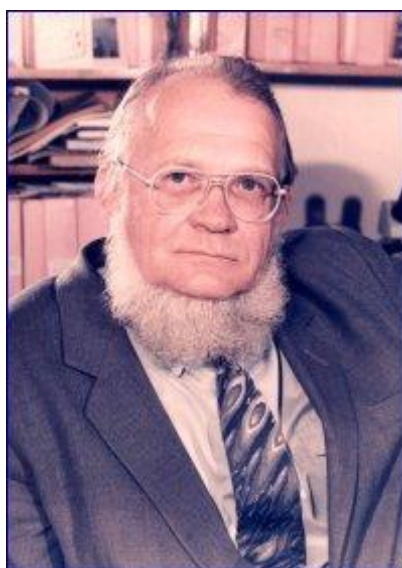


Федеральное агентство научных организаций
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Национальный научный центр морской биологии
Дальневосточного отделения Российской академии наук
(ННЦМБ ДВО РАН)



**Программа и материалы
Научной конференции
«Биоразнообразие и эволюция»,
посвященной памяти академика
О.Г. Кусакина**



4-6 октября 2016 г.
Владивосток

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ	7
<i>AURELIA AURITA</i> CONTAINS TWO DISTINCT SPECIES: MOLECULAR AND CHROMOSOMAL EVIDENCE L. S. Adonin, A. V. Kotova	14
МЕТАМОРФОЗЫ ИНФОРМАЦИИ: ОТ ГЕНА К МЕМУ А.С. Бурундуков, А.Л. Дроздов, Г.Ш. Цициашвили	15
МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛИТОРАЛЬНОЙ ФЛОРЫ БУХТЫ КРАБОВАЯ (ОСТРОВ ШИКОТАН, МАЛАЯ КУРИЛЬСКАЯ ГРЯДА) И.В. Бутов	25
ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГЕЛЬМИНТОВ ГОЛЬЦОВ РОДА <i>SALVELINUS</i> Т.Е. Буторина	30
МЕЖГОДОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МОРСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ Д.Д. Габаев	35
RECOMBINATION-INDEPENDENT INTERACTIONS BETWEEN HOMOLOGOUS DNA MOLECULES INDUCE CYTOSINE-TO-THYMINE MUTATION BY A HETEROCHROMATIN-RELATED PATHWAY E. Gladyshev	41
СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ (CRUSTACEA: ISOPODA) В АБИССАЛИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К КУРИЛО-КАМЧАТСКОМУ ЖЕЛОБУ, ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ KURAMBIO О.А. Головань, М.В. Малютина	42
CHANGES IN A TROPICAL MARINE INSHORE FISH COMMUNITY IN A MACRO-TIDAL ESTUARY (DARWIN HARBOUR, AUSTRALIA) V.E. Gomelyuk	47
О СВЯЗИ КОНОДОНТОВ С ХЕТОГНАТАМИ Г.И. Гуравская, А.П. Касаткина	49
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ЯДЕРНО-МАГНИТНОЙ РЕЗОНАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ЖИРОВ ИЗ СЕМЯН КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОЯСОВ К.А. Дроздов, Н.В.Звягинцев, А.В. Есипов	53

ХАРАКТЕРИСТИКА МАКРОФИТОБЕНТОСА ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ Н.В. Евсеева	59
ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ТАКСОНОМИЧЕСКОМ СТАТУСЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА <i>THELAGRA</i> – <i>T.</i> <i>CHALCOGRAMMA</i> (PALLAS, 1814) И <i>T. FINNMARCHICA</i> (KOEFOED, 1956) К.А. Жукова, А.М. Привалихин.....	64
ЛОКАЛЬНО-ТЕМПОРАЛЬНЫЕ ПОПУЛЯЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДВИДЫ АНАДРОМНЫХ РЫБ В.Н. Иванков, Е.В. Иванкова.....	68
ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЭВОЛЮЦИИ И ФИЛОГЕНИИ СНАЕТОГНАТНА А.П. Касаткина.....	69
РАЗДЕЛЕНИЕ ТРОФИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ У СИМПАТРИЧЕСКИХ ВСЕЯДНЫХ ГЕНЕРАЛИСТОВ – РАКОВ-ОТШЕЛЬНИКОВ РОДА <i>PAGURUS</i> С.И. Кияшко, Н.И. Селин, Е.С. Корниенко.....	75
ЭВОЛЮЦИЯ ПУТЕМ НЕОФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ ОПУХОЛЕЙ: НАСЛЕДУЕМЫЕ ОПУХОЛИ КАК ФАКТОР ПРОГРЕССИВНОЙ ЭВОЛЮЦИИ А.П. Козлов	78
РАКИ-ОТШЕЛЬНИКИ ЗАЛИВА ВОСТОК ЯПОНСКОГО МОРЯ: ВИДОВОЙ СОСТАВ И РЕПРОДУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ Е.С. Корниенко, Н.И. Селин, О.М. Корн	79
К ВОПРОСУ О КЛЮЧЕВЫХ ПРОБЛЕМАХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЖИЗНИ (REGARDING CORE ISSUES OF THE ORIGIN OF LIFE) Э.Я. Костецкий.....	84
К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ИГЛОКОЖИХ (ON A QUESTION OF THE ECHYNODERMATA'S ORIGIN) Э.Я. Костецкий	89
БИОТИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ <i>SACCHARINA JAPONICA</i> И СЕРОГО МОРСКОГО ЕЖА <i>STRONGILOCENTROTUS INTERMEDIUS</i> КАК РЕЗУЛЬТАТ ЭВОЛЮЦИИ Т.Н. Крупнова.....	92
МЕРОПЛАНКТОН ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ЗАЛИВА АНИВА (ОХОТСКОЕ МОРЕ, ЮЖНЫЙ САХАЛИН) (MEROPLANKTON OF COASTAL WATERS OF ANIVA BAY (SEA OF OKHOTSK THE SOUTH SAKHALIN) В.А. Куликова, Н.К. Колотухина	95

ГОРМОНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ КЛУБЕНЬКООБРАЗОВАНИЯ П. Г. Кусакин.....	98
РАСПРОСТРАНЕНИЕ КУМОВЫХ РАКОВ РОДА <i>STYLOPTOCUMA</i> В МИРОВОМ ОКЕАНЕ А.В. Лаврентьева	104
ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОД АМУРСКОГО ЗАЛИВА В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА А.Ю. Лазарюк	110
ИТОГИ ТРИДЦАТИЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОРАЛЛОВ И РИФОВ ВЬЕТНАМА Ю.Я. Латыпов	116
К ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛИТОРАЛЬНОЙ ФЛОРЫ МАЛОЙ КУРИЛЬСКОЙ ГРЯДЫ И.Р. Левенец.....	117
CHEMICAL POLLUTION OF COASTAL WATERS IN THE IZMIR BAY, AEGEAN SEA P.A. Lemenkova.....	121
БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОМАНДОРСКОГО КАЛЬМАРА <i>BERRYTEUTHIS MAGISTER</i> , BERRY, 1913 В РАЙОНЕ СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ В ПРОМЫСЛОВЫЙ ПЕРИОД 2015 Г. Ф.В. Лищенко, А.В. Лищенко, М.А. Зувев	127
КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ БИОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ СОСТОЯНИЯ ПЕЛАГИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА Н. В. Лямина, А. Г. Лямин	133
β -INTEGRIN-LIKE PROTEINS OF THE MUSSEL <i>MYTILUS TROSSULUS</i> AND ITS HOMOLOGS BETWEEN OTHER ANIMALS M.A. Maiorova, N.A. Odintsova.....	135
MOUSE CHROMOCENTERS' DNA CONTENT IN SILICO AND IN SITU. LINE FRAGMENT AND ERVS ARE AN ESSENTIAL CHROMOCENTERS' COMPONENTS BESIDE TANDEM REPEAT (СОСТАВ ДНК ХРОМОЦЕНТРОВ МЫШИ <i>IN SILICO</i> И <i>IN SITU</i> . ФРАГМЕНТЫ LINE И ERV – ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ ДНК ХРОМОЦЕНТРОВ КРОМЕ ТАНДЕМНЫХ ПОВТОРОВ) О. Podgornaya	136

EXTRA-CELLULAR DNA FOR THE UNSOLVED EVOLUTIONAL PROBLEMS (ВНЕКЛЕТОЧНАЯ ДНК ПОМОЖЕТ ПРОЛИТЬ СВЕТ НА НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ ЭВОЛЮЦИИ)	
О. Podgornaya	142
РАЗНОМАСШТАБНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЦИРКУЛЯЦИИ И СТРУКТУРЫ ВОД В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО И ТАТАРСКОМ ПРОЛИВЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ	
В.И. Пономарев, П.А. Файман, В.А. Дубина, И.В. Машкина, М.В. Будянский, М.Ю.Улейский, С.В. Пранц	146
ДНК-ТРАНСПОЗОНЫ СУПЕРСЕМЕЙСТВА <i>TC1/MARINER</i> В ГЕНОМЕ <i>LITTORINA SAXATILIS</i>	
Л.В. Пузакова, М.В. Пузаков.....	148
О СТАРЫХ “НОВЫХ” ЭЛЕМЕНТАХ В МАКРОЗООБЕНТОСЕ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ	
Н. И. Селин.....	151
ВЫНОС ГЕЛЬМИНТОВ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА.	
Н.А. Транбенкова	154
EVOLUTION AND ENVIRONMENTAL CHANGES: THE CENTRAL AMERICAN GATEWAY	
Н. Fortunato.....	160
ЛИТОРАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА КУТОВОЙ ЧАСТИ БУХТЫ КРАБОВОЙ (ОСТРОВ ШИКОТАН, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА): МНОГОЛЕТНИЙ АСПЕКТ	
А.П. Цурпало.....	165
ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ОБИТАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ У ГЛУБОКОВОДНЫХ СООБЩЕСТВ КОРАЛЛИНОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ЮЖНО-КИТАЙСКОМ МОРЕ	
И.И.Чербаджи, Л.Н. Пропп, Нгуен Так Ан	170
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА СКЕЛЕТОВ ПАНЦИРЯ МОРСКИХ ЕЖЕЙ	
Н. П. Шапкин, А. Л. Дроздов, А. Е. Панасенко, И. Г. Хальченко	176
РЕКОНСТРУКТИВНОЕ И КОНСТРУКТИВНОЕ ПОЗНАНИЕ СТРУКТУРЫ ВИДА: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ	
К.И. Шоренко.....	179
ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ТАКСОНА <i>BRACHYLAIMIDA</i> (ТРЕМАТОДА: DIGENEA)	
С.В. Щенков, Г.А. Кремнев, П.А. Смирнов, А.Д. Смирнова, А.В. Дюмина	183

