

Российская академия наук
Федеральное агентство научных организаций
Институт морских биологических исследований
имени А. О. Ковалевского
Институт океанологии имени П. П. Ширшова
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Межведомственная ихтиологическая комиссия
Центральное Управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам
по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и
акклиматизации ФГБУ «ЦУРЭН»
Российский фонд фундаментальных исследований

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ:
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, БИОИНДИКАЦИЯ,
НОРМИРОВАНИЕ**

**Всероссийская научная конференция с международным участием,
посвященная 125-летию профессора В. А. Водяницкого**

СБОРНИК СТАТЕЙ

Севастополь, 28 мая – 1 июня, 2018 г.



Севастополь
«Колорит»
2018

Печатается при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-04-20013

Ответственный редактор

д.б.н., проф. Руднева И. И.

Рецензент

д.б.н., проф. Филенко О. Ф.

Редакционная коллегия: д.б.н., проф. Солдатов А. А., к.б.н., доц. Залевская И. И.

3 14 **Загрязнение морской среды: экологический мониторинг, биоиндикация, нормирование** : сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 125-летию профессора В. А. Водяницкого, Севастополь, 28 мая – 1 июня, 2018 г. – Севастополь : «Колорит», 2018. – 327 с.
ISBN 978-5-60-400-20-8-7

В сборнике представлены статьи участников Всероссийской научной конференции с международным участием «Загрязнение морской среды: экологический мониторинг, биоиндикация, нормирование», посвященной 125-летию профессора В. А. Водяницкого, которая состоялась 28 мая – 1 июня 2018 г. в Севастополе. Широко обсуждаются проблемы современного статуса и тенденций экологических изменений морей Российской Федерации. Приведены сведения об источниках загрязнения, основных загрязняющих веществах, их содержании в окружающей среде и в тканях гидробионтов. Представлены результаты исследований и оценки состояния водных организмов и биологических сообществ, подвергающихся разным видам антропогенного воздействия. Рассмотрены объекты и методы биоиндикации морской среды и экологического мониторинга, а также проблемы нормирования и биотестирования загрязнения морей и океанов. Особое внимание уделено экологическим последствиям нетоксичного загрязнения морских экосистем (радиоактивное, электромагнитное, механическое и пр.).

Предназначен для широкого круга биологов, экологов, гидробиологов, специалистов в области аквакультуры, охраны окружающей среды и рыболовства.

УДК 574.24
ББК 26.221+28.080.1

Pollution of marine environment: ecological monitoring, bioassay, standardization:
collection of the papers of the Russian scientific conference with international participation devoted to 125th anniversary of prof. V. A. Vodyanitsky, Sevastopol, May 28 – June 1, 2018. – Sevastopol: "Colorit", 2018. – 327 p.
ISBN 978-5-60-400-20-8-7

The original papers of the participants of the Russian scientific conference with the international participation "Marine pollution: ecological monitoring, bioassay, norming" devoted to 125th anniversary of professor V. A. Vodyanitsky, which was held on May 28 – June 1, 2018 in Sevastopol are presented. The problems of recent state and the main trends of ecological changes of the seas of Russian Federation are discussed. The information about the pollution sources, highly distributed contaminants, their content in the marine environments and in the tissues of aquatic organisms is presented. The results of the study and the evaluation of marine organism's status and populations impacted on different kinds of anthropogenic activity are presented. The test-organisms and the bioassay methods of marine environments are shown, as well as the problems of norming and ecological evaluation of the pollution level of the seas and ocean are observed. The attention focused on the ecological consequences of non-toxic pollution of marine environment namely radioactive, electromagnetic, mechanical, etc. These papers are intended for specialists in biology, ecology, hydrobiology, aquaculture, environment protection, ichthyology, and other adjacent sciences.

Утверждено к печати Учёным советом
ФГБУН «Институт морских биологических исследований
имени А. О. Ковалевского РАН» (протокол № 3 от 03 апреля 2018 г.)

© Авторы статей, 2018
© ФГБУН ИМБИ РАН

ISBN 978-5-60-400-20-8-7

wheat germ diets // Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology. 2007. Vol. 147, iss. 4. P. 616–626.
<https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2007.04.003>

Tedengren M., Arner M., Kautsky N. Ecophysiology and stress response of marine and brackish water Gammarus species Crustacea, Amphipoda to changes in salinity and exposure to cadmium and diesel oil // Marine Ecology Progress Series. 1988. Vol. 47. P. 107–116.

CHANGES OF PHOSPHOLIPID FATTY ACID COMPOSITION IN *MYTILUS EDULIS* L. UNDER NICKEL AND REDUCED SALINITY EFFECTS

Fokina N. N., Nemova N. N.

