

§3 ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДОЛОГИЯ В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

Павлов В. П.

БИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА В МОРСКИХ И ПРЕСНОВОДНЫХ АКВАТОРИЯХ

Аннотация. В данной работе представлен материал о биоэлектронной системе ранней диагностики акваторий, разработанной российскими учёными. Описан комплексный подход к мониторингу водных ресурсов в режиме реального времени, позволяющий повысить уровень безопасности крупных производственных объектов, функционирование которых связано с возможностью серьёзных экологических нарушений в случае аварийных ситуаций. Такие биоэлектронные системы основаны на диагностике состояния беспозвоночных, обитающих в конкретной имеющейся экосистеме, где существует вероятность угроз чрезвычайных ситуаций и терактов. В качестве биосенсоров используются живущие на дне данной акватории беспозвоночные. На них устанавливаются миниатюрные волоконно-оптические датчики кардиоактивности, которые позволяют непрерывно, в режиме реального времени проводить дистанционный контроль их функционального состояния. Выявление особенностей поведения животных в меняющейся среде легло в основу разработки волоконно-оптического метода отведения кардиоактивности бентосных беспозвоночных, имеющих жесткий панцирь: Crustacea (Decapoda) и Mollusca, который позволяет непрерывно, в режиме реального времени проводить дистанционный контроль их функционального состояния. Диагностика функционального состояния проводится с использованием адаптированного для беспозвоночных животных метода вариационной пульсометрии. Сущность метода вариационной пульсометрии заключается в изучении закона распределения кардиоинтервалов, как случайных величин в исследуемом ряду их значений. Биоэлектронные системы ранней диагностики могут использоваться как в целях биомониторинга качества поверхностных вод морских и пресноводных акваторий, так и биологически очищенных сточных вод.

Ключевые слова: Биоэлектронные системы, ранняя диагностика экосистем, безопасность в акваториях, биоиндикатор, биологический мониторинг, тест — животные, вариационная пульсометрия, дистанционный контроль, выборка кардиоритмов, распределение кардиоинтервалов.

Review. *This research presents the materials on bioelectronic system of early diagnostics of aquatories developed by the Russian scientists. The article offers a complex approach towards the real-time monitoring of water resources that allows increasing the level of safety within large industrial objects, the functioning of which is connected to the possibility of serious environmental violations in the event of emergency situations. Such bioelectronic systems are based on the diagnostics of the condition of the invertebrates, dwelling within a specific ecosystem that contains a possibility of threats of emergency situations and acts of terrorism. The invertebrates living at the bottom of these waters are used as biosensors. Tiny fiber optic sensors of cardiac activity are attached to them and allow real-time remote continuous monitoring of their condition. Detection of the peculiarities of the behavior of the animals within the changing environment became the foundation of the development of the fiber optic method of monitoring the cardiac activity of the benthic invertebrates with a hard shell: Crustacea (Decapoda) and Mollusca.*

Keywords: *Bioelectronic systems, early diagnostics of ecosystems, marine safety, bio indicator, biological monitoring, animal testing, variable pulsometry, remote monitoring, selection of cardiac rhythms, distribution of cardiac intervals.*

Мониторинг как система регулярных наблюдений за состоянием окружающей среды, с целью выявления эффектов и последствий антропогенного характера и принятия соответствующих природоохранительных мер, отличается широким набором различных вариантов его реализации в зависимости от конкретных задач, ситуаций, сроков, масштабов, интенсивности воздействия и т.д.

В настоящее время в связи с ускоряющимся научно-техническим прогрессом экономические, социальные, технологические и естественные биологические процессы тесно связаны между собой. Современное производство необходимо рассматривать как функционирование сложной системы, с взаимосвязанными социальными экологическими и экономическими сторонами, составляющими одно целое. Производство является также причиной возникновения экологических катастроф. Чтобы реализовать современную концепцию предупреждения экологических катастроф, а не просто обнаруживать нарушения предельно допустимых норм, необходимо существенно расширить задачи экологического мониторинга. При этом необходимо отслеживать не только факторы, определяющие состояние живой и неживой природы в районе расположения технологического комплекса, но и параметры самого комплекса и факторы, воздействующие на этот объект, которые могут привести к нарушению его нормального функционирования. В случае крупных объектов, функционирование которых связано

с возможностью серьезных экологических нарушений, в состав мониторинга необходимо включать технику и мероприятия по охране объекта от несанкционированных воздействий как преднамеренных, так и случайных.

