

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ВОД:  
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Рассмотрены основные методы оценки качества морских вод. Как наиболее перспективный полевой метод предлагается использовать показатели разнообразия раковин массовых видов двустворчатых моллюсков в пляжевых выбросах.

The article considers the basic methods of sea water quality assessment. The indicators of shell diversity of dominant bivalve molluscs in tidal accumulations are suggested as the most efficient field method.

**Ключевые слова:** методы биоиндикации, новый метод, танатоценозы моллюсков, пляжевые выбросы.

**Keywords:** bioindication methods, new method, mollusk thanatocoenosis, tidal accumulations.

Морское побережье и шельф — сопряженные части единой океанической системы со специфическими закономерностями массо- и энергообмена, с особыми физико-химическими, географическими и биологическими звеньями, механизмом саморегулирования, поддерживающим равновесие и устойчивость к внешним воздействиям. Эта система особенно чувствительна к антропогенному прессу. Течения, прибой, речной и береговой стоки насыщают прибрежно-морские воды разнообразными видами твердых, жидких и газообразных поллютантов. Здесь происходят специфические процессы аккумуляции, сортировки, деструкции загрязняющих веществ. С целью анализа качества прибрежных вод используются различные методы: оценка биологического разнообразия гидробионтов, определение содержания тяжелых металлов в тканях и раковинах моллюсков [8].

Для контроля за состоянием прибрежно-морских акваторий и выяснения причин различных патологий, возникающих у гидробионтов под влиянием антропогенного стресса и других факторов, ранее разрабатывался один из методов биоиндикации [4; 5]. Несмотря на многочисленные исследования по использованию организмов-мониторов для оценки уровня загрязнения морских вод [1; 2; 6; 8], методы биоиндикации все еще нуждаются в более глубоком осмыслении. Они должны базироваться на знании закономерностей взаимодействия организмов и среды их обитания, отклика биоты на изменение условий существования, представлениях о способах оценки качества водной среды.

Успехи некоторых видов оценки состояния наземных и морских водоемов выдвигают в качестве приоритетного направления разработку мониторинга более высокого порядка — эколого-биохимического и эколого-биогеохимического. Изменения в обмене веществ у гидробионтов наступают, как правило, еще до появления морфологических, физиологических, популяционных и других визуально различимых отклонений от нормы. Поэтому ранняя диагностика метаболизма гидробионтов позволяет следить за поступлением в воду экзогенных соединений даже в ничтожно малых количествах, т. е. проводить эколого-биохимический мониторинг.

Наряду с этим разработка новых более экспрессных и в то же время достаточно точных методов оценки качества морских вод также необходима как для контроля за состоянием еще не загрязненных акваторий, так и для выяснения причин различных патологий, возникающих у гидробионтов под влиянием антропогенного стресса и других факторов [4]. Биоиндикация качества морских вод важна в практическом отношении: ее, к примеру, возможно использовать в досудебных экспертизах и в арбитражных судах, связанных со случаями отравления рыб и беспозвоночных промышленными, сельскохозяйственными и хозяйственно-бытовыми неочищенными стоками, содержащими высокие концентрации соединений токсичных металлов, углеводов нефти и металл-органических соединений.

С этой целью авторами в 2008—2009 гг. велась оценка разнообразия массовых видов двустворчатых моллюсков (*Macoma baltica*, *Mya arenaria*, *Mytilus edulis* и *Cerastoderma rusticum*) по штормовым выбросам раковин на трех участках пляжа Зеленоградска (от окончания променада в сторону национального парка «Куршская коса») и в районе пос. Мечниково. В результате изучения собранного материала удалось прийти к некоторым выводам об изменениях качества среды обитания гидробионтов в осенне-зимний и весенний периоды [2].

Массовые выбросы мидий (*Mytilus edulis*) на зеленоградский пляж (от 100 экз.) происходили в конце января, в весенне-летний период (за исключением июля) и в сентябре 2009 г. Второй по численности вид *Macoma baltica* больше всего представлен в январских, февральских, майских и летних сборах (от 100 экз.). Третье место по численности в выбросах занимали створки *Mya arenaria*, которые достигали максимальных значений в мае, июне и августе 2009 г. Сердцевидка (*Cerastoderma rusticum*) встречалась значительно реже, только в мае 2009 г. на всех трех участках численность створок этого вида достигала максимума (по 84 экз. на первых двух участках и 100 экз. — на третьем).

