

2. Губасарян Л.А., Ковальчук Ю.Л. Коррозионное состояние судовых систем после эксплуатации в морской среде// Экологические проблемы стойкости техники и материалов. Теория и практика натуральных испытаний: Сб.докл.конф.-Адлер.-1996, -С.96-98.
3. Миронов О.Г. Биологические ресурсы моря и нефтяное загрязнение.- М.: Пищевая промышленность,
4. Таусон В.О. Основные положения растительной биоэнергетики. - М., 1950. - 137 с.

Институт биологии южных морей НАНУ,
г. Севастополь

Получено 21.12.1999

L. A. GUBASARYAN

THE IMPACT OF MICROFLORA ON SOME COMPONENTS OF ANTICORROSIVE COATING

Summary

The study has disclosed factors responsible for structural changes of the anticorrosive coating containing oil, ASSFC (artificial self-solidifying floating coating), employed in shipbuilding for the protection of ballast tanks, docks and some other metal constructions. The key factor is biodegradation of anticorrosive coating components - petrolatum and synthetic fatty acids (SFAs). The share of biodestruction in total transformation of the components was estimated as 10-19%.

УДК 577.472.08

С. Е. ДЯТЛОВ

РОЛЬ И МЕСТО БИОТЕСТИРОВАНИЯ В КОМПЛЕКСНОМ МОНИТОРИНГЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ

Рассматриваются роль и место биотестирования в системе комплексного мониторинга загрязнения морской среды. Показано, что методы биотестирования, в отличие от традиционных аналитических методов, позволяют определять интегральный показатель загрязнения водных экосистем и могут быть использованы в локальном, региональном и национальном мониторингах. Обсуждается вопрос о стандартизации методов биотестирования.

Известно, что в связи с жизнедеятельностью человеческой цивилизации синтезируются и попадают в окружающую среду сотни тысяч новых химических соединений с невыясненными токсикологическими характеристиками. Большая часть загрязняющих веществ, в связи с отсутствием оборудования, методик и стандартов, аналитически не определяется. С другой стороны, только методы биотестирования позволяют получить интегральную токсикологическую характеристику природных сред независимо от состава загрязняющих веществ. В связи с этим, указанные методы приобретают все большую популярность и внедряются повсеместно. Особенно актуально внедрение биотестирования в системе мониторинга морских акваторий и контроля за крупными источниками загрязнения.

Обычно биотестирование природных и сточных вод проводится на лабораторных культурах тест-объектов различных трофических уровней - от бактерий до рыб. Метрологическая поверка стандартных методов биотестирования ставит их в один ряд с физическими и химическими методами контроля качества морской воды и создает возможность их использования в системе мониторинга морских акваторий.

© С.Е. Дятлов, 2000

Под эгидой International Standard Organization (ISO) разработаны международные стандартные методы биотестирования морской воды с использованием *Phaeodactylum tricornutum* и *Skeletonema costatum*, которые прошли апробацию в различных странах, в том числе и в Украине.

В 1995 г. в Украине введен в действие Руководящий нормативный документ [1], регламентирующий биотестирование морской воды и сточных вод с использованием трех тест-объектов: планктонной водоросли *Ph. tricornutum* Bohl., жаброногого ракообразного *Artemia salina* L. и светящихся бактерий *Photobacterium phosphoreum* (Cohn) Ford. В соответствии с Постановлением КМ Украины № 1100 от 11.09.1996 г. "О порядке разработки и утверждения нормативов предельно допустимого сброса загрязняющих веществ", определение токсичности сточных вод является обязательным.

Вопрос о необходимости создания и апробации региональных стандартных биотестирования для Черного и Азовского морей пока остается открытым. Для биотестирования морских вод специалисты причерноморских государств могут использовать Международный стандарт ISO с *Ph. tricornutum* [14]. Однако Черное и Азовское моря отличаются изменяющейся в широком диапазоне соленостью, особенно в приустьевых районах крупных рек. Поэтому использовать стандарт ISO можно лишь с некоторыми оговорками. Так, для этих морей обосновано создание батареи культур планктонных водорослей, адаптированных к широкому диапазону солености [4].