Характерными чертами чрезвычайных ситуаций являются внешняя неожиданность их возникновения и последующее быстрое развитие негативных процессов, ведущих к значительному экономическому и экологическому ущербу. При этом для снижения уровня последующих материальных затрат на компенсацию ущерба существует принципиальная необходимость максимально быстрого принятия организационно-управленческих решений в условиях неопределенности ситуации и сложности прогнозирования дальнейшего хода событий.

Функционирование крупного технологического объекта, с большой долей вероятности может привести к необратимым изменениям в окружающей среде. Модели, отражающие состояние комплекса технологический объект–окружающая среда, должны учитывать динамику развития комплекса. При этом одной из основных задач мониторинга должен быть контроль за этой динамикой на протяжении всего пути — от строительства технологического объекта до его ликвидации. Вред, причиненный водным объектам вследствие нарушения водного законодательства, в том числе нарушения правил эксплуатации водохозяйственных систем, сооружений и устройств, а также при авариях на предприятиях, транспорте и других объектах,

связанных со сбросом загрязняющих веществ в водный объект, включая аварийные разливы нефти и иных вредных веществ, в результате которых произошло загрязнение, засорение и истощение водных объектов подсчитывается по методике, утвержденной законодательством Российской Федерации.

Мировой океан испытывает в настоящее время сильное антропогенное воздействие. Исчезают некоторые виды представителей морской флоры и фауны, загрязняются устья рек, водная поверхность местами покрывается масляными пленками и т.д. В океан сбрасывается ежегодно через атмосферные осадки и речные стоки более 30 тыс. различных химических соединений общей массой до 1,2 млрд. т. Самыми опасными загрязнителями, поражающими экосистему океана из-за отравляющего, мутагенного или канцерогенного действия на морские организмы, являются углеводороды, токсичные металлы и радиоактивные вещества.

Несмотря на существенные экономические затраты, освоение океанов и морей продолжается ускоренными темпами. Разработан целый ряд проектов по использованию энергетических ресурсов океана, заключенных в приливах, волнах, морских течениях и температурном градиенте. На дне разведано большое количество залежей железомарганцевых конкреций, содержащих свыше 30 элементов таблицы Менделеева. Разрабатываются проекты интенсивного производства морепродуктов. Однако наиболее интенсивно в настоящее время развивается добыча нефти и газа на океаническом шельфе и континентальном склоне. Прогнозируется, что в ближайшие 10 лет добыча углеводородов в море превысит их добычу на суше. В связи с изложенным велика опасность разрушения установившейся в течение многих тысяч и миллионов лет экологической среды в Мировом океане. Перед человечеством стоит нелегкая задача интенсивного освоения мировых ресурсов океана при сохранении его основных функций.

Разработка углеводородных ресурсов в зонах континентальных склонов морей и океанов неизбежно приводит к существенному воздействию на их экосистемы. Оценка

масштабов и обратимости этих изменений представляет собой глобальную задачу экологии и экономики океана. Возведение и эксплуатация нефтяных платформ на шельфе и континентальном склоне морей и океанов представляет собой серьезную экологическую опасность. Локальные выбросы или утечки нефти, произошедшие в таких динамически активных зонах, как воды континентального склона, могут в равной степени влиять на мелководную часть шельфов и на удаленные районы открытого моря. Также районы экологически безопасной добычи углеводородного сырья могут быть загрязнены нефтепродуктами, привнесенными из соседних регионов, удаленных на десятки, а иногда сотни миль.

Оценка воздействия промышленной разработки углеводородного сырья и других ресурсов на шельфах и континентальных склонах морей и океанов должна основываться на комбинированном, комплексном подходе, включающем систему дистанционного, в том числе спутникового мониторинга и сеть локальных контактных измерений. При этом данные дистанционного зондирования, обработанные с применением современных информационных технологий, обеспечивают анализ изменения экологической ситуации и контроль утечки нефти в зоне непосредственной добычи и на обширных прилегающих акваториях. Комплекс контактных измерений ряда ключевых геофизических, химических и биологических параметров, выбранных в качестве индикаторов состояния морской среды, обеспечивает подробный анализ экологической ситуации непосредственно в местах наиболее активной промышленной деятельности. Выбор минимального набора ключевых параметров должен проводиться на основе анализа всего комплекса знаний о функционировании морских и океанических экосистем.

