

## **ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТОВ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ЦИНКОМ**

**Семенова И.Н., Зулкарнаев А.Б.**

ГАНУ «Институт региональных исследований» Академии наук  
Республики Башкортостан, Сибай, Республика Башкортостан,  
ifalab@rambler.ru

*Изучение ферментативной активности почв, загрязненных Zn, показало, что при концентрации этого металла, равной 1 и 5 ПДК, не происходило уменьшения активности уреазы и протеазы. При увеличении содержания цинка до 10 ПДК активность уреазы на удобренной почве снижалась на 17 %, протеазы – на 50 %, а целлюлазы – на 30 % от активности на незагрязненной почве. Применение органических удобрений в сочетании с цеолитами позволило снизить отрицательное действие цинка на ферментативную активность почвы. По отношению к загрязнению почвы цинком наиболее чувствительной оказалась протеазная активность, менее чувствительной - уреазная активность, и слабо реагировала целлюлазная активность. По отношению к уреазе проявились в наибольшей степени протекторные свойства цеолитов.*

*Ключевые слова: ферментативная активность почв, цеолиты.*

## **EFFECT OF ZEOLITE PER ENZYMATIC ACTIVITY IN ORDINARY CHERNOZEM IN THE PRESENCE OF ZINC**

**Semenova I.N., Zulkarnaev A.B.**

*Institute of regional researches, Academy of sciences of Republic Bashkortostan, Sibaj, e-mail: , [ifalab@rambler.ru](mailto:ifalab@rambler.ru)*

*The study of the enzymatic activity of soils contaminated with Zn, showed that the concentration of this metal is equal to 1 and 5 maximum permissible concentration not going to reduce the activity of urease and protease. With increasing Zn content up to 10 maximum permissible concentration urease activity in the unfertilized soil was reduced by 17%, the protease activity - by 50%, and cellulase activity - 30% of the activity in uncontaminated soil. The use of organic fertilizers in combination with zeolites allowed reducing the negative effect of Zn on the enzymatic activity of the soil. In relation to the contamination of soil Zn was the most sensitive protease activity, less sensitive - urease activity, and reacted weakly cellulase activity. In relation to the urease appeared most tread properties of zeolites.*

*Key words: enzymatic activity of soil, zeolites.*

Развитие цивилизации и рост урбанизации вызывают усиление вмешательства человека в природный комплекс. Вследствие нарушения естественных ландшафтов, загрязнения разнообразными твердыми, жидкими и газообразными отходами снижается устойчивость территорий, повышается степень экологического риска для всех компонентов окружающей среды, в том числе для почв. Мощным антропогенным фактором деградации почв является загрязнение их тяжелыми металлами (ТМ) в результате деятельности предприятий горнорудной промышленности [3].

В последнее время разрабатываются и испытываются способы очистки почв от тяжелых металлов и приемы предотвращения распространения их по профилю почвы. В частности, для сдерживания поступления загрязнителя в

почву применяются природные сорбенты, относящиеся к группе минеральных алюмосиликатов, – цеолитовые минералы [2]. Использование в земледелии высококремнистых пород (цеолитов, диатомитов и др.), обладающих рядом агрономически ценных свойств, в последнее время в связи с ростом цен на минеральные удобрения приобретает все больше сторонников. Цеолиты – экологически безопасный минерал осадочного происхождения, основу которого составляют кремнийсодержащие остатки диатомовых водорослей, простейших морских организмов. Одним из наиболее ценных свойств цеолитов, является селективное поглощение ими катионов тяжелых металлов. Внесение в почву цеолитов способствует обогащению прикорневого слоя питательными веществами, улучшению аэрации, влагоудерживающей и поглотительной способности, структуры и водно-физических характеристик почв, снижению их кислотности [4,5], а также повышению микробиологической и ферментативной активности [1,6,8].

