Биоэлектронные системы диагностики экологической безопасности критически важных объектов

Холодкевич С.В., д.т.н., профессор



Санкт-Петербургский государственный университет

методов геоэкологического мониторинга;

Европы, отечественных технологиях диагностики экологической безопасности следующих видов критически важных объектов (КВО): - КВО коммунального хозяйства: водопроводные станции и предприятия по очистке сточных вод больших городов и мегаполисов РФ, нарушение функционирования которых может приводить к существенному ухудшению безопасности жизнедеятельности населения, проживающего на этих территориях; - КВО нефте-газового комплекса на шельфе, аварийные ситуации на которых могут приводить к

потерям на

многомиллиардным экономическим

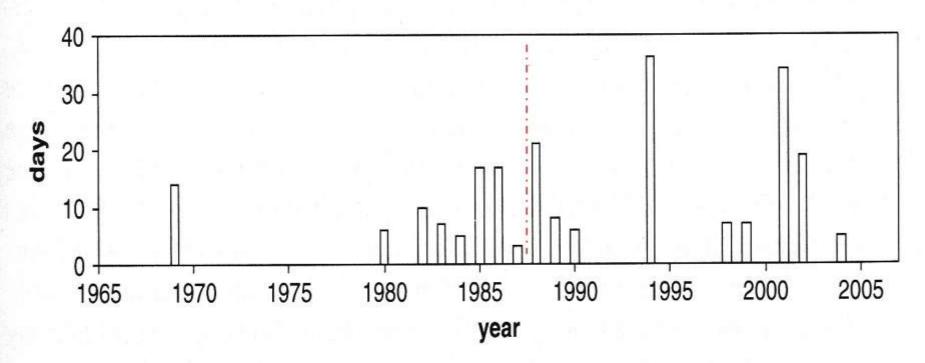
восстановление окружающей природной среды.

моем докладе я остановлюсь на современных,

защищенных патентами РФ, ЕВРАЗЭС, США и

Основные цели систем мониторинга химикотоксикологической опасности поверхностных источников централизованного питьевого водоснабжения, осуществляемого с помощью СРП:

- защита населения от контакта с водой, содержащей опасные вещества,
- обеспечение работы водопроводных станций в условиях наличия опасных для жизни людей уровней содержания высокотоксичных веществ в сырой воде, забираемой из источника питьевого водоснабжения.



Число дней в году, когда в период 1969-2006гг. руководство голландской питьевой компании WRK (сейчас Waternet) должна была останавливать или снижать забор воды на водозаборной станции, расположенной в Ньювейгене (Голландия) из-за определения слишком высокого уровня загрязнения, подтвержденного химическими анализами.

Красной линией обозначен 1988 год, с которого WRK начала использовать БСРП, на основе контроля движения створок моллюсков

Особенности мониторинга качества воды: Недостатки мониторинга физико-химических параметров:

- не дает информации об уровне токсикологической опасности воды для биоты;
- не учитывает синергетический эффект действия загрязняющих веществ;
- при использовании в режиме реального времени часто экономически неэффективен.

Недостатки методов биомониторинга:

- не дает информации о классе загрязняющих веществ;
- не определяет источник и степень загрязнения.

Экономически эффективная схема мониторинга качества воды источника:
Этап 1. Биологический (основанный на