Минимальные количества выбрасываемых на пляж створок пришлись на начало декабря 2008 г.: *Cerastoderma rusticum* — от 2 до 6 экз., *Mya arenaria* — от 2 до 5 (на первом участке — 20 экз.), *Macoma baltica*

– от 15 до 39 экз., а *Mytilus edulis* – от 14 до 35 экз. В июле 2009 г. количество створок *Cerastoderma rusticum* также было минимальным (2–3 экз.). Значительные колебания численности моллюсков связаны, вероятнее всего, с сезонными изменениями температурных условий и гидродинамических характеристик водной среды. По соотношению целых и поврежденных створок оказалось возможным судить об интенсивности волнения моря, а в отдельных случаях и о силе штормов (по максимальным значениям количества фрагментов створок).

Прижизненные группировки зарывающихся в песчаный грунт моллюсков характеризуются явным доминированием *Macoma baltica* (иногда совместно с *Mya arenaria*), а прикрепленные к валунам, гальке и выступам скального грунта *Mytilus edulis* образуют вторую группировку, в ряде случаев пространственно совпадающую с первой.

На юго-западном побережье Самбийского полуострова в районе пос. Мечниково сборы створок двустворчатых моллюсков проводились в летний период на трех прибойных участках пляжа: с максимальным, средним и минимальным количеством. На первом и втором из них к видам-доминантам отнесены *Macoma baltica* и *Cerastoderma rusticum*. Примечательно, что количество целых створок *Cerastoderma rusticum*, размеры которых значительно варьировали по сравнению с остальными видами, впервые превысило численность неповрежденных *Macoma baltica*. Меньше всего в сборах оказались представленными створки *Mya arenaria*, причем из 13 найденных на первом участке только 3 оказались целыми, а на втором – из 5 лишь 1 целая створка. На третьем участке были собраны: створки *Macoma baltica* – 17, *Cerastoderma rusticum* – 6 и поврежденные створки *Mya arenaria* – 2 (табл. 1). Таким образом, если на зеленоградском пляже доминировали *Macoma baltica* и *Mytilus edulis*, то в районе пос. Мечниково – *Macoma baltica* и *Cerastoderma rusticum*. Это указывает на явные различия качества среды обитания разных видовых группировок моллюсков: характера рельефа, донных осадков дна, гидродинамического режима, температурных и других условий.

Таблица 1

**Распространение створок двустворчатых моллюсков на участках пляжа  
(пос. Мечниково, Калининградская область)**

Участок	С. r.	М. b.	М. а.	М. е.
1-й	29/27	36/28	13/3	–
2-й	16/15	25/18	5/1	–
3-й	6/5	17/12	2/–	–

Примечание: С. r. – *Cerastoderma rusticum* L., М. b. – *Macoma baltica* L., М. а. – *Mya arenaria* L., М. е. – *Mytilus edulis* L.; 24/5 – общее количество створок/из них неповрежденных.

Весьма перспективный метод оценки качества вод основан на способности моллюсков аккумулировать тяжелые металлы в своих мягких тканях и раковинах. Ранее было показано, что максимальные концентрации Hg, Cd, Cu, Pb, Zn, Ni у массового вида *Macoma baltica* L. приурочены к приустьевым акваториям рек и густонаселенным пунктам на побережье [6]. Этот вид наиболее пригоден для биомониторинга загрязнения морских вод. Коэффициент биоконцентрирования металлов у разных видов колеблется в от  $10^2$  до  $5 \times 10^4$ , причем избирательность аккумуляции одних металлов по сравнению с другими отчетливо проявляется, к примеру, у *Mytilus edulis* («предпочитает» Cd), а *Pilagella littoralis* L. концентрирует Pb [10].

При оценке содержания Cu, Zn, Cd и Pb в мягких тканях *Macoma baltica*, собранных в припортовых акваториях Балтийска, Вентспилса, Клайпеды и в районе разрабатываемого Кравцовского морского месторождения нефти [11], было установлено, что значения по Cu, Zn, Cd в несколько раз превышали нормативные и только концентрация Pb была меньше предельно допустимой (см. рис.).

