянные колбы помещались в термостат и культивировались при +26 °С в течение 30 суток; два раза в сутки содержимое колб встряхивалось в течение одного часа. Через определенные интервалы времени (на 1, 3, 5, 7, 10, 12, 15, 20, 25 и 30-й день культивирования) производили химические замеры содержимого колб. В системе «порода-культура» определялась свободная кислотность

(водородный показатель pH) микробной суспензии потенциометрическим методом с помощью pH-метра МАРК-903; содержание растворимых соединений фосфора и кремния – спектрофотометрическим методом; содержание растворимого кальция и магния определялось комплексонометрическим титрованием с трилоном Б, содержание свободного калия – методом пламенной фотометрии по традиционным химико-аналитическим прописям.

Определение биохимической активности бактериальных суспензий проводилось по прописям определения ферментативной активности почвы с переложением методик на чистую биомассу бактерий без гомогенизирования бактериальных клеток: протеазная активность – нингидриновым методом по Галстяну и Арутюнян, целлюлазная активность – антроновым методом по Багнюку и Щетинской [14, 15]. Математическая обработка результатов исследований выполнена методами вариационной статистики с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2007; повторность в опытах четырехкратная.

Результаты исследований

На рисунке 1 представлена 30-дневная динамика протеазной и целлюлазной ферментативной активности в системе «порода-культура» при минерализации высококремнистых пород накопительными природными культурами аммонифицирующих и целлюлозолитических бактерий.

Было установлено, что обе группы бактерий способны выделять в систему «порода-культура» протеолитические и целлюлолитические фер-

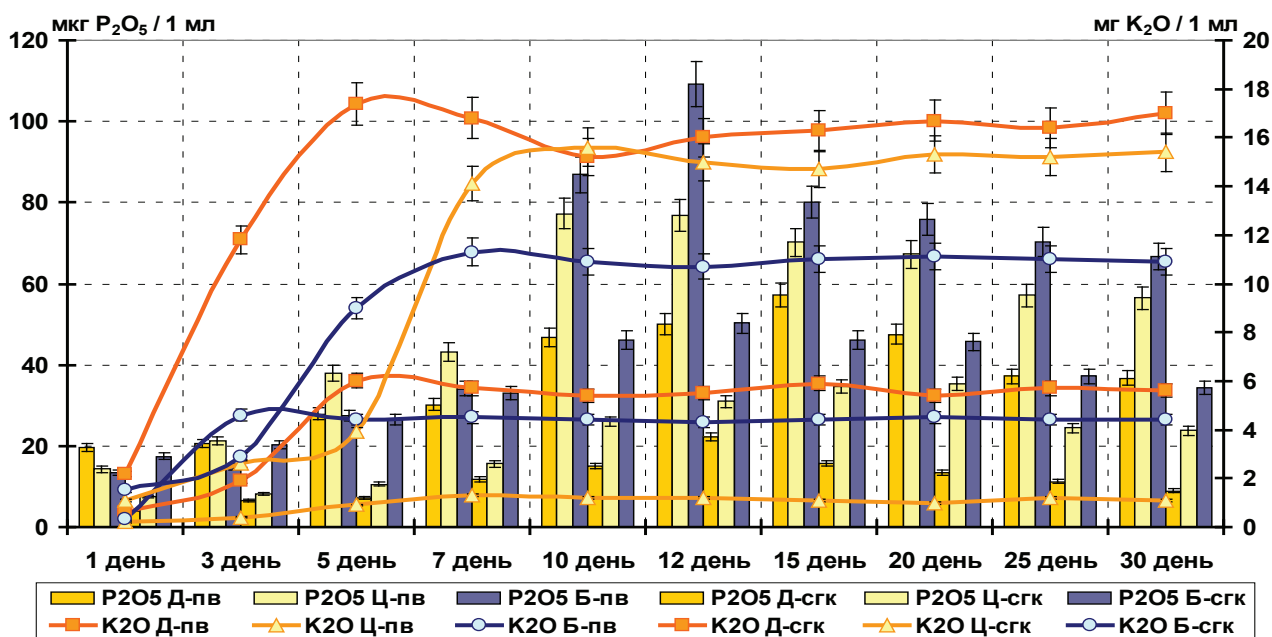


Рис. 2 - Динамика чистого микробного выщелачивания фосфатов и калия при деградации кремнийсодержащих пород аммонифицирующими и целлюлозолитическими бактериальными комплексами

