

УДК: 579.68

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СОЛЁНЫХ ОЗЁР

**Воропина Д.С. студентка 4 курса бакалавриата ДО, Ажогина Н.Н.,
Егорова Н.Н.**

тел. 8(9604) 59-67-00, daria.voropina@gmail.com

ЮФУ АБиБ им. Д.И. Ивановского

Ключевые слова: токсичность, биосенсоры, галофилы, экстремофилы, соленые озера

*В ходе исследования в данном проекте были определены показатели общей токсичности одиннадцати солёных озёр Ростовской области, Краснодарского края и республики Калмыкия. В работе был использован люминесцентный биосенсор на основе штамма *Vibrio aquamarinus* ВКПМ В-11245. Результаты биотестирования общей токсичности солёных озёр показали присутствие токсикантов во всех исследуемых озёрах.*

Введение. В настоящее время отмечается нарастание показателей токсичности почвенных и водных экосистем, в том числе и солёных озёр. Ввиду антропогенного, зачастую неблагоприятного воздействия в воду этих озёр поступают различные загрязняющие вещества. Последствия такого влияния не могут остаться незамеченными. Всё это приводит к изменению естественных характеристик солёных озёр, утрате биоразнообразия и ухудшению химических и биологических характеристик данных биообъектов (Baxter, 2018).

В России много солёных озёр, донные отложения которых обладают лечебными свойствами. Ряд таких озёр был выбран для исследования в данной работе, а именно: Большое Яшалтинское, Голый Лиман, Меклетинское, Колтан-Нур, Деед-Хулсун, Маныч-Гудило, Пелёнкино, Чокрак, Сакское, Солёное и Сукко. Солёность всех этих озёр колеблется в промежутке от 7,25‰ до 400‰. Данные объекты представляют значительный рекреационный потенциал, каждый год их

посещает множество туристов в лечебных целях. Однако хозяйственная деятельность человека, а также высокая антропогенная нагрузка вызывают опасения касательно содержания токсикантов в этих озёрах. Исследований, посвященных данной тематике, в России немного.

Водные токсикологические исследования (анализы) применяются для получения как качественных, так и количественных данных об опасном воздействии токсичных веществ на водные организмы. Тесты на токсичность могут использоваться как для оценки потенциального вреда экосистеме водоемов, так и для формирования базы данных, которая поможет в оценке рисков, связанных с конкретной ситуацией и определёнными токсикантами.

В настоящее время существует два основных метода тестирования токсичности. Одним из них является пассивная биоиндикация, в то время, как другим методом является активная индикация, или биотестирование, то есть изучение последствий неблагоприятных воздействий в стандартных условиях на наиболее чувствительных к данному фактору тест-организмах. Методы биотестирования близки к химическим, но при этом дают возможность реально оценить токсические свойства воды или другой среды, обусловленные присутствием токсикантов и их метаболитов (Измайлова, 2014).

Для мониторинга влияния различных токсичных веществ на биологические объекты в водных экосистемах могут быть использованы lux-биосенсоры, представляющие собой штаммы бактерий, содержащие рекомбинантные плазмиды с lux-оперонами (Sazykin, 2016).

Биосенсоры обладают чувствительностью к токсичным химическим соединениям и смесям веществ различной природы. Используются они для определения токсичности различной природы питьевых, поверхностных пресных, грунтовых, сточных и очищенных сточных вод, атмосферных осадков в лабораторных и полевых условиях. Биосенсорный метод основан на определении изменений интенсивности биолюминесценции биосенсора под воздействием токсических веществ, находящихся в анализируемом образце, в сравнении с контрольным образцом (Михайлова, 2007).

К основным преимуществам биосенсоров относятся специфичность (возможность анализировать сложные смеси на присутствие определенного химического вещества без предварительной очистки), высокая чувствительность, что позволяет обнаружить очень низкие концентрации вещества в очень малых образцах, быстрота, точность и безопасность в использовании (Кессених, 2017).