НЕМАТОДЫ: ПРОГРЕСС В ТУПИКЕ ЭВОЛЮЦИИ В.В. Юшин	187
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕМАТОД РОДА <i>ONCHOLAIMUS</i> (ONCHOLAIMIDAE: ENOPLIDA) С ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ СЕКВЕНИРОВАНИЯ РИБОСОМНЫХ ГЕНОВ В.Д. Ягодина, В. В. Мордухович, Д.М. Атопкин	189
ФИТОПЛАНКТОН ОТКРЫТОЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2013 ГОДА (PHYTOPLANKTON IN THE NORTHEASTERN OPEN PART OF THE BLACK SEA IN SPRING AND SUMMER 2013) О.Н. Ясакова.....	191

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

Все заседания будут проходить в конференц-зале Национального научного центра морской биологии (ННЦМБ) (Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН) по адресу Владивосток, ул. Пальчевского, 17 (пригородный электропоезд, остановка «Чайка»).

3 октября, понедельник

15-00 – 17-00

Регистрация в фойе ННЦМБ

4 октября, вторник

9-00 – 10-00

Регистрация в конференц-зале ННЦМБ

10-00 – ОТКРЫТИЕ КОНФЕРЕНЦИИ И ПРИВЕТСТВИЯ

А.В. Адрианов – академик, директор ННЦМБ, директор ШЕН ДВФУ

В.Н. Иванков – профессор ШЕН ДВФУ

Н.К. Христофорова – профессор ШЕН ДВФУ

10-30

Сессия 1. БИОРАЗНООБРАЗИЕ МИРОВОГО ОКЕАНА

Председатель А.Л. Дроздов

10-30 – 10-40

М.В. Малютина, А. Брандт

ВКЛАД О.Г. КУСАКИНА В ИЗУЧЕНИЕ ГЛУБОКОВОДНОЙ ФАУНЫ ОКЕАНА

10-40 – 10-50

О.А. Головань, М.В. Малютина

СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ (CRUSTACEA: ISOPODA) В АБИССАЛИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К КУРИЛО-КАМЧАТСКОМУ ЖЕЛОБУ, ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ KURAMBIO

10-50 – 11-00

А.В. Лаврентьева

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КУМОВЫХ РАКОВ РОДА *STYLOPTOCUMA* В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

11-00 – 11-15

Е.С. Корниенко, Н.И. Селин, О.М. Корн
РАКИ-ОТШЕЛЬНИКИ ЗАЛИВА ВОСТОК ЯПОНСКОГО МОРЯ:
ВИДОВОЙ СОСТАВ И РЕПРОДУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

11-15 – 11-25

В.Н. Иванков, Е.В. Иванкова

ЛОКАЛЬНО-ТЕМПОРАЛЬНЫЕ ПОПУЛЯЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОДВИДЫ АНАДРОМНЫХ РЫБ

ПЕРЕРЫВ НА ОБЕД

13-00

Сессия 2. БИОРАЗНООБРАЗИЕ МИРОВОГО ОКЕАНА

Председатель В.В. Юшин

13-00 – 13-15

Н. И. Селин

О СТАРЫХ “НОВЫХ” ЭЛЕМЕНТАХ В МАКРОЗООБЕНТОСЕ ЗАЛИВА
ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ

13-15 – 13-30

И.Р. Левенец

К ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ
ЛИТОРАЛЬНОЙ ФЛОРЫ МАЛОЙ КУРИЛЬСКОЙ ГРЯДЫ

13-30 – 13-40

И.В. Бутов

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ
ЛИТОРАЛЬНОЙ ФЛОРЫ БУХТЫ КРАБОВАЯ (ОСТРОВ ШИКОТАН,
МАЛАЯ КУРИЛЬСКАЯ ГРЯДА)

13-40 – 13-50

А.П. Цурпало

ЛИТОРАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА КУТОВОЙ ЧАСТИ БУХТЫ КРАБОВОЙ
(ОСТРОВ ШИКОТАН, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА): МНОГОЛЕТНИЙ
АСПЕКТ

13-50 – 14-00

Ю.Я. Латыпов

ИТОГИ ТРИДЦАТИЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОРАЛЛОВ И РИФОВ ВЬЕТНАМА

14-00 – 14-10

С.В. Щенков, Г.А. Кремнев, П.А. Смирнов, А.Д. Смирнова, А.В. Дюмина
ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ТАКСОНА
BRACHYLAIMIDA (TREMATODA: DIGENEA)

14-10 – 14-20

К.А. Жукова, А.М. Привалихин
ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ
О ТАКСОНОМИЧЕСКОМ СТАТУСЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА
THERAGRA – *T. CHALCOGRAMMA* (PALLAS, 1814) И *T. FINNMARCHICA*
(KOEFOED, 1956)

14-20 – 14-50

Пленарная лекция

С.И. Кияшко, Н.И. Селин, Е.С. Корниенко
РАЗДЕЛЕНИЕ ТРОФИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ У СИМПАТРИЧЕСКИХ
ВСЕЯДНЫХ ГЕНЕРАЛИСТОВ – РАКОВ-ОТШЕЛЬНИКОВ РОДА
PAGURUS

Перерыв на чаепитие

15-10 – 15-20

Ф.В. Лищенко, А.В. Лищенко, М.А. Зуев
БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОМАНДОРСКОГО КАЛЬМАРА
BERRYTEUTHIS MAGISTER, BERRY, 1913 В РАЙОНЕ СЕВЕРНЫХ
КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ В ПРОМЫСЛОВЫЙ ПЕРИОД 2015 Г.

15-20 – 15-40

И.И. Чербаджи, Л.Н. Пропп, Нгуен Так Ан
ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ОБИТАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ У ГЛУБОКОВОДНЫХ
СООБЩЕСТВ КОРАЛЛИНОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В ЮЖНО-КИТАЙСКОМ
МОРЕ

15-40 – 16-00

В.И. Пономарев,
П.А. Файман, В.А. Дубина,
И.В. Машкина, М.В. Будянский, М.Ю. Улейский, С.В. Пранц

**РАЗНОМАСШТАБНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЦИРКУЛЯЦИИ И СТРУКТУРЫ
ВОД В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО И ТАТАРСКОМ ПРОЛИВЕ
ЯПОНСКОГО МОРЯ**

16-00 – 16-10

А.Ю. Лазарюк

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ВОД АМУРСКОГО ЗАЛИВА В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД
ГОДА**

16-10 – 16-20

О.Н. Ясакова

**ФИТОПЛАНКТОН ОТКРЫТОЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО
МОРЯ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2013 ГОДА**

Общая дискуссия

5 октября, среда

9-30

Сессия 3

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ АСПЕКТЫ
ЭВОЛЮЦИИ И ФИЛОГЕНИИ ЖИВОТНЫХ**

Председатель Л.С. Адонин

9-30 – 9-40

М.А. Maiorova, N.A. Odintsova

**B-INTEGRIN-LIKE PROTEINS OF THE MUSSEL MYTILUS TROSSULUS
AND ITS HOMOLOGS BETWEEN OTHER ANIMALS**

9-40 – 10-10

О. Podgornaya

**EXTRA-CELLULAR DNA FOR THE UNSOLVED EVOLUTIONAL
PROBLEMS**

10-10 – 10-25

Л.С. Адонин

**НЕКОДИРУЮЩИЕ ТРАНСКРИПТЫ КАК ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ
РЕГУЛЯТОРЫ РАЗВИТИЯ МОРСКОГО ЕЖА *STRONGYLOCENTROTUS
INTERMEDIUS***

10-25 – 10-45

В.В. Юшин
НЕМАТОДЫ: ПРОГРЕСС В ТУПИКЕ ЭВОЛЮЦИИ

Перерыв на чаепитие

11-00 – 11-45

Пленарная лекция

А.П. Козлов

ЭВОЛЮЦИЯ ПУТЕМ НЕОФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ ОПУХОЛЕЙ:
НАСЛЕДУЕМЫЕ ОПУХОЛИ КАК ФАКТОР ПРОГРЕССИВНОЙ
ЭВОЛЮЦИИ

ПЕРЕРЫВ НА ОБЕД

13-30

Сессия 4

ЭВОЛЮЦИЯ БИОТЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Председатель А.П. Козлов

13-35 – 13-50

Т.Н. Крупнова

БИОТИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ *SACCHARINA*
JAPONICA И СЕРОГО МОРСКОГО ЕЖА *STRONGILOCENTROTUS*
INTERMEDIUS КАК РЕЗУЛЬТАТ ЭВОЛЮЦИИ

13-50 – 14-05

А.П. Касаткина

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЭВОЛЮЦИИ И ФИЛОГЕНИИ СНАЕТОГНАТНА

14-05 – 14-15

Г.И. Гуравская, А.П. Касаткина

О СВЯЗИ КОНОДОНТОВ С ХЕТОГНАТАМИ

Перерыв на чаепитие

14-30 – 15-00

А.С. Бурундуков, А.Л. Дроздов, Г.Ш. Цициашвили

МЕТАМОРФОЗЫ ИНФОРМАЦИИ: ОТ ГЕНА К МЕМУ

15-00 – 15-15

К.А. Дроздов, Н.В.Звягинцев, А.В. Есипов

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ЯДЕРНО-МАГНИТНОЙ РЕЗОНАНСНОЙ
СПЕКТРОСКОПИИ СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ЖИРОВ ИЗ СЕМЯН
КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОЯСОВ

15-15 – 15-25

Н. П. Шапкин, А. Л. Дроздов, А. Е. Панасенко, И. Г. Хальченко
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА СКЕЛЕТОВ ПАНЦИРЯ МОРСКИХ ЕЖЕЙ

15-25 – 15-35

В.Д. Ягодина, В. В. Мордухович, Д.М. Атопкин
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕМАТОД РОДА *ONCHOLAIMUS*
(ONCHOLAIMIDAE: ENOPLIDA) С ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ ПО
ДАНЫМ СЕКВЕНИРОВАНИЯ РИБОСОМНЫХ ГЕНОВ

Перерыв на чаепитие и постерная секция

16-00 Общая дискуссия

По окончании конференции фуршет в столовой ННЦМБ.