измерениях физиологических и/или

поведенческих реакций тест-организмов

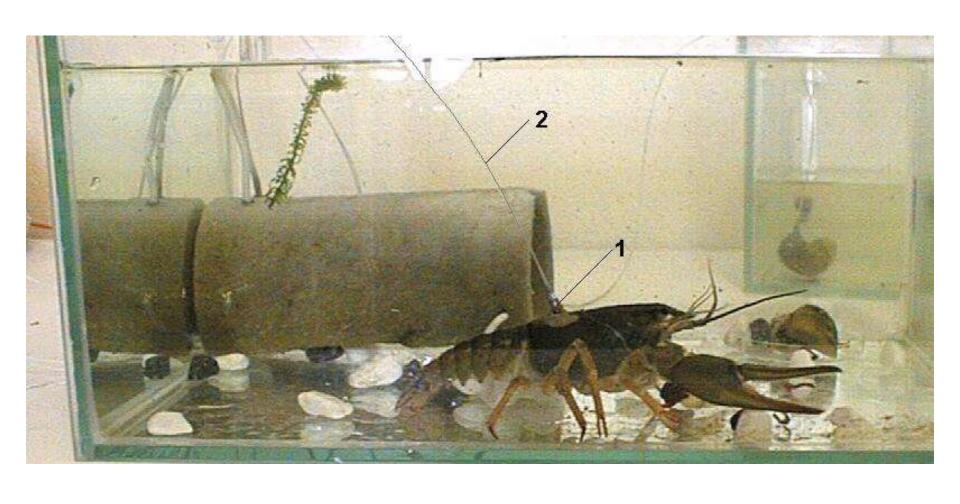
(биоиндикаторов) и физико-химический (основанный на измерениях интегральных характеристик качества воды) мониторинг качества воды в реальном времени. Этап 2. Детальный анализ качества воды с помощью химических и биологических методов.

Этап 3. Оценка полученных данных для выработки управленческих решений.

Наибольшие успехи в развитии биологических методов и технологий оценки качества поверхностных вод в реальном времени достигнуты в направлении создания и использования СРБП, основанных на измерениях кардиоритма и/или поведенческих реакций бентосных беспозвоночных (раков, моллюсков) на изменения качества среды их обитания. Такие измерительные системы получили название биоэлектронных. Биоэлектронные системы – это информационно-измерительные системы, в которых животные непосредственно включены в состав первичных преобразователей, являясь неотъемлемой частью электронной системы регистрации тех или иных физиологических или поведенческих биомаркеров (Холодкевич, 2006).

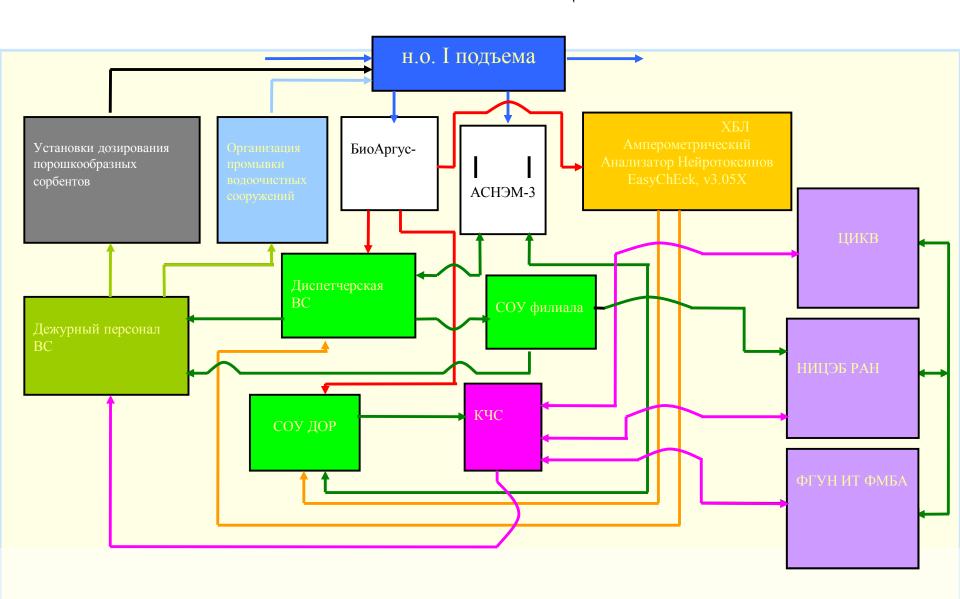
Рабочий момент эксплуатационного обслуживания современной биоэлектронной системы «БиоАргус-W» мониторинга токсичности сырой воды реки Невы — безальтернативного источника централизованного водоснабжения Санкт-Петербурга (Март, 2016)

