УДК 628.394.6:59(268.45)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА БИОТЕСТИРОВАНИЯ ПРИ МОНИТОРИНГЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Горбачева Е.А.

ФГУП «Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича», Мурманск,
e-mail: gorbach@pinro.ru

Проведено биотестирование вытяжек донных отложений Баренцева моря на микроводоросли Phaeodactylum tricornutum и личинках рачка Artemia salina. Установлено, что токсичные донные отложения регистрируются преимущественно в хозяйственно освоенных губах и заливах. В наиболее загрязненном Кольском заливе доля токсичных проб достигает 62-65%. В открытых районах моря токсичные донные отложения немногочисленны и чаще наблюдаются в областях распространения норвежских и мурманских прибрежных вод и Центральном желобе.

Ключевые слова: биотестирование, токсичность, донные отложения, Баренцево море

APPLICATION OF BIOTESTING METHOD FOR MONITIRING OF SEDIMENT POLUTION LEVEL IN THE BARENTS SEA

Gorbacheva E.A.

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk,
e-mail: gorbach@pinro.ru

Microalgae Phaeodactylum tricornutum and larvae of the crustacean Artemia salina were used to perform biotesting of sediment elutriate in the Barents Sea. It is shown that toxic sediments are most often found in economically developed inlets and bays. In the most polluted Kola Bay the number of toxic samples reaches 62-65%. In the open sea areas there are few toxic sediments and they are more frequently observed in Norwegian and Murmansk coastal waters and in the Central Basin.

Keywords: biotest, toxicity, marine sediments, Barents Sea

Экологический мониторинг морской среды предполагает совместный анализ состояния биотической и абиотической компонент морской экосистемы. Основные аспекты такого анализа включают определение изменений в условиях среды и изучение экологических последствий и биологических эффектов загрязнения. Биотестирование является одним из подходов к оценке биологических эффектов загрязнения морской среды. Оно характеризует качество среды по интегральному показателю «токсичность» на основе унифицированной экспериментальной оценки реакции водных организмов (тест-объектов) на токсическое воздействие [5].

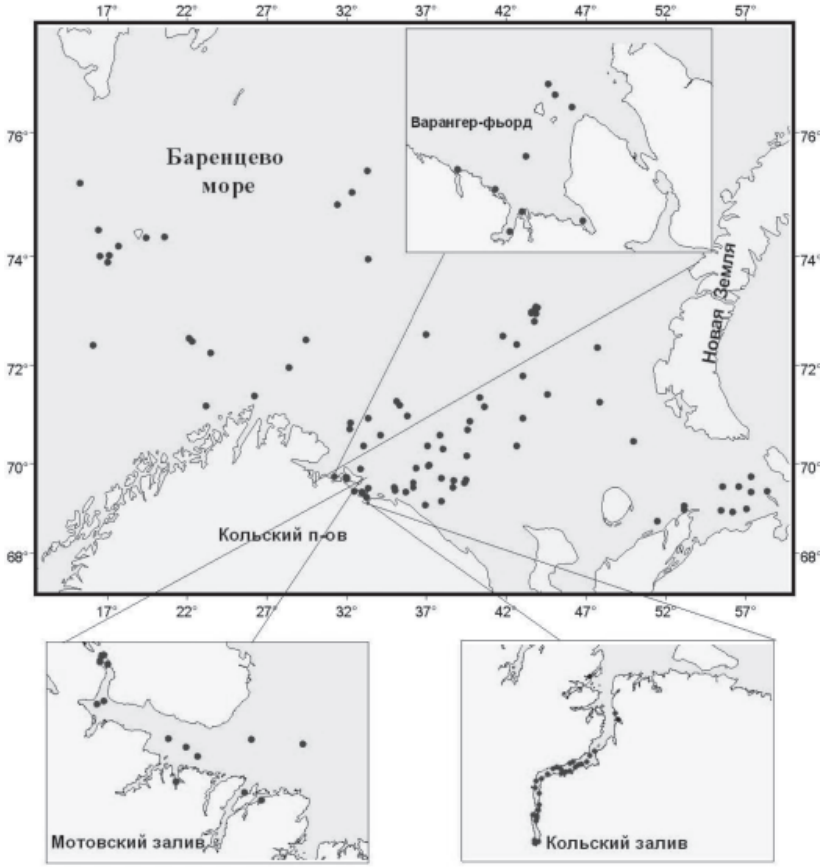
Материалом для исследований служили пробы донных отложений, отобранные в рейсах научно-исследовательских судов в Баренцевом море в 2000-2012 гг. (рисунок).