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

Т.Е. Буторина ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ
РАЗНООБРАЗИЕ ГЕЛЬМИНТОВ ГОЛЬЦОВ РОДА *SALVELINUS*

Д.Д. Габаев
МЕЖГОДОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
НЕКОТОРЫХ МОРСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Н.В. Евсеева
ХАРАКТЕРИСТИКА МАКРОФИТОБЕНТОСА ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ
ОСТРОВОВ

Э.Я. Костецкий
К ВОПРОСУ О КЛЮЧЕВЫХ ПРОБЛЕМАХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЖИЗНИ

Э.Я. Костецкий
К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ИГЛОКОЖИХ

В.А. Куликова, Н.К. Колотухина
МЕРОПЛАНКТОН ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ЗАЛИВА АНИВА (ОХОТСКОЕ
МОРЕ, ЮЖНЫЙ САХАЛИН)

П.Г. Кусакин
ГОРМОНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ КЛУБЕНЬКООБРАЗОВАНИЯ

Н. В. Лямина, А. Г. Лямин
КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ БИОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ
СОСТОЯНИЯ ПЕЛАГИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА

Л.В. Пузакова, М.В. Пузаков
ДНК-ТРАНСПОЗОНЫ СУПЕРСЕМЕЙСТВА *TC1/MARINER* В ГЕНОМЕ
LITTORINA SAXATILIS

Н.А. Трабенкова
ВЫНОС ГЕЛЬМИНТОВ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В НАЗЕМНЫЕ
ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА

К.И. Шоренко
РЕКОНСТРУКТИВНОЕ И КОНСТРУКТИВНОЕ ПОЗНАНИЕ СТРУКТУРЫ
ВИДА: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

H. Fortunato EVOLUTION AND ENVIRONMENTAL CHANGES: THE
CENTRAL AMERICAN GATEWAY

E. Gladyshev
RECOMBINATION-INDEPENDENT INTERACTIONS BETWEEN
HOMOLOGOUS DNA MOLECULES INDUCE CYTOSINE-TO-THYMINE
MUTATION BY A HETEROCHROMATIN-RELATED PATHWAY

V.E. Gomelyuk
CHANGES IN A TROPICAL MARINE INSHORE FISH COMMUNITY IN A
MACRO-TIDAL ESTUARY (DARWIN HARBOUR, AUSTRALIA)

P.A. Lemenkova
CHEMICAL POLLUTION OF COASTAL WATERS IN THE IZMIR BAY,
AEGEAN SEA

AURELIA AURITA CONTAINS TWO DISTINCT SPECIES: MOLECULAR AND CHROMOSOMAL EVIDENCE

L. S. Adonin¹, A. V. Kotova^{1,2}

¹ Institute of Cytology RAS, Laboratory of cell morphology, Group for studying the non-coding DNA, St. Petersburg, Russia

² Stem Cell Bank Pokrovsky, Ltd., St. Petersburg, Russia

leo.adonin@gmail.com

The moon jelly, *Aurelia*, is one of the most widely distributed scyphozoan genera (Arai, 1997). At least 12 species of *Aurelia* have been described based on morphological differences of the medusa (Kramp, 1961). Dawson & Jacobs (2001) found evidence in their molecular studies of at least nine species of the genus *Aurelia*: *A. limbata* (Brandt, 1838), *A. labiata* and *A. aurita*, and six cryptic species previously identified as *A. aurita*. Dawson (2003) later reported at least 14 molecular species of the genus *Aurelia*. *Aurelia aurita* was divided into 11 cryptic species *A.sp.1* – *A.sp.11*. The name *Aurelia aurita* was saved to the initial population described by Linnaeus at the European North coast (Dawson, 2003; Dawson et al., 2005).

In the current work we compared medusas from three locations – White Sea, Black Sea, Sea of Japan by different methods and found the differences dramatic enough in distinguish distinct species in populations. Kishinouye (1891) described a form from Tokyo Bay, Japan, named *Aurelia japonica* (Gershwin, 2001), and we use this name in our work for population of Japonic Sea.

We assayed one of the major mesoglea components - mesoglein protein and its gene from the jellyfish of the three populations. It has emerged that the mesoglea protein of Japonic *Aurelia* has a molecular weight of approximately 53/55 kD, while the mass mesoglein *A. aurita* is 47 kDa. Antibodies against *A. aurita* mesoglein bind only protein 47 kDa. 53/55 kDa protein was not detected antibodies against *A. aurita* mesoglein on immunoblots and paraffin sections. Also differences in RNA structures of 53/55 kD protein and mesoglein were identified.

We sequenced a partial 18S and 28S rRNA gene sequences. We used several algorithms to construct phylogenetic trees on the base of rRNA genes. All analyzes give identical results: the sequence of 18S and 28S rRNA of *A.japonica* always allocated as a separate group. At the same time all the sequences of Black Sea and White Sea medusas form the mixed group. Also we provided a karyology analysis. Karyotypes of *Aurelia* species from these three populations differ significantly between each other: *Aurelia* karyotype from the Sea of Japan has 17 pairs

chromosomes ($2n=34$), while the karyotypes of *Aurelia* from the White and Black Seas are the same and have 19 pairs ($2n=38$).

МЕТАМОРФОЗЫ ИНФОРМАЦИИ: ОТ ГЕНА К МЕМУ

А.С. Бурундуков¹, А.Л. Дроздов^{1,2}, Г.Ш. Цициашвили³

¹ Дальневосточный федеральный университет, Владивосток (Far Eastern Federal University, Vladivostok 690091, Russia);

² Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН, Владивосток (A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology, National Scientific Center of Marine Biology, FEB RAS, Vladivostok 690041, Russia);

³ Институт прикладной математики ДВО РАН, Владивосток (Institute of Applied Mathematics, FEB RAS, Vladivostok 690041, 7 St. Radio, Russia)

aleksandr.burundukov2012@mail.ru;

anatoliyld@mail.ru;

guram@iam.dvo.ru

В докладе обсуждаются современное состояние теории информации и причины, по которым концепция информации Шеннона-Уивера (ТИШ – Теория Информации Шеннона), доказавшая свою плодотворность и эффективность в техноинформатике, оказалась практически бесполезной в биологии и гуманитарных науках. Главная причина провала всех попыток эпистемической интервенции¹ методологии ТИШ на указанные дисциплины очевидна: ТИШ теорией информации не является, потому что это – статистическая теория связи, а так как семантика² переданного сообщения находится за границами компетентности теории связи, то ТИШ в принципе неспособна дать адекватную экспликацию³ таким терминам как «смысл», «цель», «ценность информации» и пр. Биологам и гуманитариям, чьи дисциплины немислимы без семантики, пришлось почти семьдесят лет избавляться от наивных иллюзий о неограниченных возможностях и захватывающих перспективах применения в их областях знания лишенной семантики ТИШ, оставив это увлекательное занятие инженерам-компьютерщикам, специалистам в области телекоммуникаций, связи и пр., как говорится, «кесарю – кесарево, а слесарю – слесарево».

¹ Эпистемическая интервенция (от *ἐπιστήμη* – знание) – использование понятийного аппарата одной науки в предметном поле другой.

² Семантика (от *σημαντικός* – обозначающий) – раздел логики и семиотики, посвященный анализу понятий «значение» и «смысл».

³ Экспликация (от лат. *explicatio* – разъяснение) – уточнение понятий и утверждений естественного и научного языка с помощью средств символической логики.

По нашему глубокому убеждению, ТИШ с уровня сигналов так и не смогла подняться на уровень семантики из-за того, что она попыталась сделать это «с другого конца» эволюционного процесса, отталкиваясь от знаков, которые являются конечной стадией развития семантики на уровне обработки информации второй сигнальной системой, в которой знаки – лишь формальная оболочка смысла, в то время как начинать нужно с разработки экспериментально верифицируемых математических теорий раздражимости, функционирования и поведения биологических систем с последующим выходом на создание теории социальных действий. Перед корпусом биосоциальных наук поставлена чрезвычайно важная проблема разработки «нешенноновских» теорий семантической информации, и авторы доклада предлагают свой путь решения этой проблемы.

Семантика изначально была синонимом адаптивности реакции живого организма. Эволюция начиналась с простейших *функционирующих* систем, содержащих небольшое количество элементов, число которых понемногу увеличивалось, а структура – усложнялась при неусыпном контроле естественного отбора, удалявшего все бракованные варианты, обеспечивая тем самым жизнеспособность, адаптивность и самовоспроизводство организмов, биосферы и, впоследствии, социума и антропосферы. Начать с другого конца – значит сразу же утонуть в безбрежном море нереализованных и нереализуемых вариантов. Против всех умозрительных доводов апологетов применения ТИШ за пределами техносферы безжалостно работает *закон больших чисел*: случайная комбинация нуклеотидов не способна к саморепликации; случайная последовательность химических сигналов в процессах эмбриогенеза и онтогенеза не может создать жизнеспособный организм; случайные сменяющиеся наборы мышечных сокращений никогда не станут поведением; случайный набор звуков не способен стать речью; случайная комбинация знаков никогда не воплотится в гениальное произведение.