*Institute of Biology of the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Petrozavodsk, Russia, fokinann@gmail.com*

Abstract. The study of the phospholipids' fatty acid composition in the gills and digestive glands of blue mussels *Mytilus edulis* L. under various nickel concentrations impacts in normal and low salinity conditions has revealed combined salinity and toxic metal effect on the investigated biochemical parameters.

Key words: mussels, fatty acids, nickel, toxicity.

УДК 504.064.3:574(477.75)

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕКРЕАЦИОННЫХ АКВАТОРИЙ КРЫМА (ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ)

Холодкевич С. В.

*ФГБУН Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической
безопасности РАН, Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия, kholodkevich@mail.ru*

Аннотация. В работе на основе результатов проведенных собственных исследований прибрежных акваторий Черного, Белого, Балтийского и Адриатического морей, а также результатов исследований других авторов рассматриваются пути совершенствования и развития биоэлектронных систем мониторинга состояния экологической безопасности рекреационных акваторий Крыма.

Ключевые слова: биомониторинг, биоэлектронные системы, экологическая безопасность, рекреация, Крым.

ВВЕДЕНИЕ

На фоне растущего антропогенного пресса снижается ценность акваторий Крыма как рекреационных водных объектов. Как показывают исследования последних лет, в биоразнообразии флоры и фауны рекреационных акваторий Крыма происходят опасные тенденции необратимых изменений. При этом, как указывалось в недавнем докладе Министра экологии и природных ресурсов Республики Крым (Нараев, 2016), основной проблемой здесь является поступление в прибрежные акватории значительного количества неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод.

Крайне высокая динамичность антропогенных процессов, особенно в период массового наплыва отдыхающих, предъявляет и особые требования к скорости выявления нежелательных воздействий и быстрой принятию адекватных природоохранных мер, что принципиально необходимо для обеспечения экологической безопасности прибрежных акваторий Крыма. Это обуславливает необходимость создания и внедрения экспресс-методов диагностики экологического состояния поверхностных вод, позволяющих оперативно (в течение нескольких минут или даже в режиме *on-line*) выявлять участки «экологического неблагополучия». Последнее наиболее достоверно может определяться по уровню воздействия антропогенной нагрузки на функциональное состояние местных видов гидробионтов, как наиболее объективных и надежных экологических индикаторов качества среды их обитания.

В настоящем сообщении обсуждаются перспективы использования систем раннего биологического предупреждения (СРБП) об опасных для биоты, в том числе человека, изменениях качества поверхностных вод на основе биоэлектронных систем, как элементов экологического мониторинга состояния (здоровья) экосистем прибрежных акваторий Крыма.

Интерес к диагностике здоровья экосистем акваторий обусловлен прежде всего тем, что только здоровые экосистемы являются устойчивыми. В них может поддерживаться устойчивый биоценоз, обуславливающий постоянство их структуры, биоразнообразия, самоочищающей способности и, как следствие, постоянство в них химического состава воды. Все это очень важно также для научно обоснованной диагностики ЭБ использования акваторий в рекреационных целях и для развития аквакультуры. Обеспечение ЭБ обоих этих видов водопользования требуют развития специфических видов биомониторинга.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В биоэлектронных системах животные непосредственно включены в состав первичных преобразователей, являясь неотъемлемой частью электронной системы регистрации тех или иных физиологических и поведенческих биомаркеров (Холодkevич и др., 2011), отражающих интегральные реакции животных на изменения состояния окружающей среды (Depledge, Galloway, 2005). Такие системы смогут обеспечить повышение достоверности оценки состояния (здоровья) экосистем прибрежных акваторий, снижение стоимости и упрощение эксплуатации системы контроля водной среды по сравнению, например, с физико-химическими методами анализа и классическими методами биоиндикации. Существенным преимуществом биоиндикации качества воды такими методами является потенциальная возможность быстрой интегральной оценки воздействия загрязняющих веществ на местные виды биоты (Холодkevич и др., 2011). Как указывалось в ряде работ (Handy, Depledge, 1999) для каждой конкретной акватории принципиально важно применять в качестве биоиндикаторов местных представителей фауны, учитывая необходимость обеспечения «экологического соответствия» состояния экосистемы состоянию ее биоты, которая является ее частью.

Одними из приоритетных направлений работ по улучшению экологической обстановки в Крыму в рамках Государственной программы Республики Крым «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов Республики Крым» Минприроды Республики Крым отнесены мероприятия по сохранению биологического разнообразия (в том числе: межевание особо охраняемых природных территорий, разработка Схемы развития и размещения ООПТ Республики Крым), а также совершенствование и развитие системы экологического мониторинга окружающей среды (Нараев, 2016).

