

УДК 628.31

¹З.М. Бияшева*, ²Н.А. Ибрагимова, ¹Н.А. Кенжебаев, ²А.А. Сенник¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан²Казахстанско-Немецкий Университет, г. Алматы, Казахстан*e-mail: zarbiya@mail.ru**Изучение возможностей использования таурита в очистке сточных вод**

Статья посвящена проблемам очистки сточных вод от тяжелых металлов при помощи природных сорбентов, одним из которых является таурит. Представлены экспериментальные данные по изучению возможностей очистки вод, загрязненных алюминием, с использованием таурита. Установлено, что таурит оказывает модулирующее влияние на качество воды, что сопровождается улучшением гидрологических показателей, уменьшением концентрации алюминия в воде и снижением ее цитотоксичности.

Ключевые слова: таурит, сорбент, алюминий, сточные воды.

З.М. Бияшева, Н.А. Ибрагимова, Н.А. Кенжебаев, А.А. Сенник

Ақаба су тазартуындағы тауриттің мүмкіндіктері

Мақала ақаба суды табиғи сорбенттер (таурит) көмегімен ауыр металдардан тазарту мәселелеріне арналған. Алюминий арқылы ластанған суды таурит қолдануымен тазарту мүмкіндіктерін зерттеуіне арналған эксперименталді мәліметтер келтірілген. Таурит судың сапасына жақсы ықпал ететіні анықталды, бұл гидрология көрсеткіштің жақсартуы, судағы алюминий концентрациясын төмендетуі және судың жасушаға улы әсерін төмендетуі.

Түйін сөздер: таурит, сорбент, алюминий, ақаба су.

Z.M. Biyasheva, N.A. Ibragimova, N.A. Kenzhebeyev, A.A. Sennik

Exploring opportunities of taurit in wastewater treatment

The article covers the sewage treatment from heavy metals using natural sorbents, such as taurit. The possibilities of using taurit for the treatment of wastewater contaminated with aluminum are given in the experimental data. It was found that taurit has modulating effect on the quality of water that is accompanied by improvement of hydrological indicators, reducing the concentration of aluminum in water and decreases its cytotoxicity.

Keywords: taurit, sorbent, aluminum, sewage.

Алюминиевая токсичность проявляется во всех формах жизни, в том числе у людей, животных, растений, и вызывает широкий спектр проявлений деградации окружающей среды и здоровья населения. Алюминий используется в большом количестве техногенных процессов, что приводит к загрязнению водной экосистемы.

Так, расположенный в России Кандакшский алюминиевый комбинат имеет длительную историю развития, при этом в последние годы в связи с вводом очистных технологий, происходит уменьшение техногенных выбросов от этого производства. Проведенный сравнительный анализ уровня загрязнения почвы за последние десять лет показал, что концентрация алюминия снизилась только в непосредственной близости от завода (до 2 км). Высокие концентрации

алюминия, однако отмечены в твердой фазе почвы на расстоянии 5 км от предприятия. Установлены закономерности изменения численности и биомассы основных групп микроорганизмов, в частности, выбросы алюминиевого комбината препятствуют развитию грибковой биоты почв [1].

Исследование воды шести рек города Сиань (провинция Шэньси, Китай) позволило установить, что средняя концентрация общего алюминия увеличилась в 1,6 раза с 2008 по 2010 годы и была в диапазонах от 367 мкг/л (река Бахе) до 1978 мкг/л (река Тайпин). При этом, самая высокая концентрация алюминия была в воде вблизи промышленной зоны целлюлозно-бумажного комбината и составляла 2773 мкг/л, что превышает критерии качества воды: в США - 87 мкг/л и Канаде - 100 мкг/л. Известно, что концентрация

неорганического алюминия 72 мкг/л представляет угрозу для водных организмов [2].

Подкисление почв приводит к поступлению токсичного неорганического мономерного алюминия (Al) в водные экосистемы. Установлено, что хвойные деревья и широколиственные леса повышают кислотность атмосферных осадков, усугубляя подкисления почвы и воды. Концентрации всех видов алюминия (общего, органического и неорганического) положительно коррелируют с площадью лесного покрова [3].

Разнообразные исследования показывают, что у млекопитающих алюминий приводит к окислительному стрессу, нейротоксичен, вызывая нейродегенеративные расстройства, такие, как болезнь Альцгеймера и болезни Паркинсона [4].