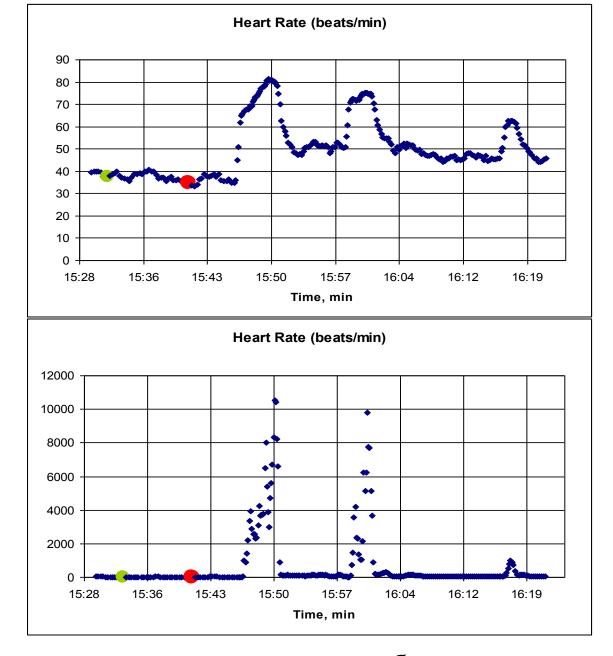




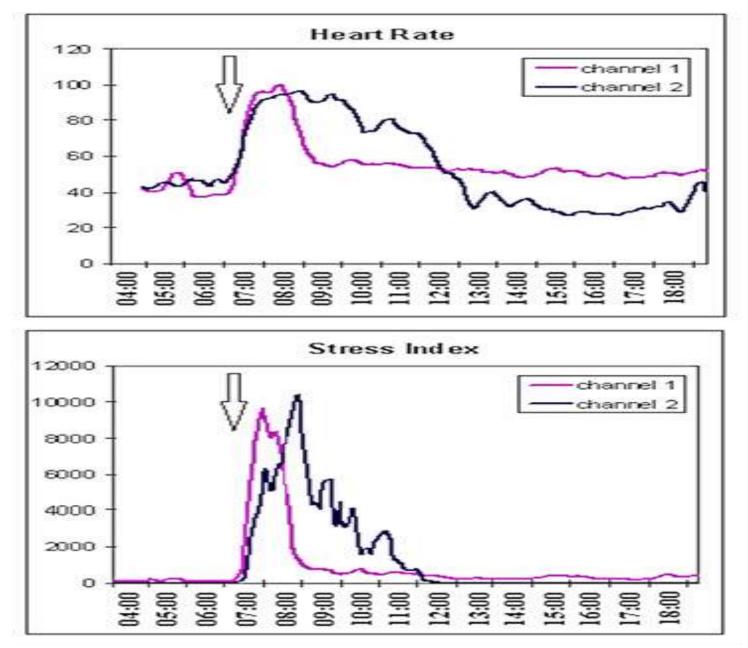
Astacus leptodactylus с прикрепленным датчиком (1) и волоконно-оптическим зондом (2).

Схема системы обеспечения безопасности водоснабжения ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» в условиях обнаружения токсичных веществ





Реакция кардиосистемы раков на добавление в воду боевого отравляющего вещества нервно-паралитического действия



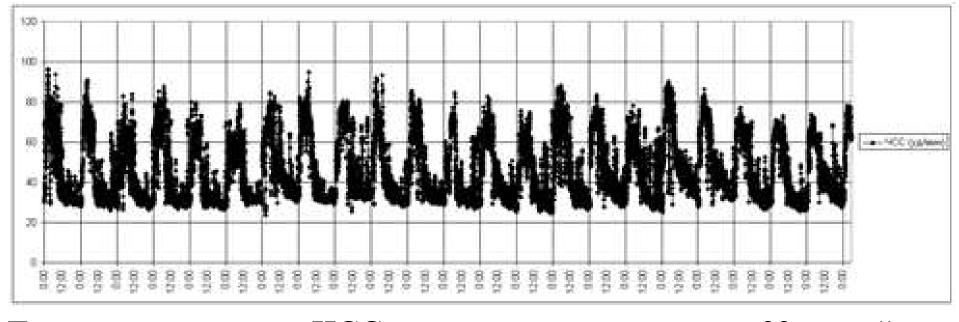
Пример одновременной реакции кардиоактивности двух раков на попадание в невскую воду водопроводной хлорированной воды.