менты, динамика активности которых сопровождалась одним пиком наибольшего выделения энзимов в среду. В частности, по протеазной активности в опыте с диатомитом данный пик приходился на 12-й день и составлял $26,90 \pm 0,03$ мг глицина/1 мл суспензии. Наименьшая активность рассматриваемых ферментов была установлена в опыте с цеолитовой породой, где составила $14,86 \pm 0,04$ мг глицина/1 мл на 10-й день, а наибольшая активность – в опыте с бентонитовой глиной, где составила $41,00 \pm 0,06$ мг глицина/1 мл на 20-й день культивирования.

В отношении целлюлазной активности бактериальных комплексов при биохимической деструкции кремнийсодержащих материалов была выявлена аналогичная закономерность: наибольшая активность установлена на варианте с бентонитом ($56,20 \pm 0,06$ мг глицина/1 мл), средняя – на варианте с диатомитом ($39,90 \pm 0,05$ мг глицина/1 мл) и минимальная – на варианте с цеолитовой породой ($30,43 \pm 0,02$ мг глицина/1 мл). Пики максимального проявления ферментативной активности бактерий-целлюлозолитиков приходились на 12–20-й день культивирования.

Продуцирование гидролитических ферментов рассматриваемыми бактериальными комплексами сопровождалось разрушением высококремнистых пород и выщелачиванием растворимых форм химических элементов в суспензию. Например, данные рисунка 2 характеризуют содержание растворимых форм фосфора и калия в системе «порода-культура» при динамической деградации пород изучаемыми культурами.

В экспериментах выявлено неодинаковое воздействие рассматриваемых групп микроорганизмов на породы в отношении высвобождения их фосфатов и ионов калия. Например, аммонифицирующие бактерии, культивируемые на пептонной воде, в большей степени способствовали растворению соединений фосфора, чем калия. Здесь максимальное содержание фосфатов в суспензии составило $57,28 \pm 0,16$ мкг/1 мл, $77,29 \pm 0,11$ мкг/1 мл и $109,21 \pm 0,23$ мкг/1 мл соответственно при деструкции диатомита, цеолита и бентонита. При действии целлюлозолитических микроорганизмов на данные породы содержание соединений фосфора в системе составляло $22,20 \pm 0,09$ мкг/1 мл, $35,31 \pm 0,14$ мкг/1 мл и $50,29 \pm 0,11$ мкг/1 мл соответственно.

Накопление калия в суспензии, напротив, было выше в экспериментах с целлюлозолитическими бактериями. Так, здесь наибольшее содержание калия составляло $17,4 \pm 0,6$ мг/1 мл на варианте с диатомитом (против $6,0 \pm 0,5$ мг/1 мл на аналогичном варианте при культивировании аммонифицирующих бактерий), среднее – $15,6 \pm 0,3$ мг/1 мл (против $1,3 \pm 0,2$ мг/1 мл) на варианте с цеолитом и минимальное – $11,3 \pm 0,3$ мг/1 мл (против $4,6 \pm 0,7$ мг/1 мл) на варианте с бентонитовой глиной.

Также нужно отметить неодинаковый вид динамики содержания элементов в суспензиях. В частности, если накопление растворимых форм фосфора во всех изучаемых системах «порода-культура» имело однопиковую закономерность, приходящуюся, как правило, на 10-20-й день куль-