В качестве тест-объектов использовали морскую золотистую водоросль *Phaeodactylum tricornutum* и личинок солоноватоводного жаброногого рачка *Artemia salina*. Продолжительность экспериментов 96 ч.

О токсичности донных отложений судили на основании биотестирования их водных вытяжек. При получении вытяжек каждую пробу донных отложений смешивали с морской водой из условно чистого района в объемном соотношении 1:4 и встряхивали в течение 2 ч. После смешивания суспензии давали отстояться 1 ч. Полученную надосадочную жидкость сливали и центрифугировали в течение 10 мин при скорости 4000 об/мин.

Водоросль *Ph. tricornutum* культивировали на среде Гольдберга в модификации Кабановой, при освещенности 4000 лк и температуре 20-22 ºС. При постановке экспериментов использовали общепринятую методику [4]. В качестве регистрируемого показателя выбрали изменение численности клеток водоросли.

Изучение воздействия вытяжек донных отложений на A. *salina* осуществляли по выживаемости личинок. В соответствии с методикой [4] в чашки Петри, содержащие 40 мл чистой морской воды или исследуемого раствора, помещали по 20 личинок в возрасте до 1 сут. Количество выживших рачков подсчитывали через каждые 24 ч. Эксперименты проводили в трех повторностях.



Карта-схема района исследований и расположение станций отбора проб

Результаты исследований показали, что наиболее часто токсичные донные отложения регистрируются в хозяйственно освоенных бухтах и заливах. По уровню загрязнения особо выделяется Кольский залив, на побережье которого расположены гг. Мурманск и Североморск, а также ряд промышленных предприятий. Доля токсичных проб донных отложений в южном и среднем коленах залива составляла 65 и 62% соответственно. Наиболее чувствительна к загрязняющим веществам, присутствующим в донных отложениях этих районов, оказалась водоросль *Ph. tricornutum*. Максимально загрязнены донные отложения на участках расположения ПО «Судоверфь», торгового и рыбного портов, рейдовых нефтеперегрузочных комплексов и свалок старых судов. EC_{50} (концентрации, вызывающие 50%-е по сравнению с контролем снижение численности клеток *Ph. tricornutum*) вытяжек донных отложений, отобранных в этих районах, достигали 3,7-37,2%. Сопоставление результатов биотестирования с данными химико-аналитических исследований позволило выявить связь между токсичностью донных отложений Кольского залива и накоплением в них отдельных загрязняющих веществ. Установлены статистически достоверные значения коэффициента корреляции между уровнем токсичности донных отложений Кольского залива для *Ph. tricornutum* и содержанием в них меди ($r = 0{,}52$*; * – достоверно при $P < 0{,}05$), цинка ($r = 0{,}49$*) и свинца ($r = 0{,}51$*).

Токсичные донные отложения отмечали в Мотовском заливе и Варангер-фьорде. Поллютанты поступают в эти районы с водами Северо-Атлантического течения, несущего загрязнения от промышленных центров Северной Европы, и из локальных источников (населенные пункты, порты, объекты военного назначения и т. п.), расположенных на побережье.

В Варангер-фьорде исследования проводили на девяти станциях. В глубоководных районах токсичные для личинок *A. salina* (гибель рачков в вытяжках достигала 21,7-23,3%) донные отложения зафиксировали на двух станциях, располагавшихся на незначительном удалении друг от друга – на выходе из губы Большая Волоковая, вблизи Айновых островов, и напротив губы Малая Волоковая. Токсичные донные отложения отмечали также в таких губах Варангер-фьорда, как Амбарная и Малонемецкая Западная, в вытяжках из которых гибель личинок *A. salina* достигала 28 и 48% соответственно.

Из семи исследованных проб донных отложений глубоководных районов Мотовского залива лишь одна токсична для личинок *A. salina*. Гибель 23 % рачков наблюдали в вытяжке донных отложений, отобранных на станции, расположенной в центральной части залива. Токсичной для личинок *A. salina* (гибель рачков составляла 15 %) являлась вытяжка донных отложений губы Червяное Озерко (восточный рукав губы Ура). Кроме того, токсичные донные отложения зарегистрировали в бухте Озерко (вершина губы Большая Мотка). Исследования в бухте проводили до начала геологоразведочных работ на побережье (2004 г.) и после их окончания (2009 г.). В более ранних исследованиях токсичные донные отложения (снижение численности *Ph. tricornutum* в вытяжке до 56 % от контроля) зарегистрировали только в районе действующего причала. После окончания геологоразведочных работ токсичные донные отложения (снижение численности *Ph. tricornutum* в вытяжке до 61 % от контроля и гибель личинок *A. salina* до 48 %) обнаружили и на двух станциях в районе мыса Вестник, на расстоянии 700 м от буровой.

