

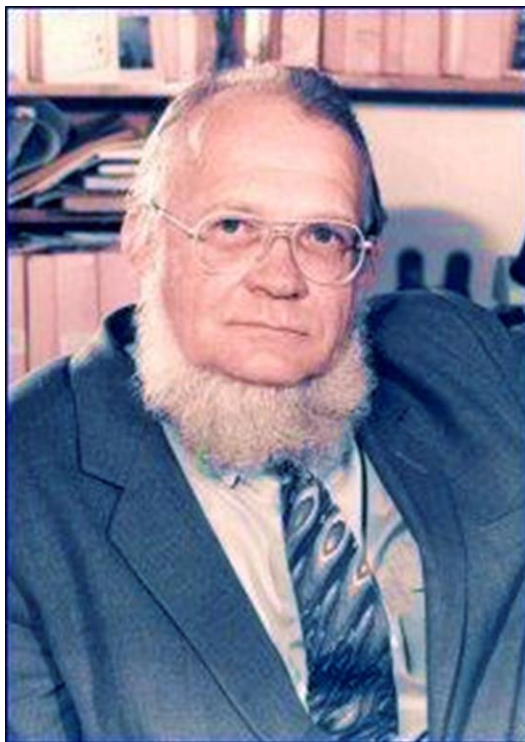
Национальный научный центр морской биологии
им. А. В. Жирмунского
Дальневосточного отделения Российской академии наук
(ННЦМБ ДВО РАН)



Программа и материалы Научной конференции

«Биоразнообразие и эволюция»

(Пятые чтения памяти академика О. Г. Кусакина)



15-16 октября 2019 г.

Владивосток

Программа и материалы Научной конференции «Биоразнообразие и эволюция»
(Пятое чтение памяти академика О. Г. Кусакина), 15-16 сентября 2019 г., Владивосток,
Россия / Ред. А. Л. Дроздов, Е. С. Корниенко. Владивосток: ННЦМБ ДВО РАН, 2019. 83 с.

Организационный комитет

Профессор Дроздов А. Л. – гл.н.с. лаборатории эмбриологии, *председатель оргкомитета.*

Корниенко Е. С. – с.н.с. лаборатории эмбриологии, *секретарь оргкомитета.*

Члены оргкомитета:

Головань О. А. – с.н.с. лаборатории систематики и морфологии

Карпенко Л. А. – старший инженер лаборатории систематики и морфологии

Малютина М. В. – в.н.с. лаборатории систематики и морфологии

Радашевская В. Н. – старший лаборант лаборатории эмбриологии.

Тюрин С. А. – н.с. лаборатории эмбриологии.

ПРОГРАММА
Научной конференции «Биоразнообразие и эволюция»
(Пятые чтения памяти академика О. Г. Кусакина)

Заседания будут проходить в конференц-зале Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН (ул. Пальчевского, 17, ст. электрички “Чайка”)

15 октября, вторник

9:30 – 10:00 Регистрация участников в фойе Центра и размещение стендовых сообщений.

10:00 Открытие чтений. Председатель А. Л. Дроздов

10:00 Приветствия: В. С. Одинцов (Врио директора ННЦМБ ДВО РАН),
В. Н. Иванков (профессор ДВФУ)

10:30 – 10:50 О. А. Головань

РАВНОНОГИЕ РАКООБРАЗНЫЕ СЕМЕЙСТВА DESMOSOMATIDAE (ISOPODA: ASELLOTA) СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПАЦИФИКИ

10:50 – 11:10 А. А. Баланов

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И БИОЛОГИЯ ЗАПАДНОЙ ТАРЛЕТОНБИНИИ *TARLETONBEANIA TAYLORI* (PISCES: MYSTORHIDAE) В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2010 ГОДА

Перерыв 11:10 – 11:30

11:30 – 11:50 А. А. Никитин, В. А. Нуждин

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ И ИХ ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ПРИМОРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ МИНТАЯ В ВЕСЕННИЕ СЕЗОНЫ 2000–2017 ГОДОВ

11:50 – 12:10 В. В. Панченко

БАТИМЕТРИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НИТЧАТОГО ШЛЕМОНОСЦА *GYMNOCANTHUS PISTILLIGER* (PISCES: COTTIDAE) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

12:10 – 12:30 В. В. Мельников

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ ГОРБАТЫХ КИТОВ (*MEGAPTERA NOVAEANGLIAE*) В ВОДАХ ЧУКОТСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Перерыв на обед

Председатель В. П. Челомин

14:00 – 14:30 В. П. Челомин, Н. В. Довженко, В. В. Слободскова, А. П. Мазур
ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЛАСТИКА

14:30 – 14:50 Н. В. Козловский, В. В. Жариков, А. А. Карпенко, С. Ю. Монинец
ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКРОПЛАСТИКОМ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД И РЕК
БАССЕЙНА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

14:50 – 15:10 А. А. Карпенко
ВЛИЯНИЕ МИКРО- И НАНОПЛАСТИКА НА ЖИВОЕ.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД

16 октября, среда

Председатель М. В. Малютин

10:00 – 10:20 М. В. Малютин
ОТ ЛИТОРАЛИ ДО УЛЬТРААБИССАЛИ – ПУТЕВОДНАЯ ЗВЕЗДА
КУСАКИНА

10:20 – 10:40 Т. Н. Даутова, С. В. Галкин, К. Р. Табачник, К. В. Минин,
А. В. Адрианов
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕДИЦИИ ННЦМБ ДВО РАН
«КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ ОКЕАНИЧЕСКИХ
ПОДНЯТИЙ ИМПЕРАТОРСКОГО (СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО) ХРЕБТА
(СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА)»

10:40 – 11:00 Л. Н. Василенко
РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТАКСОНОВ ВЫСОКОГО РАНГА РАДИОЛЯРИЙ В
КАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОСТРОВНОГО СКЛОНА КУРИЛО-
КАМЧАТСКОГО ЖЕЛОБА

11:00 – 11:20 Г. И. Гуравская, А. П. Касаткина
УЛЬТРАМИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ
СТРУКТУР ЭУКОНОДОНТОВЫХ ЖИВОТНЫХ

11:20 – 11:40 А. П. Касаткина, В. Б. Лобанов, М. В. Столярова
БИОИНДИКАЦИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ОКРАИННЫХ МОРЯХ И
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

Перерыв 11:40 – 11:50

11:50 – 12:10 Р. В. Голохвастова, М. А. Майорова

ПОИСК ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ, КОДИРУЮЩИХ БЕЛКИ
ВНЕКЛЕТОЧНОГО МАТРИКСА, В ТРАНСКРИПТОМЕ ЛИЧИНОК МИДИИ
MYTILUS TROSSULUS

12:10 – 12:30 А. С. Бурундуков, А. Л. Дроздов

БИОРАЗНООБРАЗИЕ МЕЙОБЕНТОСА И ПРИНЦИП КОНКУРЕНТНОГО
ИСКЛЮЧЕНИЯ ВОЛЬТЕРРА-ГАУЗЕ

12:30 – 12:50 А. П. Касаткина

О КУСАКИНЕ ОЛЕГЕ ГРИГОРЬЕВИЧЕ

12:50 Обсуждение стендовых сообщений и закрытие конференции.

13:00 Торжественное чаепитие.

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

А. А. Зимин, Н. Н. Назипова, А. Л. Дроздов

ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРНОГО БЕЛКА ДЕНСОВИРУСА
SSaDV МОРСКОЙ ЗВЕЗДЫ *PYCNOPODIA HELIANTHOIDES* BRANDT, 1835
(ASTERIIDAE, ASTEROIDEA, ECHINODERMATA)

Е. Б. Лебедев

СОВРЕМЕННАЯ ЛИТОРАЛЬНАЯ ФАУНА ДВУСТВОРЧАТЫХ
МОЛЛЮСКОВ (MOLLUSCA: BIVALVIA) ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО
МОРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ
МОРЕ)

Л. Е. Лебедев, Н. В. Полякова

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ ПРИМОРСКОГО
ГРЕБЕШКА *MIZUNORESTEN YESSOENSIS* (JAY, 1857) ИЗ ДВУХ РАЙОНОВ
ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО

И. Р. Левенец, Я. Н. Александрова

СОСТАВ ДОННОЙ ФЛОРЫ КУТОВОЙ ЧАСТИ ЗАЛИВА ВОСТОК (ЗАЛИВ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ) В 2019 ГОДУ

Е. Г. Раевская, А. Б. Васильева

СОСТАВ ЛИТОРАЛЬНОЙ ФЛОРЫ ПОЛУОСТРОВА ЛИКАНДЕРА (ОСТРОВ
ПОПОВА, ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ) В 2019 ГОДУ

А. П. Цурпало, Е. Г. Раевская

СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СООБЩЕСТВ МАКРОБЕНТОСА НА
ЛИТОРАЛИ ПОЛУОСТРОВА ЛИКАНДЕРА (ОСТРОВ ПОПОВА, ЗАЛИВ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО)

СОДЕРЖАНИЕ

А. А. Баланов

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И БИОЛОГИЯ ЗАПАДНОЙ ТАРЛЕТОНБИНИИ *TARLETONBEANIA TAYLORI* (PISCES: MYSTORHIDAE) В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2010 ГОДА 8

А. С. Бурундуков, А. Л. Дроздов

БИОРАЗНООБРАЗИЕ МЕЙОБЕНТОСА И ПРИНЦИП КОНКУРЕНТНОГО ИСКЛЮЧЕНИЯ ВОЛЬТЕРРА-ГАУЗЕ..... 9

Л. Н. Василенко

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТАКСОНОВ ВЫСОКОГО РАНГА РАДИОЛЯРИЙ В КАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОСТРОВНОГО СКЛОНА КУРИЛО-КАМЧАТСКОГО ЖЕЛОБА 13

О. А. Головань

РАВНОНОГИЕ РАКООБРАЗНЫЕ СЕМЕЙСТВА DESMOSOMATIDAE (ISOPODA: ASELLOTA) СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПАЦИФИКИ 19

Р. В. Голохвастова, М. А. Майорова

ПОИСК ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ, КОДИРУЮЩИХ БЕЛКИ ВНЕКЛЕТОЧНОГО МАТРИКСА, В ТРАНСКРИПТОМЕ ЛИЧИНОК МИДИИ *MYTILUS TROSSULUS*..... 23

Г. И. Гуравская, А. П. Касаткина

УЛЬТРАМИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР ЭУКОНОДОНТОВЫХ ЖИВОТНЫХ..... 24

Т. Н. Даутова, С. В. Галкин, К. Р. Табачник, К. В. Минин, А. В. Адрианов

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕДИЦИИ ННЦМБ ДВО РАН «КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ ОКЕАНИЧЕСКИХ ПОДНЯТИЙ ИМПЕРАТОРСКОГО (СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО) ХРЕБТА (СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА)» 27

А. А. Зимин, Н. Н. Назипова, А. Л. Дроздов

ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРНОГО БЕЛКА ДЕНСОВИРУСА SSaDV МОРСКОЙ ЗВЕЗДЫ *PUYCNORODIA HELIANTHOIDES* BRANDT, 1835 (ASTERIIDAE, ASTEROIDEA, ECHINODERMATA)..... 29

А. А. Карпенко

ВЛИЯНИЕ МИКРО- И НАНОПЛАСТИКА НА ЖИВОЕ. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД 34

А. П. Касаткина, В. Б. Лобанов, М. В. Столярова

БИОИНДИКАЦИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ОКРАИННЫХ МОРЯХ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА..... 38

Н. В. Козловский, В. В. Жариков, А. А. Карпенко, С. Ю. Монинец

ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКРОПЛАСТИКОМ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД И РЕК БАССЕЙНА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО 44

Е. Б. Лебедев

СОВРЕМЕННАЯ ЛИТОРАЛЬНАЯ ФАУНА ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ (MOLLUSCA: BIVALVIA) ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО МОРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ) 48

Л. Е. Лебедев, Н. В. Полякова

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА *MIZUNORESTEN YESSOENSIS* (JAY, 1857) ИЗ ДВУХ РАЙОНОВ ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО. 52

И. Р. Левенец, Я. Н. Александрова	
СОСТАВ ДОННОЙ ФЛОРЫ КУТОВОЙ ЧАСТИ ЗАЛИВА ВОСТОК (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ) В 2019 ГОДУ	55
М. В. Малютина	
ОТ ЛИТОРАЛИ ДО УЛЬТРААБИССАЛИ – ПУТЕВОДНАЯ ЗВЕЗДА КУСАКИНА.....	58
В. В. Мельников	
РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ ГОРБАТЫХ КИТОВ (<i>MEGAPTERA NOVAEANGLIAE</i>) В ВОДАХ ЧУКОТСКОГО ПОЛУОСТРОВА	61
А. А. Никитин, В. А. Нуждин	
ИССЛЕДОВАНИЕ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ И ИХ ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ПРИМОРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ МИНТАЯ В ВЕСЕННИЕ СЕЗОНЫ 2000–2017 ГОДОВ	64
В. В. Панченко	
БАТИМЕТРИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НИТЧАТОГО ШЛЕМОНОСЦА <i>GYMNOCANTHUS PISTILLIGER</i> (PISCES: COTTIDAE) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)	64
Е. Г. Раевская, А. Б. Васильева	
СОСТАВ ЛИТОРАЛЬНОЙ ФЛОРЫ ПОЛУОСТРОВА ЛИКАНДЕРА (ОСТРОВ ПОПОВА, ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ) В 2019 ГОДУ	69
А. П. Цурпало, Е. Г. Раевская	
СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СООБЩЕСТВ МАКРОБЕНТОСА НА ЛИТОРАЛИ ПОЛУОСТРОВА ЛИКАНДЕРА (ОСТРОВ ПОПОВА, ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО)....	75
В.П. Челомин, Н.В. Довженко, В.В. Слободскова, А.П. Мазур	
ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЛАСТИКА	80

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И БИОЛОГИЯ ЗАПАДНОЙ ТАРЛЕТОНБИНИИ *TARLETONBEANIA TAYLORI* (PISCES: MYSTOPHIDAE) В СЕВЕРО- ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2010 ГОДА

А. А. Баланов

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,

Владивосток

abalanov@imb.dvo.ru

Ареал *Tarletonbeania taylori* целиком укладывается в воды западного субарктического круговорота. В зимне-весенний период наибольшей численности рыбы достигают в модифицированных субарктических водах. Особи этого вида совершают суточные вертикальные миграции. В светлое время суток рыбы держатся на глубине 300–400 м, а с наступлением темноты поднимаются в верхний 100-метровый слой, где активно нагуливаются. В период проведения исследований подъем рыб в слой 0–30 м происходил в 17–18 часов, а уход на глубину – в 5–6 часов.

В зимне-весенний период 2010 г. встречались рыбы длиной (SL) 26–80 мм. Средний размер особей *T. taylori* 65 мм. Наиболее часто в уловах встречались рыбы длиной 60–70 мм. Выяснено, что размеры самцов и самок различались незначительно. Доля самок в наиболее крупных размерных классах (70–80 мм) выше, чем у самцов. Самцы преобладали в размерных классах 60–65 мм. Доля рыб размерной группы 60–65 мм SL была наибольшей в субарктических водах с температурой 0–3°C. При приближении к зоне смешения увеличивалась доля рыб SL > 70 мм. Максимальной длины рыбы достигали в водах северной части зоны смешения при температуре 6–9°C.

Наименьшие показатели гонадосоматического индекса (ГСИ, %) отмечены в водах субарктической структуры (средний ГСИ 1.8%), диаметр икры составил 0.2 мм. В модифицированных водах субарктической структуры наблюдалось повышение показателей ГСИ до 4% и среднего диаметра икры – до 0.4 мм. Наибольшие показатели ГСИ и диаметра икры отмечались у рыб, пойманных в северной части вод зоны смешения (средний ГСИ – 9.4%, диаметр икры – 0.8 мм). Максимальный ГСИ достигал 27%. Нерест *T. taylori* происходит в зоне смешения при температуре от 10 до 16°C в период с мая по октябрь, с пиком в мае–июне. После выклева из икры личинки переносятся течениями в субарктические воды, где происходит нагул. По мере созревания рыбы перемещаются в зону смешения для нереста.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ МЕЙОБЕНТОСА И ПРИНЦИП КОНКУРЕНТНОГО ИСКЛЮЧЕНИЯ ВОЛЬТЕРРА-ГАУЗЕ

А. С. Бурундуков¹, А. Л. Дроздов²

¹*Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского, Владивосток*

²*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
Владивосток*

Широкое толкование термина «биоразнообразие» включает всё разнообразие живых систем от биохимического, обусловленного разнообразием генов и аллелей, до разнообразия биогеоценозов и биомов биосферы. Биоразнообразие можно характеризовать числовым безразмерным показателем сложности биологической системы, зависящим от гетерогенности ее компонентов. При этом принято различить типы биоразнообразия в зависимости от иерархического уровня организации живой материи. В работах разных авторов выделяются разные уровни биоразнообразия: генетическое и биохимическое, видовое разнообразие; надценоотическое разнообразие экосистем; разнообразие для биома или географического региона, включающего различные ландшафты; разнообразие между климатическими зонами или географическими регионами; разнообразие организмов по трофическим уровням экосистем; разнообразие биомов (Whittaker, 1960, 1972, 1970; Лебедева и др., 2002). Видовое и макротаксономическое биоразнообразие объединяют термином «таксономическое разнообразие» (Павлинов, 2002). Именно оно и, в первую очередь, количество видов служат определяющей характеристикой биологического разнообразия, а вид рассматривается как его единица (Claridge et al., 1997). Исследование видового состава является базовым для изучения биоразнообразия на всех других уровнях.

Рядом исследователей показано, что численность морского мейобентоса чрезвычайно велика. Его средняя величина на 1 м² составляет 1 млн. экземпляров (Higgins, Thiel, 1988), а на литоральных илах может достигать 11 млн. (Ellison, 1984). Обилие мейофауны характерно не только в прибрежье и в батии, но и на больших глубинах в абиссали. Помимо видового богатства, в мейофауне представлены большинство типов и классов животных, включая недавно открытые – гнатостомулиды, лобатоцеребриды, цефалокариды, лорициферы (Адрианов, 2004). Причины чрезвычайно высокой скорости видовой и макротаксономической дивергенции морского мейобентоса, среди которых основными называют высокий эндемизм фауны и короткий репродуктивный цикл, привлекают внимание зоологов (Адрианов, 2004).

Проблема, с которой столкнулись исследователи мейобентоса, заключается в том, что видовое разнообразие нематод – основного компонента мейобентоса (Чесунов, 2006) –

вступает в противоречие с принципом конкурентного исключения Вольтерра-Гаузе, согласно которому каждую экологическую нишу занимает лишь один зоологический вид. То есть виды с близкими экологическими характеристиками обычно не уживаются в одном местообитании. Обсуждая свои эксперименты по культивированию нескольких видов инфузорий в одном сосуде, Г.Ф. Гаузе использовал математический аппарат, разработанный в модели Вольтерра.

Настоящая работа посвящена исследованию этого противоречия и ставит своей задачей его разрешение с использованием простых математических методов. Попытаемся выразить связь между скоростью изменения видового разнообразия в экологической нише на единице площади морского дна в форме разностного уравнения

$$\frac{\Delta N_i}{\Delta t} = (A_{ij} - B_{ij})N_j$$

где N_i – бесконечный вектор-столбец, в каждый дискретный момент времени t_k (здесь $\Delta t = t_k - t_{k-1}$), соответствующий видовому разнообразию нематод; A_{ij} – бесконечная квазидиагональная матрица, описывающая процесс образования новых видов; B_{ij} – бесконечная антисимметричная матрица, т.е. $B_{ij} = -B_{ji}$, учитывающая процесс конкуренции двух видов за экологическую нишу. Эволюция видового разнообразия в этом случае будет выглядеть так. В начальный момент времени в вектор-столбце ненулевыми будут лишь первые m значений. С течением времени некоторые из N_i обращаются в ноль, что означает исчезновение вида, а появлению нового вида будет соответствовать возникновение ненулевого значения N_{m+1} , т.е. верхние элементы вектор-столбца с течением времени обнуляются, а ненулевые значения опускаются все ниже, демонстрируя смену видового состава данной экологической ниши.

Ясно, что приведенное разностное уравнение малоприспособно для описания эволюции видового состава конкретной экологической ниши из-за большого количества неизвестных параметров, являющихся ненулевыми значениями матриц A_{ij} и B_{ij} , поэтому мы вынуждены преобразовать исходное уравнение. Во-первых, мы от дискретных значений N_i и t_k перейдем к непрерывному времени t и непрерывной функции $n(t)$, которая будет соответствовать количеству конкурирующих видов. Во-вторых, сделаем очень грубое предположение, считая, что ненулевые элементы матриц A_{ij} и B_{ij} равны a и b соответственно. В этом случае разностное уравнение для бесконечных вектор-столбцов и матриц мы можем записать в виде простого дифференциального уравнения

$$\frac{dn}{dt} = an - b(n^2 - n) = (a + b)n - bn^2$$

Здесь a – коэффициент, связанный со скоростью возникновения новых видов, пропорциональный количеству видов n ; b – усредненный коэффициент, отражающий скорость убывания видов в результате конкуренции, пропорциональный количеству

бинарных конкурентных отношений между видами, равных n^2 . Мы вычли из n^2 величину n , потому что диагональные элементы матрицы B_{ij} соответствуют конкурентным отношениям вида с самим собой, что не может приниматься во внимание. Решая простенькое дифференциальное уравнение, мы получим непрерывную траекторию изменения $n(t)$ численности видов со временем в зависимости от начального значения n_0 и параметров a и b , причем наша функция будет определена лишь в первом квадранте, так как отрицательные значения n и t не принимаются в расчет. При этом непрерывные значения $n(t)$ мы должны заменить целыми значениями. Сами всевозможные траектории $n(t)$ нас особо не интересуют, интерес представляют стационарные решения, когда число видов остается неизменным. В этом случае производная dn/dt будет равна нулю и решения для стационарного случая сведется к решению тривиального алгебраического уравнения

$$(a + b)n - bn^2 = 0$$

решениями которого являются не представляющий интереса случай $n = 0$ и

$$n = E\left(1 + \frac{a}{b}\right)$$

где $E(x)$ – целая часть числа x , из которого следует, что при $a < b$ экологическую нишу занимает единственный вид, что согласуется принципом Вольтерра-Гаузе, а при $a > b$ в любой момент времени число конкурирующих видов может принимать любые значения. В этом случае стационарность числа видов обеспечивается равенством скоростей возникновения из-за мутаций и исчезновения видов из-за конкуренции.

Перейдем к интерпретации полученного результата. Высокая скорость мутаций и видообразования может быть объяснена достаточно высокой радиоактивностью илистых песков. Другой важный фактор – небольшие размеры нематод. Если более крупное животное сравнительно легко переносит дозы естественной радиоактивности, то для небольших нематод эта радиоактивность становится более существенным фактором естественного отбора и эволюции. Влияние этих двух факторов, по нашему мнению, и может служить объяснением высокого уровня видового разнообразия свободноживущих нематод мейобентоса.

Эта простая модель допускает возможность верификации. В натурных исследованиях можно проанализировать предсказываемую корреляцию между видовым разнообразием нематод и уровнем фоновой радиоактивности, а в лабораторных условиях сопоставить установившееся равновесие численности видов в случае практически нерадиоактивной среды и среды с повышенной радиоактивностью, то есть тогда, когда коэффициент b можно считать постоянным, а варьируется лишь коэффициент a .

ЛИТЕРАТУРА

Адрианов А.В. Современные проблемы изучения морского биологического разнообразия // Биология моря. 2004. Т. 30, № 1. С. 3–19.

Лебедева Н.В., Кривоуцкий Д.А., Пузаченко Ю.Г., и др. География и мониторинг биоразнообразия. М.: Изд-во научного и учебно-методического центра, 2002. 432 с.

Павлинов И.Я. Концепция систематики и концепция биоразнообразия: проблема взаимодействия // Журн. общ. биологии. 2001. Т. 62, № 4. С. 236–250.

Чесунов А.В. Биология морских нематод. М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. 367 с.

Claridge M.F., Dawah H.A., Wilson M.R. Practical approaches to species concepts for living organisms // Species: the units of biodiversity. London: Chapman and Hall. 1997. P. 1–16.

Ellison R.L. Foraminifera and meiofauna on an intertidal mudflat, Cornwall, England: populations, respiration and secondary production; and energy budget // Hydrobiologia. 1984. Vol. 109. P. 131–148.

Higgins R.P., Thiel H. Prospectus // Introduction to the study of meiofauna. Washington: Smithsonian Inst. Press, 1988. P. 11-13.

Whittaker R.H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California // Ecol. Monogr. 1960. No. 30. P. 279–338.

Whittaker R.H. Evolution and measurement of species diversity // Taxon. 1972. No. 2. P. 213–251.

Whittaker R.H. Communities and ecosystems. N.-Y.: London: Macmillan, 1970. 162 p.
(Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 327 с.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТАКСОНОВ ВЫСОКОГО РАНГА РАДИОЛЯРИЙ В КАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОСТРОВНОГО СКЛОНА КУРИЛО- КАМЧАТСКОГО ЖЕЛОБА

Л. Н. Василенко

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток

lidia@poi.dvo.ru

Радиолярии – исключительно морские планктонные одноклеточные микроорганизмы, населяющие Мировой океан с кембрийского периода по настоящее время. Их кремниевые скелеты хорошо сохраняются в осадках и участвуют в накоплении кремнистых толщ в морях и океанах. Радиолярии являются биоиндикаторами нормальной солености (обычно не ниже 31–32‰) и глубины, поскольку обитают на разных горизонтах водной толщи. Наиболее хорошо в осадках сохраняются радиолярии-полицистины (*Polycystina*) – представители двух типов одиночных радиолярий *Spumellaria* и *Nassellaria* и коллодарии (*Collodaria*) – колониальные и одиночные радиолярии, что позволяет использовать их для палеоокеанологических, палеоэкологических и биостратиграфических реконструкций.

В настоящей работе представлена информация о таксонах радиолярий высокого (надвидового) ранга, обнаруженных в отложениях верхнего эоцена-плейстоцена островного склона Курило-Камчатского желоба (ККЖ).