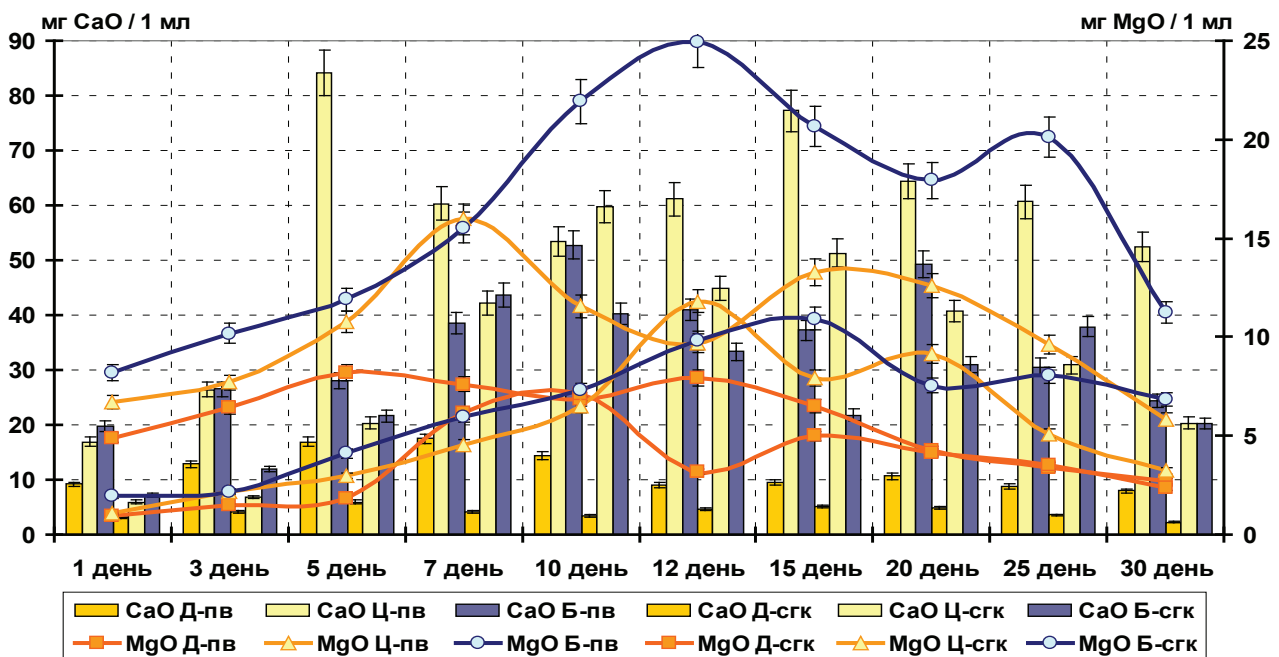


Рис. 3 - Динамика чистого микробного выщелачивания кальция и магния при деградации кремнийсодержащих пород аммонифицирующими и целлюлозолитическими бактериальными комплексами

тивирования, то в отношении содержания растворенного калия прослеживались плато его практически неизменной концентрации уже после 5-10-го дня экспозиции эксперимента.

На рисунке 3 показана 30-дневная динамика содержания в системе «порода-культура» растворимых соединений кальция и магния при минерализации высококремнистых пород изучаемыми культурами бактерий.

В экспериментах была установлена четкая двухпиковая закономерность в содержании растворимых форм кальция и магния, в которых на второй пик приходилась меньшая концентрация элемента, чем на первый. Кроме того, биохимическая активность накопительной культуры аммонифицирующих бактерий оказалась более выраженной в отношении выщелачивания из пород элементов. В частности, если содержание растворимого кальция в суспензии аммонификаторов достигало $17,50 \pm 0,23$ и $10,62 \pm 0,19$ мг/1 мл на варианте с диатомитом, $84,90 \pm 0,16$ и $77,20 \pm 0,20$ мг/1 мл на варианте с цеолитом и $52,80 \pm 0,13$ и $49,18 \pm 0,16$ мг/1 мг на варианте с бентонитовой глиной, то в суспензии целлюлозолитических бактерий накопление в растворе кальция было много ниже – $5,96 \pm 0,06$ и $5,06 \pm 0,11$ мг/1 мл, $59,79 \pm 0,22$ и $51,30 \pm 0,29$ мг/1 мл, $43,61 \pm 0,24$ и $37,91 \pm 0,27$ мг/1 мл соответственно по трем породам и по двум пикам.