Элементы системы обеспечения безопасности водоснабжения

- СОБВУОТВ включает в себя:
- - станции производственного биологического мониторинга качества воды (БиоАргус-W) источника, на основе метода вариационной пульсометрии раков;
- - автоматические станции непрерывного экологического мониторинга АСНЭМ-3;
- - сорбционное удаление токсичных веществ из воды с использованием порошкообразных сорбентов и системами их дозирования;
- - проведение полуколичественного экспресс-анализа токсичных веществ на специальном оборудовании химико-бактериологическими лабораториями;
- - экстренный отбор и анализ проб воды при обнаружении опасного уровня загрязнения воды, поступающей на ВС, в уполномоченных организациях.

Алгоритм работы водопроводных станций ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» в условиях обнаружения токсичных веществ в воде водозаборных сооружений:

- регистрация в режиме on-line присутствия токсичных веществ в воде водозаборных сооружений ВС с использованием метода непрерывной автоматической биоиндикации качества воды, на основе метода вариационной пульсометрии раков и моллюсков;
- автоматический отбор проб воды (при получении сигнала о токсикологической опасности воды источника) в машинных отделениях первого подъема ВС, перед вводом коагулянта, перед входом в резервуары чистой воды;
- экстренная доставка и анализ отобранных проб в химико-бактериологических лабораториях ВС и в специализированных организациях, определение природы и ориентировочной концентрации токсичного вещества в воде первого подъема, определение наличия этого вещества в остальных пробах воды;
- прекращение подачи воды с первого подъема на очистные сооружения BC с одновременным началом дозирования порошкообразного сорбента, предназначенного для удаления токсичных веществ, в приемный колодец первого подъема, принятие решения о возможности подачи воды из резервуаров чистой воды в городскую сеть и, при необходимости, о снижении давления в водопроводной сети, питаемой от BC;
- организация отбора и анализа проб воды на содержание токсичных веществ в указанных выше точках с периодичностью 1 проба в 60 минут по каждой из установленных точек отбора, в химико-бактериологических лабораториях ВС и в специализированных организациях;
- при получении отрицательного результата анализа проб воды первого подъема на установленное вещество не менее чем в двух последовательно отобранных пробах воды, возобновление подачи воды первого подъема на очистные сооружения.



Типичная динамика ЧСС здорового рака в течение 22-х дней

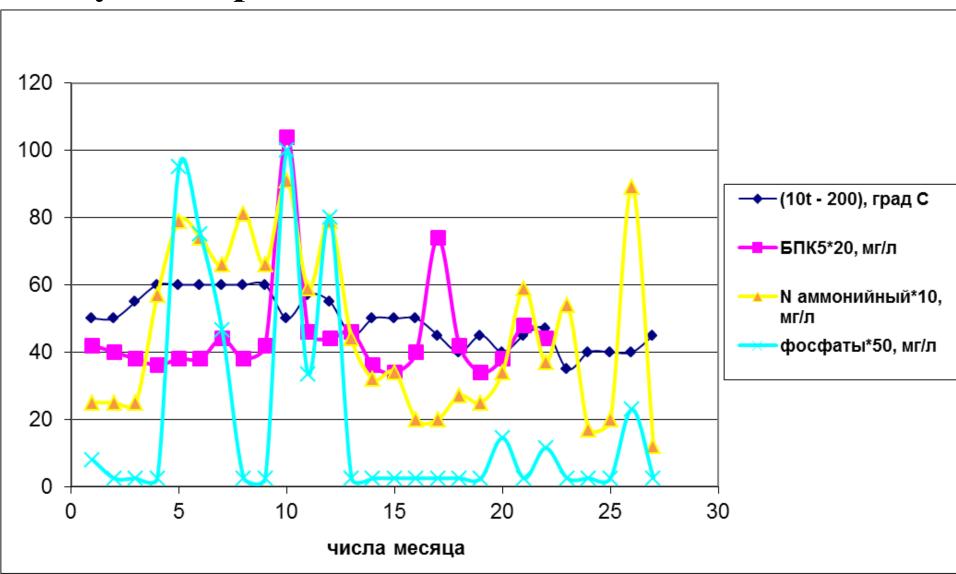
Нами был разработан программный продукт, позволяющий в реальном времени проводить непрерывную самодиагностику работоспособности биосенсоров биоэлектронных систем БиоАргус-W путем анализа в реальном времени циркадианных ритмов раков. Это повысило достоверность оценки общей токсичности воды, поступающей на водозаборы водопроводных станций при существенном упрощении ее текущего эксплуатационного обслуживания.