В развитии современных методов анализа биологических эффектов антропогенной нагрузки на водные экосистемы одним из важнейших направлений является определение критериев оценки их здоровья, основанных на применении тех или иных биологических методов индикации. Достоинством таких методов является то, что регистрируемые в них показатели (биомаркеры) проявляются на организменном уровне при воздействии еще сублетальных концентраций загрязнений водной среды, что позволяет обнаруживать изменения функционального состояния отдельных видов животных задолго до наступления серьезных изменений или даже деградаций популяций, сообществ и нарушений экосистем, в которых они обитают (Depledge, Galloway, 2005; Kuznetsova, Kholodkevich, 2015), и на основе полученных данных развивать научно-обоснованные методы оценок экологического риска. Этот подход, основанный на классических работах британской школы ученых, изучающих биологические эффекты загрязнения окружающей среды и методы оценок здоровья экосистем акваторий, базируется на следующих обоснованных в ряде работ (Depledge, Galloway, 2005) утверждениях:

- здоровые экосистемы составляют, в основном, здоровые животные;
- путем измерения состояния здоровья ключевых видов животных экосистемы можно оценивать экологические последствия загрязнения среды их обитания.

Данный подход в большинстве развитых стран является в настоящее время приоритетным в развитии методов оценки здоровья экосистем, так как объективно оценивать функциональное состояние (здоровье) животных и экологическое состояние (здоровье) водных экосистем, в которых они обитают, принципиально возможно только на основе биологических методов, оценивающих биологические эффекты загрязнения среды обитания на работу жизненно важных функциональных систем гидробионтов. Хотя результаты физико-химических и санитарно-гигиенических методов анализа воды и донных отложений могут рассматриваться в данном вопросе лишь в качестве вторичных, вспомогательных, они, безусловно, являются безальтернативными при решении задач по выявлению возможных причин и источников негативного антропогенного воздействия на здоровье животных и экосистем в целом (однако после того, как это уже установлено биологическими методами).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В связи с вышеизложенным в настоящей работе на основе результатов проведенных собственных исследований прибрежных акваторий Черного, Белого, Балтийского и Адриатического морей, а также результатов исследований других авторов рассматриваются пути совершенствования и развития систем экологического мониторинга прибрежных акваторий Крыма по следующим направлениям:

- интегральная оценка здоровья ключевых для экосистем видов гидробионтов, отражающая, в том числе, здоровье экосистемы, в которой они обитают, путем тестирования местных видов беспозвоночных по методу функциональной нагрузки на основе использования биоэлектронных систем (Холодkevич и др., 2009; 2015; Turja et al., 2014);
- биоиндикация экологической безопасности в реальном времени качества воды, как среды обитания гидробионтов, в акваториях, используемых для аквакультуры.

Как было показано, например, (Depledge, Galloway, 2005; Kuznetsova, Kholodkevich, 2015; Kholodkevich et al., 2017), эффективная оценка состояния (здоровья) экосистем может быть основана на использовании долгосрочного контроля любой из жизненно важных функций (двигательная, сердечная деятельность, дыхание, и т.д.) организма-биоиндикатора, обитающего в исследуемой экосистеме.

В частности, реакция кардиосистемы может рассматриваться как интегральный ответ организма на изменение факторов среды обитания. При этом частота сердечных сокращений (ЧСС) может использоваться в качестве экотоксикологического биомаркера, так как отражает интенсивность физиологических процессов, а также во многих случаях позволяет судить о функциональном состоянии организма в целом. Основанная на этом технология биоиндикации здоровья экосистем морских, солоноватых и пресноводных акваторий в последние несколько лет была успешно опробована сотрудниками лаборатории биоэлектронных методов геоэкологического мониторинга НИЦЭБ РАН, в том числе на некоторых прибрежных акваториях Севастополя.

Методы, автоматизированные технические системы и технологии биоиндикации экологической безопасности в реальном времени качества воды, как среды обитания гидробионтов в последние 10–20 лет активно развивались в ряде стран. Наиболее широко из этих СРБП в настоящее время развиты биоэлектронные системы, в которых в качестве тест-организмов используются двустворчатые моллюски и/или высшие раки. Такие системы уже в течение ряда лет используются в некоторых морских и пресноводных аквакультурных хозяйствах, при решении проблем межгосударственных и межрегиональных экологических взаимодействий, а также на предприятиях городских водоканалов для обеспечения экологической безопасности систем водоснабжения и водоотведения.