Наибольшую сложность представляет биотестирование природных вод, концентрации загрязняющих веществ в которых обычно лишь незначительно превышают фоновый уровень. Для этой цели используют наиболее чувствительные критерии оценки и тест-объекты. Этим требованиям в полной мере отвечает альготест с *Ph. tricornutum*. Апробация национального и международных стандартов были выполнены в ходе комплексных экологических съемок, выполненных УкрНЦЭМ в 1993-1995 гг. на НИС "Прибой" и НИС "Паршин" в северо-западной части Черного моря (СЗЧМ). К наиболее уязвимым участкам СЗЧМ относятся зоны рассеяния сточных вод одесских городских станций биологической очистки, районы сброса ливневых коллекторов в порту г. Одессы и в районе пляжа Аркадия, район сброса сточных вод станции очистки балластных вод в нефтегавани, ряд акваторий Одесского порта [5]. Проведенные исследования позволили предложить методику оценки ущерба, причиненного морской среде в связи со сбросом загрязненных сточных вод, основанную на данных альготеста с *Ph. tricornutum* [3].

При рассмотрении различных методических подходов к биотестированию в Азово-Черноморском бассейне не могли не остаться незамеченными временные методические рекомендации для комплексного мониторинга на наблюдательном полигоне устье р. Дунай - о. Змеиный [2]. Включение в этот документ методов биотестирования можно было бы только приветствовать, однако раздел 8 "Генотоксикологические исследования" содержит ряд дискуссионных положений. Авторы раздела предлагают использовать на полигоне два тест-объекта - инфузории *Paramecium caudatum* и планктонные водоросли *Ph. tricornutum*. Однако следует напомнить, что *P. caudatum* - исключительно пресноводный объект, культивируемый в лабораторных условиях на среде Лозина-Лозинского, и наблюдать в условиях полигона хемотаксическую реакцию, определяемую при помощи счетчика "Биотестер-2", вряд ли удастся. Необходимо также добавить, что для использования в комплексном мониторинге следует выбрать либо стандарт ISO, либо действующий в Украине нормативный документ [1]. Только в этом случае результаты биотестирования можно рассматривать наряду с результатами гидрологических, гидрофизических и прочих наблюдений, выполняемых на полигоне с использованием высокоточных приборов и стандартных методов обработки результатов.

Существенной методической проблемой (и не только в Азово-Черноморском бассейне) является оценка токсичности загрязненных донных осадков, играющих заметную роль во вторичном загрязнении водной среды. Однако нормативно утвержденные стандартные методы биотестирования донных отложений в Украине до сих пор отсутствуют.

В связи с этим необходимо привести некоторые соображения, связанные с возможными решениями этой проблемы.

В Руководстве [10] проблема биотестирования отходов, сбрасываемых в море с целью захоронения, рассматривалась наряду с гидрологическими, гидрохимическими и гидробиологическими исследованиями. Кроме экспрессного биотестирования, документ предусматривал проведение длительных эколого-токсикологических экспериментов по влиянию грунта на различные виды гидробионтов, в том числе и достаточно редкие для Черного моря, труднодоступные для лабораторных экспериментов организмы: *Ostrea lamellosa*, *Amphiura stepanovi*, *Cucumaria orientalis*, *Diogenes varians*, *Portunus arcuatus* и ряд других. Программа биологических экспериментов включала изучение влияния на организмы пелагиали жидкой фазы и фазы взвешенных частиц, а также влияние твердой фазы на бентосные организмы. Собственно биотестирование предлагалось проводить по [7]. В настоящее время (в связи с распадом СССР) Руководство утратило свою силу, однако долгие годы продолжало служить ориентиром для исследователей, которые занимались оценкой токсикологических свойств опасных отходов.

Известные нам методы биотестирования донных отложений можно отнести к двум группам. При использовании прямых методов тест-объекты (преимущественно, донные организмы) помещаются в аквариумы с морской водой, в которых находятся пробы донных отложений. Показателем токсичности при этом служат достоверные отклонения исследуемых показателей (как правило, выживаемости и поведенческих реакций) от контроля. Этот подход, по нашему мнению, вряд ли можно реализовать в стесненных лабораторных условиях научных учреждений Украины.

При использовании второго подхода биотестированию подвергаются не донные отложения, а их водные экстракты. Однако, как показали данные химического анализа, далеко не весь спектр токсических веществ переходит в жидкую фазу. В таких случаях используют специальные методы экстрагирования токсических веществ с применением органических растворителей [12]. При этом подходе используются те же тест-объекты, а сама процедура не более трудоемка, чем при биотестировании воды. Исследования с использованием методики, основанной на получении водных экстрактов донных отложений (при соотношении твердой и жидкой фаз 1:4 и 1:5), позволили выявить скопления токсичных донных отложений в замкнутых акваториях порта г. Одессы, в приустьевых районах рек, на морских свалках при проведения дампинга грунтов [5].