Открытые районы Баренцева моря относятся к областям в незначительной степени затронутым техногенным воздействием [1]. Источниками загрязнения здесь являются воды Северо-Атлантического течения, атмосферный перенос и судоходство.

Для личинок *A. salina* из 89 исследованных образцов донных отложений открытых районов Баренцева моря токсичными оказались только 13. Культура водоросли оказалась менее чувствительной к загрязняющим веществам, присутствующим в этих донных отложениях. Для *Ph. tricornutum* из 56 изученных проб токсичными оказались только две. Более часто (14 % исследованных проб) в вытяжках отмечали кратковременное подавление размножения клеток водоросли в начале эксперимента, которое в последующем сменялось восстановлением и стимуляцией роста культуры *Ph. tricornutum*. Это свидетельствует о присутствии поллютантов в среде в концентрациях, которые уже чувствительны для клеток водоросли, но они способны приспособиться к такому уровню загрязнения и нормально развиваться в течение времени, ограниченного длительностью эксперимента.

Согласно данным биотестирования в открытых областях Баренцева моря наиболее загрязнены донные отложения из районов распространения норвежских и мурманских прибрежных вод и Центрального желоба (исследования проводили на участке расположения Штокмановкого газоконденсатного месторождения). Это обусловлено как более высокими концентрациями поллютантов в водных массах этих районов [2, 3], так и особенностями рельефа и гидродинамики, определяющими аккумуляцию осадочного материала, и сорбционной емкостью самих донных отложений. В вытяжках из 20 % образцов донных отложений, отобранных в районах присутствия норвежских и мурманских прибрежных вод, наблюдали токсическое воздействие на личинок *A. salina,* 31 % − негативное (токсическое или кратковременное подавление размножения клеток в начале эксперимента) влияние на *Ph. tricornutum.* В Центральном желобе токсичными для личинок A. *salina* являлись вытяжки, полученные из 20 % проб донных отложений, и в таком же количестве вытяжек отмечали кратковременное подавление роста культуры *Ph. triconutum*. На других участках донные отложения загрязнены в меньшей степени. Так, в районах распространения печорских прибрежных и атлантических водных масс токсичными для личинок *A. salina* оказались вытяжки из 6 и 12 % проб соответственно. Негативное воздействие на *Ph. triconutum* отмечали не более чем в 14 % вытяжек из донных отложений каждого из этих районов.

Таким образом, результаты биотестирования показали, что в Баренцевом море наибольшее количество токсичных проб донных отложений регистрируется в хозяйственно освоенных губах и заливах. В открытых районах моря токсичные донные отложения немногочисленны и более часто наблюдаются на участках распространения норвежских и мурманских прибрежных вод и в Центральном желобе.

Список литературы

1. Гуревич В.И. Современный седиментогенез и геология Западно-Арктического шельфа Евразии. М: Научный мир, 2002. – 134 с.

2. Ильин Г.В. Распространение загрязняющих веществ в шельфовых морях Российской Арктики // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. М.: ГЕОС, 2009. Вып. 1. С. 124-163.

3. Плотицына Н.Ф. Мониторинг химического загрязнения водных масс Баренцева моря // VI-VII Междунар. семинары «Рациональное использование прибрежной зоны северных морей». Ч. II: Изучение биотопов прибрежных экосистем. Социально-экологические и экономические исследования в прибрежной зоне северных морей: материалы докл., 18 июля 2002 г., 17 июля 2003 г., Кандалакша. СПб: Изд-во РГГМУ, 2004. С. 136-149.

4. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. М.: РЭФИА, НИА – Природа, 2002. 118 с.

5. Соколова С.А., Старцева А.И. Экотоксикологические исследования в Двинском заливе Белого моря // Комплексные исследования экосистемы Белого моря: сб. научн. тр. / ВНИРО; под ред. В.В. Сапожникова. – М.: ВНИРО, 1994. – С. 94-104.