В отношении содержания растворимого магния в системах «порода-культура» прослеживалась аналогичная закономерность. Если активность аммонифицирующих микроорганизмов в

деградации пород и высвобождении в раствор магния достигала по двум пикам $8,17 \pm 0,09$ и $7,92 \pm 0,10$ мг/1 мл, $15,96 \pm 0,13$ и $13,30 \pm 0,08$ мг/1 мл, $24,90 \pm 0,22$ и $20,12 \pm 0,17$ мг/1 мл соответственно по диатомиту, цеолиту и бентониту, то активность целлюлозолитических бактерий в отношении данного элемента составляла $6,14 \pm 0,07$ и $4,99 \pm 0,11$ мг/1 мл, $11,81 \pm 0,08$ и $9,16 \pm 0,13$ мг/1 мл, $10,94 \pm 0,19$ и $8,09 \pm 0,22$ мг/1 мл.

Рисунок 4 описывает содержание растворимых соединений кремния в системе «порода-культура» при динамической деградации высококремнистых пород накопительной культурой комплексов сапротрофных бактерий из дерново-подзолистой почвы.

Было выявлено, что активность деструкции изучаемых материалов была выше у бактерий-аммонификаторов, чем у целлюлозолитических микроорганизмов. При этом в отношении биохимической минерализации диатомита и бентонитовой глины прослеживалась закономерность двухпиковой концентрации растворимых соединений кремния в суспензии с увеличением их содержания ко второму пику. В частности, если в опыте с диатомовой породой содержание растворимого SiO_2 достигало $182,60 \pm 0,56$ и $207,50 \pm 0,73$ мг/1 мл, а в опыте с бентонитом – $214,26 \pm 0,43$ и $288,58 \pm 0,59$ мг/1 мл в системе аммонификаторов, то в культуре целлюлозолитических бактерий данные показатели составляли соответственно $120,19 \pm 0,21$ и $176,38 \pm 0,34$ мг/1 мл, $99,10 \pm 0,13$ и $126,53 \pm 0,78$ мг/1 мл.