Материалами для исследований послужили образцы драгирования, полученные сотрудниками ТОИ ДВО РАН в 7 рейсах: на НИС «Отважный» (1973 г.), НИС «Пегас» (1976 г.), НИС «Первенец» (1978 г.), НИС «Академик Александр Несмеянов» (1984 г.) и НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (2005, 2006 и 2010 гг.). Обработку образцов проводили по стандартной методике (Липман, 1979; Точилина, 1985). Для выявления степени доминирования какой-либо группы в разновозрастных комплексах радиолярий вычисляли коэффициент обилия представителей типов *Spumellaria* (s) и *Nassellaria* (n) (R^s/n), предложенный Кругликовой (1995).

В результате проведённых исследований выявлено богатое родовое и видовое разнообразие радиолярий, включающее 308 таксонов. Таксономический состав представлен тремя группами микроорганизмов: *Collodaria* – 6 таксонов из 4 родов, *Spumellaria* – 155 таксонов из 80 родов и *Nassellaria* – 147 таксонов из 79 родов.

Наиболее древние радиолярии позднего эоцена – раннего олигоцена обнаружены в отложениях подводного склона о-ва Шикотан, а также южного и северного плато подводного хребта Витязь (ПХВ), который является продолжением Малой Курильской гряды. При небольшой общей численности радиолярий (до 2281 экз./г), доминируют

представители Spumellaria ($R^2/n = 1.23-28.10$), на долю которых приходится 67–96%, среди них преобладают таксоны спиральной группы (до 25%) – роды *Prunopyle* и *Spirotunica* (рис. 1). На долю Nassellaria приходится не более 33%, среди которых резко увеличено содержание представителей рода *Lithomitrisa* (до 18%). Значительное преобладание Spumellaria над Nassellaria характерно для районов со сложным гидродинамическим режимом – неритических районов или находящихся вблизи океанических окраин.

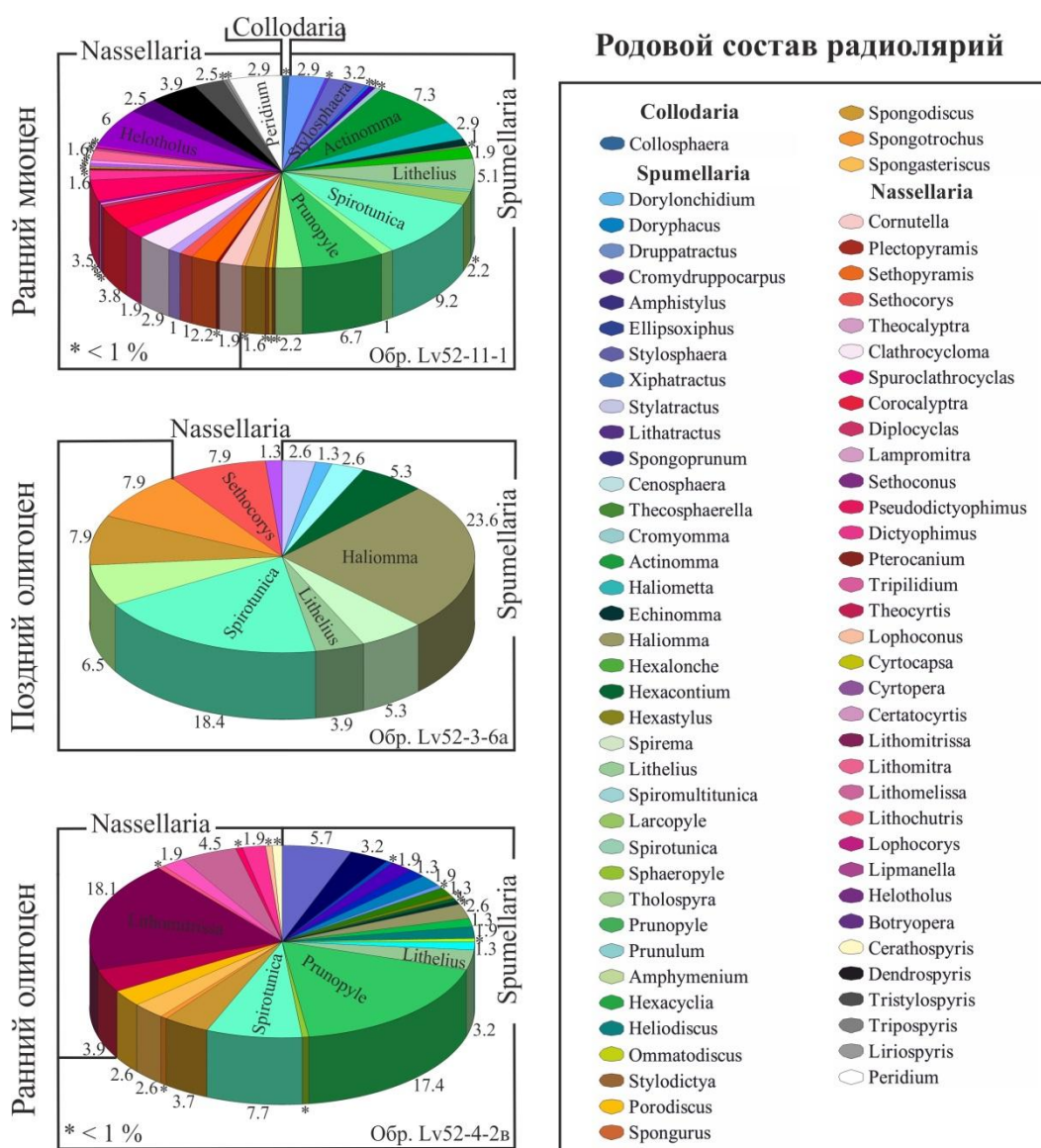


Рис. 1. Родовой состав радиолярий и участие их представителей (%) в комплексах олигоцена – раннего миоцена островного склона Курило-Камчатского желоба.

На южном плато ПХВ в отложениях, относящихся к границе раннего и позднего олигоцена, наблюдается резкое увеличение представителей сфероидных Spumellaria ($R^2/n = 9.28-44.11$), главным образом рода *Actinomma* (57.3%), а в позднем олигоцене – рода *Haliomma* (23.6%) (рис. 1). Обилие представителей семейства Actinommidae в сообществах радиолярий характерно для прибрежных осадков апвеллингов (Kruglikova, 2009). Содержание представителей спиральной группы (роды *Spirotunica*, *Lithelium*, *Spirema*)

составляет 27%. Заметно уменьшается число представителей рода *Prunopyle* с 22.7% в раннем олигоцене до 7.2% на границе раннего и позднего олигоцена, в начале позднего олигоцена они зафиксированы не были, но в раннем миоцене их содержание достигает 6.7%.

Радиолярии конца позднего олигоцена – начала раннего миоцена обнаружены в отложениях южного плато ПХВ и характеризуются увеличением представителей *Nassellaria* в некоторых образцах ($R^a/s/n = 0.50–1.48$), главным образом, рода *Siphocampe* (до 9.5%). В комплексе радиолярий начала раннего миоцена, установленном также на южном плато ПХВ, обнаруживается резкое увеличение их общей численности, в некоторых образцах достигающей 41123 экз./г. Таксономический состав также значительно расширен. В основном преобладают *Nassellaria*, но встречаются и исключения ($R^a/s/n = 0.17–3.76$). Ярко выраженное доминирование отсутствует. Отмечено относительно равное содержание родов *Stylosphaera*, *Actinomma*, *Lithelius*, *Spirotunica*, *Prunopyle*, *Helotholus* и *Peridium* (рис. 1). Возрастает участие представителей отряда *Spyridida* (до 7%). Следует отметить появление немногочисленных представителей рода *Collosphaera* (колониальные радиолярии *Collodaria*).

Радиолярии конца раннего миоцена обнаружены в отложениях северного плато ПХВ. Численность радиолярий небольшая – 1200 экз./г. Видовой состав представлен главным образом *Spumellaria* ($R^a/s/n = 28.27$), среди которых преобладают сфероидные виды из родов *Styptosphaera*, *Pentactinosphaera* и *Haliomma* (44.8%). Численность видов спиральной группы (роды *Lithelius*, *Spirotunica*, *Spiromultitunica*) уменьшается до 17%.

Радиолярии конца раннего – начала среднего миоцена установлены в отложениях южного плато ПХВ и имеют высокую численность в осадках – 10680 экз./г. Преобладают *Nassellaria* ($R^a/s/n = 0.53$). В таксономическом составе распространены представители родов *Haliomma* – 2.8%, *Lithelius* – 9.5%, *Lithomelissa* – 5.6%, *Siphocampe* – 4.1%, *Lithomitra* – 8.1%, *Dendrospyris* – 1.4% и др. Яркое доминирование отсутствует.

Радиолярии середины среднего миоцена встречены в отложениях северного плато ПХВ. Численность их составляет 1368–2098 экз./г. Преобладают *Spumellaria* – 83–91% ($R^a/s/n = 6.66–15.38$), в основном это сфероидные (24%), спиральные (30%) и спонгиевые (18%) формы. Единичными таксонами из родов *Theocorys*, *Lithopera*, *Eucyrtidium*, *Cyrtocapsa* и *Calocyclus* представлены *Nassellaria*. Присутствуют представители рода *Collosphaera*.

Радиолярии конца среднего – начала позднего миоцена обнаружены в отложениях южного и северного плато ПХВ. Общая численность составляет 3124 экз./г. Преобладают представители *Nassellaria* – 57% ($R^a/s/n = 0.70$). Ярко выраженного доминирования каких-либо таксонов не наблюдается. Относительно высокое содержание имеют представители родов *Haliomma* – 10.9%, *Theocorys* – 9.1%, *Pseudodictyophimus* – 7.3%, *Cornutella* – 5.5%, *Clathrocycloma* – 5.5%. Продолжают существовать представители рода *Collosphaera*.

Радиолярии конца позднего миоцена – раннего плиоцена встречены в отложениях южного плато ПХВ и Приосевой зоны ККЖ. Общая численность их от единичных

экземпляров (на южном плато) до 10738 экз./г. (в Приосевой зоне). В отложениях ПХВ значительно преобладают *Spumellaria* ($R^a/s/n = 4.67$), в Приосевой зоне, высоко содержание *Nassellaria* ($R^a/s/n = 0.7–1.52$). Таксономический состав характеризуется присутствием многокамерных *Nassellaria*, относящихся к родам *Lithocampe*, *Ariadnella* и *Stichocorys*.

Радиолярии начала раннего плейстоцена установлены в отложениях северного плато ПХВ и характеризуются малой численностью и обеднённым таксономическим составом, главным образом, это представители родов *Thecosphaera*, *Spongopyle* и *Cycladophora*.

Наиболее разнообразны радиолярии конца раннего плейстоцена, установленные в отложениях северного плато ПХВ и грабена Буссоль (рис. 2). Общее содержание скелетов в осадках небольшое (до 2966 экз./г), но таксономический состав весьма разнообразен – около 60 таксонов (Василенко, 2018, 2019). В осадках южного плато ПХВ преобладают *Nassellaria*, на северном плато ПХВ встречается исключения с доминированием *Spumellaria* ($R^a/s/n = 0.33–3.00$). Широко распространены представители родов *Echinomma* – 8.1%, *Spongodiscus* – 11.7%, *Spongopyle* – 6.3%, *Cycladophora* – 5.4%, *Pterocorys* – 3.6% и *Ceratospyrus* – 6.3% и др. Колониальные *Collodaria* представлены родами *Acrosphaera* и *Siphonosphaera*.

Радиолярии среднеплейстоценового возраста обнаружены в отложениях южного плато ПХВ и в Приосевой зоне ККЖ. Таксоны конца раннего – начала среднего плейстоцена малочисленны и представлены единичными видами из родов *Stylatractus*, *Haliomma* и *Spongodiscus*. В отложениях конца среднего плейстоцена численность возрастает до 2745 экз./г. Содержание представителей *Spumellaria* и *Nassellaria* равное ($R^a/s/n = 1.00$). Доминируют роды *Lithomitra* – 21.1% и *Botryosrtohus* – 8.8%. Единично присутствует род *Collosphaera*.

Позднеплейстоценовые радиолярии встречены в отложениях южного плато ПХВ. Численность их в комплексе составляет 1732–2950 экз./г. Доминируют представители *Nassellaria* ($R^a/s/n = 0.24–0.36$), среди которых преобладают роды *Lychnocanoma* – 28.9–37.1%, *Cycladophora* – 19.6–26.8% и *Ceratospyrus* – 6.2–8.2%.

Таким образом, состав таксонов высокого ранга радиолярий в кайнозойских отложениях островного склона ККЖ представлен тремя группами: *Spumellaria*, *Nassellaria* и *Collodaria*. Наиболее древние радиолярии позднеэоценового – раннеолигоценового возраста обнаружены в районе южного плато ПХВ и на подводном склоне о-ова Шикотан, наиболее молодые таксоны плейстоценового возраста распространены практически повсеместно на ПХВ и в Приосевой зоне ККЖ. Изучение родового состава радиолярий выявило резкое доминирование отдельных родов или отсутствие такового на разных стратиграфических уровнях. Это может быть связано с условиями среды обитания радиолярий в районе со сложным гидродинамическим режимом или особенностями седиментации, влияющими на распределение и сохранность скелетов радиолярий в осадках после их фоссилизации.

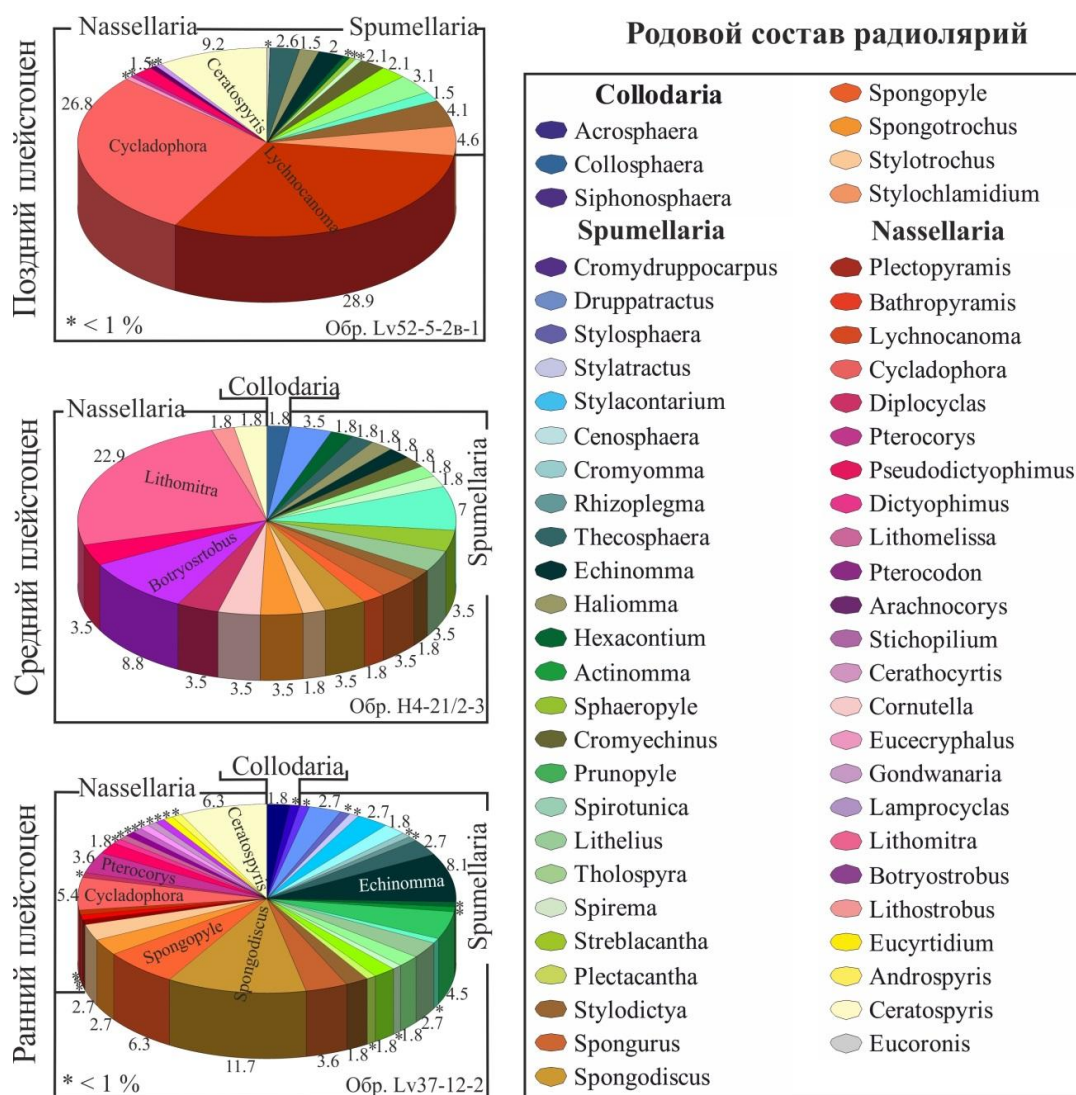


Рис. 2. Родовой состав радиоларий и участие их представителей (%) в комплексах плейстоцена островного склона Курило-Камчатского желоба.

ЛИТЕРАТУРА

- Василенко Л.Н. Плейстоценовые радиоларии из отложений подводного хребта Витязь // Труды Палеонтологического общества. М.: ПИН РАН, 2018. Т. 1. С. 29–37.
- Василенко Л.Н. Новые виды Radiolaria из кайнозойских отложений островного склона Курило-Камчатского желоба // Палеонтологический журнал. 2019. № 4. С. 6–13.
- Кругликова С.Б. Структура ассоциаций радиоларий-полицистин на видовом и надвидовом уровне и палеосреда // Современный и ископаемый микропланктон Мирового океана. М.: Наука, 1995. С. 76–89.
- Липман Р.Х. Руководство по изучению ископаемых радиоларий. М.: Недра, 1979. 126 с.
- Точилина С.В. Биостратиграфия кайнозоя северо-западной части Тихого океана. М.: Наука, 1985. 133 с.

Kruglikova S.B. Data on the distribution of high rank taxa of Polycysrina in the bottom sediments and their connection with the environment // The 12th Meeting of the International Association of Radiolarian Paleontologists. Radiolaria through time. September 14–17, 2009. Programme and Abstracts. Nanjing, China. P. 319–320.

РАВНОНОГИЕ РАКООБРАЗНЫЕ СЕМЕЙСТВА DESMOSOMATIDAE (ISOPODA: ASELLOTA) СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПАЦИФИКИ

О. А. Головань

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,

Владивосток

golovan_olga@mail.ru

Отряд Isopoda – один из самых многочисленных и разнообразных таксонов макробентоса, населяющий глубины Мирового океана (МО) от литорали до глубоководных желобов. Особенно велика доля изопод на больших глубинах, где они являются одной из доминирующих групп за счет вклада 20 первичноглубоководных семейств подотряда Asellota. Среди последних в большинстве исследованных районов преобладают Munnopsidae и Desmosomatidae.

Desmosomatidae – крупное семейство азеллот, включающее более 140 описанных видов в составе 19 родов (Boyko et al., 2008) и не меньшее число неописанных видов. Его представители – мелкие (до 4 мм) ракообразные, которые ведут преимущественно роющий образ жизни и обитают в верхнем слое мягких осадков. Сведений о биологии десмосоматид очень мало. Источники питания неизвестны, хотя предполагается, что у глубоководных азеллот большую часть рациона составляют фораминиферы (Gudmundsson et al., 2000).

Desmosomatidae имеют всесветное распространение, населяя глубины от 4 до 8745 м. Вместе с группой родственных семейств, десмосоматиды представляют самую древнюю (муннопсоидную) линию глубоководных изопод, радиация которой связана с заселением больших глубин (Raupach et al., 2009). Максимум видового богатства десмосоматид отмечается в батии и абиссали МО, а также в холодных водах обоих полушарий, где некоторые виды вторично колонизировали шельф. Предполагается, что быстрая радиация десмосоматид на больших глубинах привела к образованию большого числа видов с относительно небольшими морфологическими отличиями (Jennings et al., in press). Более 40% описанных видов десмосоматид известно из Северной Атлантики. Хесслер (Hessler, 1970) предполагал космополитное распространение большинства родов семейства и считал отсутствие данных о десмосоматидах в некоторых глубоководных бассейнах (например, в Индийском океане) результатом недостаточных сборов. Данные, полученные в ходе недавних глубоководных экспедиций в Северо-западной (СЗ) Пацифике, подтверждают этот вывод.

По результатам экспедиций на НИС «Витязь» и других российских экспедиций прошлого века, в СЗ Пацифике было известно 11 видов десмосоматид, собранных на глубинах от 15 до 6710 м. В том числе 6 видов с шельфа и 1 вид с верхней батии.

Охотского и Японского морей и 3 вида из абиссали и ультраабиссали Тихого океана (ТО) в районе Курило-Камчатского желоба (ККЖ) (Бирштейн, 1963, 1970; Кусакин, 1965, 1999; Головань, 2007; Головань, Малютина, 2010). Как предполагали сами исследователи (см.: Бирштейн, 1963; Беляев, 1989), недооценка разнообразия была обусловлена отсутствием специализированных орудий для сбора макробентоса.

В 2010–2016 гг. в ходе четырех российско-немецких глубоководных экспедиций SoJaBio (Sea of Japan Biodiversity Studies, 2010), SokhoBio (Sea of Okhotsk Biodiversity Studies, 2015), KuramBio (Kuril Kamchatka Biodiversity Studies, 2012) и KuramBio II (2016) исследованы отдельные районы СЗ Пацифики (котловины Японского и Охотского морей, прол. Буссоль, ККЖ и прилегающая к нему абиссаль ТО). Для сбора макробентоса в них применялся эпибентосный салазочный трал EBS или C-EBS (Brandt et al., 2013). Одной из доминирующих групп макробентоса оказались изоподы (Brandt et al., 2013, 2015, 2018). Десмосоматиды были второй по численности и разнообразию группой изопод после Munnopsidae. В разных районах на их долю приходилось 5–30% численности равноногих.

Самая богатая фауна десмосоматид обнаружена в абиссали ТО в районе ККЖ (62 морфологических вида, 11 родов) (Golovan et al., 2019; Jennings et al., в печати). Состав родов оказался типичен для открытой океанической абиссали. Самыми богатыми были роды *Eugerdella* (19 видов), *Mirabilicoxa* (17) и *Eugerdella* (7). Такая картина свойственна мировой фауне десмосоматид в целом. Десять морфологических видов десмосоматид обнаружены по обе стороны ККЖ. Однако следует отметить, что исследования с применением методов молекулярного анализа выявили присутствие морфологически сходных видов в районе ККЖ (Jennings et al., в печати). В самом желобе разнообразие десмосоматид с глубиной резко падает. Из представителей богатой абиссальной фауны лишь 4 вида родов *Mirabilicoxa* и *Eugerdella* найдены в верхней части желоба на глубинах около 6000–7000 м. Эти глубины отмечались ранее как переходный горизонт между абиссалью и ультраабиссалью, на котором происходят наиболее значимые фаунистические перестройки (Беляев, 1989). Вид *Mirabilicoxa tenuipes* (Birstein, 1970) известен из ККЖ с глубины 6675–6710 м. Однако единственным истинным ультраабиссальным видом десмосоматид, по-видимому, оказался *Eugerdella hadalis* Golovan and Brix (в печати), обнаруженный в ККЖ на глубинах от 7081 до 8745 м. В настоящее время это самая глубоководная находка представителя семейства в мире.

Фауна абиссали Курильской котловины Охотского моря (ОМ), связанной с ТО глубоководными проливами (до 2200 м), выглядит как обедненная тихоокеанская абиссальная фауна (17 морфологических видов, 8 родов; 10 видов и 7 родов – общие с абиссалью ТО, остальные – условные эндемы ОМ). Род *Oecidiobanchus* в СЗ Пацифике найден пока только в ОМ. Барьером для распространения этой фауны в ОМ, очевидно, служит бедный кислородом слой воды на глубинах 600–1350 м (Golovan, 2018).

Информация о шельфовой фауне десмосоматид ОМ неполная: 7 видов из 3 родов (*Desmosoma*, *Eugerdia*, *Paradesmosoma*) известны из типовых местонахождений у берегов Западной Камчатки (Кусакин, 1965). Роды *Desmosoma* и *Eugerdia* – общие с абиссалью ОМ. Род *Paradesmosoma* известен только из зоны шельфа и верхней батииали.

В котловине Японского моря (ЯМ), имеющего лишь мелководные проливы (в пределах шельфа), обнаружено 12 видов из 5 родов десмосоматид (Кусакин, 1999; Головань, Малютин, 2010; Golovan et al., 2013). Эти виды найдены на шельфе (*Paradesmosoma orientale* Kussakin, 1965) или в верхней батииали до глубины около 500 м. Видовое богатство резко уменьшается с глубиной. Только 4 вида достигают больших глубин: *Mirabilicoxa kussakini* Golovan, 2007 – 1000 м, *Mirabilicoxa* sp. – 1500 м, *Eugerdia fragilis* (Kussakin, 1965) – 1900 м, *Desmosoma lobipes* Kussakin, 1965 – 3400 м. Три вида (*P. orientale*, *E. fragilis*, *D. lobipes*) оказались общими с шельфом Охотского моря.

Таким образом, фауна десмосоматид всех исследованных районов СЗ Пацифики связана на родовом уровне. Абиссальная фауна ОМ имеет тихоокеанское происхождение. Фауна котловины ЯМ очевидно связана с шельфовой фауной ОМ.