Принятое Чернавским [Чернавский, 2001] за содержательное и адекватное синергетической парадигме и биологии определение Г. Кастлера: «Информация есть случайный и запомненный выбор одного варианта из нескольких возможных и равноправных» снова загоняет дискуссию о природе информации в прокрустово ложе концепции Шеннона-Уивера, так как самым адекватным кастлеровскому определению оказывается не биологический организм, а генератор случайных чисел («белого шума»), заведомо не имеющий никакого отношения к информации.

Семантическая информация, являющаяся основой самого существования биологического и социального миров, – воспитанник педагога неизмеримо более жестокого, чем Орбилий, имя которому – Естественный Отбор. Основными источниками,

стимулировавшими разработку базовых принципов семантической информации, стали следующие идеи и концепции:

1. Концепция функциональных систем Анохина. При разработке самого понятия и принципов семантической информации очень важную роль сыграли представления Анохина о целенаправленности действий организма на получение результата (опережающее отражение), кардинально отличающих поведение самого примитивного организма от действий самой интеллектуальной машины [Анохин, 1998], а также интерпретация афферентного синтеза как механизма порождения информации [Бурундуков, 2015].

2. Идея о принципиальном качественном различии информации, ее носителях и механизмах функционирования на разных иерархических уровнях. В.И. Корогодина, не признававший существования информации в неорганическом мире, предложил свою трехуровневую схему: 1) генетической, 2) поведенческой и 3) логической информации. Нам представляется целесообразным дополнить трехчленную иерархическую структуру информационных уровней В.И. Корогодина еще тремя уровнями – космогоническим, негэнтропийным⁴ и гормональным. Нулевой, преинформационный, или негэнтропийный уровень нужен для того, чтобы подчеркнуть необходимость условия постоянного оттока энтропии из локальной области материального мира в процессе возникновения информации. Условие, которое не выполняется для остальной части неорганического мира, а космогонический – для констатации важности неравновесных (синергетических) процессов, протекающих на отрицательном информационном уровне. Мы не отождествляем негэнтропию и информацию, а рассматриваем ее как необходимое условие возникновения генетической информации. Гормональный уровень необходим для того, чтобы учесть новый (по сравнению и с предыдущим генетическим и последующим нейронным) тип химической сигнализации (для растений это фитогормоны), при помощи которой многоклеточный организм реагирует на изменение внешних условий даже без наличия нервной системы. Принимая во внимание представление А.И. Карамяна о существовании в эволюции позвоночных пяти критических этапов развития мозгового обеспечения поведения [Карамян, 1976], мы предлагаем назвать уровень поведенческой информации Корогодина нейроэтологическим и разделить его на четыре категории организации нейронных сетей: диффузную, сетчатую, радиальную и билатеральную. В свою очередь, билатеральную категорию предлагается разделить на девять фракций (подуровней) по типу доминирующего центра и уровням интеграции нервной системы: стволовую (ортогон), узловую (или сложную ганглионарную), трубчатую (спинальный

⁴ Негэнтропия – отрицательная энтропия, термин введен Л. Бриллюэном.

уровень интеграции), бульбомезэнцефалическую, мезэнцефалоцереbellарную, диэнцефалотелэнцефальную, стриарную, стриокортикальную и неокортикальную. Такая дифференциация однородного уровня поведенческой информации Корогодина позволяет качественно изобразить «лестницу рефлексов», отражающую возрастание роли условных рефлексов в поведении животных от первичноротых (Protostomia) к приматам (Primates) и человеку, что невозможно сделать, если считать этот уровень неструктурированным. Мы не будем называть социоинформационный уровень вслед за Корогодиным логическим, а предпочтем именовать его семиотическим по той простой причине, что функциональный репертуар информационных процессов этого уровня не ограничивается логическими операциями. На семиотическом уровне мы выделим три подуровня – лингвистический, рационально-логический и математический. Кроме того, расширяя идею Корогодина об автокаталитических и гетерокаталитических аспектах информации на семиотическом уровне, мы предлагаем рассматривать в качестве системы, обеспечивающей генерацию, сохранение и саморепликацию ценной информации все-таки не технику, а культуру. Это позволяет органично включить в нашу схему концепцию Р. Докинза о втором репликаторе – меме. Включение в нашу схему нулевого негэнтропийного и, тем более, отрицательного космогонического уровня неизбежно ставит перед нами вопрос о согласованности и непротиворечивости объединения представлений теории семантической информации и глобального эволюционизма (ГЭ).

3. Концепция глобального эволюционизма (Мегаистории, Big History)

Принципиально важным в формировании ГЭ стало создание теории диссипативных структур И.Р. Пригожина и синергетики Г. Хакена, снявших вековое проклятье второго начала термодинамики с теории эволюции. Работы Пригожина и Хакена позволили Э. Янчу сформулировать принципы «унифицирующей парадигмы» [Jantsch, 1981]. Очень важной с точки зрения завершающего синтеза науки представляется концепция информации, понимаемой Янчем как инструкции целенаправленных действий и воспроизводства, что перекликается с концепцией репликатора. В этом случае глобальная эволюция интерпретируется как спонтанное структурирование самовоспроизводящихся информационных подсистем в открытых неравновесных системах. Начало любого эволюционного сдвига, скачка, связано с созданием новой информации. Затем следует адаптация – процесс повышения ценности информации, сопровождающийся утратой ее новизны и увеличением сложности, что повышает чувствительность систем к внутренним и внешним флуктуациям, потерей устойчивости, увеличивающей вероятность их перехода в хаотическое состояние. Наш вариант ГЭ изложен в [Бурундуков и др., 2016].

Интересной попыткой связать эволюцию научных теорий, подуровня семиотической информации, с эволюцией Вселенной и биосферы Земли стала эволюционная эпистемология⁵. Этот термин ввел в оборот Д. Кэмпбелл (1974) в статье, посвященной критическому анализу работ К. Поппера. Поппер попытался максимально расширить предметную область эволюционной эпистемологии и создать общую теории эволюции как универсального когнитивного процесса. «Основная задача эволюционной эпистемологии – очертить иерархию познавательных процессов на различных биологических уровнях, объяснить свойства и механизмы развития человеческого познания в эволюционном ключе, в частности, построить на этой основе теорию эволюции науки» [СЗФ, 1991, с. 384-385]. Ведущими представителями этого направления стали Д. Кэмпбелл, К. Поппер, К. Лоренц, Д. Холтон, С. Пеппер, С. Джилски. «Эволюционная эпистемология стремится создать обобщенную теорию развития науки, преодолевающую крайности противостоящих позиций, а также предложить новое решение многих гносеологических и эпистемологических проблем, начиная со спора эмпиризма и рационализма и кончая созданием теории единой науки, в которой исчезло бы противопоставление «наук о природе» и «наук о культуре», теории, предлагающей разумную альтернативу *феноменологии и герменевтике*⁶» [Там же].

Результатом всех этих модификаций и модернизаций концепций П.К. Анохина, В.И. Корогодина, А.И. Карамяна и Р. Докинза стала шестиуровневая иерархическая структура гетерогенных по своей природе, но эволюционно связанных информационных систем, верхние четыре из которых представлены системами, способными генерировать, хранить, обрабатывать и использовать семантическую информацию (рис. 1), причем на каждом из четырех уровней, генетическом, гормональном, нейроэтологическом и семиотическом, информация имеет свои специфические носители и механизмы фиксации (запоминания) и алгоритмы обработки. Принципиальные же различия биоинформационных уровней (генетического, гормонального и нейроэтологического) от семиотического заключаются в различии базовых репликаторов, лежащих в основах бытия живой материи и общества. Структура семиотического уровня учитывает нашу концепцию унификации науки [Бурундуков и др., 2016].

Наступило время дать некоторые определения.

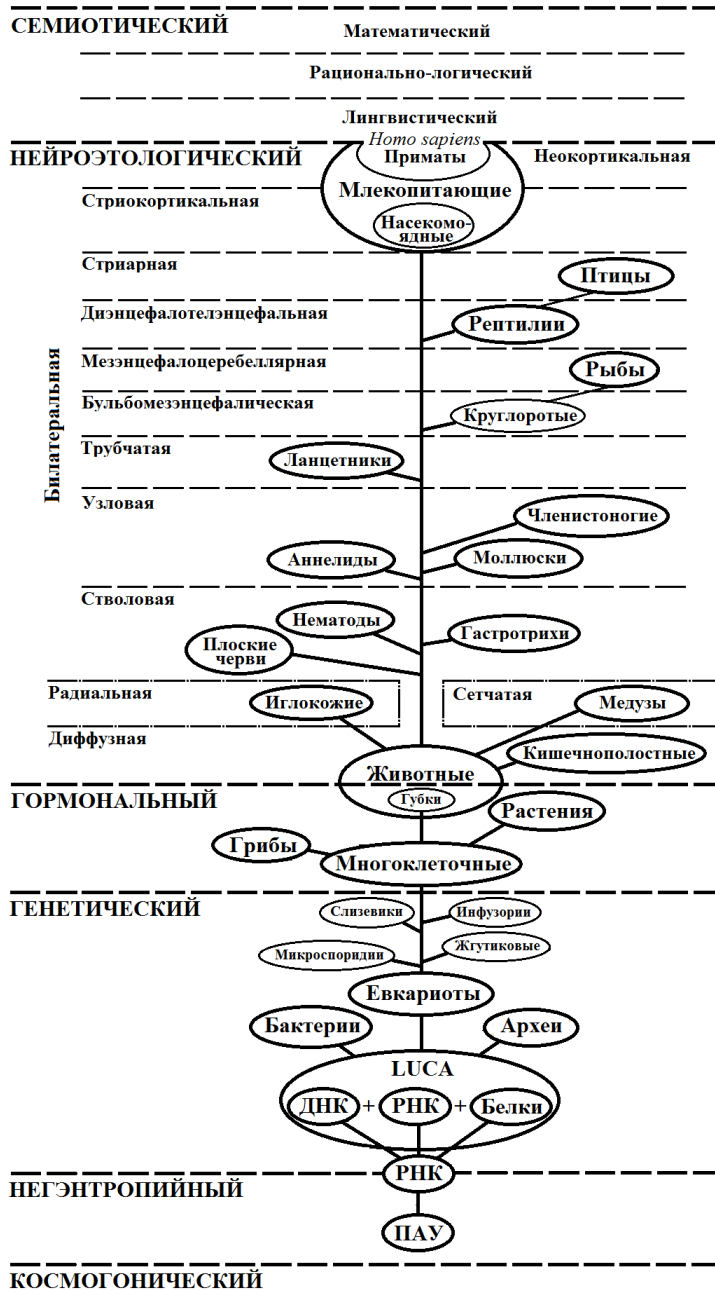
⁵ Эпистемология (от греч. ἐπιστήμη – знание и λόγος – слово, учение), термин, употребляемый для обозначения теории познания.