В исследовании показано, что воздействие алюминия на белого амура (*Ctenopharingodon idella*) приводит к его биоаккумуляции в организме и как результат окислительному стрессу (возрастание на 300 и 455 % от уровня спонтанного перекисного окисления липидов и снижение активности СОД и каталазы), оказывает нейротоксическое действие (увеличение на 55 и 155% допамина и адреналина) [5].

В данной статье исследованы изменения гидрологических показателей, вызываемые действием алюминия, совместным действием алюминия и таурита. На тест-объекте *Allium serpa* проведены эксперименты по изучению закономерностей действия алюминия и таурита на ростовые процессы растения. Приведены экспериментальные данные по влиянию таурита на содержание алюминия в образцах воды.

Материалы и методы

Образцы воды анализировали по общепринятым методикам. В ходе исследования измерялись гидрологические показатели, такие, как электропроводимость,

pH и уровень растворенного кислорода. Во всех образцах воды определяли концентрацию алюминия с помощью атомно-адсорбционной спектrophотометрии по стандартным методикам. К тому же, проводили исследования с использованием лука *Allium serpa*.

Результаты и их обсуждение

При исследовании в качестве контроля использовали питьевую воду. Вторую группу образцов воды составила та же вода, но с добавлением дополнительных количеств алюминия. Третью группу представили образцы воды из второй группы, но в эти пробы добавлялся также таурит.

В образцах воды определяли гидрологические показатели: электропроводимость, уровень растворенного кислорода и pH (табл. 1). Электропроводимость в контрольной воде была наименьшей, составив 164,6 мкS/см. Добавление алюминия способствовало увеличению электропроводимости до 774,6 мкS/см. В присутствии алюминия и таурита в воде одновременно наблюдались достоверно значимые превышения электропроводимости в 8,4 раза по сравнению с питьевой водой и в 1,8 раз по сравнению с образцами воды из второй группы.

Уровень растворенного кислорода снижался в ходе опыта: его содержание в контрольной воде - 3,9 мг/дм³; в воде с алюминием - 2,2 мг/дм³; в воде и с алюминием, и с тауритом - 2,0 мг/дм³. Как видно из таблицы, достоверно значимые снижения уровня растворенного кислорода наблюдаются и во второй, и в третьей группах проб воды по сравнению с контролем: в 1,8 раз и в 1,9 раз соответственно. Интересным образом изменялась кислотность в пробах воды. Например, при добавлении алюминия в водопроводную воду pH изменилась от 7,7 до 4,1. Присутствие таурита способствовало обратному увеличению кислотности.

Таблица 1 - Гидрологические показатели образцов воды при добавлении алюминия и таурита

№	Группы образцов воды	Электропроводимость, мкS/см	Кислород, мг/дм ³	pH (кислотность)
1	H ₂ O (контроль)	164,6±0,2	3,9±0,2	7,7±0,0
2	H ₂ O + Al	774,6±7,3***	2,2±0,1***	4,1±0,0
3	H ₂ O + Al + таурит	1383,6±9,8*** ^{○○○}	2,0±0,2***	7,1±1,6

В контрольной воде содержание алюминия составило 28,45 мкг/л (табл. 2). При внесении дополнительных количеств данного металла в эту же воду концентрация увеличилась до 178,42 мкг/л, что достоверно превышает предыдущую концентрацию в 6,3 раза. Однако, при добавлении таурита концентрация алюминия уменьшилась до 58,14 мкг/л, что достоверно меньше в 3 раза по сравнению с концентрацией алюминия в образцах воды второй группы.

Таблица 2 - Концентрации алюминия в трех группах образцов воды

№	Группы образцов воды	Концентрация, мкг/л
1	H ₂ O (контроль)	28,45±7,14
2	H ₂ O + Al	178,42±8,58***
3	H ₂ O + Al + таурит	58,14±6,12*°°°

Результаты исследований, проведенных на *Allium cepa*, показали, что длина корешков достоверно уменьшается приблизительно в 5 раз при добавлении в водопроводную воду алюминия по сравнению с длиной корешков луковиц, выращенных в контрольной воде (табл. 3). Добавление таурита в воду, загрязненной алюминием, привело к увеличению длин корешков луковиц до 4,25 см, в то время как в контрольной воде их длина составила 1,97 см, в воде с алюминием без таурита – 0,38 см. Как видно, при выращивании луковиц в комплексе «H₂O + Al + таурит» происходит достоверно значимое увеличение длины корешков в 2 раза по сравнению с контролем и в 11,2 раза в сравнении с длиной корешков луковиц, выращенных в образцах воды второй группы (H₂O + Al).