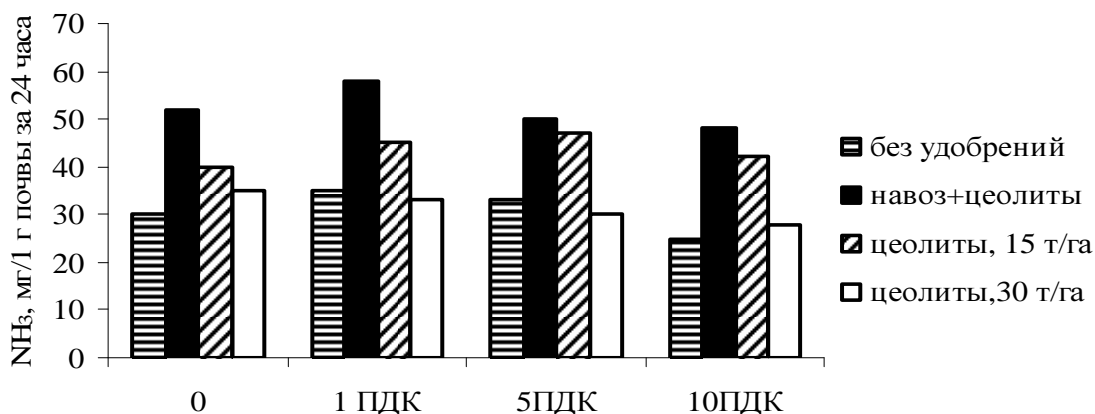
**Цель работы** – изучить ферментативную активность почв, загрязненных цинком, в присутствии цеолитов Тузбекского месторождения и органических удобрений.

**Объекты и методы исследования.** Исследования проводились в течение вегетационного периода 2009 г. на опытном участке ГАНУ Института региональных исследований Академии наук Республики Башкортостан, засеянном яровой пшеницей. Тип почвы – чернозем обыкновенный. Цинк вносили в форме ацетата в концентрации 1, 5 и 10 ПДК. Контролем служила незагрязненная почва без удобрений и мелиорантов. Повторность опытов 3-кратная. Уреазную активность определяли по методу Т.А.Щербаковой (1983), протеазную активность – по Ф.Х. Хазиеву и Я.М. Агафаровой (1975), целлюлозоразлагающую активность почв аппликационным методом [7]. При оценке статистической достоверности полученных данных использовали t-критерий Стьюдента,  $p \geq 0,05$ .

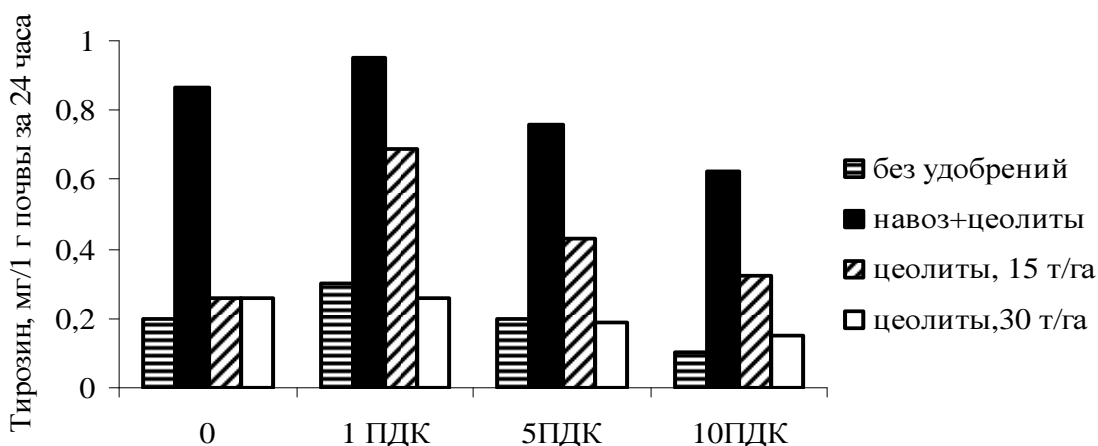
**Результаты.** Цинк – важнейший биоэлемент, значение которого для растения трудно переоценить. Одна из важнейших функций цинка в клеточном метаболизме – регуляция ростовых процессов у растений. Цинк принимает непосредственное участие в процессе дыхания, влияет на метаболизм углеводов, протеинов и фосфатов, а также на синтез ДНК, РНК и ауксинов. Является катализатором и активатором многих процессов. Он входит в состав фермента карбоангидразы, который расщепляет угольную кислоту на углекислый газ и воду, активирует каталазу, пероксидазу, липазу, протеазу, инвертазу. Недостаток этого элемента приводит к нарушению обмена веществ у растений: задерживается образование сахарозы и крахмала, происходит накопление минерального фосфора и уменьшение фосфорорганических соединений, нарушается процесс образования хлорофилла.