⁶ Герменевтика (ερμηνευτική, от ερμηνεύω – разъясняю, истолковываю) – искусство и теория истолкования текстов.

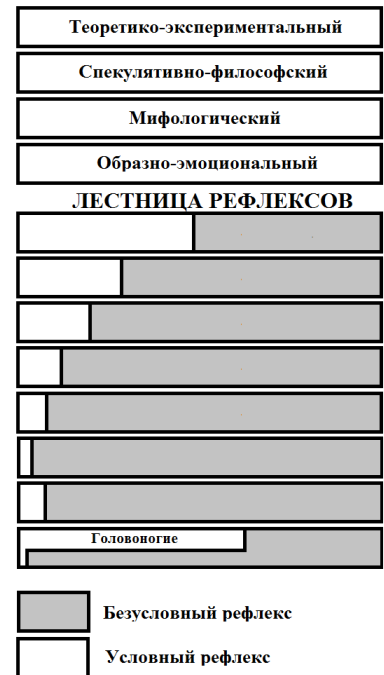
Семантическая информация – свойство органического мира, которое заключается в самовоспроизведении и раздражимости живых систем, для которых информация является неотъемлемым свойством (атрибутом), существующим в трех формах:

1. Химического алгоритма саморепликации организма, называемого *генетической* информацией, носителем которого является ген;
2. Раздражения – возбуждения внутренней среды, вызывающего реакцию организма, называемую *сенсоэффекторной* информацией;

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА УРОВНЕЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ



УРОВНИ ПОНИМАНИЯ



ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ФОРМ ОТРАЖЕНИЯ



Рис. 1. Иерархическая структура информационных систем

3. Раздражителя – сигнала, направленного организмом в окружающую среду и вызывающего ответную реакцию других организмов, называемую **коммуникативной** информацией.

Раздражитель, приводящий к реакции локомоции, усиливающей интенсивность возбуждения (положительная обратная связь), называется **аттрактантом** (этологическим аттрактором). Раздражитель, приводящий к локомоционной реакции избегания, снимающей возбуждение (отрицательная обратная связь), называется **репеллентом** (этологическим репеллером). Аттрактант и репеллент образуют простейшую бинарную семантику «раздражимость-реакция» организма и превращают организм в целенаправленную систему.

Поведение животного складывается из безусловных и условных рефлексов, роль последних возрастает с усложнением структуры мозга. Особенно важным параметром сложности поведения является ОКРП (Объем Кратковременной Рабочей Памяти, англ. ST-WMC – Short-Term Working Memory Capacity) [Read, 2008], который увеличивается с 1 у рептилий до 7 ± 2 у человека. На уровне неокортикальной организации мозга открывается возможность передачи информации негенетическим путем – через обучение и подражание. У многих приматов формируются элементы протокультуры, так, в одной из популяций японских макак закрепились привычка мыть овощи перед едой. Генно-культурная коэволюция способствовала закреплению мутации гена FOXP2 и возникновению второй сигнальной системы – речи, облегчившей трансляцию мемов и процессы формирования знаковых комплексов (языка, логики, математики), а на их основе – мировоззренческих мемплексов (мифологии и религии, философии, науки).

Так как в сфере предметной области семантической информации оказалось поведение животных, то в круг ее проблем вошла и задача разработки моделей поведения, и, в частности, изучение этологической логики, возникшей на сотни миллионов лет раньше силлогистики Аристотеля.

Этологические алгоритмы в концепции семантической информации

Рассмотрим два примера, экспериментально доказывающих существование этологической логики.

1. Эксперименты по изучению выбора раком *Procambarus clarkii* одной из двух защитных стратегий [Liden, 2010].

По данным эксперимента нами построена блок-схема этологического дизъюнктивного алгоритма (рис. 3):

2. Эксперименты по изучению транзитивности⁷ логики поведения тилапии *Astatotilapia burtoni* [Grosenick, 2007]

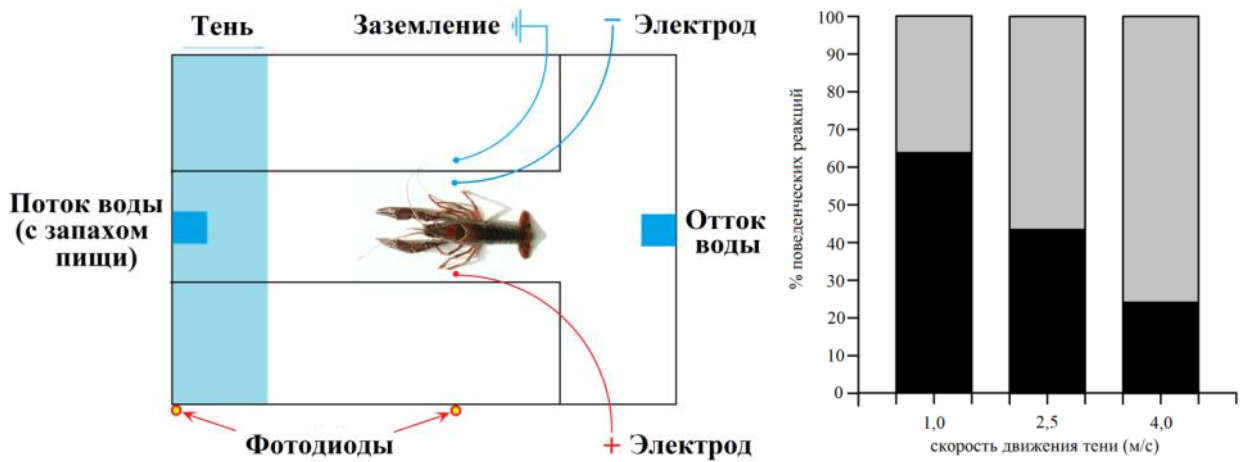


Рис. 2. Экспериментальная установка для изучения выбора раком *Procambarus clarkii* одной из двух защитных стратегий (слева) и результаты экспериментов (справа) по У. Лидену [Liden, 2010]

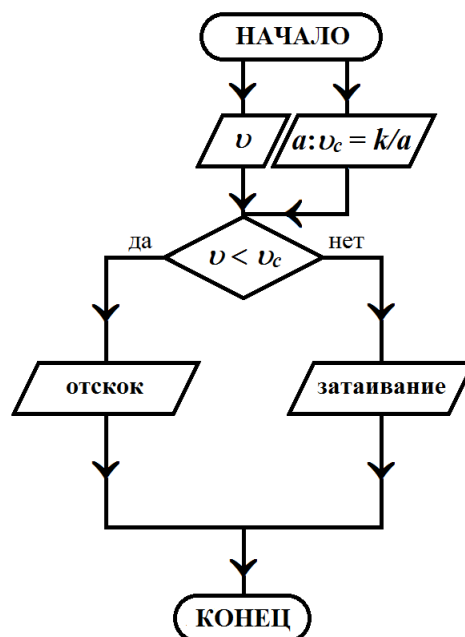


Рис. 3. Блок-схема этологического дизъюнктивного алгоритма, демонстрирующая ключевую роль афферентного синтеза в логике поведения *Procambarus clarkii*.

⁷ Бинарное отношение R на множестве X называется транзитивным, если для любых трех элементов множества $a, b, c \in X$ выполнение aRb и bRc влечет выполнение отношения aRc .