ЛИТЕРАТУРА

- Беляев Г.М. Глубоководные океанические желоба и их фауна. М.: Наука, 1989. 255 с.
- Бирштейн Я.А. Глубоководные равноногие ракообразные (Crustacea, Isopoda) северо-западной части Тихого океана. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 214 с.
- Бирштейн Я.А. Дополнения к фауне равноногих ракообразных (Crustacea, Isopoda) Курило-Камчатского желоба. Ч. 1 // Тр. ин-та океанологии АН СССР. 1970. Т. 36. С. 249-340.
- Головань О.А. *Mirabilicoxa kussakini* sp. nov., новый вид азеллот глубоководного сем. Desmosomatidae (Crustacea, Isopoda, Asellota) из батииали Японского моря // Биология моря. 2007. Т. 33, № 6. С. 408-416.
- Головань О.А., Малютин М.В. Биота российских вод Японского моря. Т. 9. Равноногие раки (Isopoda). Ч. 1. Владивосток: Дальнаука, 2010. 356 с.
- Кусакин О.Г. К фауне Desmosomatidae (Crustacea, Isopoda) дальневосточных морей СССР // Исслед. фауны морей. 1965. Т. 3, вып. 11. С. 115-144.
- Кусакин О.Г. 1999. Морские и солоноватоводные равноногие ракообразные (Isopoda) холодных и умеренных вод северного полушария, Т. III. Подотряд Asellota. Ч. 2. Семейства Joeropsididae, Nannoniscidae, Desmosomatidae, Macrostylidae // Определители по фауне, издаваемые Зоологическим институтом РАН. 1999. Вып. 169. 385 с.
- Boyko C.B., Bruce N.L., Hadfield K.A., et al. (Eds.). World Marine, Freshwater and Terrestrial Isopod Crustaceans database. Accessed through: World Register of Marine Species. 2008. URL: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=118266>; дата обращения: 2019-04-29.

Brandt A., Elsner N., Brenke N., et al. Epifauna of the Sea of Japan collected via a new epibenthic sledge equipped with camera and environmental sensor systems // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 2013. Vol. 86-87. P. 43-55.

Brandt A., Elsner N.O., Malyutina M.V., et al. Abyssal macrofauna of the Kuril–Kamchatka Trench area (Northwest Pacific) collected by means of a camera-epibenthic sledge // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 2015. Vol. 111. P. 175-187.

Brandt A., Alalykina I., Fukumori H., et al. First insights into macrofaunal composition of the abyssal Sea of Okhotsk // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 2018. Vol. 154. P. 106-120.

Golovan O.A. Desmosomatidae (Isopoda: Asellota) from the Kuril Basin of the Sea of Okhotsk: First data on diversity with the description of the dominant species *Mirabilicoxa biramosa* sp. nov. // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 2018. Vol. 154. P. 292-307.

Golovan O.A., Błażewicz-Paszkowycz M., Brandt A., et al. Diversity and distribution of peracarid crustaceans (Malacostraca) from the continental slope and the deep-sea basin of the Sea of Japan // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 2013. Vol. 86-87. P. 66–78.

Golovan O.A., Błażewicz M., Brandt A., et al. Diversity and distribution of peracarid crustaceans (Malacostraca) from the abyss adjacent to the Kuril-Kamchatka Trench // Marine Biodiversity. 2019. Vol. 49. P. 1343–1360. doi: 10.1007/s12526-018-0908-3

Gudmundsson G., von Schmalensee M., Svavarsson J. Are foraminifers (Protozoa) important food for small isopods (Crustacea) in the deep sea? // Deep-Sea Research I. 2000. Vol. 47. P. 2093-2109.

Hessler R.R. The Desmosomatidae (Isopoda, Asellota) of the Gay Head-Bermuda Transect // Bull. Scripps Inst. Oceanogr. 1970. Vol. 15. P. 1–63.

Jennings R.M., Golovan O.A., Brix S. Integrative species delimitation of desmosomatid and nannoniscid isopods from the Kuril-Kamchatka trench, with description of a hadal species // Prog. Oceanogr. in press

Raupach M.J., Mayer C., Malyutina M.V., Wägele J.-W. Multiple origins of deep-sea Asellota (Crustacea: Isopoda) from shallow waters revealed by molecular data // Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 2009. Vol. 276. P. 799–808. URL: <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.1063>

ПОИСК ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ, КОДИРУЮЩИХ БЕЛКИ ВНЕКЛЕТОЧНОГО МАТРИКСА, В ТРАНСКРИПТОМЕ ЛИЧИНОК МИДИИ *MYTILUS TROSSULUS*

Р. В. Голохвастова^{1,2}, М. А. Майорова¹

¹*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
Владивосток*

²*Дальневосточный федеральный университет, Владивосток*

raich_0330@inbox.ru

Внеклеточный матрикс (ВКМ) не только поддерживает структуру тканей и органов, но и активно влияет на взаимодействующие с ним клетки, направляя их дифференцировку и миграцию, запускает сигнальные пути. Однако об участии ВКМ в онтогенезе трохофорных животных, в частности, моллюсков, известно очень мало.

В настоящей работе мы провели поиск последовательностей, кодирующих белки ВКМ, в транскриптоме мидии *Mytilus trossulus* из Японского моря. Транскриптом был собран с помощью программы Trinity на основе результатов секвенирования (MiSeq, Illumina) 16 кДНК библиотек, полученных из эмбрионов и личинок мидии (от стадии яйцеклетки до стадии велигера), а также 6 кДНК библиотек, полученных из некоторых клеток и тканей взрослых мидий (гемоцитов, жабр, пищеварительной железы, мантии, мускула-замыкателя и гонад) [1]. Работа выполнена совместно с сотрудниками Отдела морской геномики Института науки и технологии Окинавы (Япония). В транскриптом обнаружено большое разнообразие последовательностей, кодирующих протеогликаны, гомологи ламинина и коллагена, а также другие белки ВКМ. На основе найденных транскриптов предсказаны аминокислотные последовательности некоторых белков ВКМ, проведен анализ их доменной структуры. Для количественного анализа экспрессии найденных транскриптов белков ВКМ использован метод на основе выравнивания с помощью алгоритмов программ RSEM и Bowtie2. Выявлены группы транскриптов, экспрессия которых характерна для определенных периодов раннего развития. Для отдельных транскриптов обнаружена материнская экспрессия. Полученные результаты могут прояснить роль разных групп белков ВКМ в развитии моллюсков. *Работа выполнена в рамках темы государственной программы фундаментальных научных исследований ННЦМБ ДВО РАН № 115081110039, при поддержке гранта РФФИ № 18-34-00064.*

*Maierova M. A., Satoh N., Khalturin K., Odintsova N. A. Transcriptomic profiling of the mussel *Mytilus trossulus* with a special emphasis on integrin-like genes during development // Invert. Reprod. . Devel. 2019. Vol. 63. doi 10.1080/07924259.2019.16267741.*

УЛЬТРАМИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР ЭУКОНОДОНТОВЫХ ЖИВОТНЫХ

Г. И. Гуравская¹, А. П. Касаткина².

¹*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН*

²*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН*

Эуконодонты представляют собой группу небольших, предположительно вымерших, животных. Их описание сделано по полному отпечатку животного из нижнекарбоновых отложений Приполярного Урала (Россия) DVGI 2007 TZ-59-1/95 (Buryi et al, 2010; Бурый, Касаткина, 2010), а также по пятому (RMS GY 1992.41.1) и шестому (RMS GY 1992.41.2) отпечаткам из нижнего карбона Грантона (Шотландия) (Aldridge et al., 1993). Морфология эуконодонт необычна своей простотой. Окруженный щупальцевидными отростками узкий щелевидный рот расположен терминально по центру головы. По обе стороны рта внутри мягких тканей находятся парные головные пластинки – Н скелетные элементы (Buryi, Kassatkina, 2004). Далее на брюшной стороне между головой и туловищем наблюдается овальное расширение – пищевой мешок, в котором располагаются зубные аппараты, представленные микроскопическими фосфатными зубными элементами (Guravskaya, Kassatkina, 2015). На внутренних срезах пятого и шестого отпечатков из Грантона хорошо видно, что ротовое отверстие переходит в кишку – узкую светлую полосу, протянувшуюся до хвостового конца. Кишка заканчивается фестончатым анальным отверстием с выбросами экскрементов из него. Туловище эуконодонтового животного на внутреннем срезе имеет поперечные структуры, представленные мускульными тяжами, которые в одних случаях расположены параллельно друг к другу и перпендикулярно к средней линии туловища животного, в других – они косо-ориентированы, с медиальными вершинами, направленными к голове или к хвосту, в зависимости от направления движения животного.

Прекрасно сохранившийся отпечаток из Приполярного Урала уникален тем, что вскрыт по боковой поверхности (Бурый, Касаткина, 2010). Это даёт возможность составить представление о внешнем облике эуконодонтового животного и о его покровных структурах. Тело животного длинное (около 4.8 мм), узкое (0.3–0.4 мм), червеобразное. Голова слабо дифференцирована от туловища. По бокам кончика хвоста видны два характерных длинных луча. Обращает на себя внимание бугорчатый рельеф внешней поверхности тела этого животного.

Первые исследователи, в том числе Христиан Пандер, посчитали самым главным критерием для определения положения эуконодонт в системе животного царства сходство

химического состава их зубных элементов (присутствие фосфата кальция) с зубами хордовых, а именно рыб.

Отпечаток из Приполярного Урала позволил сравнить эуконодонта с самым примитивным хордовым животным – ланцетником (Иванова-Казас, 1978). У последнего с дорзальной стороны под поверхностным эпителием проходит нервная трубка, дальше под нервной трубкой проходит хорда, а вентральнее находится кишка. Нервная трубка иннервирует кишку. Однако ни на одном отпечатке эуконодонтов таких структур не наблюдается. У шестого отпечатка из Грантона кишечник (структура, которую предположительно, считают хордой) оканчивается выбросами экскрементов из анального отверстия. Поэтому эта центральная трубка никак не может быть хордой. Также и на пятом отпечатке нет ни хорды, ни нервной трубки, хотя у него хорошо сохранились мягкие ткани, в том числе мышцы, поддерживающие пищевой мешок. Возникает вопрос, каким образом у эуконодонтовых животных без нервной трубки иннервируются сложные мышечная, пищеварительная системы, передвижение, хватательные движения, работа зубного аппарата. Ответ на этот вопрос дает ультрамикроскопическое исследование отпечатка, обнаруженного на Приполярном Урале, вскрытого с наружной стороны. На поверхности головы были обнаружены волокнистые нервные окончания.

Существует мнение, что на ранних этапах эволюции животных нервная система не была обособлена, а располагалась интраэпителиально в виде нервного плексуса (Столярова, Касаткина, 2019). Именно такая картина наблюдается в поверхностном эпителии эуконодонтового животного из Приуралья. Ультрамикроскопические исследования поверхностных структур показали, что эуконодонты – это примитивные животные, у которых, в отличие от ланцетника, отсутствует развитая нервная трубка, а иннервация осуществляется посредством нервного плексуса.

Поскольку строение эуконодонтов во многом сходно с морфологией протоконодонтов, можно предположить, что они так же обладают многослойным кожным эпителием, в отличие от остальных животных, у которых эпителий однослойный.

ЛИТЕРАТУРА

- Бурый Г.И., Касаткина А.П. Первые данные об ультрамикроскопическом строении отпечатка эуконодонтового животного из Приполярного Урала // Новости палеонтологии и стратиграфии. 2010. Вып. 14. С. 5–10. (Приложение к журналу «Геология и геофизика». Т.51).
- Иванова-Казас О. М. Сравнительная эмбриология беспозвоночных животных. М.: Наука, 1978. 311 с.

- Столярова М.В., Касаткина А.П. Ультраструктурные особенности многослойного кожного эпителия *Aidanosagitta macilenta* (Chaetognatha) и их эволюционное значение // Морфология. 2019. В печати.
- Aldridge, R.J., Briggs, D.E.G., Smith, M.P., et al. The anatomy of conodonts // Philos. Trans. Royal Soc, B. 1993. Vol. 340. P. 405–421.
- Buryi G.I., Kassatkina A.P. Rounded phosphatic structures (H elements) of euconodonts and their function (Euconodontophylea) // Zoosystematica Rossica. 2004. Vol. 12, No. 2. P. 157–161.
- Buryi G.I., Kassatkina A.P., Zhuravlev A.V., Safronov P.P. First finding of euconodont animals imprints on the territory of Russia (Euconodontophylea) // Zoosystematica Rossica. 2010. Vol. 19, No. 1. P. 147–153.
- Guravskaya G.I., Kassatkina A.P. Specific features of the head region in euconodont animals // Zoosystematica Rossica. 2015. Vol. 24, No. 1. P. 122–127.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕДИЦИИ ННЦМБ ДВО РАН «КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ ОКЕАНИЧЕСКИХ ПОДНЯТИЙ ИМПЕРАТОРСКОГО (СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО) ХРЕБТА (СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА)»

Т.Н. Даутова¹, С.В. Галкин², К.Р. Табачник², К.В. Минин², А.В. Адрианов¹

¹*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,*

Владивосток 690041

²*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва 117218*

e-mail:tndaut@mail.ru

В июле–августе 2019 г. проведено комплексное исследование глубоководных экосистем подводных гор Императорского хребта (северо-западная часть Тихого океана), организованное Национальным научным центром морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН. С помощью телеуправляемого подводного аппарата «Comanche 18» получены первые и уникальные данные о вертикальной зональности, особенностях распределения и структуре донных сообществ Императорского хребта. Выявлены организмы-индикаторы уязвимых донных экосистем – глубоководные кораллы *Octocorallia* и губки *Hexactinellidae*, дана их биогеографическая характеристика. Впервые показано изменение фауны кораллов *Octocorallia* в широтном направлении на горах и гайотах хребта, получены новые данные о биогеографической границе в районе Императорского хребта. Собраны уникальные сведения о составе и распределении планктона в широком географическом диапазоне. Отобраны и законсервированы 253 пробы биообразцов для пополнения ЦКП «Морской биобанк». Впервые проведены газогеохимические исследования водной толщи над поднятиями Императорского хребта, выявлены особенности распределения метана по горизонтам глубины. Обнаружены поверхностные и подповерхностные горизонты с повышенным содержанием метана над гайотами Коко, Джингу и Нинтоку с концентрацией метана до 150 нл/л. Выявлено значительное биотопическое разнообразие, с разными геологическими фациальными характеристиками, которое характеризует плато и склоны гайотов и отражается в неравномерном и сложном распределении отдельных таксонов и биотических комплексов. Продемонстрированы результаты разработки системы интеллектуальной поддержки деятельности операторов ТНПА в условиях открытого океана.

**ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРНОГО БЕЛКА
ДЕНСОВИРУСА SSaDV МОРСКОЙ ЗВЕЗДЫ *PYCNOPODIA*
HELIANTHOIDES BRANDT, 1835 (ASTERIIDAE, ASTEROIDEA,
ECHINODERMATA)**

А. А. Зимин^{1, 2}, Н. Н. Назипова³, А. Л. Дроздов⁴

¹*Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина РАН, Пущино,
Московская область*

²*Пущинский естественно-научный институт, Пущино, Московская область*

³*Институт математических проблем РАН, Пущино, Московская область*

⁴*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
Владивосток*

zimin@ibpm.pushchino.ru

Денсовирусы – это одни из самых мелких вирусов, относятся к парвовирусам и заражают беспозвоночных животных самых разных таксономических групп. Анализ гомологов структурных белков денсовирусов методами биоинформатики – это путь создания нового инструментария для понимания и преодоления парвовирусной инфекции животных и человека. Денсовирус морских звезд (SSaDV – sea star-associated densovirus) вызывает массовую гибель этих животных и, возможно, является существенным инфекционным агентом для других иглокожих. С помощью алгоритма PSI-BLAST путем четырех последовательных итераций в базах данных найдено 85 гомологов белка VP3 вируса морской звезды SSaDV со значением статистической характеристики $E < 3e-17$. Филогенетический анализ найденных аминокислотных последовательностей показал, что большинство из них образуют две отдельные ветви. Близко к VP3 SSaDV на одной ветви находятся белки амбиденсовирусов Ambidensovirus CaaDV2 и CaaDV1 и структурного белка денсовируса пресноводного рака *Cherax quadricarinatus*. Близкая ветвь содержит белки денсовируса и денсовирус-подобного вируса рыжего домового таракана *Blattella germanica*, а также денсовируса большой синицы *Parus major*. Ряд гомологов показал большее сходство со структурными белками некоторых парвовирусов.

Одной из основных причин массовой смертности морских звезд и некоторых других иглокожих является так называемый «синдром истощения морских звезд» [1]. Это заболевание наблюдали более чем у 40 видов морских звезд. Ранее его связывали с повышением температуры воды [2, 3], но в ряде случаев массовая гибель животных в местах их обитания происходила при обычной температуре [4, 5]. Заболевание начинается с развития различных повреждений, далее происходит фрагментация тела морской звезды и её гибель [6]. Сравнительно недавно обнаружен денсовирус (SSaDV), который, как

предполагается, и вызывает это заболевание, хотя нельзя уверенно утверждать, что этот синдром изучен полностью [7, 8].

В задачу работы входило эволюционное исследование основного белка нуклеокапсида денсовирусов для того, чтобы выяснить филогенетическое положение денсовируса морских звезд по отношению к другим денсовирусам беспозвоночных.

Методы биоинформатики, использованные в работе. Сравнение аминокислотных последовательностей основного белка нуклеокапсида денсовируса SSaDV морских звезд с базами данных белковых последовательностей на сервере NCBI [13] проводили с помощью алгоритма PSI-BLAST [8], используя четыре последовательные итерации до тех пор, пока картина сходства последовательностей не становилась константной. Введено ограничение на уровень достоверности результатов – $E\text{-value} < 3e-17$. Найденные последовательности с более высоким уровнем достоверности использовали для последующего филогенетического исследования. Последовательности сохраняли в виде текстового файла, содержащего полные аминокислотные последовательности белков-аналогов. На основе полученных данных осуществлен филогенетический анализ гомологов белка нуклеокапсида денсовируса SSaDV. Выравнивания последовательностей проведены с помощью программы ClustalW [10], филогенетическое дерево построено с помощью пакета программ Mega6 [9]. Длина структурного белка нуклеокапсида денсовируса SSaDV – 922 аминокислотных остатка. Программные средства пакета Mega6, в отличие от алгоритма PSI-BLAST, ограничены в своих возможностях при анализе последовательностей значительно более коротких, чем основной объект сравнения. Поэтому ряд последовательностей аминокислот гомологов, найденных в базах данных, пришлось убрать из рассмотрения.

Поиск гомологов VP3 SSaDV. После четвертой итерации программы сравнения PSI-BLAST найдено 87 гомологов VP3 SSaDV при значении статистической характеристики $E < 3e-29$. Остальные параметры сравнения: длина слова (Word size) – 6, матрица синонимических замен – BLOSUM80, штраф на открытие бреши – 11, на расширение – 1. Фильтры и маски не использовали.

Для предварительного филогенетического анализа и построения исходного дерева в файле для сравнения оставили только аминокислотные последовательности длиной более 500 аминокислот. Это связано с тем, что длина минимального активного нуклеокапсидного белка крупных денсовирусов также около 500 аминокислот. Следовательно, данные последовательности можно условно считать полными по возможному содержанию всех аминокислот, которые кодируют структуры подобные исследуемому полипептиду. Исходное иницилирующее работу других программ филогенетическое дерево построено автоматически методом максимальной парсимонии, использован строгий фильтр на перестановку ветвей дерева. Окончательное филогенетическое дерево построено методом максимального правдоподобия. Для филогенетического теста использовался Bootstrap method с числом

итераций 1000. Также была использована модель аминокислотных замен Jones-Taylor-Thornton (JTT). При построении финального дерева ветви, появлявшиеся менее чем в 50% повторов, не использовали. Все позиции, содержавшие бреши, а также те, в которых данные отсутствовали, были убраны. Эволюционные расстояния приведены в единицах, соответствующих числу аминокислотных замен на белок. Полученное нами филогенетическое дерево имеет две основные ветви (рис. 1). Соответственно, корень дерева располагается в середине вертикальной линии, соединяющей эти ветви. Денсовирусы ряда родственных таксонов членистоногих распределены между этими ветвями. Наиболее ярким примером являются денсовирусы отряда *Lepidoptera* (отмечены фиолетовыми кружками), которые группируются на дереве в двух удаленных под-ветвях. Это может говорить о независимом от филогении хозяев распространении денсовирусов этих насекомых. Близко к VP3 SSaDV на одной под-ветви находятся белки амбиденсовирусов CaaDV2 и CaaDV1 и структурного белка денсовируса пресноводного рака *Cherax quadricarinatus*. *Cherax quadricarinatus* — австралийский пресноводный красноклешнёвый рак, обитает в реках на северо-западе штата Квинсленд и Северной территории Австралии, обнаружен также в Папуа-Новой Гвинее. Это тропический теплолюбивый вид. Близость структурных белков вирусов иглокожих и ракообразных в такой интерпретации может говорить о циркуляции именно одного штамма денсовируса у тропических ракообразных и иглокожих. Можно ожидать распространение этого штамма денсовируса среди других гидробионтов. Вторая близкая под-ветвь содержит белки денсовируса рыжего домового таракана *Blattella germanica* и денсовирус-подобного (densovirus-like) вируса того же насекомого, а также денсовируса большой синицы *Parus major*. Можно предположить, что это, скорее всего, также денсовирус какого-либо членистоного, связанного с данным видом птиц.

Эволюция парвовирусов [13, 14], в том числе денсовирусов, является достаточно быстрым процессом, что позволяет этим живым сущностям быстро завоевывать новые экологические ниши [15]. По этим причинам использование белка VP3 вируса морской звезды SSaDV для филогенетического анализа весьма ограничено. Этот белок испытывает большую ко-эволюционную нагрузку при расширении круга хозяев конкретного штамма денсовируса и необходимости узнавания рецепторов на поверхности клеток нового хозяина.

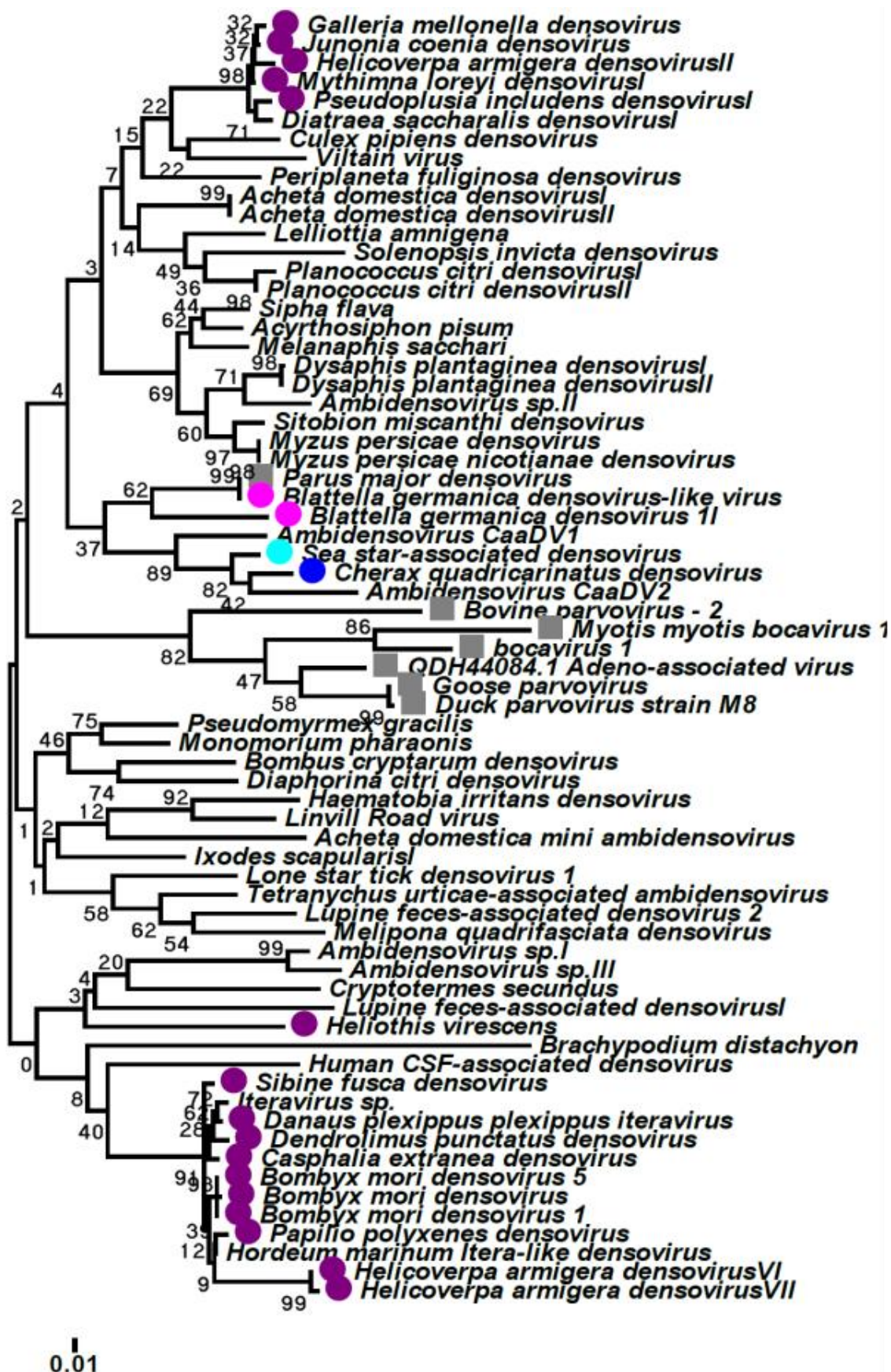


Рис.1. Молекулярно-филогенетический анализ гомологов структурного белка денсовируса морских звезд методом максимального правдоподобия.

Эволюционная история выведена с помощью метода максимального правдоподобия (Maximum Likelihood), основанного на матричной модели JTT [12]. Статистический бутстреп-

анализ проведен путем 1000 итераций [11]. На рисунке показано дерево с самым высоким логарифмическим правдоподобием (-11578,0225). Ветви, в которые связанные таксоны сгруппированы вместе, статистически оценены в процентах устойчивости при бутстреп-анализе. Процент показан рядом с ветвями. Исходное дерево для эвристического поиска получено автоматически с использованием метода максимальной парсимонии. Дерево построено в масштабе, при котором длина ветвей измеряется числом замен на сайт. В анализе использованы 62 аминокислотные последовательности. Все позиции, содержащие пробелы и делеции, исключены. В итоговом наборе данных 117 позиций. Эволюционный анализ проведен в MEGA6 [9]. Аминокислотная последовательность структурного белка денсорируса морских звезд отмечена кружком цвета морской волны, вируса рака – кружком синего цвета, последовательности из вирусов бабочек и мотыльков – фиолетовым цветом, белки парвовирусов позвоночных – серыми квадратами.