В последние десятилетия наблюдается активизация процессов добычи нефти на шельфах морей и, как следствие, увеличение объемов транспортировки нефти и нефтепродуктов как морскими, так и сухопутными путями. Процессы добычи, транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов сопряжены с повышенной экологической опасностью воз-

никновения аварийных ситуаций, влекущих за собой потенциальную угрозу для здоровья и жизни людей, окружающей среды, объектов хозяйственной деятельности. В этой связи актуальными являются исследования по оценке и управлению экологическими рисками.

Практика показывает, что экологический мониторинг на основе автоматических станций непрерывного действия является самым надежным способом получения объективной и достаточной информации о динамике изменения состояния качества воды источника для подготовки и принятия обоснованных управленческих решений.

Существующие технические устройства и системы на основе датчиков измерения физико-химических характеристик поверхностных вод предусмотрены только для мониторинга конкретных характеристик воды, но не позволяют следить за другими вредными воздействиями на воду, которые могут неожиданно оказаться на опасном уровне.

Для достоверной оценки экологического состояния водных акваторий хорошо показали себя автоматизированные биоэлектронные системы ранней диагностики и предупреждения угроз экологической безопасности. Такие системы основаны на диагностике состояния беспозвоночных, обитающих в конкретной имеющейся экосистеме, где существует вероятность угроз чрезвычайных ситуаций и терактов.

Биоэлектронные системы ранней диагностики могут использоваться как в целях биомониторинга качества поверхностных вод морских и пресноводных акваторий, так и биологически очищенных сточных вод. При использовании данных систем биомониторинга для контроля качества воды, поступающей на водозаборные сооружения водопроводных станций, решается важная народно-хозяйственная проблема — обеспечение экологической безопасности населения и его защита от экологической преступности и терроризма, что в настоящее время имеет особую актуальность.

В качестве биосенсоров в таких системах используются живущие на дне данной акватории беспозвоночные (раки, крабы, моллюски и др.), причем для осуществления регистрации

функциональных характеристик требуется наличие у выбранных видов животных-биоиндикаторов жесткого наружного скелета (панциря, раковины). Именно на него устанавливаются миниатюрные волоконно-оптические датчики кардиоактивности, а в случае раковинных моллюсков, еще и датчики движения створок. Величина раскрытия створок характеризует фильтрационную активность двустворчатых моллюсков и позволяет определить уровень их жизнедеятельности как в нормальной, так и в токсичной среде. В условиях опасного для организма загрязнения моллюск закрывает створки, снижая количество попадающих в его организм вредных веществ.

Выявление этих особенностей поведения животных в меняющейся среде легло в основу разработки нашими учёными волоконно-оптического метода отведения кардиоактивности бентосных беспозвоночных, имеющих жесткий панцирь: Crustacea (Decapoda) и Mollusca, который позволяет непрерывно, в режиме реального времени проводить дистанционный контроль их функционального состояния. При этом диагностика функционального состояния этих животных «мишеней» проводится с использованием адаптированного для беспозвоночных животных метода вариационной пульсометрии.

Сущность метода вариационной пульсометрии заключается в изучении закона распределения кардиоинтервалов, как случайных величин в исследуемом ряду их значений. При этом строится вариационная кривая (гистограмма), отражающая вероятностное распределение кардиоинтервалов в анализируемой выборке кардиоритмов. По гистограмме математическими методами вычисляют числовые характеристики и индексы вариационной пульсометрии. Математический смысл вычисляемых характеристик и индексов заключается в том, что они отражают особенности формы гистограммы.

Разработчики надеются, что в силу актуальности проблемы уменьшения вреда от возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера для нашей страны, вышеизложенный метод и разработанные на его основе технологии и приборы найдут своё применение в народном хозяйстве.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Холодкевич С. В. Биоэлектронный мониторинг уровня токсичности природных и сточных вод в реальном времени // Экологическая химия. 2007. № 16 (4)
2. Холодкевич С. В., Федотов В. П., Шумилова Т. Е. Роль речного рака в пресноводной экосистеме / Методологические основы экологической безопасности. — СПб: ВВМ, 2008.

REFERENCES (TRANSLITERATED)

1. Kholodkevich S. V. Bioelektronnyi monitoring urovnya toksichnosti prirodnykh i stochnykh vod v real'nom vremeni // Ekologicheskaya khimiya. 2007. № 16 (4)
2. Kholodkevich S. V., Fedotov V. P., Shumilova T. E. Rol' rechnogo raka v presnovodnoi ekosisteme / Metodologicheskie osnovy ekologicheskoi bezopasnosti. — SPb: VVM, 2008.