Вместе с тем загрязненность моллюсков Cu повышалась в направлении от Балтийска к Вентспилсу. «Лидером» по биоконцентрированию Pb оказался главный морской порт Литвы – Клайпеда, а по Zn высокие значения характерны для всех изученных портов, тогда как в акватории Кравцовского нефтяного месторождения Zn в тканях моллюсков значительно меньше. По содержанию в мягких тканях Cd *Mytilus edulis* и *Macoma baltica*, обитающие на дне моря вблизи нефтяной платформы, значительно превосходили аналогичные характеристики припортовых акваторий (рис.; табл. 2). Возможно, это обусловлено расширением пятна загрязнения вод тяжелыми металлами от эксплуатируемой нефтеносной структуры Д-6 в сторону Калининградского побережья, но для большей убедительности этого вывода следует вычленить влияние «регионального» фона на исследованном участке акватории.

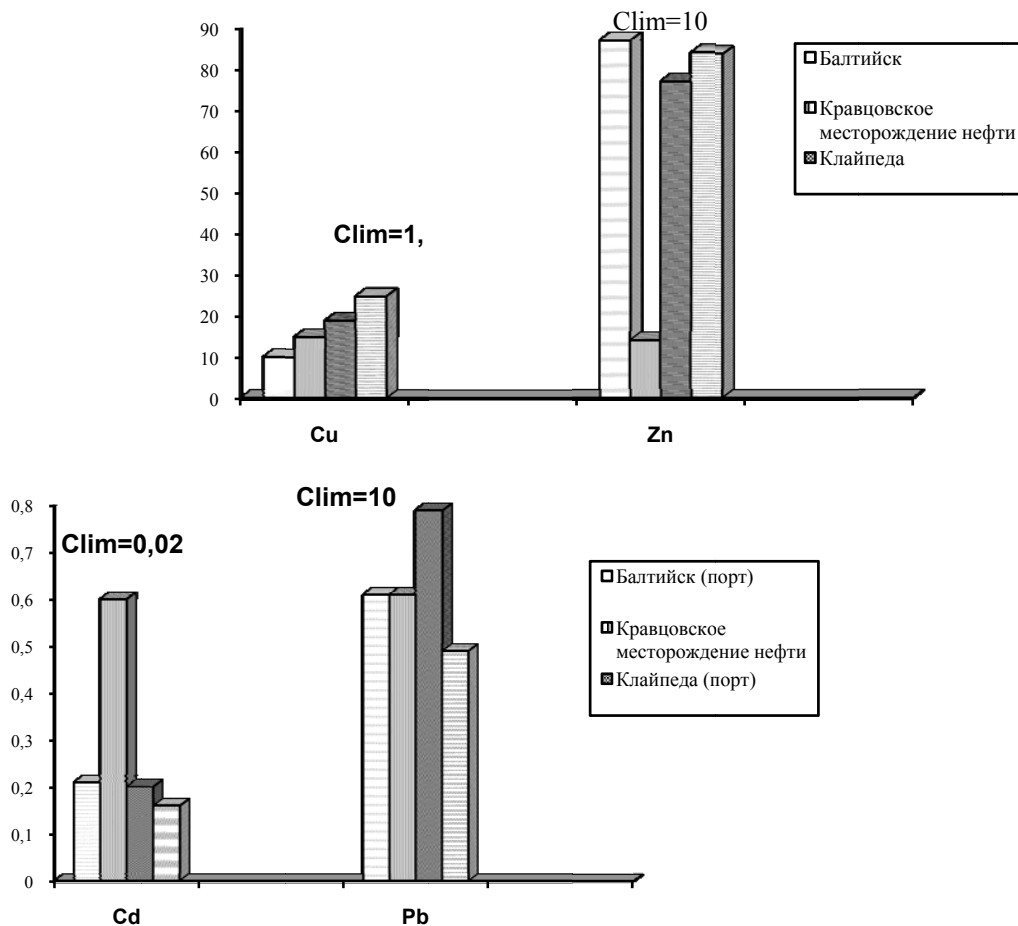


Рис. Содержание тяжелых металлов

в мягких тканях *Macoma baltica*, мг/кг

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в раковинах и мягких тканях  
*Mytilus edulis* L. и *Macoma baltica* L.  
(Кравцовское морское месторождение нефти), мг/кг