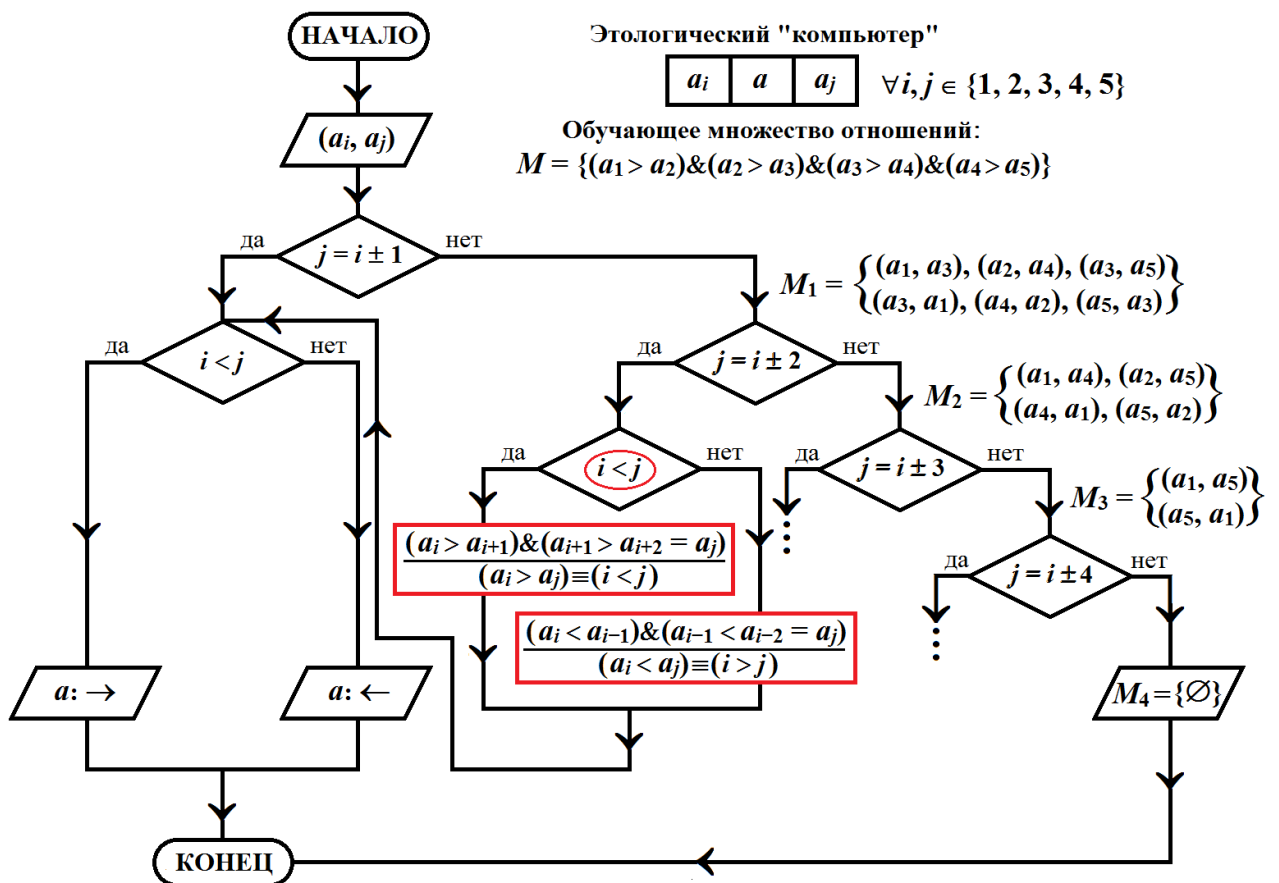


Рис. 4. Блок-схема этологического алгоритма, демонстрирующая транзитивность логики поведения *Astatotilapia burtoni*. Построена по результатам [Grosenick, 2007]

Здесь красным эллипсом обведено условие, известное экспериментаторам, но неизвестное самцу *Astatotilapia burtoni*, над которым производится эксперимент. Для того, чтобы выбрать безопасного соседа, ему необходимо использовать транзитивность отношения «сильнее» и определить, кто из двух подсаженных рыбок является слабейшей, то есть сделать заключение, обведенное красным прямоугольником. Особенно убедительным примером транзитивности этологической логики *Astatotilapia burtoni* является эксперимент с использованием самцов a_2 и a_4 , которые имели равное число побед и поражений.

Этологическая логика с появлением языка и семантических оппозиций превратилась в логику бриколажа⁸, а с появлением грамматики и выявлением транзитивности парадигматических отношений гипонимии-гиперонимии трансформировалась в силлогистику Аристотеля.

⁸ Логика бриколажа (от фр. *bricolage* – отскок, подделка) – по К. Леви-Строссу – логика мифологического мышления.

Развитие «нешенноновских» теорий семантической информации и математических моделей поведения – необходимый шаг не только в сторону создания биомиметики, теоретической биологии и социологии, но и в направлении развития концепции коллективного интеллекта, коммуникативной робототехники, движения, нацеленного на объединение и координацию разработок, ведущихся со стороны техносферы – работ по ИИ, бионике и пр. В заключение доклада обсуждается проблема «третьего репликатора».

ЛИТЕРАТУРА

Анохин П.К., 1998. Избранные труды: Кибернетика функциональных систем. М.: Медицина. – 400 с.

Бурундуков А.С., 2015. Глобальный эволюционизм, рефлекторно-этологическая теория семантической информации (РЭТСИ) и «Фундаментальные структуры материи и информации». Материалы 58-й Всероссийской научной конференции, т. 3. Владивосток: издательство ТОВВМУ им. С.О. Макарова, с. 29-33.

Бурундуков А.С., Дроздов А.Л., Казанский Б.А., 2016. Палеонтологический парадокс – гордиев узел глобального эволюционизма. LAP, Саабрюкен (Германия) – 301 с.

Корогодин В.И., Корогодина В.Л., 2002. Информация как основа жизни и целенаправленных действий // В сб. “Причинность и телеономизм в современной естественнонаучной парадигме”, М.: Наука. С. 189-212.

Современная западная философия: Словарь, 1991. М.: Политиздат, – 414 с.

Чернавский Д.С., 2001. Синергетика и информация: динамическая теория информации. М.: ЛИБРОКОМ, 304 с.

Grosenick L., Clement T.S., Fernald R.D., 2007/ Fish can infer social rank by observation alone // *Nature*. V. 445. P. 429-432/

Jantsch E., 1981. Unifying principles of evolution. In *The Evolutionary Vision*, 83—116.

Liden W.H., Phillips M.L., Herberholz J., 2010. Neural control of behavioural choice in juvenile crayfish // *Proceedings of the Royal Society B*. V. 277 (1699). P. 3493-3500.

Read D.W., 2008. Working Memory: A Cognitive Limit to Non-Human Primate Recursive Thinking Prior to Hominid Evolution // *Evolutionary Psychology*. V. 6, p. 676 – 714.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛИТОРАЛЬНОЙ ФЛОРЫ БУХТЫ КРАБОВАЯ (ОСТРОВ ШИКОТАН, МАЛАЯ КУРИЛЬСКАЯ ГРЯДА)

И.В. Бутов

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской
биологии ДВО РАН, Владивосток, Россия

ivanbutov-91@mail.ru

Литораль, или зона приливов и отливов – амфибиотическая зона, которая подвергается постоянному воздействию двух сред: воздушной и водной. Здесь в наибольшей степени выражены суточные и сезонные колебания температуры, солености, увлажнения и других абиотических факторов [1]. Стойкие эврибионтные фауна и флора, существующие в пределах литоральной зоны, в результате непостоянства условий хорошо приспособлены к неблагоприятным внешним воздействиям. Своеобразие условий обитания, а также доступность литорали для непосредственного наблюдения и исследования во время отлива способствуют ее интенсивному изучению.

Курильские острова, расположенные в сейсмически активном районе Мирового океана, состоят из двух гряд и служат естественной границей между Охотским морем и Тихим океаном [2]. К юго-востоку от Большой Курильской гряды параллельно ей простирается Малая Курильская гряда. Она состоит из 6 островов, самым крупным из которых является о-в Шикотан.

Растительные сообщества одними из первых реагируют на загрязнение, изменение климата и иные нарушения среды. Загрязнение водоема может изменять структуру растительных сообществ и даже приводить к их гибели [3]. Литоральная зона бухты Крабовая о-ва Шикотан находится под влиянием органического загрязнения, вызванного липидными отходами рыбоперерабатывающих заводов, построенных на острове [4]. В 1994 г. в результате землетрясения силой 8-9 баллов произошло общее тектоническое опускание острова на 0.5–0.7 м, изменение берегов и литоральной зоны ряда бухт, в том числе бухты Крабовая [5]. Цель данной работы – изучение многолетней динамики литоральной флоры бухты Крабовая о-ва Шикотан в условиях антропогенной и сейсмической нагрузки.

Материалом послужили сборы, выполненные сотрудниками ИБМ ДВО РАН в 1987 и 1997 г., а также собственные данные, полученные в ходе литоральной экспедиции на НИС «Профессор Гагаринский» в 2013 г. в бухте Крабовая о-ва Шикотан. Водоросли и морские травы собирали на литорали в период отлива по стандартной хронологической методике [6].

В 1987 г. органическое загрязнение в виде жира, буквально застилало прибрежную полосу, в некоторых местах достигая 15 см в толщину. Однако, несмотря на такие неблагоприятные условия, в 1987 г. на литорали бухты были зарегистрированы 43 вида макрофитов, 49% которых составляли красные водоросли, 37% – бурые, 12% – зеленые и 2% – морские травы (рис. 1).

Отдел Rhodophyta включал 21 вид из 20 родов, 10 семейств и 5 порядков. Наибольшим числом видов (10) был представлен порядок Gigartinales, порядок Ceramiales – 4 видами, Palmariales – 3 видами, порядки Bangiales и Corallinales – двумя видами каждый (рис. 2).

Бурых водорослей было встречено 16 видов из 15 родов, 10 семейств и 4 порядков. Порядок Laminariales представлен наибольшим числом видов (5), три из них принадлежали семейству Laminariaceae. Отдел Chlorophyta включал 5 видов из 4 родов, 4 семейств и 2 порядков. Самым многочисленными были водоросли порядка Ulvales, представленные тремя видами. Вклад отдела Tracheophyta в структуру литоральной флоры в 1987 г. был незначительным.

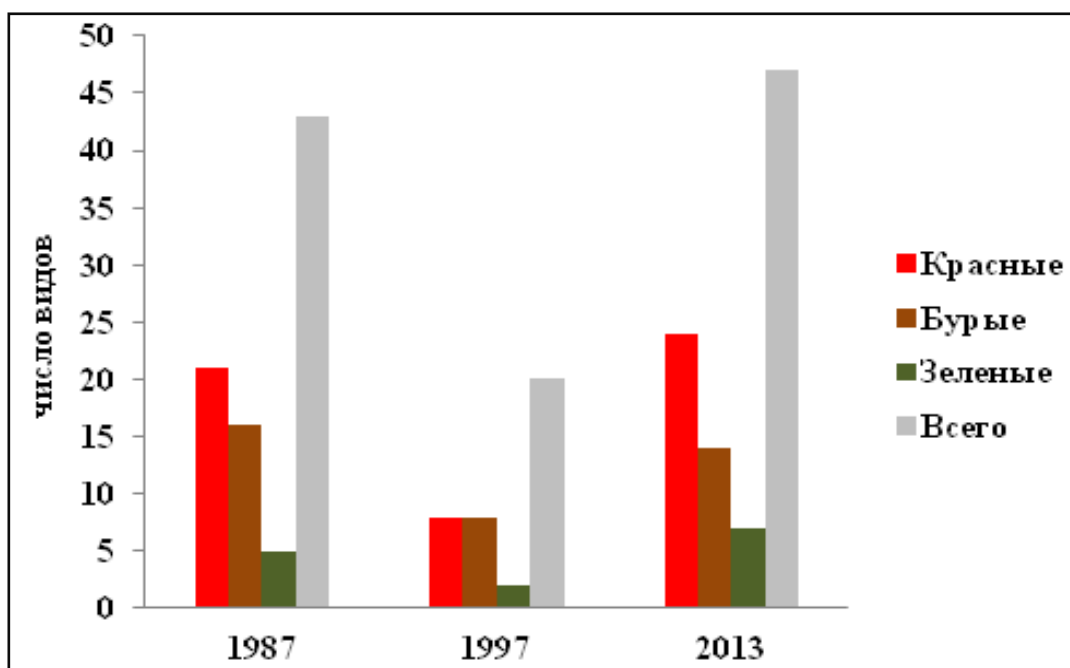


Рис. 1. Таксономический состав литоральной флоры бух. Крабовая о. Шикотан.