Эволюционный анализ в таком исследовании может отражать в первую очередь экологические связи между кластеризующимися группами вирусов. Для филогенетической таксономии штаммов данной группы вирусов, вероятно, следует использовать анализ эволюционных связей как этого белка, так и неструктурного белка, а также сравнение геномных последовательностей. С другой стороны, проведенный нами анализ показывает возможность его использования для определения путей распространения штаммов денсорирусов в природе.

Благодарности. Исследование было частично поддержано грантом РФФИ №19-07-00996 (для Назиповой Н. Н.).

ЛИТЕРАТУРА

1. . Eisenlord M.E., Groner M.L., Yoshioka R.M. et al. Ochre star mortality during the 2014 wasting disease epizootic: role of population size structure and temperature"// Phil. Trans. R. Soc. B. 2016. Vol. 371, No. 1689. P. 20150212.
3. Bates A.E.; Hilton B.J.; Harley C.D.G. Effects of temperature, season and locality on wasting disease in the keystone predatory sea star *Pisaster ochraceus* // Diseases of Aquatic Organisms. 2009. Vol. 86, No. 3. P.245–251.
4. Menge. B. A., Cerny-Chipman E. B., Johnson A., et al. Sea Star Wasting Disease in the Keystone Predator *Pisaster ochraceus* in Oregon: Insights into Differential Population Impacts, Recovery, Predation Rate, and Temperature Effects from Long-Term Research // Plos one. 2016. Vol.11, No. 5: e0153994. doi:10.1371/journal.pone.0153994.
5. Miner C. M., Burnaford J. L., Ambrose R. F., et al. Large-scale impacts of sea star wasting disease (SSWD) on intertidal sea stars and implications for recovery // Plos one. 2018. Vol. 13, No. 3: e0192870. doi:10.1371/journal.pone.0192870

6. Sea Star Wasting Syndrome. Pacific Rocky Intertidal Monitoring. URL: <https://marine.ucsc.edu/data-products/sea-star-wasting>; Дата обращения: 20.08.2019.
7. Hewson I., Buttona J. B., Gudenkau B. M. *et al.* Densovirus associated with sea-star wasting disease and mass mortality // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2014. Vol. 111 (48): P. 17278–17283.
8. Altschul S.F., Madden T.L., Schäffer A.A. *et al.* Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs // *Nucleic Acids Res.* 1997. Vol. 25. P. 3389–3402.
9. Tamura K., Stecher G., Peterson D. *et al.* MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0 // *Molecular Biology and Evolution*. 2013. Vol. 30. P. 2725–2729.
10. Jeanmougin F., Thompson J.D., Gouy M., *et al.* Multiple sequence alignment with Clustal X // *Trends Biochem. Sci.* 1998. Vol. 23. P. 403–405.
11. Felsenstein J. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap // *Evolution*. 1985. Vol. 39. P. 783–791.
12. Jones D.T., Taylor W.R., Thornton J.M. The rapid generation of mutation data matrices from protein sequences // *Computer Applications in the Biosciences*. 1992. Vol. 8. P. 275–282.
13. Shackelton L.A., Parrish C.R., Truyen U, Holmes E.C. High rate of viral evolution associated with the emergence of carnivore parvovirus // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2005. Vol. 102, No. 2. P. 379–384.
14. Shackelton L.A., Holmes E.C. Phylogenetic evidence for the rapid evolution of human B19 erythrovirus // *J. Virol.* 2006. Vol. 80, No. 7. P. 3666–3669.
15. Kitchen A., Shackelton L.A., Holmes E.C. Family level phylogenies reveal modes of macroevolution in RNA viruses // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2011. Vol. 108, No. 1. P. 238–243.

ВЛИЯНИЕ МИКРО- И НАНОПЛАСТИКА НА ЖИВОЕ. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД

А. А. Карпенко

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
Владивосток*

В последнее время человечество все больше беспокоит неопределенность последствий для всего живого в результате массированного загрязнения окружающей среды пластмассами и продуктами их деградации. Тема микропластика (МП) широко обсуждается в научных изданиях, в СМИ и на телевидении. Быстро растет количество обзоров литературы с обобщением и критическим разбором результатов полевых и экспериментальных исследований (Botterell et al, 2019; Barboza et al, 2018; Carbery et al, 2018). Основные выводы этих работ следующие:

1. Распространение микро- и нанопластика носит глобальный характер. Воздействию таких частиц подвержены все обитатели всех сред (вода, донные осадки, суша, воздух).

2. Пластмассы в виде бытовых и промышленных отходов, попадая в окружающую среду, постепенно деградируют под действием абиотических и биотических факторов среды, изменяют химический состав, механически измельчаются, увеличивая число нано- и микрочастиц.

3. Чем мельче частицы, тем труднее их диагностика (по количеству и качеству), а их потенциальная вредоносность увеличивается по мере превращения микропластика в нанопластик (МП → НП).

4. МП и НП разной химической природы могут обладать разной биологической активностью.

5. Микропластики являются и, вероятно, долго останутся незначительной долей микрочастиц, естественным образом присутствующих в воздухе, воде, осадках и почве.

6. Необходимо выделить специфичность действия микропластиков, выяснив, чем их воздействие на организмы отличается от действия микро- и наночастиц природных полимеров. Для этого необходимо рассмотреть возможность адекватного контроля в экспериментальных исследованиях, применяя эталонные микро- и наночастицы природного происхождения.

7. Риски, токсичность МП и НП для человека, строго говоря, неизвестны, поскольку их исследования находятся в зачаточном состоянии.

8. Крупные куски пластика, деградируя в среде, ещё долгое время будут оставаться источниками микропластиковых частиц всех размерных классов, представляя собой долгосрочную угрозу.

В связи с этим большое значение имеет развитие экспериментальных методов исследования влияния различных форм и видов МП и НП на живые организмы для уверенного определения наличия и размера наносимого вреда. Для стандартизации экспериментов важен подбор модельных объектов и применение пластика, легко детектируемого различными физическими и химическими методами в широком диапазоне размера частиц.

Цель настоящей работы – на примере тефлона (ПТФЭ) показать возможность применения, по крайней мере, в лабораторных экспериментах, фторполимеров – полимеров, имеющих выраженную кристалличность и несущих «нелюминесцентную» внутреннюю «атомную метку» в виде атома фтора. Такая «метка» относительно легко обнаруживается μ -Раман спектроскопией и методом энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС). Для детектирования кристалличности ПТФЭ можно продуктивно использовать методы поляризационной оптической микроскопии.

Следует подчеркнуть, что изделия из ПТФЭ широко применяются в промышленности, медицинской и лабораторной практике. Наибольшую известность в быту фторполимеры получили благодаря широкому применению в производстве посуды с антипригарным покрытием. Используемые при производстве ПТФЭ поверхностно-активные вещества: перфтор-октансульфоновая кислота (ПФОА) и перхлороктансульфонат (ПФОС) решением Стокгольмской конвенции 8 мая 2009 г. признаны глобальными загрязнителями. Они встречаются повсеместно, не разлагаются, не выводятся из организмов, а только накапливаются (Scher, 2005; Governments..., 2008).

В России нет нормативных документов, ограничивающих производственные загрязнения фторопластов, что может негативно сказываться на качестве продукции с содержанием фторопластов. Физико-химическая и биологическая деградация таких полимеров неизбежно происходит, но судьба продуктов их распада и влияние на окружающую среду и человека пока неизвестны. Вероятное влияние таких частиц было обнаружено в области артропластики: было показано, что пластиковые протезы фрагментируются, создавая маленькие пластиковые частицы (Hicks et al., 1996)

Полистирольные сферы (ПС), меченые флуорофорами, широко применяются в лабораторных экспериментах по изучению биологических эффектов микропластиков (Botterell et al., 2019; Al-Jaibachi et al., 2018). Такие модели весьма отличаются от промышленного пластика как по химическим, так и по физическим свойствам. Они аморфны (в поляризованном свете это хорошо заметно), в то время как любой полимерный материал общего применения имеет выраженную кристаллическую фазу, следовательно, свойства их

поверхности и доступность материала к факторам деградации среды (в том числе и биотическим) иные, чем в природе. Кроме того, чем меньше частицы, тем выше отношение их площади к объёму, что определяет усиление диффузии красителя в среду и ведёт к неопределённости локализации собственно частицы в объекте по флуоресцентной метке. Следует также упомянуть данные (Poornima Pandey et al., 2015; Andrady, 2017; Klein et al., 2018), показывающие, что деградация полимера в природе прежде всего затрагивает аморфную фазу материала. Другими словами, физико-химические свойства поверхности МП иные, чем у применяемых в большинстве экспериментов ПС микросфер созданных для калибровки измерительных приборов-сайзеров. Некоторые исследователи считают, что в модельных лабораторных экспериментах следует максимально стандартизировать процесс и использовать частицы строго определённого размера, в условиях, максимально приближённых к естественным и с полимерами, встречающимся как МП и НП в естественных средах – водной, воздушной, почвенной (Phuong et al., 2016). Такая точка зрения, возможно и справедлива, но лишь отчасти.

Первое. Действительно, в природных условиях встречается широкий размерный спектр пластиков-загрязнителей от макро- до микро- и нанопластиков. Под действием измельчения и деградации постоянно изменяются их физико-химические свойства (степень кристалличности, микротвёрдость, заряд, вязкость, химизм поверхности, её обрастание, импрегнация минералами, заселение микроорганизмами и др.). Учитывая тот факт, что макро- и микропластики воздействуют на живые организмы по-разному, а в природе их воздействие синергично, на наш взгляд, разумно применять в модельных экспериментах суспензию разноразмерных частиц. Более того, в таких условиях можно контролировать и задавать физико-химические свойства поверхности таких объектов.

Второе. Не секрет, что поступление МП и НП в окружающую среду нарастает и абсолютно не контролируемо. Нанопластики, вероятно, являются наименее известным и характерным типом глобального загрязнения (мусора). Они также могут быть наиболее опасными не только из-за их предполагаемой способности преодолевать биологические барьеры, но также из-за высокой площади их поверхности, которая может играть значительную роль в механизмах биоаккумуляции и биоамплификации других веществ-загрязнителей. До сих пор неизвестно, как обнаружить нанопластики в реальных пробах окружающей среды, поскольку, не имея информации о химической структуре, их невозможно отличить от натуральных наночастиц. Таким образом, разработка методов для анализа реальных нанопластиков представляет собой непростую задачу.

Третье. Представляется правомерным в эксперименте определить минимальную эффективную дозу (ED_{min}) или ED_{50} для тех или иных МП-НП смесей на общепринятых тест-объектах. Это, по нашему мнению, даст основу для разработки конкретных санитарных норм и прогнозов на будущее, которое нас ожидает, и выработки мер для предотвращения

опасных последствий. Но прежде всего, основная задача заключается в том, чтобы показать и доказать специфичность воздействия МП-НП на живые системы по сравнению с естественными природными частицами, с которыми всё живое на Земле сталкивается на протяжении миллионов лет. Это станет реальным, если мы, прежде всего, научимся детектировать пластиковые частицы любых размерных диапазонов.

Таким образом, для изучения биологических эффектов пластикового загрязнения предлагается в качестве модельных (эталонных) частиц использовать микро- и наночастицы ПТФЭ (политетрафторэтилена). Благодаря тому, что молекула ПТФЭ несёт «атомную метку» – фтор, резко отличающую её от других распространённых пластиков, а микро-наночастицы ПТФЭ имеют специфическую кристалличность, они хорошо идентифицируются поляризационно-оптическими микроскопическими методами, методами Рамановской микроспектроскопии и энерго-дисперсионной спектроскопии (ЭДС).

БИОИНДИКАЦИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ОКРАИННЫХ МОРЯХ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

А. П. Касаткина¹, В. Б. Лобанов¹ М. В. Столярова²

¹Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток

²Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет,
Санкт-Петербург

Об изменении батипелагической фауны *Chaetognatha* в Беринговом море и северо-западной части Тихого океана. Биоиндикация на основе изучения видового состава требует тщательного морфологического анализа и знания фауны Мирового океана. Таксономическое изучение находок новых видов щетинкочелюстных (*Chaetognatha*), их сравнение с видами, обитающими в Мировом океане, не только расширяет наши знания о разнообразии морских организмов, но также представляет определённый интерес при изучении глобальных изменений в морях северо-западной части Тихого океана. Нами исследованы пробы планктона Берингова моря и северо-западной части Тихого океана за период с 1880 по 2017 гг. Согласно результатам наших исследований, а также данным японских и американских специалистов по группе *Chaetognatha* (Alvarino, 1965; Bieri, 1974; Kotori, 1969; Kuroda, 1981; Kitou, 1966; Picrrot-Bults, Nair, 1991 и др.), в период с 1880 по 1990 г.г. в мезо- и батипелагиали этого региона отмечены следующие виды щетинкочелюстных: *Heterokrohnia mirabilis* Ritter-Zahony 1911; *Eukrohnia fowleri* Ritter-Zahony, 1909; *E. bathypelagica* Alvarino, 1962; *E. kitoui* Kuroda, 1981; *E. leviseta* Kassatkina, 1982; *Caecosagitta macrocephala* (Fowler, 1905). Это были массовые виды.

Однако, начиная с 1993 г., в пробах, взятых с глубины 500 м и более, мы не обнаружили ни одного экземпляра этих ранее массовых видов *Chaetognatha*, но в большом количестве появились виды, которые описаны нами как новые в Мировом океане, новые для науки. Род *Pseudeukrohnia* Kassatkina, 1998: *Ps. ilyichovi*, *Ps. barchatovi*, *Ps. lamutica*, *Ps. fimbria*, *Ps. nesmeyanovi*, *Ps. dolabra*, *Ps. flagroformes* (см. Касаткина, 2001), *Ps. pilus*, *Ps. macrocauda*, *Ps. gracilis*, *Ps. curticauda*, *Ps. dolona*, *Ps. breviata*, *Ps. slabinski*, *Ps. beringi*, *Ps. aculeata*, *Ps. speciosa*, *Ps. lata* (см. Касаткина, 2003), *Ps. evenkia* (Касаткина, Столярова, 2006). Род *Praeukrohnia* Kassatkina et Stolyarova, 2006: *Pr. ensata*, *Pr. fidus*, *Pr. fidicula*, *Pr. expolitus*, *Pr. aleutica*, *Pr. pseudohamata*. Род *Paraeukrohnia* Kassatkina et Stolyarova, 2006: *Par. absurda*. Эти новые для науки виды стали массовыми в планктоне юго-западной части Берингова моря и северо-западной части Тихого океана; в батииали этих регионов произошло глобальное изменение видового состава *Chaetognatha*, ранее никем не отмечавшееся. При этом в эпипланктоне

того же региона не произошло смены фауны Chaetognatha. Откуда могла появиться новая для этого региона фауна массовых видов, почему исчезли ранее массовые виды Chaetognatha? Совершенно очевидно, что этот феномен является отражением значительных движений водных масс, произошла перестройка течений, а, вероятнее всего, глобальные, возможно планетарные, изменения климата. Это показывают результаты выдающихся достижений океанологов ТОИ ДВО РАН. «Обнаружена долгопериодная (более 4 лет) эволюция теплых рингов Куроисио и короткопериодная изменчивость их структуры и траекторий движения... Обнаружены и исследованы вихри синоптического масштаба в районе Курильских островов» (Булатов, Лобанов, 1983; Лобанов и др., 2014). На основе лагранжевых расчетов обнаружены и исследованы глобальные мезомасштабные Курильские вихри (Пранц и др., 2018). Причиной смены фауны могут быть антициклонические вихри в северо-западной части Тихого океана (Богданов и др., 1985) Отмечались быстрые изменения в холодных водах Субарктики Тихого океана (Рогачев, 1999). Коллектив сотрудников ТОИ ДВО РАН доказал: 1) Происходит изменение планетарного климатического режима на рубеже 20–21 веков (Пономарев и др., 2018); 2) Климатические режимы в северной части Азиатско-Тихоокеанского региона имеют свои особенности, которые на наш взгляд, могут повлиять на смену морской планктонной фауны в этом регионе (Пономарев и др., 2015); 3) На формирование аномального климата ДВ Приморья оказывает влияние атмосферные изменения (Бышев и др., 2014).

Биоиндикация с помощью щетинкочелюстных в заливе Петра Великого, возможные пути их переноса с водными массами из прилегающей части Японского моря. Уникальная находка глубоководных щетинкочелюстных. В настоящее время планктон попадает в Японское море с поверхностными водами через Цусимский пролив (Uda, 1934; Lobanov et al., 1997). Фауна щетинкочелюстных западной части Японского моря характеризуется в основном как бореальная, однако в отдельные годы там появляются тропические виды (Kasatkina, 1982). Как показали исследования океанологов ТОИ ДВО РАН (Лобанов и др., 2007; Ладыченко, Лобанов, 2013) причины такого изменения в фауне – синоптические вихри. Это подтверждается результатами, полученными на основе лагранжевых расчетов по данным спутниковой альтиметрии, согласно которым «статистически показано, что существуют устойчивые пути переноса субтропических вод к южным берегам Приморского края России через субарктический фронт Японского моря. Этот перенос осуществляется, главным образом, благодаря особенностям мезомасштабной циркуляции к северу от фронта виде вихревых дорожек, способствующих формированию лагранжевых интрузий теплой воды с проникновением их далее на север. Перенос теплых вод в последние десятилетия может быть одним из факторов наблюдаемого с 90-х годов прошлого века продления в Приморье теплого периода осенью и объясняет проникновение

теплолюбивых рыб и других тропических и субтропических морских организмов к берегам Приморья» (Пранц и др., 2018). Изолированность в настоящее время глубин Японского моря и связь их поверхностных вод с поверхностными водами океана общеизвестна (Зенкевич, 1963). Отсутствие глубоководных видов общих с таковыми в океане объяснялось мелководностью проливов, через которые не могли проникнуть настоящие глубоководные виды (Беклемишев, 1969). Глубоководным Chaetognatha посвящено значительно меньше работ, чем эпипелагическим (Виноградов, 1968). О придонной глубоководной фауне Chaetognatha Японского моря не было сведений до экспедиции SoJaBio на НИС «Академик Лаврентьев». В сборах этой экспедиции обнаружен вид, принадлежащий к редкому по встречаемости семейству Krohnittellidae. Из этого семейства в Мировом океане было обнаружено только 4 экземпляра, относящихся к двум разным родам. Находка нового вида и рода из семейства Krohnittellidae в Японском море позволяет расширить описание этого семейства. Семейство принадлежит к подклассу Eukrohniones Kassatkina, 2011, отряду Aphragnoeukrohniformes Kassatkina, 2011 и состоит из трёх родов: *Krohnittella* (см. Germain, Joubin, 1916), *Protokrohnittella* (см. Касаткина, 2003) и *Prakrohnittella* (см. Касаткина, 2017). Все виды семейства батипелагические, предположительно обитают около дна (Bieri, 1974). Возможно, поэтому известно так мало экземпляров Krohnittellidae: два экземпляра *Krohnittella boureei* из района Канарских островов с глубины 4000 м (Germain, Joubin, 1912), один экземпляр *K. tokiokai* из района близ Калифорнии с глубины 2090 м (Bieri, 1974), один экземпляр *Protokrohnittella serratochaeta* из Алеутской впадины Берингова моря, верхняя граница распространения – не более 1000 м от поверхности (Касаткина, 2003). Голотип и два паратипа *Prakrohnittella malyutinae* Kassatkina, 2017 найдены в Японском море глубоководной российско-германской экспедицией (проект the SoJaBio Sea of Japan Biodiversity Studies) и один экземпляр этого вида обнаружен в Курило-Камчатской впадине российско-германской экспедицией KuramBio Sonne 223. Тот же род *Prakrohnittella* обнаружен российско-германской экспедицией в придонных слоях юго-восточной части Охотского моря. Экземпляры собраны новым орудием лова эпибентик-следж (Brenke, 2005).

Можно предположить, что находки *Prakrohnittella malyutinae* в Японском море и в Курило-Камчатском жёлобе в придонном слое на глубине 3427–3431 м свидетельствуют о древней связи глубинных желобов в Японском, Охотском морях и Курильском регионе Тихого океана.

Постижение природы Мирового океана возможно лишь при сочетании исследований как биологических, так и физических факторов. Щетинкочелюстные представляют собой уникальный объект, который может быть успешно использован для экологического мониторинга морских акваторий благодаря наличию характерных тканевых реакций при определенных воздействиях и высокой жизнеспособности. Это подтверждается патентом на изобретение (Касаткина, Столярова, 2015).

ЛИТЕРАТУРА

- Беклемишев К.В. Экология и биогеография пелагиали. М.: Наука, 1969. 291 с.
- Богданов К.Т., Ильичев В.И., Меджитов Р.Д., Лобанов В.Б. Исследование антициклонического вихря в северо-западной части Тихого океана // Доклады АН СССР. 1985. Т. 281, № 5. С. 1210–1213.
- Булатов Н.В., Лобанов В.Б. Исследование мезомасштабных вихрей восточнее Курильских островов по данным метеорологических спутников Земли // Исследование Земли из космоса. 1983. N 3. С. 40–47.
- Бышев В.И., Нейман В.Г., Пономарев В.И. и др. Роль глобальной атмосферной осцилляции в формировании климатических аномалий дальневосточного региона России // Докл. АН. 2014. Т. 458, № 1. С. 92–96.
- Зенкевич Л.А. Биология морей СССР / АН СССР. Ин-т океанологии. М.: изд-во АН СССР, 1963. 740 с.
- Касаткина А.П. Щетинкочелюстные морей СССР и сопредельных вод. Л.: Наука, 1982. 136 с.
- Касаткина А.П. Новый род морских стрелок *Pseudeukrohnia* семейства Eukrohnidae // Биология моря. 1998. Т. 24, № 6. С. 359–363.
- Касаткина А.П. Новый глубоководный вид хетогнаты *Eukrohnia geptneri* из северо-западной части Тихого океана – возможный предок антарктического вида *Eukrohnia bathyantartica* // Биология моря. 2001. Т. 27, № 3. С. 163–167.
- Касаткина А.П. Новые роды и виды морских стрелок из отряда Phragmophora (Chaetognatha) // Биология моря. 2003. Т. 29, № 1. С. 13–22.
- Касаткина А.П. Щетинкочелюстные (Chaetognatha) западной части Тихого океана (морфология, систематика, филогения): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. / Биолого-почвенный институт ДВО РАН. Владивосток. 2012. 42 с.
- Касаткина А.П., Столярова М.В. Два новых рода (*Paraeukrohnia*, *Praeukrohnia*) и четыре новых вида морских стрелок (Chaetognatha) из юго-западной части Берингова моря // Биология моря. 2006. Т. 32, № 3. С. 181–187.
- Касаткина А.П., Столярова М.В. Способ определения на основе биоиндикации очагов повышенной геофизической активности, приводящей к землетрясениям и цунами в морских акваториях // Номер патента: 2583930 Страна: Россия Год: 2015. Дата регистрации: 03.03.2015 Номер заявки: 2015107332/15. МПК⁸ G01 N 1/28, G01 N 33/18, G01 T 1/167.
- Касаткина А.П. Уникальная находка глубоководных Chaetognatha (*Protokrohnitella* gen. n., sp. n., fam. Krohnnetellidae Bieri, 1989) из юго-восточной части

залива Петра Великого Японского моря // Зоологический журнал. 2017. Т. 96, № 9. С. 1-6.

Ладыченко С.Ю., Лобанов В.Б. Синоптические вихри в районе залива Петра Великого по спутниковым данным // Исследование Земли из космоса. 2013. № 4. С. 3–15.

Лобанов В.Б., Пономарев В.И., Салюк А.Н. и др. Структура и динамика синоптических вихрей северной части Японского моря // Дальневосточные моря. Т.1. Океанологические исследования. М.: Наука, 2007. С. 450–473.

Лобанов В.Б., Данченков М.А., Лучин В.А. и др. Дальневосточные моря России. Глава 5.4 // Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. С. 684–743.

Рогачев К.А. Быстрые изменения в холодных водах Субарктики Тихого океана // Российская наука: день нынешний и день грядущий. М.: Academia, 1999. С. 342–354.

Пономарев В.И., Дмитриева Е.В., Шкорба С.П., Карнаухов А.А. Изменение планетарного климатического режима на рубеже 20 – 21 веков // Вестник МГТУ. 2018. Т. 21, № 1. С. 160–169.

Пономарев В.И., Дмитриева Е.В., Шкорба С.П. Особенности климатических режимов в северной части Азиатско-Тихоокеанского региона // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ИПТС, 2015. Вып. 1 (21). С. 67–72.

Пранц С.В., Улейский М.Ю., Будянский М.В. Лагранжев анализ путей переноса субтропических вод к берегам Приморья // Доклады АН. 2018. Т. 481, № 6. С. 666–670.

Будянский М.В., Улейский М.Ю., Андреев А.Г., Пранц С.В. Лагранжев анализ Курильских вихрей // Вестник ДВО РАН. 2017. № 4. С. 81–87.

Alvarino A. Chaetognaths // Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 1965. Vol. 3. P. 115–194.

Bieri R. First record of the chaetognath genus *Krohnittella* in the Pacific and description of a new species // Wasmann J. Biol. 1974. Vol. 32. P. 297–301.

Brenke N. An epibenthic sledge for operations on marine soft bottom and bedrock// Journal of the Mar. Technol. Soc. J. 2005. Vol. 39, No. 2. P. 13–24.

Germain L., Joubin L. Note sur quelques Chétognaths nouveaux des croisières de S. A. S. le Prince de Monaco // Bulletin de l'Institut Océanographique. 1912. Vol. 228. P. 1–15.

Germain L., Joubin L. Chaetognathes provenant des campagnes des yachts “Hirondelle” et “Princesse Alice” (1885-1910). // Rés. Camp. Sci. Monaco. 1916. Vol. 49. 118 p.

Kassatkina A.P. Three new species, two new genera and new family Biphragmosagittidae (Chaetognatha) from Southwest Pacific Ocean // Zoosystematica Rossica. 2011. Vol. 20, No. 1. P. 161–173.

Kassatkina A.P. New genus (*Entokrohnia*) and new species of family Tokiokaispadellidae Salvini-Plawen, 1986 (Chaetognatha) from south-west Pacific Ocean // Zoosystematica Rossica. 2012. Vol. 21, No. 2. P. 318–322.

