

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОД ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО
(ЯПОНСКОЕ МОРЕ) НА ОСНОВЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ И АНАЛИЗА РОСТА И СОДЕРЖАНИЯ
ХЛОРОФИЛЛА *A* МИКРОВОДОРОСЛИ
*PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM***

© 2011 Ж.В. Маркина¹, Е.В. Журавель², Н.А. Айздайчер¹

¹ Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток

² Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Поступила в редакцию 10.04.2011

Проведен гидрохимический анализ, а также оценка роста и содержания хлорофилла *a* у микроводоросли *P. tricornutum*, выращенной в воде из разных районов зал. Петра Великого с высокой антропогенной нагрузкой. Наши исследования показали, что рост микроводоросли *P. tricornutum* в воде, отобранной на всех исследованных станциях, отличался от такового в контроле, притом что гидрохимические показатели были в пределах допустимой нормы. На основе полученных данных исследованные районы по степени ухудшения экологической ситуации можно расположить в следующем порядке: юго-западная часть зал. Петра Великого < Амурский залив < Уссурийский залив < зал. Находка.

Ключевые слова: биотестирование, микроводоросли, хлорофилл *a*, загрязнение

В последние десятилетия, несмотря на принимаемые меры, загрязнение Мирового океана неуклонно возрастает. На Дальнем Востоке России примером акватории, наиболее подверженной антропогенному загрязнению, может служить залив Петра Великого Японского моря, что является предпосылкой для проведения регулярного мониторинга. Однако не все районы залива несут одинаковую антропогенную нагрузку. Так, Амурский и Уссурийский заливы испытывают антропогенный пресс города-порта Владивостока и прилегающих к заливам населенных пунктов. На берегах зал. Находка расположен г. Находка и крупнейшие на Дальнем Востоке России порты Восточный и Находка; кроме того, в зал. Находка впадает р. Партизанская, несущая стоки с сельскохозяйственных полей. На побережье юго-западной части зал. Петра Великого отсутствуют населенные пункты, а единственным источником загрязнения является р. Туманная, протекающая по территории КНР.

Для успешного решения задач оценки состояния среды необходимо проводить комплексные исследования с применением различных показателей. Традиционно для оценки качества вод применяются методы химического анализа,

однако далеко не все загрязняющие вещества и соединения могут быть выявлены в пробах воды. В связи с этим при исследовании качества вод параллельно с гидрохимическими анализами все чаще используется оценка действия природных вод на лабораторные культуры организмов, которая позволяет дать интегральную характеристику состояния среды. Наиболее часто для данных целей применяется микроводоросль *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin (Bacillariophyta), включенная в большинство методических руководств вследствие своей чувствительности, удобства культивирования и круглогодичной доступности [2, 6, 8].

Цель настоящей работы: проведение мониторинга состояния водной среды разных районов зал. Петра Великого Японского моря на основе гидрохимических показателей и оценке действия его вод на лабораторную культуру микроводоросли *P. tricornutum*.

Материал и методы. Пробы воды отбирали в августе 2008 г. на 17 станциях в зал. Петра Великого из поверхностного слоя (0,5-1 м) (рис. 1). Показатель рН морской воды измеряли с помощью рН/мВ/°С метра HI 8314 (HANNA Instruments), соленость – на электросолемере ГМ-65М. Гидрохимические показатели (концентрацию растворенного кислорода, биохимическое потребление кислорода БПК₅, содержание минерального и органического фосфора, анионных поверхностно-активных веществ АПАВ) определяли с помощью стандартных методов [3, 5].

Маркина Жанна Васильевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник. E-mail: zhannav@mail.ru

Журавель Елена Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей экологии. E-mail: zhrvl@rambler.ru

Айздайчер Нина Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Водоросль *P. tricornerutum* выращивали в жидкой питательной среде Гольдберга, приготовленной на основе фильтрованной и стерилизованной морской воды, отобранной из районов исследования. Контрольные образцы выращивали на морской воде из условно чистого района. Эксперименты проводили при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и свето-темновым периодом 12 ч свет: 12 ч темнота. Качество природной морской воды оценивали по изменению численности клеток в суспензии и содержания хлорофилла *a*. Численность клеток подсчитывали в камере Горяева. Уровень содержания хлорофилла *a* определяли стандартным методом экстракции из клеток ацетоном с последующим измерением на спектрофотометре Shimadzu-UV2550. Концентрации хлорофилла *a* рассчитывали по стандартным формулам. Продолжительность опытов – 7 сут [6]. Опыты проводили в трех повторностях. Численность клеток и содержание хлорофилла *a* в контроле принимали за 100%.