В условиях возрастающей антропогенной нагрузки на почвы цинк в больших концентрациях может выступать в роли загрязнителя. В условиях цинкового загрязнения отрицательное влияние этого металла на физиологические процессы в растениях и микроорганизмах, прежде всего, связано с отсутствием физиологических барьеров к его избыточному поглощению.

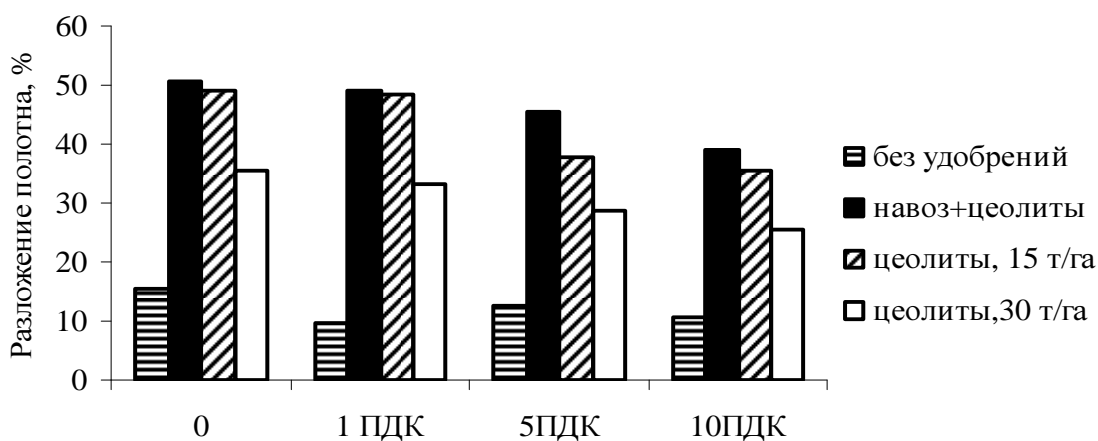
Результаты исследований по влиянию цинка на ферментативную активность почв показаны на рисунке 1.



А



Б



В

Рис. 1. Влияние цеолитов и органических удобрений на ферментативную (А – уреазную, Б – протеолитическую, В – целлюлозолитическую) активность почвы, загрязненной цинком.

Выраженного угнетающего воздействия цинка на активность уреазы не наблюдали. Более того, при концентрации 1 и 5 ПДК происходило увеличение активности фермента в 1,1 раза, и только лишь при 10 ПДК – отмечено снижение на 17 % (рис. 1,А). Наблюдалось ярко выраженное положительное влияние внесенных удобрений на показатели активности уреазы как при загрязнении почвы цинком, так и без него. Наибольшая активность фермента была отмечена на органо-цеолитном фоне (в 1,7 раз выше, чем на фоне без удобрений), меньшая – на цеолитном. На загрязненной почве была установлена защитная роль внесенных удобрений по отношению к активности уреазы. Совместное добавление навоза с цеолитами в почву, содержащую цинк в концентрации 10 ПДК, повышало активность фермента в 1,9 раз по сравнению с неудобренной загрязненной почвой.

Загрязнение почв цинком приводило к существенному снижению протеазной активности, особенно при высоких концентрациях, равных 10 ПДК (до 50 % от контроля), хотя при 1 ПДК имело место, напротив, повышение активности этого фермента (рис. 1, Б). Внесение удобрений оказало значительное положительное влияние на протеазную активность. В почвах, содержащих органические удобрения в сочетании с цеолитами, было отмечено превышение ферментативной активности в 4,3 раза по сравнению с неудобренной почвой. На загрязненных почвах эта величина составляла 3,2 раза при 1 ПДК, 3,8 раз при 5 ПДК и 6,2 раза при 10 ПДК по сравнению с аналогичной загрязненной почвой, но без внесения удобрений. При использовании цеолитов в количестве 15 т/га превышение активности фермента по сравнению с неудобренной почвой составило 1,3 раза в незагрязненной почве, 2,3 раза при 1 ПДК, 2,1 раза при 5 ПДК и 3,2 раза при 10 ПДК. В случае содержания цеолитов, равного 30 т/га, превышение имело место только при загрязнении, равном 10 ПДК. Внесение в почву цеолитов в сочетании с органикой существенно увеличивало активность фермента, в то время как при внесении только цеолитов данный эффект был выражен в значительно меньшей степени. Как и в случае уреазы, наибольшим протекторным действием по отношению к протеазе обладали цеолиты в количестве 15 т/га: если в случае совместного внесения цеолитов и органики при 10 ПДК цинка активность составила 72 %, а в случае цеолитов в количестве 30 т/га – 58 % от контроля, то при использовании цеолитов в количестве 15 т/га – даже увеличилась на 24 %.