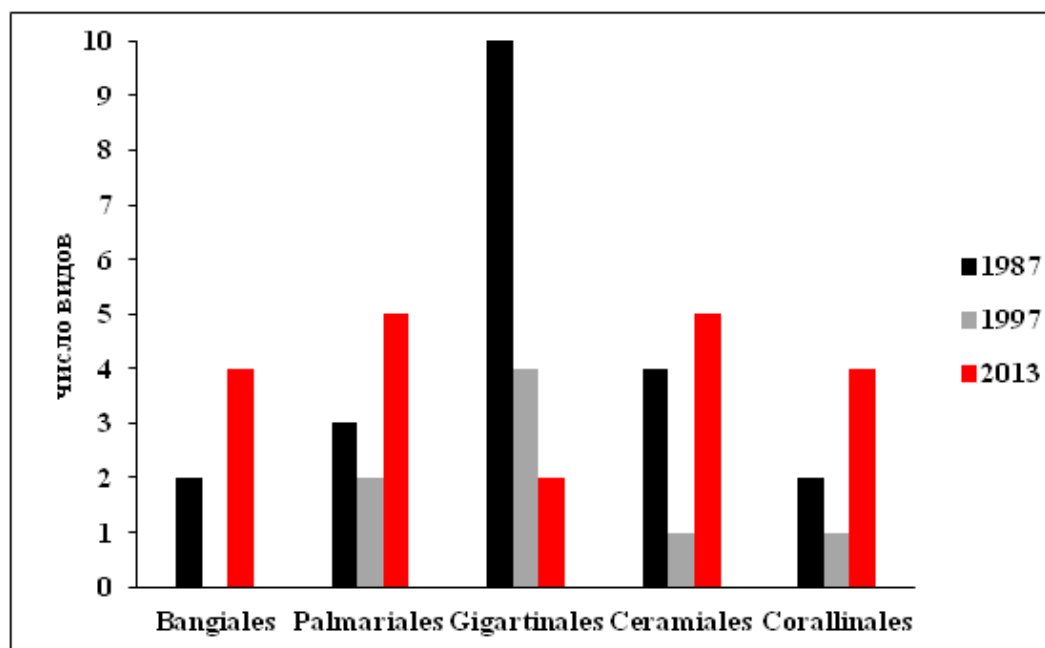


Рис. 2. Динамика таксономической структуры Rhodophyta (порядки) в литоральной флоре бухты Крабовая о-ва Шикотан в 1987, 1997 и 2013 гг.

Спустя три года после землетрясения, в 1997 г., число видов литоральной флоры б. Крабовая уменьшилось в 2 раза. Всего было найдено 20 видов макрофитов. Красные и бурые водоросли составляли по 40% видового состава флоры, зеленые водоросли и морские травы, – по 10%. Резкое уменьшение числа видов, видимо, в первую очередь, связано с опусканием острова, вызванным сейсмической катастрофой, и уменьшением площади литорали.

В 1997 г. обнаружены 8 видов красных водорослей из 7 родов, 6 семейств и 4 порядков. Половина видов (4) принадлежала порядку Gigartinales. Вторым по числу видов (2) был порядок Palmariales. Каждый из порядков Ceramiales и Corallinales представлен одним видом. Семейства Gigartinaceae и Palmariaceae включали по два вида, остальные по одному.

Найдены 8 видов Ochrophyta и Phaeophyceae из 7 родов, 6 семейств и 4 порядков. Порядок Laminariales был представлен 4 видами, порядок Ectocarpales – двумя, остальные порядки – одним. Наибольшее число видов (3) характеризовало семейство Laminariaceae, в котором два вида относились к роду *Saccharina*.

Отделы Chlorophyta и Tracheophyta содержали по 2 вида. Среди зеленых водорослей это *Acrosiphonia duriuscula* (порядок Ulotrichales, семейство Ulotrichaceae), а

также *Ulva lactuca* из порядка Ulvales, семейство Ulvaceae. Морские травы были представлены видами *Phyllospadix iwatensis* и *Zostera marina* из порядка Alismatales, семейства Cymodoceaceae и Zosteraceae, соответственно.

Сборы 2013 г. выявили значительный рост числа видов литоральной флоры. Всего было встречено 47 видов макрофитов, относящихся к 14 порядкам, 25 семействам и 35 родам. Как и в 1987 г., наибольшим числом видов были представлены красные водоросли, которые составили 51% всех видов, бурые – 30%, зеленые – 15%, морские травы – 4%.

В 2013 г. встречены 24 вида Rhodophyta, относящихся к 20 родам, 10 семействам и 6 порядкам. Анализ таксономической структуры исследуемой флоры выявил у Rhodophyta равномерное распределение видов по порядкам: Bangiales и Corallinales – по 4 вида, Ceramiales и Palmariales – по 5, Gigartinales – 2 вида. При этом число видов в семействах изменялось от 0 в семействе Phylloporaceae до 5 в семействе Palmariaceae. Стоит отметить, что четыре рода (*Clathromorphum*, *Mazzaella*, *Halosaccion* и *Palmaria*) представлены двумя видами каждый, остальные – одним.

К бурым водорослям принадлежали 14 видов из 10 родов, 9 семейств и 4 порядков. Порядок Laminariales, как и ранее, был представлен наибольшим числом видов. В 2013 г. отмечено наибольшее за весь период исследований число видов (8), принадлежащих этому порядку. При этом род *Saccharina* был представлен тремя видами: *Saccharina angustata*, *S. gyrata* и *S. japonica*.

Отдел Chlorophyta насчитывал 7 видов из 3 родов, 4 семейств и 2 порядков. Среди зеленых водорослей наиболее богатым был порядок Ulvales – 5 видов. Семейство Ulvaceae было представлено 4 видами, среди которых 3 принадлежали роду *Ulva*.

Состав морских трав в 2013 и 1997 гг. полностью совпадает.

Как видно, динамика таксономической структуры литоральной флоры бухты Крабовая о-ва Шикотан в исследуемый период носила циклический характер. Сразу после землетрясения наблюдали двукратное уменьшение числа видов и упрощение таксономической структуры. Спустя 19 лет после землетрясения, в 2013 г., видовое богатство восстановилось, а таксономическое разнообразие литоральной флоры по сравнению с 1987 г. увеличилось за счет видов порядков Bangiales, Palmariales, Laminariales и Ulvales.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кусакин О.Г. Литоральные сообщества // Биология океана: Биологическая продуктивность океана. Т. 2. М.: Наука, 1977а. С. 111–132.
2. Кусакин О.Г. Население литорали // Биология океана: Биологическая структура океана. Т. 1. М.: Наука, 1977б. С. 174–178.

3. *Кусакин О.Г., Цурпало А.П.* Многолетние изменения литорального макробентоса бухты Крабовая (остров Шикотан) в условиях разной степени органического загрязнения // Биол. моря. 1999. Т. 25, № 3. С. 209-216.

4. *Клочкова Н.Г., Березовская В.А.* Водоросли камчатского шельфа. Распространение, биология, химический состав. Владивосток; Петропавловск-Камчатский: Дальнаука. 1997. 155 с.

5. *Кусакин О.Г., Иванова М.Б., Цурпало А.П.* Частичное восстановление биоты литорали бухты Крабовая (остров Шикотан) в процессе самоочищения // Биол. моря. 1999а. Т. 25, № 2. С. 134-135.

6. *Кусакин О.Г.* Фауна и экология равноногих ракообразных (Crustacea, Isopoda) литорали Курильских островов // Растительный и животный мир литорали Курильских островов. Новосибирск: Наука, 1974. С. 227–275

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГЕЛЬМИНТОВ ГОЛЬЦОВ РОДА *SALVELINUS*

Т.Е. Буторина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Владивосток, Россия
boutorina@mail.ru

Лососевые рыбы рода *Salvelinus* населяют реки и озера Голарктики на огромном пространстве от арктического побережья Евразии и Северной Америки (включая острова) до северной Италии, обитают в водоемах, расположенных в нижнем и среднем течении сибирских рек, в Забайкалье, на материковом побережье Охотского моря, в Приморье и Японии (Хоккайдо, Хонсю), на тихоокеанском (до Калифорнии) и атлантическом (до северной Джорджии) побережьях Северной Америки (Атлас...., 2003).

Гольцы – важнейший продукт питания, обладающий высокими вкусовыми качествами, который с давних времен используют народы Севера и Дальнего Востока, это распространенный объект любительского и спортивного рыболовства и разведения в странах Северного полушария.

Группа гольцов характеризуется эволюционной молодостью и экологической пластичностью с хорошо выраженной способностью адаптироваться к различным условиям существования. Они представлены множеством видов и экологических форм, различающихся по образу жизни (проходные и жилые, речные и ручьевые, озерные и озерно-речные) и характеру питания (бентофаги, специализированные и неспециализированные хищники, планктофаги, эврифаги со смешанным питанием), что определило и видовое разнообразие паразитов этих рыб.

Приведены результаты, полученные на основе многолетних сборов паразитов гольцов из водоемов Камчатки, Забайкалья, Охотского побережья, Приморья, Сахалина и Курильских островов (Буторина и др., 2011), дополненные литературными данными.