Рис. 1. Расположение станций отбора проб воды

Результаты и обсуждение. Судя по величинам солености и pH морской воды (табл.), прибрежные части всех исследованных акваторий находились под воздействием берегового стока.

Таблица. Основные гидрохимические показатели на исследованных станциях в заливе Петра Великого

Район	Станция	Соленость, %	pH	O ₂ , мг/л	БПК ₅ , мг/л	P мин, мкг/л	P орг, мкг/л	АПАВ, мкг/л
Юго-запад	1, устье р. Туманной	31,5	8,05	7,99	1,68	4	52	20
	2, б. Сивучья	31,2	8,00	7,68	1,14	15	8	5
	3, о-в Фуругельма	30,9	8,00	7,92	1,13	2	43	28
Амурский залив	4, м. Тихий	20,4	8,10	7,36	2,10	104	122	92
	5, б. Кирпичного завода	25,5	8,03	6,75	1,68	138	216	145
	6, Спортивная гавань	25,8	8,05	7,53	2,45	35	60	78
	7, м. Токаревского	29,4	8,07	7,68	2,16	10	63	36
Уссурийский залив	8, м. Басаргина	29,9	8,09	7,71	1,65	5	66	218
	9, б. Десантная	27,1	8,07	7,36	1,51	35	73	337
	10, б. Муравьиная	29,6	8,27	8,13	3,83	29	190	455
	11, б. Дунай	30,2	8,04	8,08	1,92	5	222	370
Зал. Находка	15, кут б. Находка	30,0	7,89	5,43	1,15	139	117	95
	16, м. Шефнера	29,5	8,13	8,39	2,59	20	48	59
	17, устье р. Партизанская	27,6	8,05	8,06	1,92	22	188	41
	18, м. Красный	30,0	8,11	8,55	1,29	11	101	39
	19, б. Врангеля	31,0	8,14	9,16	1,72	10	54	54
	20, б. Козьмина	31,2	8,09	8,10	1,60	11	37	29
	ПДК*	—	—	6,00	3,00	50	—	100

Примечание:* - предельно допустимая концентрация для рыбохозяйственных водоемов

На большинстве станций содержание кислорода превышало критический уровень (табл.). Лишь на ст. 15 (у причальной стенки судоремонтного завода) отмечено пониженное содержание кислорода. В тоже время по показателю БПК₅ воды у побережий гг. Владивосток и Находка (ст. 1-4, 16) и в мелководной кутовой части Уссурийского залива (ст. 7) можно классифицировать как загрязненные.

Соотношение форм фосфора отражает обычную для летнего сезона ситуацию: количество минерального фосфора снижается из-за его активной ассимиляции микроводорослями,

тогда как концентрации фосфора органического возрастают. Эта закономерность нарушается в районах сброса коммунально-бытовых сточных вод. Превышение ПДК по минеральному фосфору зарегистрировано в воде со станций 4 и 5, находящихся в районе впадения рек в Амурский залив и ст. 15 в месте выхода городского коллектора сточных вод. Обращает на себя внимание высокое содержание органического фосфора и АПАВ на всех станциях в Амурском и Уссурийском заливах и кутовой части б. Находка, что свидетельствует о значительном поступлении сточных вод в эти акватории.