Металл	<i>Mytilus edulis</i>		<i>Macoma baltica</i>	
	мышцы	створки	мышцы	створки
Cu	0,17–0,57	9,69–29,41	0,40–15,1	0,03–14,6
Zn	0,69–14,2	1,21–8,85	9,89–14,3	0,48–16,3
Cd	0,29–0,60	0,08–0,34	0,02–0,48	0,04–0,27
Pb	0,07–0,12	1,80–2,70	0,15–0,60	1,91–6,90
Ni	0,12–0,68	0,08–0,40	0,30–0,73	0,05–0,90
Mg	1,71–7,26	0,36–71,19	0,30–11,86	0,02–20,86
Cr	0,07–0,46	0,17–0,28	0,25–5,03	0,16–2,94
Fe	0,69–31,45	17,87–26,31	1,50–583,6	3,69–355,1

Сравнение биоконцентрирующей способности мышц и створок *Mytilus edulis* и *Macoma baltica* (табл. 2) выявило, что второй из этих видов можно считать «абсолютным лидером» по способности аккумулировать Fe (как в мягких тканях, так и в створках). Значительно больше у макамы содержание Cr, Ni, Pb. В то же время у мидии выше концентрация Cu (в раковинном арагоните) и Cd (в мышцах). Это указывает на видовую избирательность биоконцентрирования металлов различными органами и тканями моллюсков [1].

Изложенные выше результаты дают основание рассматривать биоиндикационные методы оценки качества прибрежно-морских вод как наиболее репрезентативные и рекомендовать их для внедрения в практику геоэкологического мониторинга на всех морских побережьях.

#### Список литературы

1. Краснов Е.В., Корнеев Л.В. Антропогенное воздействие на морские экосистемы европейских морей // VI Baltic forum ekologiczne. Gdansk, 1993. S. 76–82.

2. *Краснов Е.В., Романчук А.Ю., Пономарева Е.А.* Оценка качества прибрежно-морских вод методами биоиндикации // Проблемы управления социально-экономическими процессами регионов: материалы V Международной научно-практической конференции. Калининград, 2009. С. 142–146.
3. *Поликарпов Г.Г.* О роли живого вещества в гидросфере // Труды междунар. симпозиума. Одесса, 6–10 октября 1975. М., 1979. С. 13–20.
4. *Романчук А.Ю.* Об эволюционной и экологической изменчивости двусторчатых моллюсков рода *Cardium* L. // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. Калининград, 2006. С. 47–51.
5. *Романчук А.Ю.* Межпопуляционная изменчивость морфометрических признаков балтийских кардиид // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. Калининград, 2007. С. 79–82.
6. *Саенко Г.Н.* Металлы и галогены в морских организмах. М., 1992.
7. *Салихова Е.В., Савостина О.А.* Мясота baltica как биоиндикатор тяжелых металлов // Тез. докл. XXIII науч. конф. Калининградского ун-та. Калининград, 1991. С. 169–170.
8. *Христофорова Н.К.* Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л., 1989.
9. *Krasnov E. V.* Corals and mollusks as indicators of sea water quality // Water quality bulletin. 1977. Vol. 2, No. 4. P. 10–11.
10. *Kulikova I., Seisuma Z., Legzdina M.* Concentration of heavy metals in the Riga gulf ecosystem // Materials of the International Conference «Ecobaltica – 91». Kaliningrad, 1991. P. 116–117.
11. *Pempkowiak J., Szefer P.* The concentration and sources of heavy metals in some sea species // Materials of the International Conference «Ecobaltica – 91». Kaliningrad, 1991. P. 121–122.

#### Об авторах

А. Ю. Романчук – канд. биол. наук, доц., РГУ им. И. Канта, annaroman@mail.ru  
Е. А. Пономарева – асп., РГУ им. И. Канта, titlinovae@list.ru

#### Authors

Dr. A. Romanchuk, Associate Professor, IKSUR, annaroman@mail.ru  
Ye. Ponomareva, PhD student, IKSUR, titlinovae@list.ru