Таблица 3 - Показатели длин корешков лука - *Allium cepa*

№	Группы образцов воды	Длина, М±m, см
1	H ₂ O (контроль)	1,97±0,24
2	H ₂ O + Al	0,38±0,02***
3	H ₂ O + Al + таурит	4,25±0,61**°°°

По данным ряда авторов известно, что при мониторинге загрязнения водоемов тяжелыми металлами наиболее информативным является изучение состояния биологических организмов

– индикаторов. С использованием атомной эмиссионной спектроскопии установлено, что у карпа - *Cirrhinus mrigala* наибольшая концентрация алюминия отмечается в мышечной ткани, на втором месте – жабры, затем почки, мозг и печень [6].

На основе гистологических и морфометрических исследований жабер радужной форели *Salmo gairdneii* установлена взаимосвязь между содержанием алюминия в воде и ее кислотности. Так, низкие уровни алюминия и пониженная кислотность приводят к гипертрофии хлоридных клеток. Напротив, более высокие показатели концентрации алюминия в воде приводят к их некрозу и снижению их количества с течением времени. Наиболее выраженные патологические изменения в жаберной ткани наблюдались при условиях кислотности воды 5,2. Морфологические изменения проявляются в гиперплазии первичного и вторичного жаберного эпителия, сокращении пространства между ламеллами (до 40% в течение 14 суток), и как результат снижение эффективности газообмена. Низкие уровни алюминия в воде могут оказывать защитное действие при высоких показателях водородных ионов [7].

В исследовании проведено сравнительное изучение уровня накопления алюминия в растениях, произрастающих на территории свалки химических отходов и в Национальном парке Польши (Wielkopolski National Park), ландшафтном парке Рогалин (Rogalin), на прудах Дебина (Dębina). Концентрации алюминия составляли 464,7±10,7 мг/кг в корнях полыни обыкновенной *Artemisia vulgaris* и 146,8±1,2 мг/кг в листьях люцерны посевной *Medicago sativa*, произрастающих на территории свалки. Определение концентрации алюминия выявило высокий его уровень в образцах водной фракции почвы и листьях березы повислой *Betula pendula*, произрастающих в парковых зонах. Так, максимальная концентрация алюминия отмечалась в почве и составляла 234,8±4,8 мг/кг, в листьях березы - 107,4±1,8 мг/кг [8].

В процессе производства алюминия образуются сточные воды с высоким содержанием алюминия. Так, предложен способ его связывания, который состоит из нескольких стадий: первая - стадия

разбавления, вторая – нейтрализации до pH 12, что индуцирует осаждение алюминия, третья – промывка деионизированной водой. В результате достигается восстановление алюминия до 82%, присутствующего в сточных водах с высокой степенью чистоты (99,5%) [9].

В ходе эксперимента авторами было установлено, что добавление таурита в воду приводит к уменьшению концентрации алюминия в воде. Более того, вода с тауритом положительно влияет на ростовые процессы *Allium cepa*, даже при условии, что вода прежде была загрязнена алюминием.