В последнее время биотестированию всю чаще подвергают поровые воды, которые достаточно полно отражают спектр загрязняющих веществ, содержащихся в отложениях [13]. Биотестирование поровых вод является перспективным направлением при оценке степени загрязнения грунтов. Наиболее убедительные результаты хронической токсичности поровых вод были получены нами на пресноводных тест-объектах (*Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg) при оценке токсичности донных осадков, отобранных в р. Дунай (г. Вилково), порту Усть-Дунайск и в Жебриянской бухте (октябрь, 1999 г.). Природная вода, отобранная одновременно с донными отложениями на тех же станциях, хронической токсичностью для *C. affinis* не обладала.

Рассмотренные выше методические проблемы биотестирования, а также вопросы, возникающие в связи с правомочностью использования тех или иных методов биотестирования, безусловно, дискуссионны. Не вызывает сомнения и тот факт, что исследователи будут предлагать все новые, более экспрессные информативные методы и их сочетания, а также более современные способы обработки данных [9, 11]. В настоящее время внедряются приборные методы биотестирования, что делает их еще более эффективными (например, "Microtox" - оборудование для экспрессного определения влияния загрязняющих веществ на культуры светящихся бактерий).

Именно в связи с этим необходима четкая формулировка роли, места и требований, предъявляемым к критериям оценки и методам биотестирования, которые уже используются в системе комплексного мониторинга Черного и Азовского морей или же

находятся в стадии разработки. В свете сказанного прежде всего нужно определить, какие среды должны подвергаться анализу методами биотестирования.

Не вызывает сомнения, что биотестированию подлежат природные и все виды возвратных вод, почвы на водосборных площадях, взвешенные частицы в воде, донные отложения, а также все виды материалов, подлежащих дамплингу в прибрежных районах моря. Низкая себестоимость методов биотестирования по сравнению с аналитическими методами, позволяет охватить большие акватории и выделить участки с высоким уровнем токсичности. Такой подход эффективен в том случае, когда источник загрязнения неизвестен. В местах с высокой токсичностью природных сред необходимо проводить детальные (и более затратные) аналитические исследования с выявлением концентраций приоритетных токсикантов.

Следует учитывать, что методика определения токсичности морских вод с использованием планктонных водорослей не предусматривает разграничения на острую и хроническую токсичность. Степень токсичности морской среды определяется величиной ингибирования роста культур водорослей и необходимой кратностью разбавления пробы, при которой токсический эффект не наблюдается. Для более детальной оценки различных аспектов проявления неблагоприятного воздействия загрязненной морской среды на культуры тест-объектов была предложена шкала токсичности (в баллах токсичности от -3 до +3), включающая определение качества среды: от летальной, токсичной, слаботоксичной и нетоксичной до стимулирующей клеточные деления [8].

Периодичность биотестирования природных сред зависит от целей и задач мониторинга. На постоянно действующих источниках загрязнения моря необходимо контролировать качество сбросных вод с определенной периодичностью. Следует изучить характер работы контролируемого объекта и иметь ввиду, что токсичность сточных вод зависит от количества и типа пользователей, регулярности работы предприятий, сдающих на очистку сточные воды, и других факторов. Источники загрязнения морских вод, действующие периодически (ливневые коллекторы, сбросные каналы оросительных систем и т.п.) должны контролироваться в период их максимальной нагрузки. После получения и осмысления результатов анализа целесообразно исследовать пути поступления сточных вод на очистные сооружения и выявить главные источники, поставляющие наиболее токсичные сточные воды.

На объектах, сбрасывающих токсичные стоки, необходимо проводить комплексное изучение химического состава стоков, их токсичности, влияния на донные биоценозы. Экоотоксикологические эксперименты по изучению влияния важнейших компонентов, содержащихся в сточных водах, на широкий спектр организмов, обитающих в прибрежной зоне моря, позволят прогнозировать развитие ситуации в природных условиях.

Все эти виды контроля относятся к локальному мониторингу и осуществляются в зоне влияния крупных источников загрязнения морской среды. В связи с большим влиянием точечных источников загрязнения на качество морской воды и донных отложений на первом этапе этому виду биологического мониторинга следует отдавать предпочтение. В качестве аргумента в пользу такого подхода можно привести пример работы по биотестированию вод СБО "Северная" и "Южная" г. Одессы, проводимой в ОФ ИнБЮМ по заказу Госинспекции охраны Черного моря Минэкобезопасности Украины. Предложенный подход контроля качества стоков на сбросе в море, в сочетании с аналитическими методами, позволил существенно повлиять на качество сбрасываемой воды. В последние годы вода, поступающая в море с этих очистных сооружений, не обладает острой токсичностью (за исключением нескольких аварийных ситуаций). С помощью методов биотестирования была показана недопустимость обеззараживания сточных вод путем их хлорирования. Рассматривается вопрос об организации озонирования сточных вод перед сбросом в море.