Самоочищение поверхностных вод осуществляется, преимущественно, в результате биологического круговорота веществ, включающего процессы создания, трансформации и разрушения органических веществ, осуществляемые через трофические цепи водных экосистем. От эффективности такой работы природных экосистем зависит какого качества вода источника питьевого водоснабжения поступит на водозаборы водопроводных станций. Городские Водоканалы являются, крупнейшими региональными водопользователями, общий объем биологически очищенных сточных вод (БОСВ) которых зачастую составляет значительную часть речного стока источника. В связи с этим одним из важнейших требований к качеству сбрасываемой БОСВ является ее пригодность в качестве среды обитания для гидробионтов.



Система Производственного Биологического Мониторинга Качества биологически очищенных сточных вод

Результаты анализа загрязненности очищенных сточных вод в один из месяцев когда имел место случай сброса недостаточно очищенной воды



Основные цели биомониторинга химикотоксикологической опасности поверхностных вод, загрязненных нефтепродуктами:

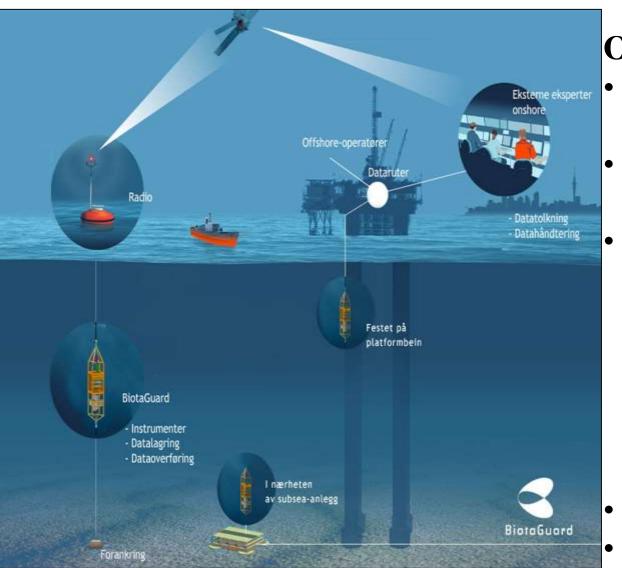
- защита аборигенной биоты и населения от контакта с водой, содержащей опасные вещества,
- обеспечение эффективной работы нефте-газового комплекса в условиях аварийных разливов нефтепродуктов,
- обеспечение экономической и экологической эффективности проведения работ, связанных с ликвидацией последствий неблагоприятного воздействия нефте-газового комплекса на экосистемы акваторий, находящихся в зоне его влияния.

Уровень экономических потерь в случаях аварийных разливов нефтепродуктов в акваториях нефте-газового комплекса на континентальном шельфе в значительной мере зависит от быстроты принятия управленческих решений, направленных на их ликвидацию.