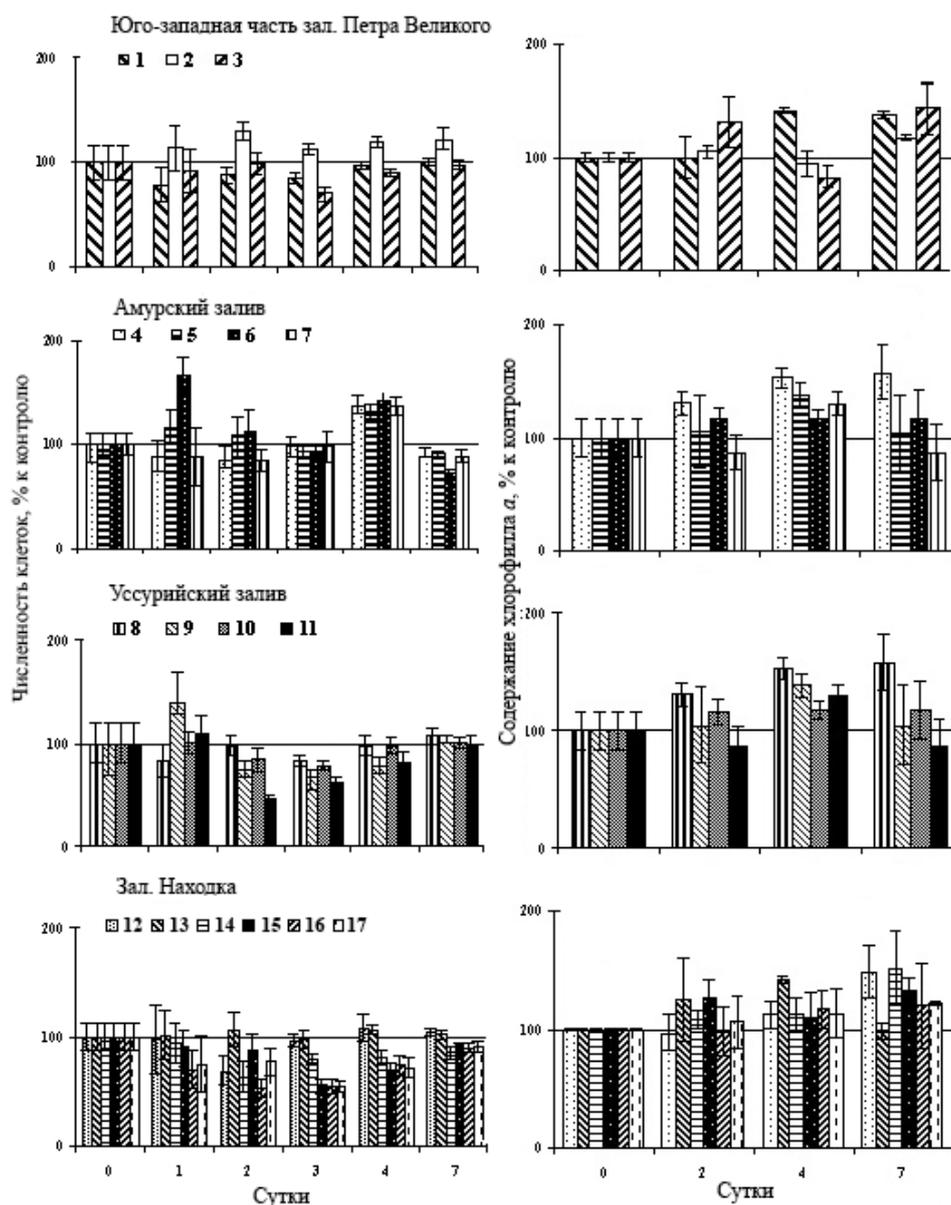


Рис. 2. Относительная численность клеток (слева) и содержание хлорофилла *a* (справа) микроводоросли *Phaeodactylum tricornutum*, выращенной в воде из зал. Петра Великого (нумерация станций как на рис. 1).

Численность клеток микроводоросли в воде, взятой на всех станциях в Амурском заливе, носила колебательный характер, и к концу опыта этот показатель был достоверно ниже такового в контроле (рис. 2), несмотря на довольно высокое содержание в пробах воды органических веществ и фосфатов. Содержание хлорофилла *a* в воде со станций 1 и 3 значительно варьировало в течение всего эксперимента с выраженным ингибированием синтеза пигмента к концу опыта. Напротив, в воде со станций 2 и 4 наблюдали более высокое содержание хлорофилла *a* по отношению к контролю (рис. 2). В юго-западной части зал. Петра Великого и Уссурийском заливе численность клеток микроводоросли была незначительно ниже контрольной на протяжении 4-х

суток опыта. К концу опыта в воде со всех станций оно не отличалось от контрольного. В то же время к 7-м суткам опыта отмечено повышение содержания пигмента по сравнению с таковым в контроле (рис. 2). В воде со станций 16-20 из зал. Находка количество клеток снижалось с первых суток опыта и оставалось пониженным до его завершения. Содержание хлорофилла *a* у микроводоросли, выращенной в воде со всех станций, увеличивалось по сравнению с таковым в контроле со 2-х сут (рис. 2).