Микробиологическая деградация цеолита

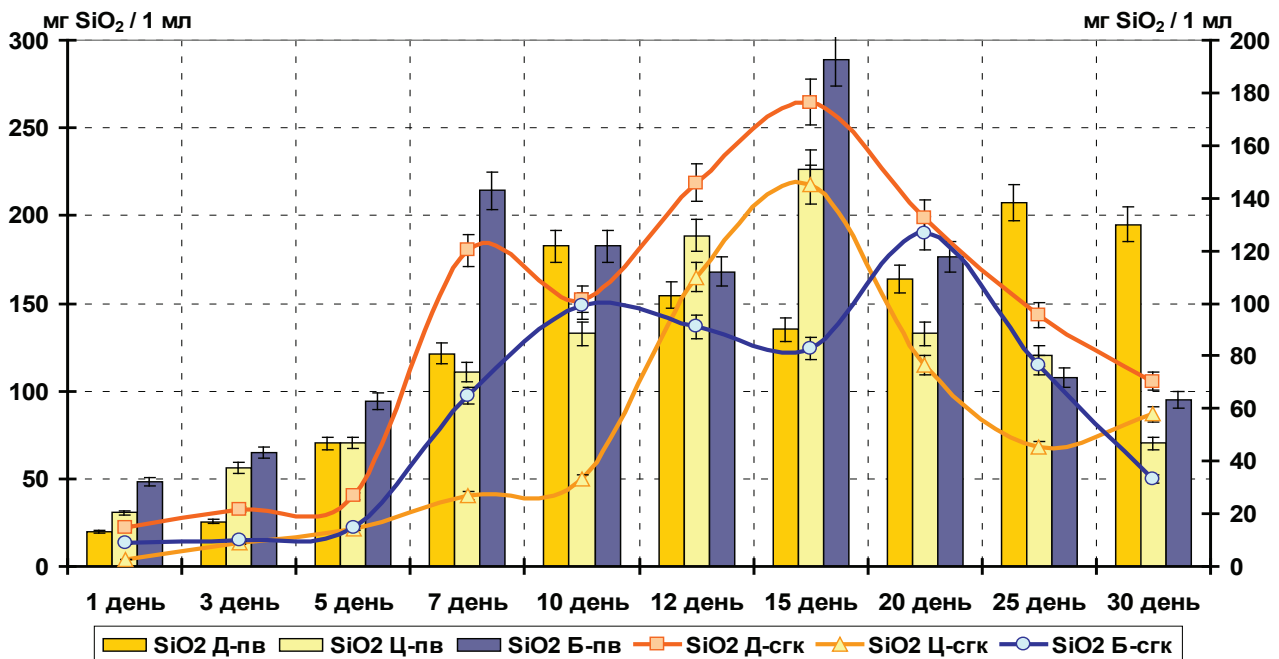


Рис. 4 - Динамика чистого микробного выщелачивания кремния при деградации кремнийсодержащих пород аммонифицирующими и целлюлозолитическими бактериальными комплексами

Таблица 2

Динамика кислотности системы «порода-культура» из кремнийсодержащих пород и различных бактериальных комплексов

рН, ед. рН	День учета кислотности									
	1	3	5	7	10	12	15	20	25	30
<i>Накопительная культура аммонифицирующих бактерий (пептонная вода)</i>										
Диатомит	7,96	8,03	8,15	8,89	8,62	8,60	8,78	8,70	8,62	9,08
Цеолит	8,00	8,08	8,09	8,73	8,57	8,71	8,40	8,72	8,59	9,25
Бентонит	8,04	8,19	8,26	8,99	8,69	8,52	8,86	8,87	8,79	9,31
<i>Накопительная культура целлюлозолитических бактерий (среда Гетчинсона-Клейтона)</i>										
Диатомит	7,14	7,20	7,53	8,67	8,00	8,01	8,03	7,98	8,61	9,18
Цеолит	7,17	7,32	7,46	8,55	7,83	8,06	8,00	8,02	8,79	9,12
Бентонит	7,96	8,01	8,24	8,20	8,33	8,42	8,48	8,30	8,82	9,36

сопровождалась одним пиком концентрации растворимых соединений кремния в суспензиях и достигала на 15-й день культивирования 226,25±0,69 мг/1 мл в аммонифицирующей культуре бактерий и 145,22±0,31 мг/1 мл в культуре микроорганизмов-целлюлозо-литиков.

В таблице 2 показана 30-дневная динамика кислотности системы «порода-культура» в зависимости от изучаемого кремнийсодержащего материала и вида разрушающих их бактериальных комплексов.

Прежде всего нужно отметить, что вариант с бентонитовой глиной в случае всех действующих на нее микроорганизмов характеризовался несколько большими значениями рН в сравнении с вариантом с диатомовой и цеолитовой породой, что, по-видимому, могло быть связано с исходны-

ми характеристиками самого бентонита.

Пики максимального увеличения рН систем приходились, как правило, на 7-й и 15-й день экспозиции экспериментов, а также на ее конец (30-й день), что, по-видимому, могло быть связано как с колебанием численности живых клеток, так и, как следствие, со снижением метаболизма в систему продуктов жизнедеятельности, в том числе экзоферментов, полисахаридов и различных органических кислот.

Кроме того, по данным таблицы 2 видно, что кислотность всех систем стремилась в сторону слабощелочного и щелочного диапазонов, что, очевидно, связано с растворением Са- и Mg-содержащих микроструктур исследуемых материалов [1, 13]. В связи с этим можно предположить, что рассмотренная выше динамика содержания растворимых соединений фосфора, кремния, а

также кальция и магния в системах «порода-культура» могла быть сопряжена не только с прямым действием метаболитов бактерий на вещество пород, но в том числе и с образованием нерастворимых оснований, а также фосфатов и карбонатов металлов, последние из которых изначально присутствуют как в составе питательных сред, так и в веществе пород.

Выводы

В результате проведенных исследований по изучению способности различных бактериальных комплексов, выделенных из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, к деградации природных высококремнистых пород была установлена как потенциальная биохимическая активность первичных сапротрофов зимогенной экологической ниши почвенного микробионаселения к деструкции вещества изучаемых веществ, так и неодинаковая их способность в отношении выщелачивания тех или иных химических элементов в раствор.