Таким образом, в настоящее время имеются нормативная база ("Положение о государственном мониторинге окружающей природной среды"), международные и национальные стандартизованные методы биотестирования природных вод и опыт их апроба

ции в СЗЧМ. Это позволяет дополнить традиционную систему контроля за качеством морской воды принципиально новыми, оперативными и мало затратными методами.

1. Біотестування морської води та стічної, яка відводиться в море. Методика // Керівний нормативний документ. - 211.1.4.047-95. - Київ, 1995. - 37 с.
2. Выполнение эколого-геологических, гидрохимических и гидробиологических исследований на наблюдательном полигоне устье р. Дунай - о. Змеиный (Временные методические рекомендации) / УкрГИМР-НЦ ПМЭРГ НАН Украины / Под. ред. В.И.Беляева. - Симферополь-Севастополь, 1997. - 90 с.
3. Дятлов С.Е. Про методику оцінки шкоди, заподіяної морському середовищу внаслідок скиду стічних вод // Вісник Одеського державного університету. - 1999. - 4, вип. 3. - Біологія. - С. 76-78.
4. Дятлов С.Е., Петросян А.Г. Норма реакции лабораторной культуры *Phaeodactylum tricornutum* Bohlín. к абиотическим факторам. II. Диапазон соленостной резистенции // Альгология (в печати).
5. Дятлов С.Е., Петросян А.Г., Ходаков И.В. и др. Экспериментальная оценка качества прибрежных вод и донных отложений методами биотестирования // Исследование экосистемы Черного моря: Сб. научн. тр. УкрНЦЕМ. - 1994, - вып. 1. - С. 141-148.
6. Зайцев Ю.П. Морские гидробиологические исследования Национальной Академии наук Украины в 90-е годы XX столетия. Шельф и приморские водоемы Черного моря // Гидробиол. журн.. - 1998. - 34, № 6. - С. 3 - 21.
7. Методические указания по морским токсикологическим биотестам. - М.: ВНИРО, 1978. - 30 с.
8. Петросян А.Г., Дятлов С.Е., Доценко Т.В. и др. Методические рекомендации по морским биологическим тестам // Рук. деп. в ВИНТИ 22.07.96, № 2480-B96. - 56 с.
9. Петросян А.Г. Некоторые методические аспекты биотестирования сточных вод, сбрасываемых в морские акватории // Экология моря. - 1999. - вып. 49. - С. 97 - 101.
10. Руководство по организации наблюдений, проведению работ и выдаче разрешений на сброс отходов в море с целью захоронения (временное) / Под ред. И.А.Шлыгина. - М.: Моск. отд. гидрометеоздата, 1984. - 63 с.
11. Ходаков И.В., Дятлов С.Е., Петросян А.Г. Использование ранних стадий эмбрионального развития черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. для биотестирования природных и сточных вод // Гидробиол. журн.. - 1996. - 32, № 5. - С. 67 - 77.
12. Шеханова И.А., Пристер Б.С., Дятлов С.Е. и др. Оценка токсикологической обстановки в северо-западной части Черного моря в связи с проблемами рыбного хозяйства // Биогеохимические и токсикологические исследования загрязнения водоемов: Сб. научн. тр. ВНИРО. - М., 1984. - С. 112 - 122.
13. Adams W.J., Kimerle R.A., Mosher R.G. Aquatic safety assessment of chemical sorbed to sediment//Aquatic Toxicol. and Hazard Assessment.: 7th Symp., Milwaukee, Wisc., 17-19 Apr. 1983. - Philadelphia, PA, 1985. - P. 429 - 453.
14. Water quality - Algal growth inhibition test with *Skeletonema costatum* and *Phaeodactylum tricornutum*. Draft International Standard ISO/DIS 10253.2. - 1994. - 12 p.

ОФ Института биологии южных морей НАНУ,
г. Одесса

Получена 16.02.2000

S. YE. DYATLOV

ROLE AND POSITION OF BIOASSAYS IN COMPLEX MONITORING OF POLLUTION OF MARINE ENVIRONMENT

Summary

Role and position of bioassays in the system of complex monitoring of water environment pollution are discussed. It is showed that methods of bioassays, unlike traditional analytical methods, enable to determine an integral index of pollution of water ecosystems and may be used in local, regional and national monitoring. Standardization problem of these methods is discussed.