Очевидно, что отмеченные нами отклонения динамики численности и содержания пигмента у *P. tricornutum* связаны с присутствием в воде зал. Петра Великого загрязняющих веществ. На протяжении многих лет Амурский залив

является одним из наиболее загрязненных районов российского побережья Японского моря вследствие сброса большого количества (до 76,6%) сточных вод г. Владивостока; в зал. Находка поступает большое количество бытовых сточных вод, приводящих к мощному загрязнению органическими веществами [4], что подтверждается и нашими данными гидрохимического анализа. Несоответствие между более высоким содержанием пигмента и угнетением роста числа клеток водоросли может объясняться высоким содержанием органических веществ в воде. Известно, что между этим показателем и содержанием хлорофилла *a* у микроводорослей установлена высокая положительная корреляция [7]. Кроме того, отмеченное в наших опытах явление, возможно, связано с накоплением клетками пигментов в связи с высоким содержанием в воде токсикантов [1]. Вероятно, загрязняющие вещества, содержащиеся в воде залива Петра Великого, ингибируют рост клеток микроводоросли и приводят к стимуляции выработки хлорофилла *a* в ответ на негативное качество среды.

Выводы: на основе полученных данных исследованные районы по степени ухудшения экологической ситуации можно расположить в следующем порядке: юго-западная часть зал. Петра Великого < Амурский залив < Уссурийский залив < зал. Находка.

Исследование выполнено при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» ГК № 02.740.11.0678 и НШ-64869.2010.4 «Структура и функционирование прибрежных биоценозов российской части Японского моря»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Брагинский, Л.П. Пресноводный планктон в токсической среде / Л.П. Брагинский, И.М. Величко, Э.П. Щербань. – Киев: Наукова думка, 1987. 180 с.
2. КНД 211.1.4.047-95. Биотестирования морской воды та стічної, яка відводиться в море. Методика. Видання офіційне. – Київ, 1995. 37 с.
3. Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов. – М.: ВНИРО, 1988. 119 с.
4. Наумов, Ю.А. Антропогенез и экологическое состояние геосистемы прибрежно-шельфовой зоны залива Петра Великого Японского моря. – Владивосток: Дальнаука, 2006. 300 с.
5. Руководство по методам химического анализа морских вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. 208 с.
6. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. – М.: РЭФИА, НИА – Природа, 2002. 118 с.
7. Сиренко, Л.А. Информационное значение хлорофилльного показателя // Гидробиол. журн. 1988. Т. 24, № 4. С. 49-53.
8. Water quality. Algal growth inhibition test with *Skeletonema costatum* and *Phaeodactylum tricornerutum*. Draft Intern. Standard ISO/DIS 10253.2, 1994. 12 p.

ESTIMATION OF THE WATER CONDITION IN PETER THE GREAT BAY (JAPAN SEA) ON THE BASIS OF HYDROCHEMICAL INDICATORS AND THE ANALYSIS OF GROWTH AND CONTENT OF CHLOROPHYLL A IN MICROALGAE PHAEODACTYLUM TRICORNERUTUM

© 2011 J.V. Markina¹, E.V. Zhuravel², N.A. Ayzdaycher¹

¹ Institute of Sea Biology named after A.V. Zhirmunsky FEB RAS, Vladivostok

² Far East Federal University, Vladivostok

The hydrochemical analysis, and also estimation of growth and content of chlorophyll A in microalgae *P. tricornerutum*, grown up in water from different areas of Peter the Great bay with high anthropogenous loading are carried out. Our researches have shown that growth of microalgae *P. tricornerutum* in the water which has been selected at all investigated stations, differed from that in control, besides that hydrochemical indicators were within admissible norm. On the basis of the received data the investigated areas on degree of deterioration of ecological situation it is possible to arrange in a following order: southwest part of Peter the Great bay < Amur bay < Ussuriisk gulf < Nakhodka bay.

Key words: *biotesting, microalga, chlorophyll A, pollution*

Janna Markina, Candidate of Biology, Research Fellow. E-mail: zhannav@mail.ru

Elena Zhuravel, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Common Ecology. E-mail: zhrvl@rambler.ru

Nina Ayzdaycher, Candidate of Biology, Senior Research Fellow