Результатом исследований явилась 30-дневная динамика системы «порода-культура» в части изменения концентраций чистого микробного выщелачивания фосфора, кремния и калия, а также кальция и магния в бактериальную суспензию при биохимической деградации вещества кремнийсодержащих материалов. Описанная способность микробных комплексов к прямому разрушению пород может свидетельствовать об их активном участии в биохимической деструкции вносимых в почву веществ с последующим высвобождением в почвенный раствор различных элементов.

Библиографический список

1. Каравайко, Г.И. Микробная деструкция силикатных минералов / Г.И. Каравайко // Юбилейный сборник научных трудов к 30-летию Института микробиологии имени Виноградского. – М., 2004. – Выпуск 12. – С. 172-196.
2. Новый штамм бактерий рода *Bacillus* и его воздействие на качественные характеристики глины / Л.В. Куис [и др.] // Труды БГТУ. Серия 4: Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2007. – Выпуск XV. – С. 205-207.
3. Decomposition of silicate minerals by *Bacillus Mucilaginosus* in liquid culture / Liu Wuxing [et al.] // Environmental Geochemistry and Health. – 2006. – №

28. – Р. 133-140.

4. Грачева, И.М. Биотехнология биологически активных веществ / И.М. Грачева, Л.А. Иванова. – М.: Элевар, 2006. – 453 с.

5. Куис, Л.В. Накопление кислот в культуральной жидкости бактерий рода *Bacillus* / Л.В. Куис, Р.М. Маркевич // Труды БГТУ. Серия 4: Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2008. – № 4, Том 1. – С. 195-198.

6. Муха, В.Д. Естественно-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности) / В.Д. Муха. – М.: КолосС, 2004. – 271 с.

7. Torsvik, V. Microbial diversity and function soil: from genes to ecosystems / V. Torsvik, L. Ovreaas // Current opinion in Microbiology. – 2002. – V. 5. – P. 240-245.

8. Безбородов, А.М. Микробиологический синтез / А.М. Безбородов, Г.И. Квеситадзе. – СПб.: Проспект Науки, 2011. – 144 с.

9. Няникова, Г.Г. *Bacillus Mucilaginosus*. Перспективы использования / Г.Г. Няникова, Е.Я. Виноградов. – СПб.: НИИХ, СПбГУ, 2000. – 124 с.

10. 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.

11. 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.

12. Матыченков, И.В. Изменение содержания подвижных фосфатов почвы при внесении активных форм кремния / И.В. Матыченков, Е.П. Пахненко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3 (23). – С. 24-28.

13. Биоготехнология металлов: практическое руководство. – М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1989. – 375 с.

14. Практикум по микробиологии / Под ред. А.И. Нетрусова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с.

15. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – 252 с.

BIOCHEMICAL ACTIVITY AND LEACHING FROM NATURAL SILICON-CONTAINING MATERIALS BY PRIMARY SAPROTROPHIC BACTERIA OF SOD-PODZOLIC SOIL

Kozlov A.V.¹,
Kulikova A.Kh.²,
Uromova I.P.¹

¹FSBEI HE «Nizhniy Novgorod State teacher training University named after K. Minin»
603950, Nizhniy Novgorod, Ulyanova St., 1;

Tel.: 8 (831) 439-00-79, e-mail: a_v_kozlov@mail.ru

²FSBEI HE Ulyanovsk SAU

432017, Ulyanovsk, Novyy Venets bld., 1;

Tel.: 8 (422) 55-95-47, e-mail: agroec@yandex.ru

Key words: high-silicon rocks, ammonifying and cellulolytic bacteria, bacterial degradation of rocks, leachants, phosphates, silicates, potassium, calcium, magnesium, sod-podzolic soil.