Поэтому целью данной работы стало определение общей токсичности донных отложений солёных озёр с помощью метода биотестирования

Материалы и методы исследований. Материалом исследования служили донные отложения 11 озёр. Исследовались озера Республики Калмыкия, Республики Крым, одно озеро Ростовской области и одно озеро Краснодарского края: озеро Большое Яшалтинское, озеро Голый Лиман, озеро Меклетинское, озеро Колтан-Нур, озеро Деед-Хулсун, озеро Маныч-Гудило, озеро Пелёнкино, озеро Чокрак, озеро Сакское, озеро Солёное, озеро Сукко.

Отбор проб осуществлялся в течение летнего периода 2023 г. Из озёр отбирали пробы донных отложений. Отбор и транспортировка пробы производилась в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000–2014.

Для определения интегральной токсичности экстрактов донных отложений ночную культуру биосенсорного штамма выращивали в жидкой среде Лурия-Бертани (LB), содержащей ампициллин, при температуре 37°C. Затем разводили ее до концентрации 10⁷ клеток/мл жидкой средой LB с ампициллином и инкубировали при 37°C в течение двух часов. В лунки 96-луночного планшета (Costar, Испания) вносили по 190 мкл бактериальной суспензии и 10 мкл экстракта донных отложений. Измерение уровня биолюминесценции проводили на микропланшетном люминометре LM-01T (Immunotech) в течение двух часов с интервалом между измерениями в 10 минут при температуре 37°C. По полученным результатам делали вывод об индексе токсичности. Методика допускает три пороговых уровня индекса токсичности:

- Допустимая степень токсичности: индекс токсичности меньше 20.

•Образец токсичен: индекс токсичности равен или больше 20 и меньше 50.

•Образец сильно токсичен: индекс токсичности равен или больше 50.

Результаты тестирования на общую токсичность представлены на рисунках 1 и 2.

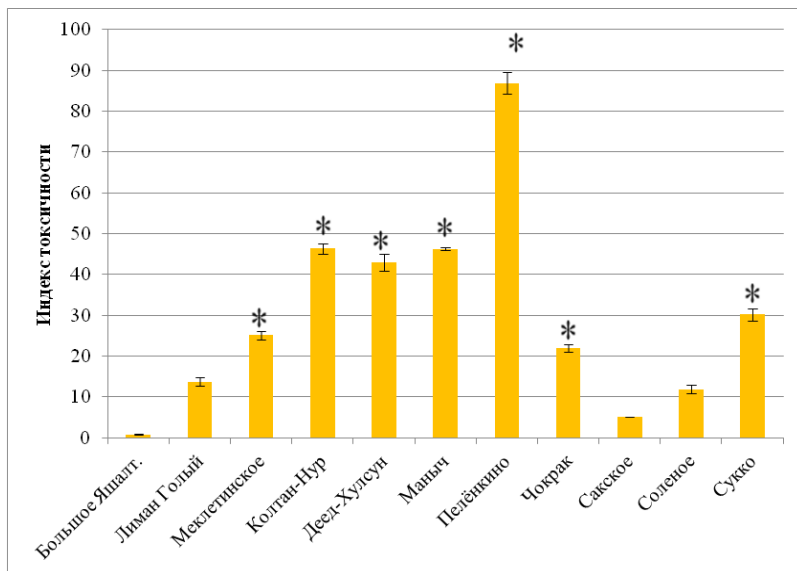


Рис. 1. Интегральная токсичность донных отложений исследованных озёр, определенная с помощью биосенсора *Vibrio aquamarinus* ВКПМ В-11245. Звездочкой отмечены достоверные значения, t -критерий, $p < 0,05$

Согласно данным рисунка 1, сильная степень токсичности отмечена в донных отложениях озера Пелёнкино (индекс токсичности составил 86,94).

В озере Колтан-Нур и ещё 5 озёрах (Меклетинское, Колтан-Нур, Маныч, Чокрак, Сукко) донные отложения оцениваются как токсичные. Колебания индекса токсичности составляют от 22,011 до 46,26. Исключение составляют такие озёра, как Большое Яшалтинское, Лиман Голый, Сакское и Солёное, так как их показатели соответствуют

допустимому уровню токсичности. Отмечена высокая достоверность полученных.