Kitou M. Chaetognaths collected on the fifth cruise of the Japanese Expedition of deep seas // La Mer. 1966. Vol. 4. P. 169–177.

Kotori M. Vertical distribution of chaetognaths in the northern North Pacific and Bering Sea. Bull. Plankton Soc. Japan. 1969. Vol. 16, No. 1, P. 52–57. (in Japanese)

Kuroda K. A new Chaetognatha, *Eukrohnia kitoui*, n. sp., from the entrance to Tokio Bay // Pub. Seto Mar. Biol. Lab. 1981. Vol. 26. P. 176–185.

Lobanov V., Nikitin A., Danchenkov M. Observation of mesoscale eddies in the North-Western Japan/East Sea // East Sea Oceanogr. Conferens 14-15 Oct 1997, Pusan, Korea. P.101.

Picrrot-Bults A.S., Nair Y.R. Distribution patterns in Chaetognatha // The Biology of Chaetognaths. Oxford: Oxford University Press, 1991. P. 86–116.

Terazaki M. Deep-sea chaetognaths // The Biology of Chaetognaths). Oxford: Oxford University Press, 1991. P. 117–121

Uda M. Hydrographical studies based on simultaneous oceanographical surveys made in Japan sea and on its adjacent waters during May and June 1932// Rec. Oceanogr. Works Jap. 1934. Vol. 6, No. 1. P. 289–330.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКРОПЛАСТИКОМ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД И РЕК БАССЕЙНА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Н. В. Козловский ¹, В. В. Жариков ¹, А. А. Карпенко ², С. Ю. Монинец ³

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток

*²Национальный научный центр морской биологии имени А. В. Жирмунского ДВО РАН,
Владивосток*

³Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского, Владивосток

Изучено загрязнение микропластиком прибрежных вод залива Петра Великого и восьми рек, впадающих в него. По результатам исследований выделено пять основных морфотипов пластиковых частиц, включая волокна, фрагменты, пленки, пену и микрогранулы. Наиболее распространенными типами полимеров являются полиэтилен, полипропилен, полистирол и полиэстер. Подсчитаны концентрации (количество частиц в 1 м³) для мелкого (0.1–0.3 мм), среднего (0.3–1.0 мм), крупного (1–5 мм) микропластика и мезопластика (5–25 мм). Составлена карта загрязнения, показывающая неравномерность распределения частиц пластика в морской воде согласно географическому расположению. Это может говорить о воздействии на загрязнение как локальных, так трансграничных факторов.

В настоящее время пластиковые отходы, поступающие в океан, составляют от 4.6% до 10% от ежегодно производимых в мире пластмасс [4, 9]. Пластиковый мусор снижает эстетическую привлекательность прибрежных рекреационных районов и угрожает многим другим видам морского природопользования [6]. Ослабление структурной целостности полимеров приводит к их фрагментации и образованию частиц, называемых микропластиком [3]. Изучение воздействия продуктов разрушения пластмасс на морские организмы и экосистемы привело к признанию пластика потенциально опасным материалом и разработке мер, нацеленных на ограничение его использования [7].

Акватории залива Петра Великого, наиболее подверженные антропогенному воздействию, характеризуются повышенными концентрациями различных загрязнителей [2], однако данные о степени загрязнения вод залива микропластиком немногочисленны и фрагментарны [1].

Основные цели данного исследования – оценка загрязнения микропластиком и определение основных закономерностей распределения этого поллютанта в выбранном районе.

Материалом для исследования послужили пробы, отобранные нейстонной и планктонной сетями с диаметром ячеек газа 100 мкм в течение полевых сезонов 2015–2018

гг. в 49 точках. 25 проб в прибрежных водах отбирали с яхты «Риф» (МГУ им. Невельского) и НИС «Профессор Насонов» (НИЦМБ ДВО РАН). При отборе в реках (65 проб) использовали лодку и надувной катамаран. Кроме того, 66 проб взяты на литорали.

Очистку проб от природного органического вещества и их фракционирование проводили в соответствии с руководством по лабораторным методам анализа микропластика в морской среде [8].

Обнаруженные синтетические частицы классифицировали по четырем размерным группам: от 0.1 до 0.3 мм – мелкий, от 0.3 мм до 1 мм – средний, от 1 до 5 мм – крупный микропластик; от 5 до 25 мм – мезопластик. Границы фракций установлены на основе известных по литературным данным вариантов классификаций, применяемых в аналогичных исследованиях [5] с учетом минимального предела размера частиц, обнаруживаемых использованными методами отбора.

Морфологическая классификация включала 5 основных морфотипов пластика: фрагменты, пленки, волокна, пена и микрогранулы.

Для определения полимерного состава образцов использованы 2 метода: инфракрасная спектроскопия нарушенного полного внутреннего отражения (ИК-спектроскопия Фурье) и спектроскопия комбинационного рассеивания (Рамановская спектроскопия).

Пластик обнаружен в 100% проб, отобранных в прибрежной зоне залива Петра Великого за пределами приливо-отливной зоны. Наибольшее обилие пластика наблюдалось на литорали. Здесь средняя концентрация загрязнителя составляла 14.258 част./м³. В пробах, взятых на удалении от берега и в реках количество пластика оказалось ниже в двадцать раз, 0.744 и 0.743 част./м³, соответственно. В то же время соотношение концентраций как морфотипов, так и размерных групп было сходным во всех локациях.

Суммарная доля пленок и фрагментов составляла более двух третей среднего количества пластика (литораль – 35.11 и 28.6%, прибрежные воды – 39.44 и 34.12%, реки 37.36 и 27.1% соответственно). Около четверти пластика приходилось на волокна (27.24% на литорали, 22.27 в прибрежных водах и 21.27% в реках). Для пены значение этого показателя, зафиксированное в реках (14.21%), превышало долю данного морфотипа в загрязнении пластиком литорали (8.93) и прибрежных вод (3.55%). Вклад гранул был минимальным и исчислялся десятыми и сотыми долями процента.

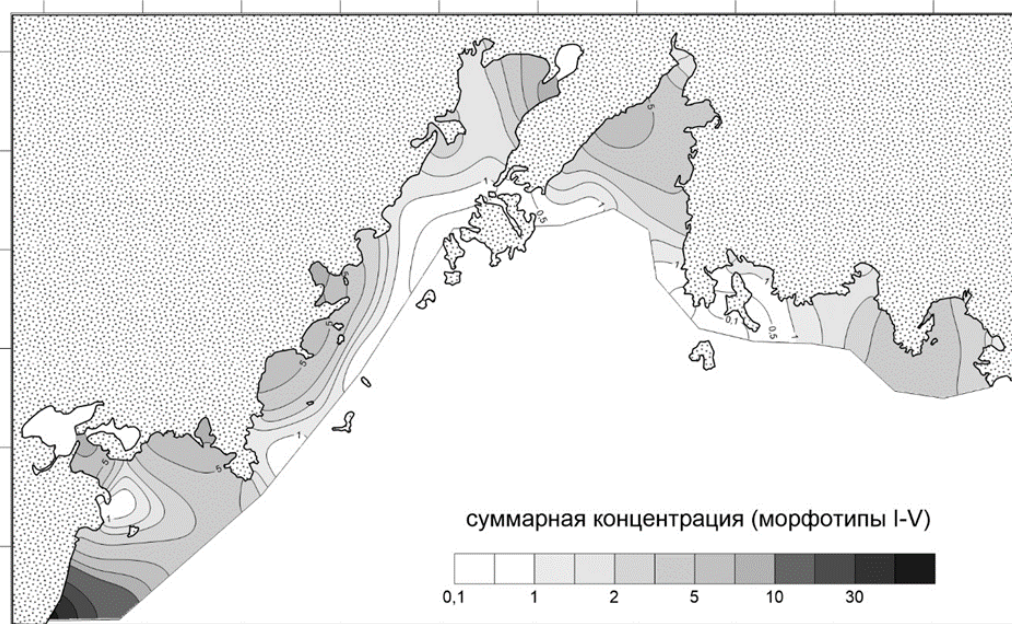


Рис. 1. Пространственное распределение пластика в заливе Петра Великого (суммарная концентрация микро и мезопластика). Суммарная концентрация указана количеством частиц в одном кубическом метре воды.

Таблица 1. Показатели обилия микропластика в пробах, отобранных на литорали, в прибрежной зоне и реках района исследований.

Морфотип	Размер мм	Литораль			Реки			Прибрежная зона		
		Среднее по выборке	95% доверительный интервал		Среднее по выборке	95% доверительный интервал		Среднее по выборке	95% доверительный интервал	
			Нижняя граница	Верхняя граница		Нижняя граница	Верхняя граница		Нижняя граница	Верхняя граница
Плётки	0.1-0.3	0.305	0.167	0.450	0.033	0.010	0.061	0.040	0.010	0.074
	0.3-1	1.292	0.830	1.760	0.105	0.064	0.147	0.106	0.050	0.166
	1-5	2.687	1.798	3.635	0.106	0.048	0.170	0.125	0.050	0.212
	5-25	0.723	0.408	1.050	0.034	0.007	0.067	0.023	0.004	0.043
Фрагменты	0.1-0.3	0.754	0.449	1.068	0.050	0.022	0.082	0.067	0.030	0.106
	0.3-1	1.440	0.923	1.974	0.085	0.045	0.127	0.102	0.055	0.151
	1-5	1.674	1.095	2.276	0.057	0.018	0.101	0.070	0.024	0.123
	5-25	0.209	0.075	0.353	0.010	0.001	0.022	0.015	0.000	0.029
Волокна	0.1-0.3	0.065	0.017	0.112	0.001	0.000	0.003	0.002	0.000	0.005
	0.3-1	0.556	0.370	0.754	0.042	0.021	0.064	0.023	0.005	0.048
	1-5	2.508	2.000	3.026	0.092	0.062	0.124	0.122	0.049	0.212
	5-25	0.754	0.480	1.017	0.022	0.010	0.035	0.021	0.005	0.040
Пена	0.1-0.3	0.006	0.000	0.012	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
	0.3-1	0.209	0.074	0.355	0.011	0.004	0.018	0.001	0.000	0.002
	1-5	0.906	0.432	1.424	0.085	0.010	0.178	0.023	0.007	0.040
	5-25	0.152	0.027	0.289	0.010	0.000	0.026	0.003	0.000	0.006
Гранулы	0.1-0.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.004
	0.3-1	0.018	0.000	0.039	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
	1-5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5-25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Самой многочисленной размерной группой был крупный микропластик. В среднем, во всех типах локаций на частицы этого размера приходилось около половины общего количества пластика (54.53% на литорали, 45.56% в прибрежных водах и 45.71% в реках).

Доля среднего микропластика составляла 24.65, 31.12 и 32.65% соответственно. Остальные 20-22% в приблизительно равном соотношении приходились на мелкий микропластик и мезопластик.

В качественном составе пластика в районе исследований преобладали полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиэстер, а также нейлон и сплав полиэтилена с полипропиленом. Полиэтилентерефталат, поливинилхлорид, политетрафторэтилен и полиуретан в сумме составляли менее 1% всех полимеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блиновская Я.Ю., Якименко А.Л. Анализ загрязнения акватории залива Петра Великого (Японского моря) микропластиком // Успехи современного естествознания. 2018. № 1. С. 68-73.
2. Шулькин В.М., Семькина Г.И. Поступление загрязняющих веществ в залив Петра Великого и оценка их вклада в создание экологических проблем // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря. Владивосток: Изд. дом ДВФУ, 2012. С. 252–287.
3. Barnes D.K.A., Galgani F., Thompson R.C., Barlaz M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments.// Philos. T. R. Soc. B. 2009. Vol. 364. P. 1985–1998.
4. Jambeck J.R., Geyer R., Wilcox C., et al. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean // Science. Vol. 347, 768–771.
5. Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R.C., Thiel M. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification // Environ. Sci. Technol. 2012. Vol. 46. P. 3060–3075.
6. Laist D.W. Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment // Mar. Poll. Bull. 1987. Vol. 18. P. 319–326.
7. Lozano R.L., Mouat J. Marine Litter in the North-East Atlantic Region: Assessment and Priorities for Response. London, United Kingdom. 2009. 127 p
8. Masura J, Baker J, Foster G, et al. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. NOAA Technical Memorandum. 2015. 39 p.
9. Thompson R. C. Plastic debris in the marine environment: consequences and solutions // Marine nature conservation in Europe. Stralsund, Germany: Federal Agency for Nature Conservation, 2006. p. 107–116

СОВРЕМЕННАЯ ЛИТОРАЛЬНАЯ ФАУНА ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ (MOLLUSCA: BIVALVIA) ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО МОРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Е. Б. Лебедев

Дальневосточный морской биосферный государственный природный заповедник, ННЦМБ

ДВО РАН, Владивосток

ev-lebedev@mail.ru

Как известно, одной из основных задач охраняемых природных территорий является сохранение биоразнообразия. Выполнение данной задачи требует инвентаризации флоры и фауны, выявления редких и нуждающихся в охране видов. Двустворчатые моллюски (Mollusca: Bivalvia) – одна из наиболее распространенных групп морского бентоса. Особенно велика их роль в литоральной и сублиторальной зоне, где они образуют собственные или смешанные сообщества. Мониторинговые исследования заповедных акваторий позволяют проследить тенденции фаунистических изменений в западной части зал. Петра Великого.

Целью данной работы является установление современного видового состава двустворчатых моллюсков в литоральной зоне Дальневосточного государственного морского заповедника (ДВГМЗ), наиболее уязвимой к антропогенной нагрузке.

Материалом послужили сборы макробентоса, выполненные сотрудниками ДВГМЗ и ННЦМБ ДВО РАН на литорали заповедника. На Восточном участке в июне 2012 г. исследовали б. Средняя на материковом побережье и б. Молчанского на о-ве Большой Пелис. На Южном участке в 2012 г. были изучены бухты Пемзовая, Калевала и м. Островок Фальшивый, а на о-ве Фуругельма – б. Западная. В июле-августе 2014 г. были выполнены сборы на Западном (б. Миноносек) и Южном (м. Островок Фальшивый) участках. Сбор и камеральную обработку малакологического материала осуществляли по общепринятой методике хорологических исследований на литорали [3].

Всего было найдено 15 видов и 1 гибрид Bivalvia. Новыми для литоральной фауны ДВГМЗ оказались 3 вида Bivalvia – *Arca boucardi*, *Macra chinensis*, *Mercenaria stimpsoni* и 1 гибрид *Mytilus galloprovincialis* и *M. trossulus* с признаками последнего. Большинство видов было обнаружено на Южном участке. Указываемые для литорали морского заповедника по литературным данным 17 видов Bivalvia не были встречены в данном исследовании.

Ниже приводится список литоральных двустворчатых моллюсков. Идентификация видов проведена по определителям Г.Н. Воловой, О.А. Скарлато и атласу К.А. Лутаенко [1, 4, 5]. Моллюски хранятся в коллекции ДВГМЗ (г. Владивосток). Названия таксонов Bivalvia

даны в современной трактовке [6]. Новые для литоральной фауны заповедника виды отмечены звездочкой.

Отряд MYTILIDA

Семейство MYTILIDAE

1. *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853)

Встречен в б. Средняя. Ранее указывался для литорали побережья и островов Восточного и Южного участков [2]. На литорали селится на твердых грунтах.

2. *Musculista senhousia* (Benson, 1842)

Встречен в б. Пемзовая и у м. Островок Фальшивый. Обитает повсеместно.

3. *Mytilus trossulus* A.A. Gould, 1850

Встречен в б. Пемзовая и у м. Островок Фальшивый. Обитает повсеместно.

4. *Гибрид *M. galloprovincialis* и *M. trossulus* с признаками *M. trossulus*

Встречен на литорали вблизи м. Островок Фальшивый. Ранее субтропическо-низкобореальный вид-вселенец *M. galloprovincialis* не образовывал гибридов с мидиями-аборигенами и отмечался на Южном участке в обрастании выброшенного плавника [2].

5. *Septifer keenae* Nomura, 1936

Встречен в б. Западная. Ранее обычный вид на побережье Восточного и Южного участков [2]. Обитает на твердых и смешанных грунтах.

Отряд ARCIDA

Семейство ARCIDAE

6.**Arca boucardi* Jousseaume, 1894

Встречен на литорали б. Западная Южного участка. Обитает на твердых грунтах.

Отряд CARDIIDA

Семейство TELLINIDAE

7. *Macoma incongrua* (Martens, 1865)

Встречен в б. Калевала и у м. Островок Фальшивый. Ранее также указывался на Южном участке [2]. Обитает на смешанных и мягких грунтах.

8. *M. contabulata* (Deshayes, 1855)

Встречен на литорали вблизи м. Островок Фальшивый. Ранее указывался на Южном участке в верхней сублиторали [2]. Обитает на смешанных и мягких грунтах.

Семейство PSAMMOBIIDAE

9. *Nuttallia obscurata* (Reeve, 1857)

Встречен у м. Островок Фальшивый. Указывался на Южном участке в б. Сивучья [2]. Обитает на смешанных и мягких грунтах.

Семейство MACTRIDAE

10.**Macra chinensis* Philippi, 1846

Впервые встречен на литорали у м. Островок Фальшивый. Ранее указывался на мягких грунтах на глубине 5-30 м [2].

11. *Spisula sachalinensis* (Schrenck, 1861)

Встречен на литорали вблизи м. Островок Фальшивый. Ранее указывался на мягких грунтах от литорали до глубины 22 м.

Семейство VENERIDAE

12. *Protothaca euglypta* (Sowerby III, 1914)

Встречен в б. Западная и у м. Островок Фальшивый. Указывался на литорали Южного и Восточного участков [2]. Обитает на смешанных грунтах среди корневищ морских трав.

13. **Mercenaria stimpsoni* (A.A. Gould, 1861)

Впервые встречен на литорали у м. Островок Фальшивый. Обитает в верхней сублиторали на мягких грунтах.

14. *Ruditapes philippinarum* (A. Adams et Reeve, 1850)

Встречен вблизи мыса Островок Фальшивый. Указывался для Южного и Восточного участков. Обитает на смешанных и мягких грунтах [2].

Отряд PHOLADIDA

Семейство MYIDAE

15. *Mya japonica* Jay, 1857

Встречен на литорали м. Островок Фальшивый. Обитает на мягких грунтах в литоральной зоне и в верхней части сублиторальной зоны.

Отряд PANDORIDA

Семейство LATERNULIDAE

16. *Laternula marilina* (Reeve, 1860)

Встречен на литорали м. Островок Фальшивый. Указывался на Южном участке [2].

В современной литоральной малакофауне Bivalvia заповедника наиболее богато представлены пять семейств: Mytilidae, на долю которого приходится 6 видов из 5 родов, Veneridae – 5 видов из 4 родов, Mactridae – 3 вида из 3 родов, Myidae – 3 вида из 2 родов и Psammobiidae – 2 вида из 2 родов, тогда как остальные 11 семейств представлены 1 родом. Редкие виды Bivalvia не были встречены во время мониторинговых исследований.

Инвазивный вид *M. galloprovincialis* ранее встречался только в обрастании плавника, выбрасываемого на побережье Южного участка. Однако, судя по нашим данным, в настоящее время типичная форма вида-аборигена *M. trossulus* встречается лишь на Восточном участке, а на Южном найдены его гибриды с *M. galloprovincialis*. Таким образом, происходит интродукция атлантического вида в бентосные сообщества ДВГМЗ путем его гибридизации с аборигенными видами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волова Г.Н., Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски залива Петра Великого. Владивосток: Дальневост. книж. изд-во, 1980. 95 с.
2. Дальневосточный морской биосферный заповедник. Биота. Т. 2. Владивосток: Дальнаука, 2004. 848 с.
3. Кусакин О.Г., Кудряшов В.А., Тараканова Т.Ф., Шорников Е.И. Поясообразующие флористические и фаунистические группировки литорали Курильских островов // Растительный и животный мир литорали Курильских островов. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1974. С. 574–623.
4. Лутаенко К.А., Ноусворти Р.Дж. Каталог современных двустворчатых моллюсков континентального побережья Японского моря. Владивосток: Дальнаука, 2012. 247 с.
5. Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных вод северо-западной части Тихого океана. Л.: Наука, 1981. 480 с.

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА *MIZUHOPECTEN YESSOENSIS* (JAY, 1857) ИЗ ДВУХ РАЙОНОВ ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Л. Е. Лебедев¹, Н. В. Полякова²

¹Дальневосточный государственный рыбохозяйственный технический университет,
Владивосток

²Институт химии ДВО РАН, Владивосток
drwegweb@mail.ru; polyakova@ich.dvo.ru

Добывая и выращивая гидробионтов, человек сталкивается с рядом проблем, главная из них – проблема биологической безопасности продукции. Уровни содержания микроэлементов в пищевых продуктах, получаемых из гидробионтов, регламентированы законодательно, и поэтому обязательно контролируются.

Микроэлементы – необходимое звено для протекания жизненно важных процессов в живых системах. В тканях и органах гидробионтов они представлены, прежде всего, тяжелыми металлами (ТМ). Поступление ТМ в водную среду связано с разными природными и антропогенными источниками.

Элементный состав тканей и органов зависит как от физиологического состояния организмов, так и от воздействия абиотических факторов. Так как прибрежные водоемы и обитающие в них гидробионты активно используются человеком, то установление уровней содержания ТМ и других микроэлементов, особенностей накопления и распределения их в биоте очень важно, как с теоретической, так и практической точки зрения. Исследования содержания ТМ в компонентах водных экосистем позволяют охарактеризовать степень загрязнения водной среды токсикантами антропогенного происхождения.

В прибрежье зал. Петра Великого находятся рыбопромысловые участки и марикультурные фермы, на которых выращивают двусторчатых моллюсков, в том числе виды сем. Pectinidae [3]. Это и определило выбор объекта исследований – приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857).

Цель работы – изучить состав и распределение тяжелых металлов в органах и тканях приморского гребешка в разных участках зал. Петра Великого Японского моря.

Пробы, взятые для определения элементного состава, подвергали глубокой и быстрой заморозке при температуре -18°C. У гребешка отбирали фрагменты мантии, мускула и гепатопанкреаса. В аналитической лаборатории ИХ ДВО РАН изолированные образцы подвергали пробоподготовке методом кислотной минерализации. Навеску помещали в кварцевый стакан, добавляли раствор иттрия из расчета 20 мкг/г сырого образца, затем 2 мл концентрированной азотной кислоты и помещали в печь Тэмос-Экспресс. Образец

растворяли при температуре 95-100°C в течение 2 ч, затем охлаждали и вносили 0,5 мл перекиси водорода. Выдерживали при температуре 95-100°C еще 30 мин. Для многоэлементного анализа 20 мкл полученного раствора наносили на подложку и высушивали под лампой [2].

Применяли метод рентгенофлуоресцентного анализа с полным внешним отражением на приборе FEI – TXRF 8030с. Источник излучения – рентгеновская трубка с W анодом, время измерения – 500 с. Внутренний стандарт – раствор иттрия с концентрацией 20 мкг/г сырого образца, подложка из полированного кварцевого стекла. Концентрации элементов определяли методом внутреннего стандарта с помощью программного комплекса Oxford, встроенного в программное обеспечение спектрометра. СКО для концентраций свыше 100 мкг/г составляет 10%, 1-100 мкг/г – 15%, менее 1 мкг/г – 20% [2].

Согласно предыдущим исследованиям, в тканях двусторчатых моллюсков данного района в наибольших количествах содержатся Fe и Zn. В природных поселениях приморского гребешка зал. Петра Великого порядок убывания концентраций ТМ в органах и тканях в целом имеет следующий вид: Fe > Zn > Cd > Cu > Mn > Pb > Co = Cr > Hg [1]. Более низкие, чем в растениях, концентрации Mn в морских животных связаны с гетеротрофным способом их питания.

Установлен элементный состав особей *M. yessoensis* в 2 районах залива (таблица). Район I (б. Воевода) расположен вблизи г. Владивостока. В мантии гребешка в лидирующую группу ТМ входили Fe, Zn, Sr и Mn, а ряд концентраций ТМ чаще имел такой вид: Fe > Zn > Sr > Mn (или Ni) > Pb (или Cu) > Rb > Cd. В гепатопанкреасе накапливались Fe, Zn, Cd и Cu, а ряд убывания концентраций ТМ имел вид: Fe > Zn > Cd > Cu > Mn > Sr (или Ni) > Pb > Rb. В мускуле больше всего содержалось Zn, Fe, Mn, Rb и Sr. Порядок убывания концентраций ТМ был таким: Zn > Fe > Mn (или Rb) > Ni (или Sr) > Cu (или Pb) > Cd.

Район II (б. Северная) удален от поселков Хасанского района. Здесь в мантии гребешка преобладали Zn, Fe, Mn, Sr, а ряд убывания концентраций ТМ обычно имел следующий вид: Zn > Fe > Sr > Mn > Ni (или Cu) > Pb (или Rb) > Cd. В гепатопанкреасе накапливались Fe, Zn, Mn, Sr и Cu, а порядок убывания концентраций ТМ такой: Fe > Zn > Mn > Sr > Cu > Cd > Ni > Pb (или Rb). В мускуле наибольшие концентрации были характерны для Zn, Fe, Sr и Mn. Порядок убывания концентраций ТМ имел следующий вид: Zn (или Fe) > Mn (или Sr) > Ni (или Rb) > Pb > Cu > Cd.

Согласно полученным данным, в районе II концентрации Mn в гепатопанкреасе и мускуле в среднем в 1.3 и 2 раза выше, а в мантии в 2.7 раза выше, чем в районе I. В гепатопанкреасе гребешков района II было в 3 раза меньше Cu и в 2 раза больше Fe, чем в районе I (см. таблицу).

В тканях *M. yessoensis* из района II количество Sr выше, чем в тканях животных из района I: в мантии в 1.8 раза, в мускуле в 3.2 раза; в гепатопанкреасе уровни были примерно равны.

Концентрации Ni в мантии и мускуле гребешка из района II были в 1.2 и 1.5 раза выше, а в гепатопанкреасе в 1.8 раза ниже, чем в районе I. Таким образом, состав ТМ в одних и тех же органах *M. yessoensis* из двух районов имел некоторые качественные и количественные отличия по содержанию лидирующих элементов.