Литература

1. Evdokimova G.A., Korneikova M.V., Mozgova N.P. Changes in the properties of soils and soil biota in the impact zone of the aerotechnogenic emissions from the Kandalaksha aluminum smelter // Eurasian Soil Science. – 2013. – V.46.- №10. – P. 1042-1048.
2. Wang D., He Y., Liang J., Liu P., Zhuang P. Distribution and source analysis of aluminum in rivers near Xi'an City, China // Environmental Monitoring and Assessment. – 2013. – V.185. - №2. – P. 1041-1053.
3. Ryan J.L., Lynam P., Heal K.V., Palmer S.M. The effect of broadleaf woodland on aluminum speciation in stream water in an acid-sensitive area in the UK // Sci. Total Environ. – 2012. - №15. – P. 321-331.
4. Komatsu F., Kagawa Y., Kawabata T., Kaneko Y., Chimedregzen U., Purvee B., Otgon J. A high accumulation of hair minerals in Mongolian people: 2(nd) report; influence of manganese, iron, lead, cadmium and aluminum to oxidative stress, Parkinsonism and arthritis. Curr. Aging. Sci. – 2011. - 4(1). - P. 42-56.
5. Fernández-Dávila M.L., Razo-Estrada A.C., García-Medina S, Gómez-Oliván L.M., Piñón-López M.J., Ibarra R.G., Galar-Martínez M. Aluminum-induced oxidative stress and neurotoxicity in grass carp (*Cyprinidae--Ctenopharingodon idella*) // Ecotoxicol. Environ. Saf. – 2012. - 76(2). - P. 87-92.
6. Sivakumar S., Khatiwada C.P, Sivasubramanian J. Bioaccumulations of aluminum and the effects of chelating agents on different organs of *Cirrhinus mrigala* // Environ. Toxicol. Pharmacol. – 2012. - 34(3). – P. 791-800.
7. Evans R. E., Brown S.B., Hara T.J. The effects of aluminum and acid on the gill morphology in rainbow trout, *Salmo gairdneii* // Environmental Biology of Fishes. -1988. – V. 22. - №4. – P. 299-311.
8. Frankowski M., Ziola-Frankowska A., Siepak J. From soil to leaves - aluminum fractionation by single step extraction procedures in polluted and protected areas // J. Environ. Manage. – 2013. - V.30. - №127. – P. 1-9.
9. Tansens P., Rodal A.T., Machado C.M., Soares H.M. Recycling of aluminum and caustic soda solution from waste effluents generated during the cleaning of the extruder matrixes of the aluminum industry. J. Hazard Mater. – 2011. - 187(1-3). – P. 459-65.

УДК 628.31

¹З.М. Бияшева*, ²Н.А. Ибрагимова, ¹Р.Б. Есенов
¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
²Казахстанско-Немецкий Университет, г. Алматы, Казахстан
 *e-mail: zarbiya@mail.ru

Использование каспийского рака в качестве биоиндикатора прибрежной зоны города Актау

Проведены макроскопические и морфометрические исследования каспийского рака (*Astacus caspius*) в целях биоиндикации качества окружающей среды исследуемой зоны. Установлено, что выборка из 25 особей двухлетнего возраста поражена септоцилиндрозом, вызванным грибом *Mycosis astacorom*. Вероятно обнаруженная задержка регенерации органов и их недоразвитие обусловлены заражением грибом. Внешне это проявляется в морфологических уродствах и асимметрии строения тела раков. Приведенные факты свидетельствуют о загрязнении, в основном связанном с промышленными и бытовыми отходами.

Ключевые слова: Каспийское море, толстопалый рак, морфометрия, септоцилиндроз.

З.М. Бияшева, Н.А. Ибрагимова, Н.А. Кенжебаев, А.А. Сенник

Актау қаласының жағалық зонасының биоиндикаторы ретінде каспийлік шаянды пайдалану

Зерттеу зонасының қоршаған орта сапасын биоиндикациялау мақсатында каспийлік шаянға (*Astacus caspius*) макроскопиялық және морфометриялық зерттеу жүргізілді. Таңдама ретінде алынған екі жасарлық 25 өкілінде *Mycosis astacorom* саңырауқұлақтарынан туындаған септоцилиндроз зақымдалуы анықталды. Дене мүшелер регенерациясының тежелуі және толық дамымауы саңырауқұлақтармен зақымдалуына байланысты болуы мүмкін. Бұл шаян денесінің сыртқы көрінісінде морфологиялық кемтарлық және құрылысының асимметриясынан байқалады. Келтірілген деректер, негізінен өнеркәсіптік және тұрмыстық қалдықтармен байланысты ластанудың айғағы болып табылады.

Түйін сөздер: Каспий теңізі, жуан аяқты шаян, морфометрия, септоцилиндроз.