При этом объективная экономическая оценка степени химической опасности поверхностных вод для экосистемы данной акватории может быть основана только на достоверной и своевременной информации о здоровье обитающих в ней животных.

Все это обусловливает особую актуальность разработки и широкого внедрения методов, средств и технологий биомониторинга качества воды, как среды обитания гидробионтов, в реальном времени, а также оценки их здоровья.

Биоэлектронная система экологического мониторинга акваторий, основанная на анализе в реальном времени функционального состояния бентосных беспозвоночных



Области применения:

- Станции питьевого водоснабжения
- Контроль очищенных сточных вод
- Экологический мониторинг поверхностных вод и донных отложений районов нефтяных и газовых месторождений на шельфе
- и др.
- Аквакультура

Погружной измерительный модуль биоэлектронной системы экологического мониторинга для предприятий нефте-газового комплекса на шельфе

Акустический модем / коммуникационный канал

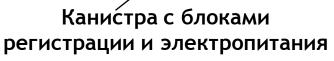
Физико-химические датчики

Погружной

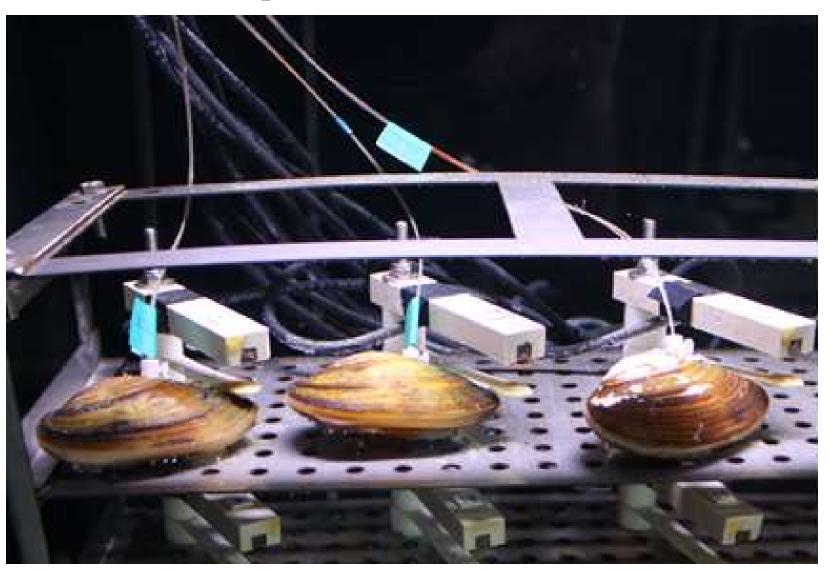
модуль с датчиками



Биоэлектронные сенсоры (подключенные тест-организмы)



Моллюски с датчиками движения створок и прикрепленными волоконно-оптическими датчиками кардиоактивности



ВЫВОДЫ • Разработана биоэлектронная система оценки уровня

беспозвоночных.
Разработана экологически и экономически эффективная биоэлектронная технология мониторинга качества воды, защищенная патентами РФ, ЕВРАЗЭС, США и Европы.
Опыт 11-летней эксплуатации данных технологии и систем на всех 9 водозаборных сооружениях

водопроводных станций г. Санкт-Петербурга

показал их надежность и эффективность для

решения задач контроля опасного уровня

химической опасности поверхностных вод на основе

анализа кардиоактивности и поведения бентосных

токсичности воды источника водоснабжения.
• Рассмотренные биоэлектронные системы могут быть использованы также для оценок здоровья экосистем как пресноводных, так и морских акваторий.

В настоящее время во ВНИИМ им. Д.И.Менделеева в стадии завершения работы по разработке метрологического обеспечения и проведения испытаний в целях утверждения типа волоконнооптической биоэлектронной системы "БиоАргус-W" с метрологическим самоконтролем для измерения кардиоритма беспозвоночных животных, которая лежит в основе разработанных нами систем технологий мониторинга изменения степени биологической опасности природных и очищенных сточных вод на основе измерения кардиоритма речных раков.

Наша информация самая достоверная!