В работе обсуждаются проблемы и перспективы использования биоэлектронных систем мониторинга состояния экологической безопасности рекреационных акваторий Крыма по вышеуказанным направлениям.

Работа была выполнена с частичным использованием оборудования Ресурсного центра «Обсерватория экологической безопасности» Научного парка СПбГУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Нараев Г. П. Экологическая обстановка в республике Крым // Экологическая безопасность территорий и акваторий: региональные и глобальные проблемы : сб. тр. региональной науч.-практ. конф., Керчь, 24–28 окт. 2016 г. / под общ. ред. Е. П. Масюткина. – Керчь : ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2016. С. 6–13.

Холодкевич С. В., Кузнецова Т. В., Трусевич В. В., Куракин А. С., Иванов А. В. Особенности движения створок и кардиоактивности двустворчатых моллюсков при действии различных стрессоров // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2009. Т. 45, № 4. С. 432–434.

Холодкевич С. В., Иванов А. В., Корниенко Е. Л., Куракин А. С., Любимцев В. А. Биоэлектронный мониторинг поверхностных вод // Мир измерений. 2011. № 10. С. 6–13.

Холодкевич С. В., Шаров А. Н., Кузнецова Т. В. Перспективы и проблемы использования биоэлектронных систем в мониторинге состояния экологической безопасности акваторий Финского залива // Региональная экология. 2015. № 2 (37). С. 16–26.

Depledge M. H., Galloway T. S. Healthy animals, healthy ecosystems // *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2005. Vol. 3, iss. 5. P. 251–258. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2005\)003\[0251:HAHE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2005)003[0251:HAHE]2.0.CO;2)

Handy R. D., Depledge M. H. Physiological responses: their measurement and use as environmental biomarkers in ecotoxicology // *Ecotoxicology*. 1999. Vol. 8, iss. 5. P. 329–349. <https://doi.org/10.1023/A:1008930404461>

Kholodkevich S. V., Kuznetsova T. V., Sharov A. N., Kurakin A. S., Lips U., Kolesova N., Lehtonen K. K. Applicability of a bioelectronic cardiac monitoring system for the detection of

biological effects of pollution in bioindicator species in the Gulf of Finland // Journal of Marine Systems. 2017. Vol. 171. P. 151–158. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.12.005>

Kuznetsova T. V., Kholodkevich S. V. Comparative assessment of water quality through the evaluation of cardiac responses of native mussels // 4rd Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO'2015, 14-18 June. Budva, Montenegro. Budva, 2015. P. 339–344.

Turja R., Hoher N., Snoeijis P., Barłabienė J., Butrimavičienė L., Kuznetsova T., Kholodkevich S. V., Devier M.-H., Budzinski H., Lehtonen K. K. A multibiomarker approach to the assessment of pollution impacts in two Baltic Sea coastal areas in Sweden using caged mussels (*Mytilus trossulus*) // Science of The Total Environment. 2014. Vol. 473–474. P. 398–409. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.038>

MONITORING OF ECOLOGICAL SAFETY STATE OF RECREATION AQUATORIES IN THE CRIMEA (PROSPECTIVES OF DEVELOPMENT)

Kholodkevich S. V.

*Saint-Petersburg Scientific Research Center for Ecological Safety, Russian Academy of
Sciences, Saint-Petersburg, Russia,*

Saint-Petersburg State University Saint-Petersburg, Russia, kholodkevich@mail.ru

Abstract. Based on the results of our own studies of the coastal waters of the Black, White, Baltic and Adriatic seas, and the results of other authors' studies, the ways of improving and developing of bioelectronic systems for the environmental safety state monitoring in the recreational waters of the Crimea are considered.

Key words: biomonitoring, bioelectronic systems, ecological safety, recreation areas, the Crimea.

УДК 550.47:504.054:582.272

БУРЫЕ ВОДОРОСЛИ-МАКРОФИТЫ КАК АККУМУЛИРУЮЩИЕ ОРГАНИЗМЫ-ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКИХ ВОД ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

^{1,2}Христофорова Н. К., ¹Кобзарь А. Д.

¹ Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

² Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия,

kobzar.ad@dvfu.ru

Аннотация. Изучено загрязнение двух акваторий, различающихся интенсивностью и характером воздействия: Амурский залив, испытывающий влияние крупного г. Владивостока, и б. Рудная, расположенная на севере Приморья в горно-рудном районе, где в течение десятков лет ведется добыча свинцово-цинковых полиметаллических руд. Среди аккумулирующих видов-индикаторов показаны характерные различия способности к связыванию элементов, существующих в морской воде во взвешенном состоянии.

Ключевые слова: бурые водоросли, тяжелые металлы, биоиндикация.