Z.M. Biyasheva, N.A. Ibragimova, R.B. Yesenov

The bioindication of the Caspian coastal zone Aktau city by using the crayfish

Were held macroscopic and morphometric studies of the Caspian crayfish (*Astacus caspius*) in order of bioindication of the quality of environmental zone. It was found that a sample of 25 individuals aged two years, strucked with septotsilindroz caused by fungus (*Mycosis astacorom*). Maybe detected regeneration delay of organs and their underdevelopment of infection was caused by a fungus. Externally it is manifested in morphological deformities and asymmetry of the body structure of crayfish. These facts show pollution, mainly related to industrial and household waste.

Keywords: Caspian Sea, thick-clawed crayfish, morphometry, septotsilindroz.

Известно, что ракообразные играют существенную роль в процессе самоочищения водоемов и служат индикаторами загрязнения окружающей среды, сапробности и эвтрофности водоемов. Нарастающая антропогенная нагрузка на экосистемы может приводить к ухудшению состояния популяции раков: сокращению численности, изменению размерно-весовых показателей, развитию эпизоотий вплоть до полного исчезновения раков в водоеме, которое, как правило, совпадает с ухудшением качества среды [1-3]. Постоянные изменения качества окружающей среды приводят к необходимости постоянного ее мониторинга, для более качественного управления средой. Одним из широко

используемых методов биологического типа мониторинга является биоиндикация [1]. Целью настоящих исследований явилось проведение макроскопического и морфометрического изучения каспийского толстопалого рака (*Astacus caspius Rathke 1837*) в условиях города Актау.

Материалы и методы

Было собрано 25 раков вида *Astacus caspius* в летнее время 2013 года на каменистом побережье г. Актау в районе 15 микрорайона, в первой половине дня при ясной погоде. Проведено их взвешивание и определены морфометрические данные по стандартным методикам [4]. Для морфо-гистологических

исследований беспозвоночные были зафиксированы в нейтральном формалине.

Результаты и их обсуждение

При внешнем осмотре выловленных раков четко различаются следующие морфологические признаки, присущие классу *Crustacea*: головогрудь, брюшко и тельсон. С дорсальной стороны головогрудь покрыта карапаксом и вытянута вперед с несколько заостренным окончанием – рострумом, по бокам которого располагаются глаза. В месте окончания рострума расположена пара антенн, длиной около 4,5-5,5 см. У основания глаз четко определяются антеннулы (2-4 шт.), отличающиеся меньшими размерами. На карапаксе присутствуют три борозды дугообразной формы: одна затылочная и две жаберно-сердечные. Затылочная борозда служит границей между головой и грудью. Жаберно-сердечные борозды находятся по бокам карапакса с двух сторон, между ними различается прямоугольной формы участок, под которым располагается сердце. С вентральной стороны головогруды различают пять пар ног, первая пара клешненосная – самая крупная и остальные – ходильные ноги. Первые три пары имеют хватательные функции, включая клешни.

Брюшко с дорсальной стороны сегментное, каждый сегмент, всего шесть, представлен выпуклыми пластинками – тергитом. С

вентральной стороны различают плавательные ноги. У самцов на первом сегменте находятся две пары ножек – гоноподы, у обоих полов на последнем абдоминальном сегменте отсутствуют ноги.

По бокам тельсона находятся уropоды, которые состоят из эндоподита и экзоподита. Тельсон и уropоды образуют плавательный плавник. Головогрудь окрашена в светло-коричневый цвет, с несколько оранжевым тоном, с темно-коричневыми вкраплениями (пятнышками). Вероятнее всего, такая окраска связана с их место обитанием (раки были выловлены на каменистом побережье). Снаружи верхняя часть клешней окрашена в зеленоватый цвет. Места сочленения ног ярко желтые, почти оранжевые, концы пальцев клешней ярко красные или бордовые.

Проведенный осмотр раков позволил предположить, что все они являются представителями вида толстопалый рак (*Caspiastacus pachypus*), который в настоящее время называется раком каспийским (*Astacus caspius*), относится к роду *Caspiastacus*, семейству *Astacidae*, отряду *Decapoda* и является эндемиком Восточного Каспия [5].

Практически у всех исследуемых раков отмечается наличие черных и (или) красно-коричневых пятен, различных размеров, самые крупные до 1 см (рисунок 1).