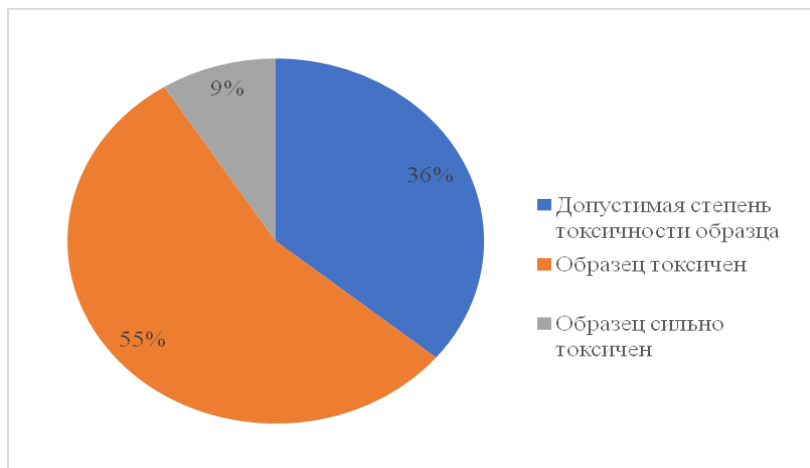


Рис. 2. Процентное соотношение интегральной токсичности донных отложений, зарегистрированной в донных отложениях исследуемых озёр с биосенсором *Vibrio aquamarinus*. ВКПМ В-11245.

Как видно из данных, представленных на рисунке 2, 55% всех донных отложений токсичны. Токсичность 36% исследуемых донных отложений находятся в пределах допустимой нормы. Однако индекс токсичности 9% донных отложений говорит об их сильной токсичности.

В результате проведенного исследования при помощи биосенсора *Vibrio aquamarinus*. ВКПМ В-11245 была определена степень интегральной токсичности донных отложений 11 озёр, (Большое Яшалтинское, Лиман Голый, Меклетинское, Колтан-Нур, Деед-Хулсун, Маныч, Пеленкино, Чокрак, Сакское, Солёное и Сукко. Было выявлено единственное озеро, донные отложения которого сильно токсичны - Пелёнкино. Показано, что донные отложения 6 озер токсичны, а 4 озер обладают допустимой степенью токсичности.

Ввиду уникальности и ценности таких объектов, как солёные озёра, необходим постоянный экологический мониторинг их загрязнения.

***Исследование выполнено при финансовой поддержке
Министерства науки и высшего образования РФ в рамках
государственного задания в сфере научной деятельности
№ FENW-2024-0026.***

Библиографический список:

1. ГОСТ Р 51592–2000–2014 «Вода. Общие требования к отбору проб»
2. ГОСТ 31942-2012–2014 «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа»
3. Измайлова Н. Л., Ляшенко О. А., Антонов И.В. // Биотестирование и биоиндикация состояния водных объектов // Учебно-методическое пособие к лабораторным работам по прохождению учебной (ознакомительной) практики. СПбГТУРП. - СПб., 2014. – 52 с.
4. Кессених А.Г., Набор lux-биосенсоров для детекции токсичных продуктов неполного окисления несимметричного диметилгидразина в среде. – 2017.
5. Михайлова Р.И., Ревазова Ю.А., Севостьянова Е.М. Методика экспрессного определения интегральной поверхностных, грунтовых, сточных и очищенных сточных вод с помощью бактериального теста "Эколюм". Методические рекомендации N 01.021-07. – 2007.
6. Baxter B. K. Great Salt Lake microbiology: a historical perspective //International Microbiology. – 2018. – Т. 21. – №. 3. – С. 79-95.
7. Sazykin I.S. et al. Biosensor-based comparison of the ecotoxicological contamination of the wastewaters of Southern Russia and Southern Germany //International journal of environmental science and technology. 2016. V. 13. №. 3. P. 945-954.

ASSESSMENT OF TOXICITY OF BOTTOM SEDIMENTS OF SALT LAKES

Voropina D.S., Azhogina N.N., Egorova N.N.
SFU ABiB named after D.I. Ivanovsky

Keywords: *toxicity, biosensors, halophiles, extremophiles, salt lakes*

During the study in this project, the general toxicity indicators of eleven salt lakes of the Rostov Region, Krasnodar Krai and the Republic of Kalmykia were determined. A biosensor based on the Vibrio aquamarinus strain VKPM B-11245 was used in the work. The results of biotesting of the general toxicity of salt lakes showed the presence of toxicants in all the studied lakes.