Таблица. Содержание тяжелых металлов (мкг/г) в органах и тканях приморского гребешка

Р	№	орган	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Cd	Pb
б. С е в е р н а я	1	а	3,29	13,29	1,65	1,06	25,82	0,83	6,78	0,49	0
		б	12,09	464,06	3,04	5,89	26,53	1,59	8,52	5,29	1,64
		в	5,74	10,78	1,85	1,14	12,19	1,38	2,49	0,82	0
	2	а	4,89	25,14	1,79	1,87	28,03	1,01	8,33	0,63	1,19
		б	11,3	696,42	3,75	5,54	30,27	1,68	9,38	5,37	1,52
		в	1,55	3,76	0,59	0,53	3,72	0,34	1,22	0,32	0
	3	а	8,15	26,92	3,09	2,08	28,75	1,47	9,63	1,04	2,26
		б	5,1	170,09	1,15	1,42	10,02	0,76	3,25	1,27	1,41
		в	3,87	57,82	1,41	1,25	15,59	1,45	4,91	1,1	0,83
	4	а	3,76	85,44	1,74	1,4	30,84	0,77	7,78	1,13	1,45
		б	13,9	531,52	2,78	3,6	26,06	1,65	7,58	2,99	0
		в	2,92	10,24	1,31	0,77	13,15	1,5	2,96	0,62	1,42
б. В о с т о ч н а я	1	а	3,52	87,7	1,22	0	39,26	0,74	4,19	0,63	1,02
		б	14,87	303,18	9,33	22,87	32,23	2,34	7,65	26,58	0
		в	1,32	5,77	0,84	0,49	12,55	1,5	0,85	0	0,54
	2	а	0	17,21	2,46	1,74	28,18	1,16	3,86	0	0
		б	6,59	236,02	5,18	11,3	35,64	1,04	6,52	21,57	4,17
		в	1,93	2,25	0,47	0,79	5,87	0,9	0,41	0,43	0,93
	3	а	2,43	85,02	1,41	1,11	21,19	0,71	4,96	0,8	0,72
		б	7,27	212,33	2,71	11,26	29,73	1,57	7,07	32,24	2,71
		в	1,97	14	1,19	1,16	11,4	1,43	1,49	0,31	0,68
	4	а	1,48	58,6	1,68	0,85	26,59	0,85	4,7	0	0,96
		б	4,42	205,41	1,87	7,99	27,87	0,91	5,84	19,33	0,99
		в	1,78	7,12	1,04	0,84	12,54	1,76	0,89	0,39	0,77

Примечание: В таблице приняты следующие обозначения: Р – район; 1, 2, 3, 4 – номера изученных особей; а – мантия; б – гепатопанкреас; в – мускул.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковековдова Л.Т. Микроэлементы в морских промысловых объектах Дальнего Востока России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Владивосток. 2011. 40 с.
2. Стеблевская Н.И., Полякова Н.В., Жадько Е.А., Чусовитина С.В. Микроэлементный состав сеголеток приморского гребешка и тихоокеанской мидии залива Петра Великого (Японское море) // Проблемы региональной экологии. 2015. № 2. С. 103–106.
3. Ivin V.V., Kalashnikov V.Z., Maslennikov S.I., Tarasov V.G. Scallops fisheries and aquaculture of Northwestern Pacific, Russian Federation // Developments in Aquaculture and Fisheries Science. 2006. Vol. 35. P. 1163–1224.

СОСТАВ ДОННОЙ ФЛОРЫ КУТОВОЙ ЧАСТИ ЗАЛИВА ВОСТОК (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ) В 2019 ГОДУ

И. Р. Левенец, Я. Н. Александрова

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
Владивосток*

iralevenetz@lrambler.ru; yanaleksandrov@yandex.ru

Морские водоросли и травы, формируя моно- или полидоминантные сообщества в прибрежной зоне, играют определяющую роль в функционировании морских экосистем. В прибрежье дальневосточных морей они создают значительную биомассу, обеспечивая тем самым существование многих ассоциированных с ними беспозвоночных (Кусакин, 1989). Зал. Петра Великого Японского моря характеризуется высоким уровнем биологического разнообразия морской биоты и видового богатства гидробионтов (Животные..., 1976).

Зал. Восток находится в юго-восточной части зал. Петра Великого. Мощный сток рек Волчанка и Литовка опресняет поверхностные воды его кутовой части и выносит в прибрежную зону рыхлый грунт. Береговая линия вершины зал. Восток слабо изрезана, сильный прибой бывает редко, на дне преобладают мягкие грунты. Поэтому скалистые мысы являются источником богатства подводной биоты, здесь встречается виды гидробионтов из разных систематических групп. С 1989 г. часть акватории залива является комплексным морским заказником краевого значения, созданным с целью сохранения прибрежных экосистем, поддержания экологического баланса и рационального использования ресурсов.

Сведения о морских макрофитах кутовой части зал. Восток в основном относятся к 1970–1990-м гг. прошлого столетия (Макиенко, 1975; Погребов, Кашенко, 1976; Гусарова, 1988; Костина и др., 1996; Кашенко, 1999 и др.) и не отражают их нынешнего состояния. Цель работы – установить современный состав донной флоры кутовой части зал. Восток.

Материалом послужили сборы макрофитов, выполненные водолазным способом с привлечением данных видеомониторинга в прибрежной зоне кутовой части зал. Восток, ограниченной изогалиной от м. Пашинникова до устья р. Литовка, в июне–начале июля 2019 г. на глубине 0–5 м. Температура воды у поверхности составляла 15.7–19°C, а у дна – 14.9–16.8°C. Соленость колебалась от 19.4 до 29.6‰ у поверхности и от 23.5 до 32.7‰ – у дна.

В результате обработки материала установлен состав флоры прибрежья кутовой части зал. Восток (таблица). Названия таксонов даны в современной трактовке (Algaebase, 2019). Районы: I – мыс у пос. Волчанец, II – пирс у пос. Волчанец, III – приустьевой район р. Волчанка, IV – б. Тихая заводь, * – как эпибионты *Bivalvia*, V – окрестности МБС «Восток», VI – м. Пашинникова; VII – береговые выбросы.

Таблица. Состав донной флоры кутовой части зал. Восток (зал. Петра Великого) в июне 2019 г.

Таксон		Район						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
Отдел Rhodophyta – Красные водоросли								
1	<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i> (Harvey) Masuda	+	-	-	-	-	-	-
2	<i>Bossiella compressa</i> N.Kloczcova	-	-	+	-	-	-	-
3	<i>Campylaephora crassa</i> (Okamura) Nakamura	-	-	+	-	-	-	-
4	<i>Clathromorphum compactum</i> (Kjellman) Foslie	-	-	-	*	-	-	-
5	<i>Corallina pilulifera</i> Postels et Ruprecht	+	-	-	-	-	-	-
6	<i>Euthora cristata</i> (Linnaeus) J.Agardh	-	-	-	-	-	+	-
7	<i>Gelidium vagum</i> Okamura	-	-	-	*	-	-	-
8	<i>Gloiopeltis furcata</i> (Postels et Ruprecht) J.Agardh	-	-	-	-	+	-	-
9	<i>Grateloupia divaricata</i> Okamura	-	-	-	-	-	+	-
10	<i>Masakia bossiellae</i> N.Kloczcova	-	-	+	-	-	-	-
11	<i>Mazzaella parksii</i> (Setchell et N.L.Gardner) Hughey, P.C.Silva et Hommersand	+	-	-	-	-	-	-
12	<i>Melanothamnus japonicus</i> (Harvey) Díaz-Tapia et Maggs in Díaz-Tapia et al.	-	-	-	+	-	-	-
13	<i>M. yendoi</i> (Segi) Díaz-Tapia et Maggs	-	-	-	+	-	-	-
14	<i>Palmaria stenogona</i> (Perestenko) Perestenko	+	-	-	-	-	-	-
15	<i>Polysiphonia morrowii</i> Harvey	+	-	+	-	-	+	-
16	<i>Neorhodomela aculeata</i> (Perestenko) Masuda	+	-	-	-	-	-	-
17	<i>N. munita</i> (Perestenko) Perestenko	-	-	+	-	-	-	-
18	<i>Pneophyllum fragile</i> Kützing	-	-	+	-	-	-	+
Отдел Ochrophyta, класс Phaeophyceae – Бурые водоросли								
19	<i>Chorda asiatica</i> Sasaki et Kawai	-	-	+	-	-	-	+
20	<i>Chordaria flagelliformis</i> (O.F.Müller) C.Agardh	-	-	-	-	-	+	-
21	<i>Costaria costata</i> (Tutner) Saunders	+	-	-	-	-	+	-
22	<i>Desmarestia ligulata</i> (Stackhouse) J.V.Lamouroux	-	-	-	-	-	+	-
23	<i>D. viridis</i> (O.F.Müller) J.V.Lamouroux	+	-	+	-	-	-	-
24	<i>Punctaria plantaginea</i> (Roth) Greville	-	-	-	+	-	-	-
25	<i>Saccharina angustata</i> (Kjellman) C.E.Lane, C.Mayes, Druehl et G.W.Saunders	-	-	-	-	-	+	-
26	<i>S. japonica</i> (Miyabe) C.E.Lane, C.Mayes, Druehl et G.W.Saunders	-	-	-	-	-	-	+
27	<i>Sargassum miyabei</i> Yendo	-	-	+	+	-	-	+
28	<i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lyngbye) Link	-	-	-	-	-	+	-
29	<i>Sphacelaria rigidula</i> Kützing	-	-	-	+	-	-	-
30	<i>Stephanocystis crassipes</i> (Mertens ex Turner) Draisma, Ballesteros, F.Rousseau et T.Thibaut	-	-	-	-	-	-	+
Отдел Chlorophyta – Зеленые водоросли								
32	<i>Acrosiphonia duriuscula</i> (Ruprecht) Yendo	+	-	-	-	-	-	-
33	<i>Blidingia minima</i> (Nagai ex Kützing) Kylin	-	-	-	+	-	-	-
34	<i>Chaetomorpha moniligera</i> Kjellman	+	-	-	-	-	+	-
35	<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus	+	-	+	*	-	+	-
36	<i>Ulva linza</i> Linnaeus	-	-	-	+	-	-	-
37	<i>Ulvaria splendens</i>	-	-	+	*	-	-	-
Отдел Tracheophyta – Морские травы								
38	<i>Phyllospadix iwatensis</i> Makino	-	-	-	-	-	-	+
40	<i>Zostera marina</i> Linnaeus	-	-	+	+	-	-	+

ЛИТЕРАТУРА

- Гусарова И.С.* Макрофитобентос залива Восток (Японское море) // Комаровские чтения. Владивосток: ДВО АН СССР. 1988. С. 11–35.
- Животные и растения залива Петра Великого. – Л.: Наука. 1976. 362 с.
- Кашенко Н.В.* Донные сообщества макрофитов залива Восток Японского моря // Биология моря. 1999. Т. 25, № 5. С. 360–364.
- Костина Е.Е., Спирина И.С., Янкина Т.А.* Распределение макробентоса на литорали залива Восток Японского моря // Биология моря. 1996. Т. 22, № 2. С. 81–88.
- Кусакин О. Г.* Пояс жизни. Хабаровск: Кн. изд-во, 1989. 208 с.
- Макиенко В.Ф.* Водоросли-макрофиты залива Восток (Японское море) // Биология моря. 1975. № 2. С. 45–57.
- Погребов В.Б., Кашенко В.И.* Донные сообщества твердых грунтов залива Восток Японского моря // Биологические исследования залива Восток. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 12-22.
- AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2019. URL: <http://www.algaebase.org>. Дата обращения: 16 августа 2019.

ОТ ЛИТОРАЛИ ДО УЛЬТРААБИССАЛИ – ПУТЕВОДНАЯ ЗВЕЗДА КУСАКИНА

М. В. Малютина

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
Владивосток*

18 лет назад не стало Олега Григорьевича Кусакина. При всех его многочисленных званиях и должностях, для меня он был просто Учителем, с которым я проработала со студенческих лет бок о бок 24 года, и который определил мои научные интересы и работу и продолжает их направлять, даже уйдя из жизни.

Олег Григорьевич родился и вырос в Ленинграде, рано остался сиротой и воспитывался у добрых родственников. В школе был отличником, кроме биологии всерьез интересовался астрономией, историей, литературой (особенно поэзией) и поэтому выбрать, куда пойти учиться дальше, ему было нелегко. Чтобы заниматься чистой наукой и быть подальше от политики, поступил в 1948 г. на биолого-почвенный факультет Ленинградского государственного университета. С первого курса попал на кафедру гидробиологии к Евпраксии Фёдоровне Гурьяновой – очень увлеченной, творческой натуре, профессору гидробиологии и известному карцинологу. Под ее руководством стал заниматься литоральными сообществами. Уже после первого курса участвовал в работе Курильско-Сахалинской экспедиции Зоологического института. Так Олег Григорьевич побывал на Дальнем Востоке, о чем мечтал с детства. В 1951 г. уже самостоятельно продолжил полевые на о-ве Шикотан. С отличием окончив в 1953 г. ЛГУ, поступил в аспирантуру при кафедре гидробиологии и в 1954–1955 г. самостоятельно провел круглогодичные наблюдения на Южных Курилах. На основе работ по этим сборам в 1958 г. Олег Григорьевич блестяще защитил кандидатскую диссертацию «Литораль Южных Курильских островов, ее фауна и флора».

Кроме литорали, как и Гурьянова, со студенчества изучал ракообразных, выбрав равноногих. Они стали его второй любовью на всю жизнь. Последние годы работы в Ленинграде (до 1967 г.) Олег Григорьевич обрабатывал материалы разных экспедиций, как из дальневосточных районов, так и из южного полушария, описывал новые виды изопод. Он получал эстетическое удовольствие от изучения этих животных с их сложной морфологией и многообразием жизненных форм. Эта группа со всемирным распространением, заселившая Мировой океан от литорали до ультраабиссали оказалась идеальным объектом для биогеографических и хорологических построений. Опубликованная в 1967 г. монография О.Г. Кусакина по антарктическим и нотальным изоподам, была признана лучшей

академической работой года в области не только биологии, но и геологии. Она была переведена на английский язык и издана в 1968 г. в Иерусалиме.

В 1967 г. Олег Григорьевич переезжает во Владивосток, став одним из основателей нашего института. Он собрал коллектив систематиков по основным группам морских организмов, создал и возглавил базовую лабораторию систематики и гидробиологии для инвентаризации дальневосточной морской биоты. В период с 1967 по 2010 г. лаборатория О.Г. Кусакина провела грандиозные гидробиологические исследования литоральной зоны России протяженностью около 7000 км – от Берингова пролива до границ с Кореей, а также литорали Южного Вьетнама. Одновременно Олег Григорьевич продолжал изучать изопод. Труд его жизни – пять томов монографии по изоподам холодных и умеренных вод Северного полушария (1979, 1982, 1988, 1999, 2003), которые стали настольными книгами изоподчиков во всем мире, были подготовлены параллельно с литоральными исследованиями.

В последние 10 лет гидробиологические исследования в институте расширились до глубоководных. На первый взгляд это кажется волею судеб, но конечно это не так. Хотя во времена активных литоральных исследований в основном изучалась мелководная прибрежная биота, некоторые таксоны беспозвоночных изучались и по глубоководными сборам экспедиций Института океанологии РАН (экспедиции НИС «Витязь», «Академик Курчатов», «Дмитрий Менделеев»). Распространенные всесветно и на всех глубинах изоподы являются наиболее разнообразным таксоном макробентоса в батии и абиссали и лидером по числу видов, поэтому не случайно эти ракообразные стали одной из основных ключевых групп во всех глубоководных международных проектах, которые и возглавляли, так или иначе, специалисты-изоподчики. У истоков исследований глубоководных изопод также стоял и О.Г. Кусакин: в докторской диссертации, которую Олег Григорьевич защитил в 1972 г. по изоподам холодных и умеренных вод Мирового океана, в частности, обсуждалась проблема происхождения глубоководной фауны океана.

Так, благодаря изоподам, крупнейший в стране и мире специалист по литорали стал причастен и к глубоководным исследованиям. Хотя самому ему так и не довелось поучаствовать ни в одной из глубоководных экспедиций, он изучал сборы изопод и описывал новые виды и из антарктических ультраабиссальных желобов (Южно-Сандвичева и Оркнейского), из батии и абиссали района Курило-Камчатского желоба (ККЖ), из абиссальной Канадской котловины Арктики.

В конце 90-х в южной Атлантике активно начали работать наши немецкие коллеги, с которыми Олег Григорьевич был знаком заочно, они активно переписывались, обменивались оттисками, а с Ангеликой Брандт встречались в 1996 г в ЗИНе. И когда в 2000 г. немцы пригласили Олега Григорьевича приехать к ним в лабораторию для работы на три месяца, он испугался и отправил меня. Так, волею судеб я оказалась в Германии, где имя Кусакина было моим паролем, пропуском в международный профсоюз изоподчиков. Я оказалась

вовлеченной в глубоководные проекты, определяла изопод из сборов их недавних глубоководных экспедиций, а в 2005 г. мне предложили участвовать в Антарктической глубоководной экспедиции. А. Брандт была в руководстве CeDaMag, возглавляла его очень успешный проект ANDEEP, результаты которого опубликованы во множестве изданий, в том числе в двух томах Deep-Sea Research Part II и в Nature в 2007. Это была её идея – на волне успеха продолжить глубоководные исследования в рамках CeDaMag в северо-западной Пацифике (СЗП), хорошо изученной экспедициями «Витязя».

Начиная с 2010 г. состоялись, в общей сложности, четыре успешные глубоководные совместные российско-немецкие экспедиции в СЗП поочередно на российском и немецких судах. Их цель – изучение в сравнительном плане биоразнообразия и биогеографии бентоса в абиссальных бассейнах с разной степенью изолированности: котловины Японского и Охотского морей, ККЖ и примыкающей к нему абиссальной равнины. Задачей последней экспедиции KuramBio II было выяснить, является ли ультраабиссаль ККЖ барьером для фаун абиссали Охотского моря и СЗ Тихоокеанской равнины.

Мы провели основательные фаунистические и биогеографические исследования глубоководного бентоса СЗП. Результаты первых трех экспедиций уже опубликованы в специальных томах журнала Deep-Sea Research. Part II. В этом году очередной том по результатам экспедиции KuramBio II 2016 появится в журнале Progress in Oceanography. Полученные данные внесены в международную базу данных по биогеографии (OBIS), в 5 раз увеличив уже существующие данные по фауне этого региона. Готовится к печати совместная монография по биогеографии СЗП (2019). Как и ожидалось, всюду в собранных материалах одной из доминирующих групп бентоса были изоподы, более 80% собранных видов оказались новыми для науки. Их мы только начали описывать, впереди много работы и Олег Григорьевич, благодаря своему наследию, своим книгам, идеям, незримо, но ощутимо присутствовал и продолжает быть рядом в наших исследованиях и достижениях.

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ ГОРБАТЫХ КИТОВ (*MEGAPTERA NOVAEANGLIAE*) В ВОДАХ ЧУКОТСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В. В. Мельников

Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток

vmelnikov@poi.dvo.ru

Прибрежные воды Чукотского полуострова в прошлом были одним из основных районов нагула горбатов китов (Томилин, 1937). Однако в послевоенный период в результате неумеренного промысла их численность здесь резко сократилась и оказалась настолько низка, что горбачи уже не представляли коммерческого интереса. С окончанием промысла угас и интерес к их исследованиям. В 1966 г. промысел запретили, и в течение продолжительного периода поступала лишь информация о попутных встречах этих животных во время научно-исследовательских экспедиций.

В 1990–2012 гг. совместно со зверобоями и коренными жителями Чукотки проведены наблюдения морских млекопитающих, в том числе и горбатого кита, с побережья Чукотского полуострова. Работы вели от 2 до 30 наблюдателей, как из национальных посёлков, расположенных на побережье Чукотского полуострова, так и с промысловых баз и отдельных пунктов на побережье. В начальный и конечный периоды работали лишь два наблюдателя. Часть работ проделана непосредственно автором. Наблюдения проводили преимущественно с апреля по ноябрь, иногда круглогодично. Регистрировали высоту наблюдательного пункта: откуда смотрели – с берега или лодки; длительность наблюдения; условия наблюдения (направление и сила ветра, видимость, присутствие белых барашков на волнах); проводили глазомерную оценку ледового покрытия (в %); определяли число наблюдаемых животных, направление их движения и дистанцию от берега. В данной работе использовали лишь число горбатов китов, учтенных в среднем за наблюдение (число китов/число наблюдений). Продолжительность работ позволила отследить межгодовые изменения относительной численности горбачей в прибрежье Чукотского полуострова. Анализ полученного материала проводили по трем районам (рис. 1): Анадырский залив – прибрежные воды южного побережья Чукотского полуострова; Берингово море – прибрежные воды восточного побережья Чукотского полуострова; Чукотское море – прибрежные воды северного побережья Чукотского полуострова.



Рис. 1. Район работ.

В северной части Анадырского залива до 2003 г. количество горбатых китов было не велико. Их относительная численность в этот период колебалась от 0.01 до 0.03 особей за наблюдение. Начиная с 2003 г. количество горбачей, приходящих для летнего откорма северную часть Анадырского залива, стало постепенно увеличиваться. В последние годы их относительная численность в этом районе возросла до 0.3 особей за наблюдение в 2010 г. и до 0.9 в 2011 г. Таким образом, количество горбатых китов, приходящих для летнего нагула в северной части Анадырского залива, с 1994 по 2011 годы возросло примерно в 30 раз.

В Беринговом море у восточного побережья Чукотки, как и в Анадырском заливе, в начале 90-х гг. численность горбачей оставалась стабильно низкой. В 1994 г. горбачей здесь не видели совсем. Средние значения относительной численности изменялись от 0.03 в 1998 г. до 0.17 особей за наблюдение в 2000 г. В конце октября 2004 г. отмечен заход большого количества горбатых китов в пролив Сенявина. Резкий скачок численности наблюдался в последние годы: в 2010 г. в восточном побережье учитывали 0.8, а в 2011 г. – 2.6 особи за наблюдение. По сравнению с началом 90-х и началом 2000-х годов число горбатых китов в восточном побережье Чукотского полуострова увеличилось в 5–15 раз.

Очень высоки межгодовые колебания относительной численности горбачей и в Чукотском море. Здесь отмечены две волны увеличения численности. В 1994–1999 гг. численность варьировала от 0.07 до 0.1 особи за наблюдение; в 2000–2003 гг. составила лишь

0.03 особи. В 2010–2012 гг. число горбачей, нагуливающих в Чукотском море, вновь резко возросло до 1.3 особи в среднем за наблюдение.

В целом, в районе исследований в 2010–2012 гг. произошло 12-кратное увеличение численности горбачей (рис. 2). Если в 1990-х и начале 2000-х годов наблюдался постепенный рост количества горбатых китов, приходящих в летний период для нагула в прибрежные воды Чукотского полуострова, то в 2010–2012 гг. произошел резкий скачок относительной численности с 0.1 до 1.2 особи за наблюдение.

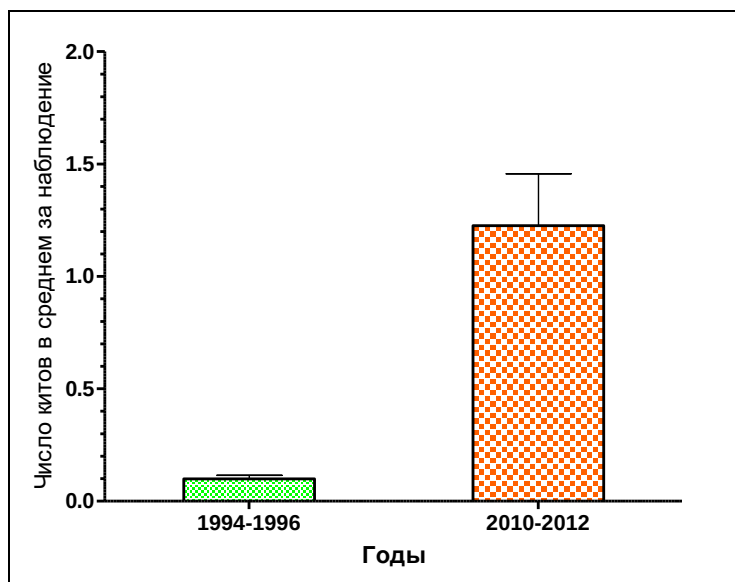


Рис. 2. Относительная численность горбатых китов в прибрежных водах Чукотки в 1994–1996 и в 2010–2012 годах

Причины такого масштабного увеличения численности горбачей, приходящих для нагула в воды Чукотки, малопонятны. Возможно, это связано с хорошими кормовыми ресурсами Чукотских вод и с восстановлением прежнего нагульного ареала. В настоящее время воды Анадырского залива, крайней северо-западной части Берингова моря, и Чукотское море служат одним из районов летнего нагула горбачей в северной части Тихого океана.

ЛИТЕРАТУРА

Томилин А.Г. Киты Дальнего востока. Ученые записки МГУ. 1937. Т. 13. С. 119–167.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ И ИХ ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ПРИМОРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ МИНТАЯ В ВЕСЕННИЕ СЕЗОНЫ 2000–2017 ГОДОВ

А. А. Никитин, В. А. Нуждин

Тихоокеанский филиал ФГБНУ ВНИРО «ТИНРО», г. Владивосток

aleksandr.nikitin@tinro-center.ru

По данным спутниковой и судовой информации проведён анализ океанологических условий в Японском море в мае–июне 2000–2017 гг. Спутниковые данные представлены изображениями поверхности моря в инфракрасном и оптическом диапазонах, а судовая информация – глубоководными измерениями температуры и солёности на стандартных океанографических разрезах. По альтиметрическим данным построены карты аномалий уровня моря для идентификации геострофической циркуляции в исследованные сезоны. Совместное использование спутниковой и океанографической информации позволило провести трёхмерный анализ океанологических структур (течений, фронтов и их разделов, антициклонов и водных масс). В результате этой работы выполнена типизация весенних сезонов 2000–2017 гг. на три группы по термодинамике вод и положению океанографических структур на спутниковых картах и океанографических разрезах. Доминирующий признак типизации – термическое состояние вод. Показано, что колебания температуры воды только опосредованно, в первую очередь через биоту, могут влиять на степень выживания минтая на ранних стадиях онтогенеза и формирование численности годовых классов.

БАТИМЕТРИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НИТЧАТОГО ШЛЕМОНОСЦА *GYMNOCANTHUS PISTILLIGER* (PISCES: COTTIDAE) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

В. В. Панченко

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,

Владивосток

vlad-panch@yandex.ru

В основу работы положены данные, собранные при участии автора в марте–декабре 1991–2016 гг. на глубинах от 2 до 935 м в донных траловых съемках ТИНРО. Деление на гидрологические сезоны приведено по классификации Зуенко (1994): зимний период включает январь и февраль, весенний – март и апрель, летний – июнь–сентябрь, осенний – ноябрь и декабрь. Переходный месяц май отнесен к весеннему сезону, в связи с близким характером распределения рыб. Данные, полученные в первой половине октября, объединены с данными по летним месяцам, во второй – по осенним.

Нитчатый шлемоносец *Gymnocanthus pistilliger* – преимущественно бореальный вид, в российских водах Японского моря наиболее многочислен в зал. Петра Великого (Соколовский и др., 2007). Самым узким диапазон обитания нитчатого шлемоносца оказался летом – от 5 до 104 м (рис. 1). Скопления формировались на 60–80 и 40–60 м. Температурный диапазон обнаружения варьировал от 1 до 18.7°C. На севере ареала нитчатый шлемоносец в теплый период придерживается меньших глубин: на западнокамчатском шельфе летом он предпочитает диапазон глубин 20–40 м и менее 20 м; эпизодически встречается на 40–60 и 60–80 м, термопатия составляет 0–12°C (Токранов, 1981а, б); в восточной части Берингова моря обитает в прибрежных водах до глубин, как правило, менее 50 м (Hoff, 2000).

Осенью в зал. Петра Великого температура обитания нитчатого шлемоносца составила 0.6–6.3°C, а глубины – 6–85 м (рис. 1). По мере снижения температуры увеличилась плотность рыб в мелководной зоне. Концентрации рыб возросли и скопления сместились на глубины 40–60 м. Увеличение концентраций *G. pistilliger* осенью отмечали и ранее, связывая это с преднерестовой миграцией, которая идет в западную часть залива из северокорейских вод, а в восточную – из северо-приморских (Вдовин и др., 1994). Согласно данным Соколовского с соавторами (2009), нерест нитчатого шлемоносца в зал. Петра Великого происходит на глубинах 60–110 м, что близко глубинам его нереста в прикамчатских водах (Токранов, 1981б). Однако Вдовин с соавторами (1994), ссылаясь на неопубликованные данные М.С. Стрельцова, сообщают, что этот вид в заливе нерестится на

меньших глубинах (30–50 м), что совпадает с полученными нами данными, согласно которым в первой половине декабря преднерестовые и нерестовые особи нитчатого шлемоносца встречались и на меньших глубинах.

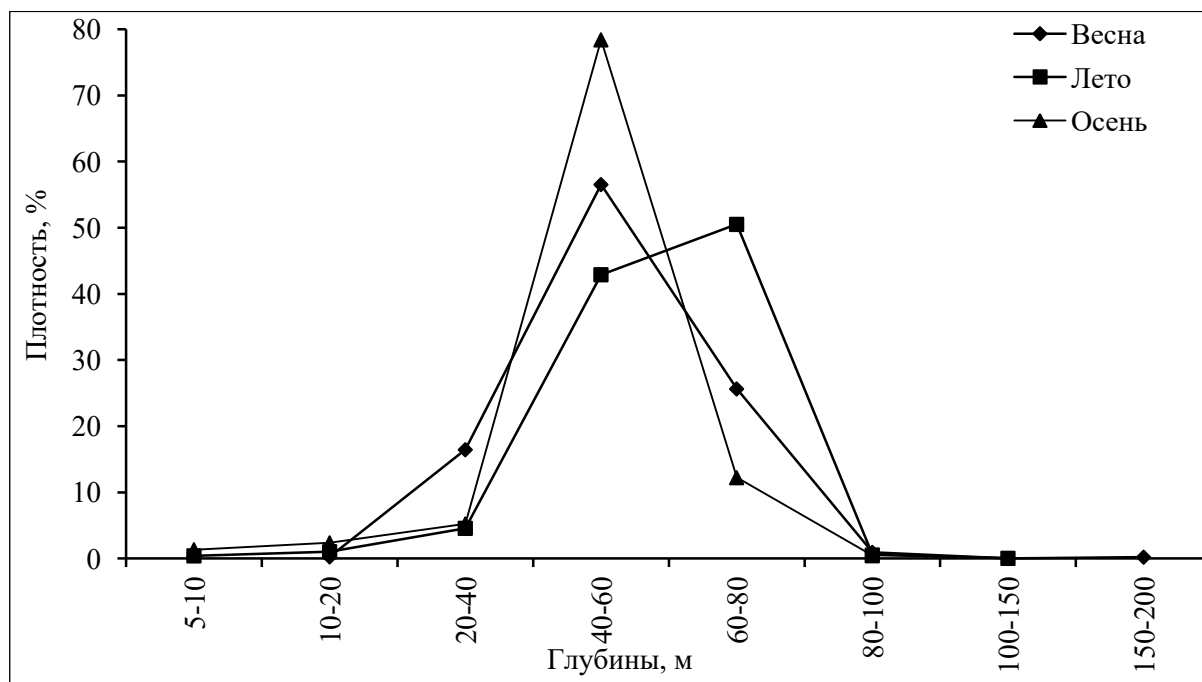


Рис. 1. Изменение плотности нитчатого шлемоносца *Gymnocanthus pistilliger* (% от суммарной плотности) в диапазонах глубин по сезонам

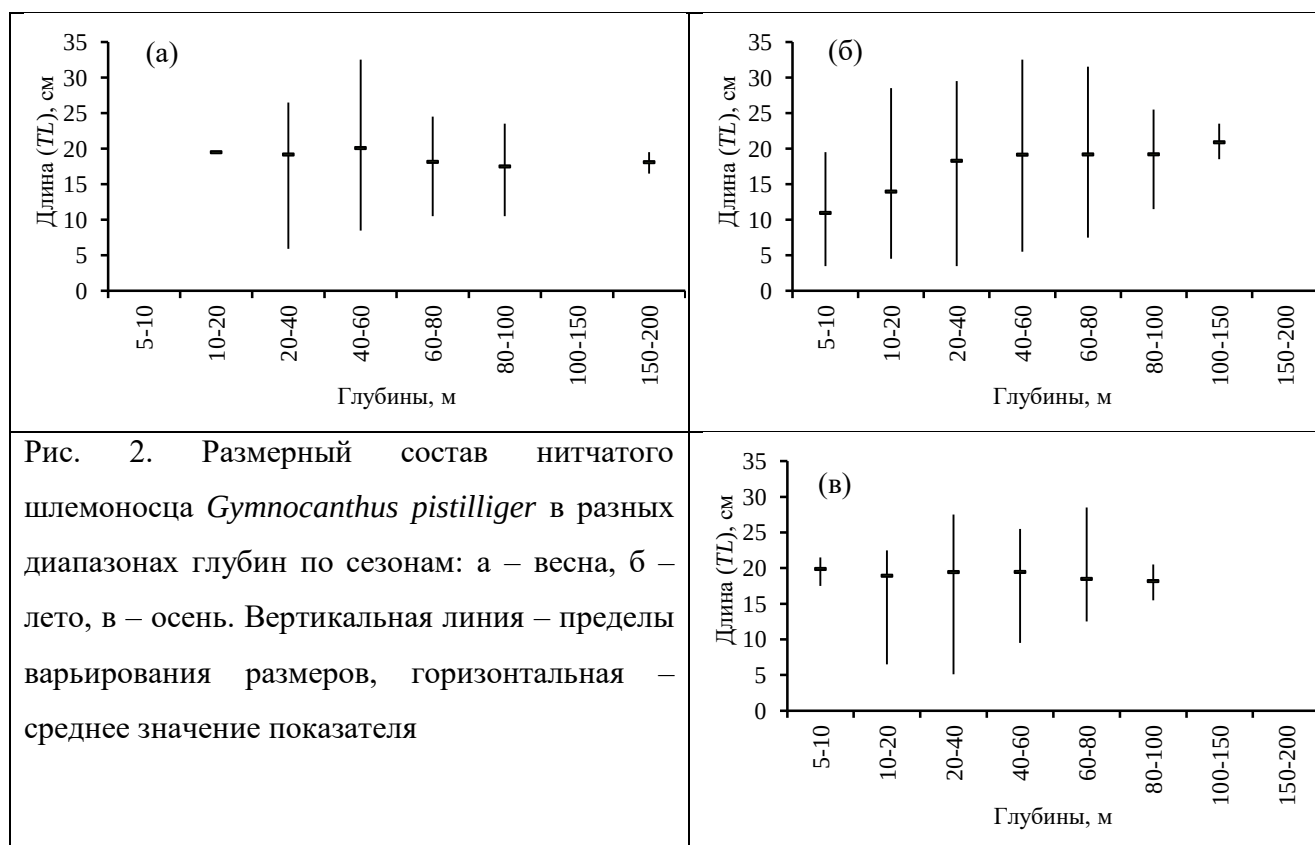
В весенний сезон нитчатый шлемоносец отмечен на 19–200 м (рис. 1), однако при близком температурном фоне предпочитал глубины, сходные с осенним сезоном. В целом температурный диапазон, в котором был отмечен вид, варьировал от -0.3°C в верхней части шельфа в начале весеннего периода до $+7.6^{\circ}\text{C}$ в его конце.

В зал. Петра Великого на зимовку нитчатый шлемоносец отходит за 100-метровую изобату (Соколовский и др., 2009). Видимо, зафиксированные нами в весенний период максимальные глубины обитания (200 м) близки таковым в зимовальный.

В южной части ареала нитчатый шлемоносец достигает больших размеров, чем в северной. Согласно нашим данным, в зал. Петра Великого, т.е. на юге, встречались особи длиной до 33 см. На севере, в водах Камчатки, не отмечены особи длиной более 27 см (Токранов, 1987), а в восточной части Берингова моря – более 20.1 см (Hoff, 2000).

Судя по размерному составу, летом на глубины свыше 80 м заходили только взрослые особи нитчатого шлемоносца (рис. 2б). Меньшие глубины были зоной совместного обитания молоди и взрослых, хотя в целом размер рыб с возрастанием глубин увеличивался. Особи первого года жизни, минимальная длина которых составила 3.5 см, придерживались мелководной зоны.

Осенью, за исключением отхода молоди с глубин менее 10 м, размерный состав в батиметрических диапазонах существенно не отличался от летнего (рис. 2в).



Весной минимальные размеры с глубиной повышались (рис. 2а), кроме глубин менее 20 м. Особи максимальных размеров отмечены в диапазоне 40–60 м, лидирующем по числу пойманных рыб.

Проведенный нами анализ изменения доли самцов и самок в батиметрических диапазонах показал, что до 40 м соотношение полов было близко к 1 с небольшим преобладанием самок. С глубиной доля самок повышалась и в относительно глубоководной зоне почти в 3 раза превысила вклад самцов. На севере же ареала, в восточной части Берингова моря, отмечена обратная тенденция: с увеличением глубины доля самок уменьшалась (Hoff, 2000).

Таким образом, в заливе Петра Великого, южной части ареала нитчатого шлемоносца *G. pistilliger*, жизненный цикл этого вида имеет свои особенности. В летний период он распространяется по шельфу до больших глубин, чем на севере, но размножается, напротив, на меньших глубинах; максимальные размеры нитчатого шлемоносца на юге выше; в летний период с возрастанием глубины здесь происходит увеличение доли самок, в отличие от северной части ареала, где с глубиной доля самок снижается.

ЛИТЕРАТУРА

Вдовин А.Н., Швыдкий Г.В., Афанасьева Н.И., и др. Пространственно-временная изменчивость распределения нитчатого шлемоносца в заливе Петра Великого // Экология. 1994. № 4. С. 53–59.

Зуенко Ю.И. Типы термической стратификации вод на шельфе Приморья // Комплексные исследования морских гидробионтов и условий их обитания. Владивосток: ТИНРО. 1994. С. 20–39.

Соколовский А.С., Дударев В.А., Соколовская Т.Г., Соломатов С.Ф. Рыбы российских вод Японского моря: аннотированный и иллюстрированный каталог. Владивосток: Дальнаука, 2007. 200 с.

Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы залива Петра Великого. Владивосток: Дальнаука, 2009. 376 с.

Токранов А.М. Распределение керчаковых (Cottidae, Pisces) на западнокамчатском шельфе в летний период // Зоол. журнал. 1981. Т.60, Вып. 2. С. 229–237.

Токранов А.М. Некоторые вопросы биологии нитчатого бычка *Gymnocanthus pistilliger* прикамчатских вод // Биологические ресурсы шельфа, их рациональное использование и охрана. Владивосток. 1981. С. 155–156.

Токранов А.М. О размножении рогатковых рыб рода *Gymnacanthus* (Cottidae) в прибрежных водах Камчатки // Вопр. ихтиологии. 1987. Т. 27, Вып. 6. С. 1026–1030.

Hoff G.R. Biology and ecology of threaded sculpin, *Gymnocanthus pistilliger*, in the eastern Bering Sea // Fish. Bull. 2000. Vol. 98, No. 4. P. 711–722.

СОСТАВ ЛИТОРАЛЬНОЙ ФЛОРЫ ПОЛУОСТРОВА ЛИКАНДЕРА (ОСТРОВ ПОПОВА, ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ) В 2019 ГОДУ

Е. Г. Раевская, А. Б. Васильева

Дальневосточный государственный рыбохозяйственный технический университет,

Владивосток

raevskaya_1997@list.ru; 16eng@mail.ru

Морские растения играют ведущую роль в функционировании прибрежных экосистем. На литорали дальневосточных морей они создают значительную или даже огромную биомассу, обеспечивая тем самым существование многочисленных сопутствующих им гидробионтов (Кусакин, 1989).

Остров Попова находится почти в самом центре зал. Петра Великого, на гребне подводной возвышенности, и отличается разнообразием подводных ландшафтов. Береговая линия представлена песчаными и галечными пляжами, которые чередуются со скалистыми обрывами. Поэтому здесь на сравнительно небольшой акватории встречается много видов морских животных и растений.

Побережье п-ова Ликандера представляет флористический интерес, так как одновременно омывается водами двух заливов – Амурского и Уссурийского. Между тем, сведения о морских макрофитах острова Попова ограничены анализом их видового состава в сообществе анфельции в проливе Старка (Богданова, 1969; Титлянова, 1980), списком доминирующих видов макроводорослей и морских трав в б. Алексеева (Волова и др., 1980) и общим описанием основных фитоценозов южной части острова (Гусарова, 1990).

Цель работы – установить и сравнить флористический состав литорали п-ова Ликандера на побережьях Амурского и Уссурийского заливов.

Материалом послужили сборы макрофитов, выполненные в июле 2019 г. на литорали п-ова Ликандера на побережье Амурского (3 разреза) и Уссурийского (1 разрез) заливов по стандартной методике хорологических исследований (Кусакин и др., 1974).

Сбор проб проводили на литорали в период отлива до глубины 0,5–1 м. На изучаемом участке перпендикулярно береговой линии выполняли гидробиологический разрез. Сначала оценивали распределение литоральных сообществ, выделяя их по доминирующим видам. При сборе количественных проб пробные площадки ограничивали рамками площадью 100 и 250 см². Названия таксонов макрофитов даны в современной трактовке (Algaebase, 2019).

В результате систематической обработки материала установлен состав летней литоральной флоры перешейка п-ова Ликандера о-ва Попова зал. Петра Великого (табл. 1).

На побережье п-ова Ликандера со стороны Уссурийского залива встречено 14 видов красных водорослей (из них 7 – на литорали и 7 – в береговых выбросах), 14 видов бурых (10 – на литорали, 4 – в выбросах), 5 видов зеленых (3 – на литорали, 2 – в выбросах), а также 3 вида морских трав (1 – на литорали, 2 – в выбросах).

Со стороны Амурского залива встречено 14 видов красных водорослей (из них 13 – на литорали и 1 – в береговых выбросах), 18 видов бурых (16 – на литорали, 2 – в выбросах), 7 видов зеленых (7 – на литорали, 0 – в выбросах), а также 1 вид морских трав (1 – на литорали, 1 – в выбросах).

Макрофиты распределялись в вертикальном диапазоне литоральной зоны неравномерно (табл. 2). На литорали Уссурийского залива в верхнем горизонте найден только 1 вид красных водорослей, а в среднем и нижнем – по 5 видов. Бурые водоросли в верхнем горизонте отсутствовали, в среднем горизонте отмечено 5, в нижнем – 8 видов. Зеленые водоросли встречались только в среднем горизонте, а морские травы – в нижнем.

На литорали Амурского залива отмечено большее число видов флоры, чем на литорали Уссурийского. В верхнем горизонте найдено 5 видов красных водорослей, в среднем – 11, в нижнем – 8. Бурые водоросли в верхнем горизонте представлены 2 видами, в среднем горизонте – 8, а в нижнем – 14. Зеленые водоросли в верхнем горизонте представлены 3 видами, в среднем – 7, в нижнем – 2. Морские травы встречались только в нижнем горизонте.

Таксономический анализ флоры литорали п-ова Ликандера со стороны Уссурийского залива показал, что в период исследований. Rhodophyta были представлены 8 семействами и 13 родами. Наиболее богатым по числу видов оказалось сем. Rhodomelaceae (5 видов из 5 родов).

Семейства Corallinaceae и Hydrolithaceae включали по 2 вида, остальные – по одному. Бурые водоросли также насчитывали 8 семейств, которые содержали 12 родов. Наиболее крупные семейства – Sargassaceae (3 рода, 4 вида) и Chordariaceae (3 рода, 3 вида). Из трех семейств Chlorophyta преобладали сем. Cladophoraceae (2 рода, 2 вида) и Ulvaceae (1 род, 2 вида). Морские травы были представлены одним семейством Zosteraceae (2 рода и 3 вида).

Флора литорали п-ова Ликандера со стороны Амурского залива характеризовалась не меньшим разнообразием. Отдел Rhodophyta представлен 9 семействами и 13 родами. По видовому богатству лидировало сем. Rhodomelaceae. Сем. Lithophyllaceae включало 1 род Lithophyllum с 2 видами. Среди бурых водорослей насчитывалось 9 семейств и 15 родов. Самыми крупными были сем. Chordariaceae (6 родов, 6 видов) и Sargassaceae (3 рода, 4 вида). Зеленые водоросли включали 2 семейства – Cladophoraceae (3 рода, 3 вида) и Ulvaceae (1 род, 4 вида). Морские травы представлены 1 семейством Zosteraceae (1 род, 1 вид).

Таблица 1. Состав литоральной флоры полуострова Ликандера острова Попова (залив Петра Великого) в июле 2019 г.

Таксон		Район							
		I				II			
		горизонт							
		1	2	3	4	1	2	3	4
Отдел Rhodophyta – Красные водоросли									
1	<i>Champia parvula</i> (C.Agardh) Harvey, 1853	-	-	-	+	-	-	-	-
2	<i>Chondria dasyphylla</i> (Woodward) C.Agardh, 1817	-	+	+	+	-	+	+	-
3	<i>Corallina pilulifera</i> Postels et Ruprecht, 1840	-	+	+	-	+	+	+	-
4	<i>Gloiopeltis furcata</i> (Postels et Ruprecht) J.Agardh, 1851	+	-	-	-	+	+	-	-
5	<i>Gracillaria vermiculophylla</i> (Ohmi) Papenfuss, 1967	-	-	-	-	-	+	-	-
6	<i>Laurencia nipponica</i> Yamada, 1931	-	-	-	+	-	+	-	-
7	<i>Lithophyllum corallinae</i> (P.Crouan et H.Crouan) Heydrich, 1897	-	-	-	-	-	-	+	-
8	<i>Lithophyllum tumidulum</i> Foslie, 1901	-	-	-	+	-	+	-	-
9	<i>Mastocarpus pacificus</i> (Kjellman) Perestenko, 1980	-	-	-	-	-	-	+	-
10	<i>Melanothamnus japonicus</i> (Harvey) Díaz-Tapia et Maggs in Díaz-Tapia et al., 2017	-	+	+	+	+	+	+	-
11	<i>Nemalion vermiculare</i> Suringar, 1874	-	+	-	-	+	+	-	-
12	<i>Neorhodomela acuelata</i> (Perestenko) Masuda, 1982	-	+	+	+	+	+	+	-
13	<i>Pachyarthron cretaceum</i> (Postels et Ruprecht) Manza, 1937	-	-	-	+	-	-	-	-
14	<i>Pneophyllum fragile</i> Kützing, 1843	-	-	-	+	-	-	+	-
15	<i>Pneophyllum</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-	-
16	<i>Ptilota asplenoides</i> (Esper) C.Agardh, 1822	-	-	-	+	-	-	-	+
17	<i>Symphyocladia latiuscula</i> (Harvey) Yamada, 1941	-	-	+	+	-	+	+	-
Отдел Ochrophyta, класс Phaeophyceae – Бурые водоросли									
1	<i>Analipus japonicus</i> (Harvey) M.J.Wynne, 1971	-	-	-	-	-	+	+	-
2	<i>Chorda asiatica</i> Sasaki et Kawai, 2007	-	-	-	+	-	-	-	+
3	<i>Chordaria flagelliformis</i> (O.F.Müller) C.Agardh, 1817	-	-	-	-	+	+	+	-
4	<i>Coccophora langsfordii</i> (Turner) Greville, 1830	-	-	+	+	-	+	-	-
5	<i>Coilodesme bulligera</i> ? Strömfelt, 1886	-	-	-	+	-	-	-	-
6	<i>Desmarestia viridis</i> (O.F.Müller) J.V.Lamouroux, 1813	-	-	+	+	-	-	-	-
7	<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J.V.Lamouroux, 1809	-	+	+	+	-	-	+	-
8	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i> (Hudson) Greville, 1830	-	-	-	-	-	-	+	-
9	<i>Fucus distichus</i> subsp. <i>evanescens</i> (C.Agardh) HTPowell, 1957	-	-	-	-	-	-	-	+
10	<i>Leathesia marina</i> (Lyngbye) Decaisne, 1842	-	+	+	+	+	+	+	-

11	<i>Punctaria plantaginea</i> (Roth) Greville, 1830	-	-	-	-	-	+	+	-
12	<i>Ralfsia fungiformis</i> (Gunnerus) Setchell et N.L.Gardner, 1924	-	+	-	-	-	+	-	-
13	<i>Saccharina cichorioides</i> (Miyabe) C.E.Lane, C.Mayes, Druehl et G.W.Saunders, 2006	-	-	-	+	-	-	-	-
14	<i>Saccharina japonica</i> (Areschoug) C.E.Lane, C.Mayes, Druehl et G.W.Saunders, 2006	-	-	-	+	-	-	-	-
15	<i>Sargassum miyabei</i> Yendo, 1907	-	+	+	+	-	-	+	-
16	<i>Sargassum pallidum</i> (Turner) C.Agardh, 1820	-	-	+	+	-	+	+	-
17	<i>Saundersella simplex</i> (De A.Saunders) Kylin, 1940	-	-	-	-	-	-	+	-
18	<i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lyngbye) Link, 1833	-	+	-	-	-	+	+	-
19	<i>Sphacelaria rigidula</i> Kützing, 1843	-	-	-	-	-	+	+	-
20	<i>Sphaerotrichia divaricata</i> (C.Agardh) Kylin, 1940	-	-	+	+	-	-	+	-
21	<i>Stephanocystis crassipes</i> (Mertens ex Turner) Draisma, Ballesteros, F.Rousseau et T.Thibaut, 2010	-	-	+	+	-	-	+	+
Отдел Chlorophyta – Зеленые водоросли									
1	<i>Chaetomorpha moniligera</i> Kjellman, 1897	-	+	-	-	+	+	-	-
2	<i>Cladophora flexuosa</i> (O.F.Müller) Kützing, 1843	-	-	-	-	+	+	-	-
3	<i>Cladophora stimpsonii</i> Harvey, 1860	-	+	-	-	-	+	+	-
4	<i>Codium yezoense</i> (Tokida) K.L.Vinogradova, 1979	-	-	-	+	-	-	-	-
5	<i>Ulva intestinalis</i> Linnaeus, 1753	-	-	-	-	-	+	-	-
6	<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus, 1753	-	-	-	+	-	+	-	-
7	<i>Ulva linza</i> Linnaeus, 1753	-	+	-	+	+	+	+	-
8	<i>Ulva prolifera</i> O.F.Müller, 1778	-	-	-	-	-	+	-	-
Отдел Tracheophyta – Морские травы									
1	<i>Phyllospadix iwatensis</i> Makino, 1931	-	-	+	-	-	-	-	-
2	<i>Zostera asiatica</i> Miki, 1932	-	-	-	+	-	-	-	-
3	<i>Zostera marina</i> Linnaeus, 1753	-	-	-	+	-	-	+	+

Обозначения: I – Уссурийский залив, II – Амурский залив; 1 – верхний горизонт, 2 – средний горизонт, 3 – нижний горизонт; 4 – береговые выбросы.

Береговые выбросы были обильнее на побережье п-ова Ликандера со стороны Уссурийского залива, где встретились 11 видов красных водорослей из 6 семейств; 12 видов бурых из 9 семейств; 3 вида зеленых из 3 семейств и 2 вида морских трав, принадлежащих одному семейству.