Загрязнение почвы цинком приводило к некоторому снижению целлюлозолитической активности по сравнению с незагрязненными образцами: активность составила при 1 ПДК – 60 %, при 5 ПДК – 80 %, при 10 ПДК – 70 % от контрольного значения. Внесение удобрений оказало

значительное положительное влияние на целлюлозолитическую активность (рис. 1, В). В незагрязненных почвах, содержащих навоз в сочетании с цеолитами, было отмечено увеличение ферментативной активности в 3,3 раза, в то время как на загрязненных почвах это увеличение составило 5,1 раза при 1 ПДК, 3,6 раза при 5 ПДК и 3,7 раза при 10 ПДК по сравнению с аналогичной загрязненной почвой, но без внесения удобрений. При использовании цеолитов в количестве 15 т/га увеличение активности фермента составило 3,2 раза в незагрязненной и от 3,0 до 5,1 раз в загрязненной почве. В случае использования цеолитов в количестве 30 т/га данный эффект был также положительным. Внесение в почву цеолитов в сочетании с органикой обладало наиболее высоким протективным действием. Следовательно, применение органических удобрений в сочетании с цеолитами позволило снизить отрицательное действие цинка на целлюлазную активность почвы. Но по сравнению с протеазой и уреазой данное воздействие было менее выражено.

Таким образом, по отношению к загрязнению почвы цинком очень чувствительной оказалась протеазная активность, менее чувствительной – уреазная активность, и слабо реагировала целлюлазная активность. По отношению к уреазе проявились в наибольшей степени протекторные свойства цеолитов.

#### Литература

1. Гафарова Е.В., Зарипова С.К. Влияние цеолитсодержащей породы и эспарцета на биологические параметры выщелоченного чернозема, загрязненного смесью углеводов // Вестник СамГУ. – Естественнонаучная серия. – 2005. – №6(40). – С. 146-157.
2. Голохваст К.С., Паничев А.М., Гульков А.Н., Анисимова А.А. Перспективы биомедицинского использования природных минералов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т.11. – №1(2). – С. 208-211.
3. Зулкарнаев А. Б., Ильбулова Г.Р., Семенова И.Н., Суюндуков Я.Т. Тяжёлые металлы в почвах города Сибай // Аграрная наука. – 2011. – № 4. – С.10-11.
4. Исламгулова Г.Е., Суюндукова М.Б., Суюндуков Я.Т., Мухаметдинова Г.А. Влияние природных цеолитов на плодородие почв и продуктивность сельскохозяйственных культур // Аграрная наука. – 2008. – №7. – С. 21–23.
5. Мухаметдинова Г.А., Суюндукова М.Б. Влияние внесения различных доз природного цеолита на структурно-агрегатный состав чернозема обыкновенного // Вестник Оренбургского государственного университета. Проблемы Южного Урала. Часть 2. Специальный выпуск (75). – 2007. – С. 231–233.
6. Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р., Суюндуков Я.Т., Зулкарнаев А.Б. Влияние природных цеолитов на функциональную активность микробных сообществ, загрязненных тяжелыми металлами // Аграрная наука. – 2011. – №2. – С. 12-14.
7. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. – 252 с.

8. Шурубикова А.А. Влияние природных цеолитов на *Saccharomyces cerevisiae*: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Улан-Удэ, 2004. – 23 с.

Рецензенты: Янтурин С.И., д.б.н., профессор,  
зав. кафедрой экологии, Сибайский институт (филиал) ГОУ ВПО  
«Башкирский государственный университет, г. Сибай.

Мазгаров И.Р., д.б.н., профессор,  
зав. кафедрой физиологии человека и животных, Сибайский институт  
(филиал) ГОУ ВПО «Башкирский государственный университет», г. Сибай.