Рисунок 1 – Раки вида *Caspiastacus pachypus*, пораженные септоцилиндрозом

Эти пятна могут располагаться по всей поверхности тела: на хитине, конечностях, антеннах. Таких пятен может насчитываться от единичных до 6-8 на одной особи. Отдельные пятна плоские не выступают над поверхностью, другие выступают, и вокруг них может

образовываться осветленный ареал, затем на месте их формируются так называемые «дырки» преимущественно черного цвета. Эти изъязвления могут полностью проникать через хитин до внутренних органов. При условии, если эти пятна встречаются на конечностях или

антеннах, то рак может их потерять вплоть до образования культи. Пятна замечены в местах обрыва отсутствующих клешней, тем самым создаётся впечатление, что эти пятна могут препятствовать появлению новой клешни. Все эти признаки свидетельствуют о поражении популяции грибом *Mycosis astacorum*. Данный грибок вызывает заболевание, называемое септоцилиндрозом [6, 7].

На основании измерения ростовых показателей и массы тела (таблица 1) все раки исследуемой выборки из популяции были определены в одну возрастную группу. Их возраст соответствовал приблизительно 2 годам, следовательно они еще не достигли половозрелости, которая наступает лишь на третий год.

Таблица 1 – Масса тела и ростовые показатели каспийского рака (*Astacus caspius*), М±m

Показатель	Самки	Самцы
масса тела, г	9,31±1,97	14,20±1,53
общая длина, см	7,18±0,07	8,26±0,16
длина головогруды, см	3,60±0,05	4,23±0,08
ширина головогруды, см	2,02±0,04	2,30±0,05
длина брюшка, см	3,55±0,03	3,63±0,37
ширина брюшка, см	2,01±0,03	2,23±0,21
длина тельсона, см	1,20±0,01	1,40±0,1
ширина тельсона, см	2,49±0,04	2,50±0,17
Рострум, см	0,99±0,01	1,23±0,03
соотношение длины клешни к длине тела	0,66±0,01	0,58±0,01

Самцы по всем исследуемым морфометрическим показателям превосходят самок, наибольшие различия отмечены по массе тела и общей длине: на 5 граммов и 1 см соответственно. Значительная часть выловленных раков оказались самками, что согласуется с литературными данными, так как осенью количество самок увеличивается [6].

Итак, проведенное макроскопическое и морфометрическое исследование позволило

выявить, что все выловленные раки вида *Astacus caspius* соответствуют двухлетнему возрасту и поражены септоцилиндрозом, что возможно является причиной задержки регенерации органов и их недоразвитию. Внешне это проявляется в морфологических уродствах и асимметрии строения тела раков. Приведенные факты свидетельствуют о загрязнении, в основном связанным, с промышленными и бытовыми отходами.

Литература

1. Ongo G., Trovato M., Mazzei V., Ferrante M., Conti G. Ligia italica (Isopoda, Oniscidea) as Bioindicator of Mercury Pollution of Marine Rocky Coasts // PLoS. One.– 2013. -8(3). – P.1-10.
2. Wale M.A., Simpson S.D., Radford A.N. Size-dependent physiological responses of shore crabs to single and repeated playback of ship noise // Biol. Lett.-2013. -9(2).- 20121194, published 27 February 2013.
3. Allert A.L., DiStefano R.J., Fairchild J.F., Schmitt C.J., McKee M.J., Girondo J.A., Brumbaugh W.G., May T.W. Effects of historical lead-zinc mining on riffle-dwelling benthic fish and crayfish in the Big River of southeastern Missouri, USA // Ecotoxicology.-2013. -22(3). – P.506-521.
4. Длиннопалый рак – хозяйственно ценный объект промысла и аквакультуры: практикум для студентов специальности «Биология» с дополнительными специальностями / Составитель: Н. А. Лебедев. – Мозырь: УО «МГПУ им. И. П. Шамякина», 2008. – 50 с.
5. <http://www.caspianenvironment.org>
6. Культивируемые беспозвоночные. Пищевые беспозвоночные: мидии, устрицы, гребешки, раки, креветки / Супрунович А.В., Макаров Ю.Н.—Киев: Наук, думка, 1990.—264с.
7. Воронин В.Н. Современное состояние изученности болезней и паразитов речных раков // Состояние естественных запасов, воспроизводства и товарное выращивание речных раков. Сб.науч.трудов. Гос.НИОРХЛ. -1989. – Вып. 300. – С. 149-152.