In laboratory experiments, bacterial degradation of three high-silicon rocks (diatomite, zeolite and bentonite clay) by natural cumulative cultures of primary saprotrophic microorganisms isolated from sod-podzolic light loamy soil was studied. The research was carried out on the basis of the scientific and educational center "Biotechnology" and the laboratory complex "Ecological and Analytical Laboratory for Monitoring and Environmental Protection" of Minin University (Nizhniy Novgorod). As a result of the experiments, the ability of ammonifying and cellulolytic bacteria was established to conduct mineralization of siliceous materials with the release into a soluble state of phosphates, silicates, as well as potassium, calcium and magnesium. Zeolite released the largest amount of calcium (up to 84,90 mg / ml and up to 59,79 mg / ml, respectively), silicon (226,25 mg / ml and up to 145,22 mg / ml), magnesium (up to 15,96 mg / ml and up to 11,81 mg / ml). In case of biochemical degradation by saprotroph cultures of bentonite clay, the greatest amount of phosphorus (up to 109,21 and 50,29 μg / ml) and silicon (up to 288,58 and 126,53 mg / ml) transferred into the solution. Bacterial destruction of diatomite rock was accompanied by a greater dissolution of potassium compounds (up to 6,0 mg / ml and up to 17,4 mg / ml) and silicates (up to 207,50 mg / ml and 176,38 mg / ml) under the influence of ammonifying and cellulolytic bacteria. Thus, on the basis of direct effect of metabolism of various saprotrophic microorganisms isolated from the soil on natural highly siliceous materials, we can judge about their active participation in the biochemical degradation of the latter when they are introduced into the soil, followed by the release of various elements into the soil solution.

Bibliography

1. Karavayko, G.I. Microbial destruction of silicate minerals / G.I. Karavaiko // Anniversary collection of scientific works dedicated to the 30th anniversary of Institute of Microbiology named after Vinogradsky. - M., 2004. - Issue. 12. - P. 172-196.
2. A new strain of bacteria of Bacillus genus and its effect on the qualitative characteristics of clay / L.V. Kuis [et al.] // Scientific works of BSTU. - Series 4: Chemistry, technology of organic substances and biotechnology. - 2007. - Issue. XV. - P. 205-207.
3. Decomposition of silicate minerals by Bacillus Mucilaginosus in liquid culture / Liu Wuxing [et al.] // Environmental Geochemistry and Health. - 2006. - No. 28. - P. 133-140.
4. Gracheva, I.M. Biotechnology of biologically active substances / I.M. Gracheva, L.A. Ivanova. - Moscow: Elevar, 2006. - 453 p.
5. Kuis, L.V. Accumulation of acids in the culture fluid of bacteria of Bacillus genus / L.V. Kuis, R.M. Markevich // Scientific works of BSTU. - Series 4: Chemistry, technology of organic substances and biotechnology. - 2008. - No. 4. - V. 1. - P. 195-198.
6. Mukha, V.D. Natural-anthropogenic evolution of soils (general patterns and zonal features). - Moscow: Koloss, 2004. - 271 p.
7. Torsvik, V. Microbial diversity and function soil: from genes to ecosystems / V. Torsvik, L. Ovreas // Current opinion in Microbiology. - 2002. - V. 5. - P. 240-245.
8. Bezborodov, A.M. Microbiological synthesis / A.M. Bezborodov, G.I. Kvesitadze. - St. Petersburg.: Prospekt Nauki, 2011. - 144 p.
9. Nyanikova, G.G. Bacillus Mucilaginosus. Prospects of use / G.G. Nyanikova, E.Ya. Vinogradov. - St. Petersburg: SRIP, St.Petersburg State University, 2000. - 124 p.
10. 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. - No. 7. - P. 84-96.
11. 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. - No. 2 (10). - P. 23.
12. Matychenkov, I.V. Change in the content of mobile soil phosphates when applying active forms of silicon / I.V. Matychenkov, E.P. Pakhnenko // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2013. - No 3 (23). - P. 24-28.
13. Biogeotechnology of metals: practical guidance. - Moscow: Center of International Projects of the State Committee of Science and Technology, 1989. - 375 p.
14. Practical course on Microbiology / edited by A.I. Netrusov. - Moscow: Publishing Center «Academy», 2005. - 608 p.
15. Khaziev, F.Kh. Methods of soil enzymology / F. Kh. Khaziev. - Moscow: Nauka, 2005. - 252 p.