Таблица 2. Вертикальное распределение макрофитов на литорали полуострова Ликандера

Таксон	Уссурийский залив		Амурский залив	
	Горизонт	Видовой состав	Горизонт	Видовой состав
Rhodophyta	Верхний	<i>G. furcata</i>	Верхний	<i>G. furcata</i> , <i>C. pilulifera</i> , <i>N. vermiculare</i> , <i>M. japonicus</i> , <i>N. aculeata</i>
	Средний	<i>Ch. dasyphylla</i> , <i>C. pilulifera</i> , <i>M. japonicus</i> , <i>N. vermiculare</i> , <i>N. aculeata</i>	Средний	<i>G. furcata</i> , <i>Ch. dasyphylla</i> , <i>C. pilulifera</i> , <i>N. vermiculare</i> , <i>M. japonicus</i> , <i>N. aculeata</i> , <i>L. nipponica</i> , <i>S. latiuscula</i> , <i>L. tumidulum</i> , <i>G. vermiculophylla</i>
	Нижний	<i>Ch. dasyphylla</i> , <i>C. pilulifera</i> , <i>M. japonicus</i> , <i>N. aculeata</i> , <i>S. latiuscula</i>	Нижний	<i>Ch. dasyphylla</i> , <i>C. pilulifera</i> , <i>M. pacificus</i> , <i>M. japonicus</i> , <i>N. aculeata</i> , <i>S. latiuscula</i> , <i>P. fragile</i> , <i>L. corallinae</i>
Phaeophyceae	Верхний	-	Верхний	<i>Ch. flagelliformis</i> , <i>L. marina</i>
	Средний	<i>D. dichotoma</i> , <i>L. marina</i> , <i>S. lomentaria</i> , <i>S. miyabei</i> , <i>R. fungiformis</i>	Средний	<i>A. japonicus</i> , <i>C. langsdorfii</i> , <i>Ch. flagelliformis</i> , <i>L. marina</i> , <i>P. plantaginea</i> , <i>S. pallidum</i> , <i>S. lomentaria</i> , <i>S. rigidula</i>
	Нижний	<i>C. langsdorfii</i> , <i>D. viridis</i> , <i>D. dichotoma</i> , <i>L. marina</i> , <i>S. miyabei</i> , <i>S. pallidum</i> , <i>S. divaricata</i> , <i>S. crassipes</i>	Нижний	<i>A. japonicus</i> , <i>Ch. flagelliformis</i> , <i>P. plantaginea</i> , <i>D. viridis</i> , <i>D. dichotoma</i> , <i>L. marina</i> , <i>S. miyabei</i> , <i>S. pallidum</i> , <i>S. lomentaria</i> , <i>S. divaricata</i> , <i>S. crassipes</i> , <i>S. simplex</i> , <i>S. rigidula</i>
Chlorophyta	Верхний	-	Верхний	<i>Ch. moniligera</i> , <i>C. flexuosa</i> , <i>U. linza</i>
	Средний	<i>Ch. moniligera</i> , <i>C. stimpsonii</i> , <i>U. linza</i>	Средний	<i>Ch. moniligera</i> , <i>C. flexuosa</i> , <i>C. stimpsonii</i> , <i>U. intestinalis</i> , <i>U. lactuca</i> , <i>U. linza</i> , <i>U. prolifera</i>
	Нижний	-	Нижний	<i>C. stimpsonii</i> , <i>U. linza</i>
Tracheo	Верхний	-	Верхний	-
	Средний	-	Средний	-
	Нижний	<i>Ph. iwatensis</i>	Нижний	<i>Z. marina</i>

ЛИТЕРАТУРА

Богданова Л. Г. Водоросли, обитающие в местах произрастания анфельции в Приморье // Вопросы ботаники на Дальнем Востоке. Владивосток. 1969. С. 205–211.

Волова Г. Н., Жакина Т. И., Микулич Л. В. Бентос бухты Алексева (залив Петра Великого) // Прибрежный планктон и бентос северной части Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 32–56.

Гусарова И. С. Растительность побережья южной части острова Попова залива Петра Великого // Систематика морских гидробионтов Дальневосточного морского заповедника. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 21–27.

Кусакин О. Г. Пояс жизни. Хабаровск. 1989. 208 с.

Кусакин О.Г., Кудряшов В.А., Тараканова Т.Ф., Шорников Е.И. Поясообразующие флористические и фаунистические группировки литорали Курильских островов // Растительный и животный мир литорали Курильских островов. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1974. С. 574-623.

Титлянова Т. В. Видовой состав и распределение водорослей в пласте промыслового поля анфельции в проливе Старка // Биология анфельции. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 15–20.

AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2019. URL: <http://www.algaebase.org>; дата обращения: 17 августа 2019.

СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СООБЩЕСТВ МАКРОБЕНТОСА НА ЛИТОРАЛИ ПОЛУОСТРОВА ЛИКАНДЕРА (ОСТРОВ ПОПОВА, ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО)

А. П. Цурпало¹, Е. Г. Раевская²

¹ *Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток*

² *Дальневосточный федеральный университет, Владивосток*

tsurpalo@mail.ru; raevskaya_1997@list.ru

Морские заповедники можно рассматривать в качестве показательных, эталонных участков моря, которые значительно меньше подвержены антропогенному воздействию (строительство в береговой зоне, углубление судоходных фарватеров, морской промысел, «дикий» туризм), чем другие районы.

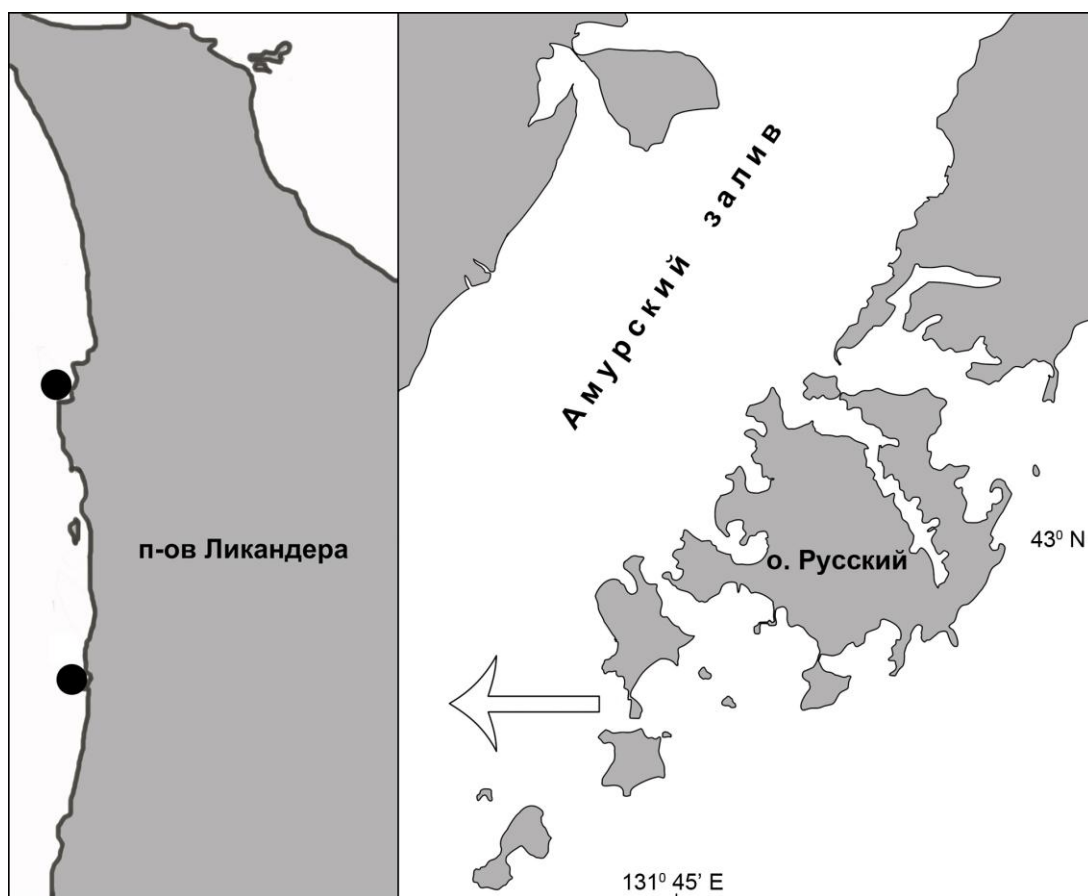
В 1978 г. в заливе Петра Великого Японского моря создан единственный в России Дальневосточный морской биосферный государственный природный заповедник, 98% площади которого занимает акватория. Одним из основных направлений деятельности заповедника является изучение и мониторинг морских и островных сообществ животных и растений, исследование биоразнообразия и инвентаризация биоты.

Видовой состав животных и растений на литорали заповедника весьма многочислен, что связано со значительным разнообразием условий существования. Литораль морского заповедника подробно исследовалась в 1983–1984 гг. В коллективной монографии «Исследования литорали Дальневосточного морского заповедника и сопредельных районов» (1987) приведён список всех беспозвоночных (более 200 видов), отмеченных на литорали заповедника, аннотированные списки отдельных групп животных (Actiniaria, Polychaeta, Amphipoda, Isopoda). Описаны состав и распределение основных поясообразующих сообществ. Изучение литоральных сообществ Дальневосточного морского заповедника продолжается, охватывая уже сезонный аспект их существования (Кепель, 1999, 2004, 2007 и др.).

Цель нашей работы – установление состава и распределения сообществ макробентоса ранее не изученной литоральной зоны п-ова Ликандера о-ва Попова (Северный участок Дальневосточного морского заповедника).

Материалом послужили сборы, выполненные авторами во время экспедиции на литорали п-ова Ликандера (о-в Попова, зал. Петра Великого) в июле 2019 г. (рисунок). Выполнено 2 гидробиологических разреза на скалах, глыбах, валунах, собрано 29 проб

макробентоса, из них 26 количественных и 3 качественные. Работы проводили по общепринятой методике хронологических исследований на литорали (Кусакин и др., 1974).



Карта-схема района исследований. Места разрезов показаны кружками.

Высота литоральной зоны в разных районах залива Петра Великого колеблется от 0.4 до 1.0 м, а на акватории города Владивостока, где расположен остров Попова, составляет около 0.8 м над 0 глубин (Таблицы..., 2006). Границами литоральной зоны принято считать наинизший и наивысший расчетные уровни моря, теоретически возможные по астрономическим причинам, с учетом сезонных колебаний. Сезонные колебания уровня моря имеют в Приморье годовой период. Они в значительной степени влияют на вертикальное распределение бентоса, так как величина их достигает 0.3 м.

Таксономическую идентификацию литоральных сборов проводили специалисты ННЦМБ им. А.В. Жирмунского ДВО РАН: И.Р. Левенец (макрофиты), О.А. Головань (Isopoda), М.Б. Иванова (Bivalvia), А.В. Чернышев (Gastropoda), В.В. Земнухов (Actinopterygii), которым авторы выражают свою искреннюю признательность.

В верхнем горизонте литорали на скалах, валунах и камнях отмечены сообщества *Littorina brevicula* и его модификация *L. brevicula*+*Littorina sitkana* (средняя суммарная биомасса сообществ 76.3 г/м²) и зеленой водоросли *Chaetomorpha moniligera* (с суммарной биомассой 263.6 г/м²).

Для этого горизонта характерен пояс *Chthamalus dalli* (с биомассой от 975.0 до 2492.0 г/м²) и его модификация *Ch. dalli*+*Lottia goshimai* (с биомассой 430.5 г/м²). В состав этих сообществ входят *Littorina mandshurica*, *Falsicingula mundana*, *Cladophora flexuosa*, *Gloiopeltis furcata*, *Ulva linza*, Amphipoda. Пояс хтамалуса спускается также и в средний горизонт литорали. В верхней части среднего горизонта он образует модификацию *Ch. dalli*+*Nemalion vermiculare* (с биомассой 3431 г/м²), а в нижней части горизонта состав сообщества более разнообразен и включает, помимо вышеперечисленных водорослей и животных, *Neorhodomela larix aculeata* и *Dynoides dentisinus* (при 90% доминировании хтамалуса и с суммарной биомассой 263.6 г/м²).

В верхней части среднего горизонта на плоской поверхности скал и валунов встречается сообщество *Nemalion vermiculare* с суммарной биомассой 364.0 г/м² и сопутствующим видом *L. brevicula*.

Сообщество зеленой водоросли *Cladophora flexuosa* с биомассой 984.0 г/м² также состоит из небольшого числа видов: *N. vermiculare*, *Scytosiphon lomentaria*, *U. linza*, *Ch. moniligera*, *G. furcata*, Amphipoda, Polychaeta.

По всему горизонту, особенно на плоских поверхностях и в углублениях скал, простирается пояс *Corallina pilulifera* со средней суммарной биомассой 926.8 г/м².

В сходном местообитании отмечено сообщество *Leathesia marina* со средней биомассой 3585.3 г/м². Сообщества состоят из многих видов: *N. vermiculare*, *S. lomentaria*, *Chordaria flagelliformis*, *F. mundana*, *F. athera*, *L. sitkana*, *D. dentisinus*, Amphipoda, Polychaeta и др. Кроме того, в сообществе кораллины встречены двустворчатые моллюски *Hiatella arctica*, *Arcuatula senhousia*, *Mya* sp., а в сообществе леатезии – брюхоногие *Nassarius multigranulosus*, *Nucella heyseana*, *L. mandshurica*.

В нижней части среднего и в нижнем горизонтах литорали отмечен пояс *Analipus japonicus* со средней суммарной биомассой 2865.7 г/м². Аналипусу сопутствуют следующие водоросли и животные: *N. vermiculare*, *L. marina*, *C. pilulifera*, *N. larix aculeata*, *Mastocarpus pacificus*, *Caprella* sp., *Littorina squalida*, *Pagurus middendorffii*, *Ephelia turrita*, *Nipponacmaea moskalevi*, *Lottia persona* и др.

В среднем и нижнем горизонтах литорали отмечено сообщество *Neorhodomela larix aculeata* со средней суммарной биомассой 3438.0 г/м². Из растений для сообщества характерны *C. pilulifera*, *Ch. flagelliformis* и *Chondria dasyphylla*, а из животных – многочисленные и разнообразные брюхоногие и двустворчатые моллюски, а также разноногие раки и многощетинковые черви.

Также в среднем и нижнем горизонтах литорали отмечено сообщество *Chordaria flagelliformis* со средней суммарной биомассой 1905.9 г/м². Доминантному виду водоросли сопутствуют эпифиты *Dictyosiphon foeniculaceus*, *Saundersella simplex*, *Neosiphonia japonica*, водоросли *L. marina*, *C. pilulifera*, *N. larix aculeata*, *N. vermiculare*, *Analipus japonicus* и

животные *Littorina squalida*, *N. moskalevi*, *Falsicingula athera*, *F. mundana*, *N. heyseana*, *Ephera turrita*, *Ch. dalli*, Amphipoda, Polychaeta. Нужно отметить, что иногда в нижнем горизонте литорали *Dictyosiphon foeniculaceus* (эпифит хордариин) может составлять более 70% от биомассы растения-хозяина.

Только в нижнем горизонте отмечено сообщество *Mastocarpus pacificus* с суммарной биомассой 1563.0 г/м². В нем обитают следующие виды водорослей и животных: *C. pilulifera*, *S. lomentaria*, *Ch. moniligera*, *L. sitkana*, *F. mundana*, *F. athera*, *Mytilus trossulus kussakini*, Amphipoda, Polychaeta.

Наибольшая биомасса (в среднем 14520.8 г/м²) и наибольшее число видов (более 20) отмечены в нижнем горизонте литорали в сообществе *Sargassum miyabei*. Помимо обычных видов здесь встречаются *Titanoderma corallinae*, *Sphacelaria rigidula*, *Holotelson tuberculatus*, *H. arctica*, *Pusilina plicosa*, *Arcuatula senhousia*.

По предварительным результатам исследования на литорали п-ова Ликандера о-ва Попова отмечено, почти 50 видов макробентоса и 12 сообществ макробентоса. Скалистые мысы, на которых выполнялись гидробиологические разрезы, расположены относительно недалеко друг от друга. Список литоральных сообществ сходен, однако есть и отличия. Так, только на 2 разрезе отмечены сообщества *Littorina brevicula*, *Mastocarpus pacificus*, зеленых водорослей *Chaetomorpha moniligera* и *Cladophora flexuosa*, а также водоросль, занесенная в Красную книгу – *Coccophora langsдорфii*. Довольно часто на поверхности скал в среднем и нижнем горизонтах литорали встречаются иглокожие *Asterina pectinifera* и *Mesocentrotus nudus*, под камнями – ракообразные *Hemigrapsus sanguineus* и *Glebocarcinus amphioetus*. Нами описаны сообщества, ранее не указанные для литорали других участков заповедника (Гульбин и др., 1987) и рядом расположенного острова Русский (Ivanova et al., 2009). Это связано не только с сезонными изменениями на литорали острова (например, в конце июня–начале июля происходит отмирание зарослей водорослей *G. furcata* и *S. lomentaria*). Глойопелтис вскоре восстанавливается, а на месте сцитосифона формируется узкий пояс *Nemalion vermiculare* (см. Кепель, 2007). Причина, вероятно, в том, что даже на географически и биономически близких участках побережья, сообщества могут давать несколько вариантов (модификаций), существенно отличающихся как по видовому составу, так и по количественным показателям (Гульбин и др., 1987) или вообще отсутствовать (мы не обнаружили сообщества *Gloiopeltis furcata*, *Silvetia babingtonii*, *Acrosiphonia duriuscula*, *Dictyota dichotoma*, *Sphaerotrichia divaricata*).

ЛИТЕРАТУРА

Гульбин В.В., Иванова М.Б., Кепель А.А. Поясообразующие группировки островной литорали Дальневосточного государственного морского заповедника // Исследования литорали Дальневосточного морского заповедника и сопредельных районов. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 83–111.

Кепель А.А. Сезонная динамика макрофитобентоса на каменистой литорали в устье протоки озера Птичьего (юго-западная часть залива Петра Великого Японского моря) // Биология моря. 1999. Т. 25, № 5. С. 355–359.

Кепель А.А. Состав и распределение макробентоса на литоральном полигоне // Дальневосточный морской биосферный заповедник. Биота. Т. 2. Владивосток: Дальнаука, 2004. С. 511–516.

Кепель А.А. Сезонные изменения видового состава в сообществах скалистой литорали Дальневосточного морского биосферного заповедника // VIII Дальневосточная конференция по заповедному делу (Благовещенск, 1-4 октября 2007 г.): Материалы конф. Т. 1. Благовещенск: АФ БСИ ДВО РАН; БГПУ, 2007. С. 172–174.

Кусакин О.Г., Кудряшов В.А., Тараканова Т.Ф., Шорников Е.И. Поясообразующие флоро-фаунистические группировки литорали Курильских островов // Растительный и животный мир литорали Курильских островов. Новосибирск: Наука, 1974. С. 5–75.

Таблицы приливов на 2007 год. Т. II. Воды азиатской части России. ГУН и ОМО РФ, 2006. 139 с.

Ivanova M.B., Belogurova L.S., Tsurpalo A.P. Composition and distribution of benthos in the intertidal zone of Russky Island (Peter the Great Bay, Sea of Japan) // Ecological Studies and State of the Ecosystem of Amursky Bay and Estuarine Zone of Razdolnaya River (Sea of Japan). Vol. 2. Vladivostok: Dalnauka, 2009. P. 87–146.

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЛАСТИКА

В.П. Челомин, Н.В. Довженко, В.В. Слободскова, А.П. Мазур

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,

Владивосток

Широкомасштабное использование синтетических полимеров, получивших название «пластик», началось во второй половине прошлого века, а сегодня пластик распространился повсеместно и проник в самые удаленные и труднодоступные места биосферы. Экспоненциальный рост производства полимеров с 0.5 млн. тонн в 40-х годах до более 300 млн. тонн в 2014 г. и их высокая устойчивость к распаду привели к катастрофическому скоплению пластмассовых отходов в наземных и водных экосистемах. По приблизительным оценкам ряда научных групп ежегодно от 5 до 10% произведенного пластика оказывается в морской среде, где под воздействием ветров и течений пластиковые отходы разносятся по Мировому океану, образуя гигантские скопления – «мусорные (пластиковые) острова».

Обилие плавающего пластикового мусора в Мировом океане стало глобальной экологической проблемой не только потому, что видоизменяет природную среду, оказывая негативное влияние на эстетическое восприятие, туризм, судоходство и рыболовство, но и вследствие серьезной опасности для жизни морских обитателей. Длительное время экологи регистрируют массовую гибель различных представителей морских млекопитающих, птиц, черепах и рыб, в пищеварительных органах которых обнаруживаются разнообразные фрагменты пластиковых изделий. Проникая внутрь организмов, фрагменты пластика приводят не только к механическому повреждению слизистых тканей и засорению желудочно-кишечного тракта, но и к серьезным нарушениям физиологических процессов – блокаде секреции пищеварительных ферментов, снижению уровней стероидных гормонов, нарушению овуляции и репродуктивной функции.

Еще более серьезной экологической проблемой, осознанной экологами относительно недавно, стало обнаружение в морской среде микроразмерных частиц пластика, образующихся в результате разрушения крупных пластиковых изделий. Считается, что в морской среде в результате фотокаталитического автоокисления плавающие крупные фрагменты полимеров становятся хрупкими и под действием волн и ветра крошатся на микроскопические фрагменты. Такие частицы размером от нескольких миллиметров до нескольких микрон (менее 5 мм) в литературе получили определение «микропластик». Частицы микропластика не остаются на поверхности, а по мере фрагментации начинают оседать, распределяясь в толще морской среды, и постепенно скапливаются на дне. Из экспериментальных и расчетных данных следует, что на поверхности в настоящее время находится только малая часть пластика, а основная часть (практически 99% всей массы)

распалась и медленно оседает или уже опустилась на дно океана. В настоящее время стало очевидным, что подавляющее большинство морских обитателей вступает в контакт с микрочастицами синтетических полимеров. Морские организмы активно или пассивно заглатывают микропластик, частицы которого соизмеримы с размерами большинства гидробионтов, и таким образом пластик включается в пищевые цепи, конечным звеном которых может быть человек.

Длительное время считалось, что синтетические полимеры химически инертны за счет высокомолекулярных размеров и не относятся к опасным для здоровья животных и человека материалам. Однако относительно недавние исследования показали, что кроме потенциальной физической опасности фрагменты пластика и частицы микропластика несут и химическую угрозу. Обладая относительно большой гидрофобной поверхностью, фрагменты полимеров способны адсорбировать и насыщаться разнообразными стойкими и высокотоксичными химическими веществами (такими как ПХБФ, ДДТ, НФ, ПАУ и др.), осуществляя их распространение и перенос с различных источников загрязнений в прибрежные и открытые воды океана. Кроме адсорбированных токсичных поллютантов повышенную экологическую опасность представляют «собственные» (эндогенные) химические вещества, которые используются при производстве полимеров. Так, содержание остаточных (не запolyмеризовавшихся) мономеров зависит от многих причин, главным образом, от разновидности полимера, технологии и условий полимеризации. Как определили экологи, у разных производителей концентрация мономеров в различных видах полимеров может очень сильно варьировать от очень низких 0.0001% (100 ppm) до более 4% (40000 ppm).

Помимо этого, в синтетических полимерах могут присутствовать низкомолекулярные фрагменты олигомеров, катализаторы, синтетические стабилизаторы и широкий спектр химических добавок (фталаты, бисфенол А, ПХБФ, красители, пластификаторы и др.), придающих полимерам специфические потребительские характеристики.

Большая часть адсорбированных на поверхности и «собственных» (эндогенных) низкомолекулярных химических соединений связана с полимерными структурами не химически, а физически, и может высвобождаться (диффундировать) в окружающую среду, представляя угрозу для широкого спектра водных организмов.

В связи с осознанием химической опасности, которую несет пластик, в современной литературе резко вырос интерес к связанным с ним токсикологическим эффектам. Неуклонно растет число публикаций, в которых оценивается потенциальная угроза от химических веществ, высвобождающихся из пластиковых фрагментов при их заглатывании и проникновении в пищеварительную систему морских организмов. Однако как правило, в этих исследованиях используются организмы, склонные к поглощению пластиковых частиц и только единичные работы обращают внимание на возможные токсичные (негативные)

последствия для организмов неспособных поглощать пластик, но находящихся непосредственно в окружении пластиковых фрагментов. Существуют опасения, что пластиковый мусор может выделять в морскую среду потенциально токсичные вещества, которые использовались при производстве полимеров или накопились в процессе эксплуатации и миграции в загрязненных нишах окружающей среды. Экологические последствия этих процессов совершенно очевидны, поскольку опасности прямого воздействия химических веществ в результате десорбции и диффузии их в морскую среду подвержено значительно большее число как микро-, так и макроформ морских организмов, включая их планктонные стадии развития.

Мы считаем, что в рамках рассматриваемой проблемы, наиболее наглядно оценить химическую опасность, которую несет пластик, оказавшийся в морской среде, позволят эксперименты с использованием крупных фрагментов пластика и организмов-фильтраторов. Высказанные выше положения подтверждены нами в модельных (аквариумных) экспериментах с использованием мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus* и полиэтиленовых фрагментов, «выловленных» в сильно загрязненной бухте Золотой Рог.

Проведены серии модельных экспериментов, в которых моллюсков кратковременно (в течение 3-х суток) выдерживали в аквариумах в присутствии двух видов фрагментов полиэтилена (ПЭ). В первой серии использовали фрагменты ПЭ, не бывшие в употреблении – фасовочные пакеты фирмы «Биопак», полученные непосредственно от производителя («нативные» или условно «чистые» фрагменты). Во второй – свободно плававшие листовые фрагменты ПЭ, выловленные в толще воды залива Золотой Рог, где концентрация отдельных загрязняющих веществ превышает ПДК в десятки раз («грязные» фрагменты ПЭ).

Несмотря на короткий срок экспериментов и отсутствие контактов животных с пластиком, мы выявили в тканях моллюсков обеих экспериментальных групп биохимические изменения, свидетельствующие о развитии процессов окислительного стресса и деструкции молекулы ДНК (генотоксичности).

Учитывая характер проведенных нами модельных экспериментов (относительно большие фрагменты ПЭ и организмы-фильтраторы), есть все основания полагать, что ведущим фактором, определяющим биохимические сдвиги у экспериментальных мидий, стал химический фактор. Другими словами, оба вида фрагментов пластика служат источником химических веществ, вызывающих у животных развитие процессов окислительного стресса и проявляющих генотоксичность.

Наши экспериментальные результаты дают основание полагать, что синтетические полимеры представляют реальную опасность не только в результате поглощения биотой, но и опосредованно, через широкий спектр высокотоксичных химических веществ эндогенного и экзогенного происхождения.

Более того, учитывая масштабы производства и широту проникновения пластикового мусора в различные экосистемы, необходимо отметить, что при анализе экотоксикологической ситуации следует принимать во внимание не только присутствие в среде «традиционных» (распространенных) поллютантов, но и наличие пластиковых фрагментов различного размера.