У гольцов по всему ареалу отмечен 191 вид гельминтов, что составляет 69.6 % от общего числа зарегистрированных у них паразитов. Трематоды (тип Plathelminthes) – самая многочисленная группа паразитов этих рыб, представлены 74 видами, которые относятся к 41 роду, 21 семейству (рисунок). Следующие по значимости – скребни, тип Acanthocephales, представленные двумя классами (34 вида, относящиеся к 10 родам 7

семейств) и круглые черви (тип Nematelminthes) – 33 вида, представители 20 родов 11 семейств. Ленточные черви Cestoda (тип Plathelminthes) представлены 25 видами из 17 родов 8 семейств.

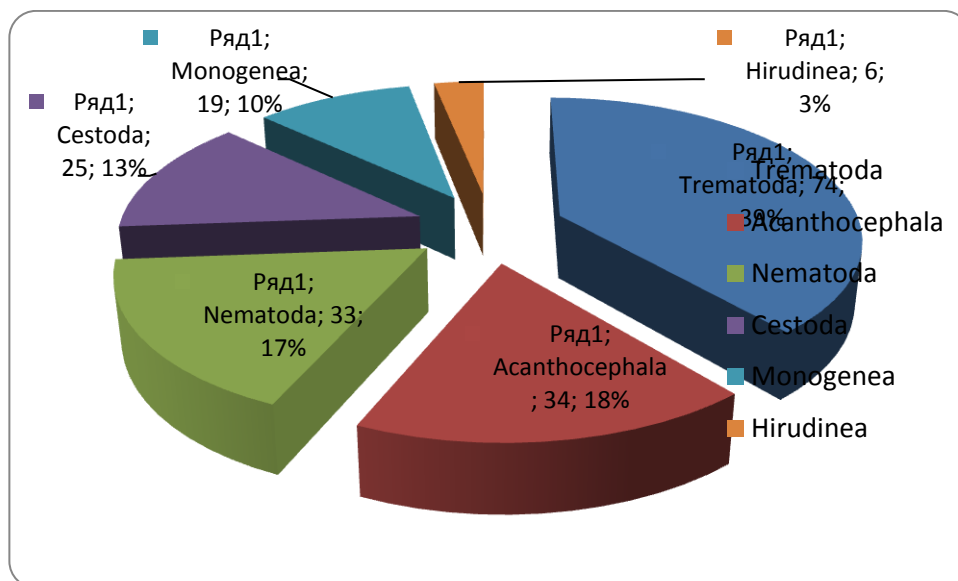


Рис. 1. Соотношение разных таксономических групп гельминтов, %

Кроме того, у гольцов отмечены 19 видов класса Monogenea, тип плоские черви (5 родов, 3 семейства) и 6 видов пиявок, представителей типа кольчатых червей (4 рода, 4 семейства) (Буторина, 2008).

У гольцов 52% цестод, 36.5% трематод, 21.2% нематод и 14.7% скребней (всего 52 вида или 27.2% всех гельминтов гольцов) паразитируют на стадии личинок. Из чего следует, что большинство видов гельминтов гольцов во всех группах представлено половозрелыми формами, для которых гольцы служат окончательными хозяевами, и только среди цестод немного преобладают виды, паразитирующие у рыб на стадии личинки.

Большая часть видов гельминтов гольцов (145 или 75.9%) – пресноводные, среди них более трети приходится на долю трематод (51 вид), 29 видов нематод, 27 видов скребней, 15 – моногеней, 17 – цестод и 6 видов пиявок. Пресноводные виды составляют абсолютное большинство во всех группах гельминтов, паразитирующих у гольцов: среди цестод – 68%, трематод – 69%, моногеней – 78.9%, скребней – 79.4%, нематод – 87.9% и 100% – пиявок.

Трематоды, самый многочисленный класс гельминтов, представлены у гольцов следующими семействами: Diplostomidae, Clinostomidae, Strigeidae, Vucephalidae, Fellodistomidae, Azygiidae, Derogenidae, Bunocotylidae, Hemiuridae, Lecithasteridae,

Allocreadiidae, Sanguinicolidae, Opescoelidae, Acanthocolpidae, Lepocreadiidae, Opisthorchiidae, Troglotrematidae, Heterophyidae, Gorgoderidae, Zoogonidae, Lecithodendriidae.

Среди этих семейств лишь несколько можно отнести к доминирующим, представленным наибольшим числом видов. Это, прежде всего, диплостомиды (15 видов), паразитирующие на стадии личинки (метацеркарии) в глазах гольцов, реже – в мускулатуре, коже и подкожной клетчатке; жизненный цикл этих паразитов осуществляется при участии брюхоногих моллюсков (прудовиков, катушек), рыб и рыбоядных птиц (Судариков и др., 2002). Все виды семейства относятся к пресноводным. Второе место занимают аллокреадииды (10 видов), половозрелые черви локализуются в пищеварительной системе гольцов, в цикле развития участвуют двустворчатые и брюхоногие моллюски, разноногие и ветвистоусые ракообразные, личинки амфибиотических насекомых и рыбы. Все виды семейства, паразитирующие на гольцах, пресноводные. Третье место по числу видов (8) разделяют семейства Opescoelidae и Gorgoderidae. Опеколиды паразитируют в кишечнике рыб, первыми промежуточными хозяевами служат морские и пресноводные брюхоногие моллюски: литторины, букциниды, битинии, вторыми – разноногие и равноногие ракообразные, мизиды, креветки, в пресных водах – также пиявки (Пугачев, 2003). Это семейство включает как морские, так и пресноводные виды. Горгодериды – исключительно пресноводные паразиты выделительной системы гольцов (почек, мочеточников, мочевого пузыря), цикл развития которых включает первых промежуточных хозяев – двустворчатых моллюсков (мелких шаровок родов *Sphaerium*, *Pisidium* и крупных беззубок *Anodonta*, *Beringiana*). Остальная часть семейств гельминтов (61.9 %) представлена у гольцов 1-2 видами.

Чтобы проследить трофические связи гольцов в водных экосистемах, важно учесть группы гельминтов, обладающие сложным циклом развития с промежуточными хозяевами, поэтому из дальнейшего анализа исключены моногенеи, личинки которых активно прикрепляются к рыбам, и пиявки, имеющие прямой цикл развития.

Цестоды представлены семействами Acrobothriidae, Caryophyllaeidae, Tentacullariidae, Phyllobothriidae, Bothriocephalidae, Triaenophoridae, Diphyllbothriidae и Proteocephalidae. Одно из них, дифиллоботрииды, представлено 8 видами, в том числе одним морским, в цикле развития которых участвуют веслоногие ракообразные, рыбы и птицы (чайковые, поганки и другие рыбоядные) или млекопитающие (морские и наземные, медведи, человек). Остальные семейства включают от 1 до 4 видов гельминтов.

Нематоды относятся к семействам Capillariidae, Dioctophymatidae, Anisakidae, Quimperiidae, Seuratidae, Cucullanidae, Camallanidae, Philometridae, Rhabdochonidae,

Cystidicolidae, Desmidocercidae. Среди них наиболее богато представлены видами три семейства: Cystidicolidae – 8 видов, из них один морской, жизненный цикл паразитов протекает с участием водных личинок амфибиотических насекомых и амфипод (пресноводные гаммарусы, морские реликты *Pontoporeia affinis*, *Hyalella azteca*) и рыб; Rhabdochonidae – 7 пресноводных видов с теми же промежуточными хозяевами и Anisakidae – 6 видов (3 морских и 3 пресноводных), в качестве промежуточных хозяев используют разнообразных беспозвоночных (эуфазиевых, веслоногих ракообразных, амфипод, мизид, полихет и многих других) и рыб, резервуарными (паратеническими) хозяевами также могут служить рыбы, кальмары и бентосные беспозвоночные. Остальные семейства нематод представлены 1–4 видами.

Скребни, паразитирующие на гольцах, относятся к семействам Echinorhynchidae, Pomphorhynchidae, Rhadinorhynchidae, Illiosentidae, Cavisomidae, Polymorphidae, Neoechinorhynchidae. Половина всех известных видов скребней гольцов (17 видов, среди которых только один морской и один эвригалинный) входит в состав семейства Эхиноринхиды. Цикл развития этих паразитов проходит с участием амфипод (пресноводных гаммарид, морских реликтов эвригалинных *P. affinis* и *H. azteca*, морских капреллид) и изопод. Семейство Неоэхиноринхиды представлено 6 пресноводными видами, развитие которых проходит в бентосных и планктонных остракодах и рыбах.

Анализ видового богатства основных семейств гельминтов гольцов показал, что эти лососевые рыбы имеют исторически сложившиеся связи с пресноводными бентосными беспозвоночными: амфиподами, остракодами, изоподами, брюхоногими (прудовиками, катушками, затворками) и двустворчатыми моллюсками (шаровками и др.), водными личинками амфибиотических насекомых и другими стадиями их развития. Переход некоторых видов и форм гольцов к хищничеству и питание сигавыми и другими рыбами-планктофагами привели их к косвенному участию в потреблении планктона и аккумуляции гельминтов, промежуточными хозяевами которых служат планктонные организмы. Гольцы в большей степени включены в пресноводные экосистемы и накапливают пресноводных паразитов, но важное значение имеет и их питание морскими беспозвоночными и рыбами в период морских миграций, т.е. их связи с морскими экосистемами. Несомненна и связь гольцов с наземными экосистемами через птиц и млекопитающих, которые используют их как корм.

ЛИТЕРАТУРА

Атлас пресноводных рыб России: В 2 томах. Т. 1 / Под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука, 2003. 379 с.

Буторина Т.Е. Видовой состав и таксономическое разнообразие паразитов гольцов рода *Salvelinus* по ареалу // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2008. №2 (11). С. 13-18.

Буторина Т.Е., Бусарова О.Ю., Ермоленко А.В. Паразиты гольцов (Salmonidae: *Salvelinus*) Голарктики. Владивосток: Дальнаука, 2011. 281 с.

Пугачев О.Н. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. СПб, Тр. Зоол. ин-та РАН, 2003. Т. 298. 224 с.

Судариков В.Е., Шигин А.А., Курочкин Ю.В., Ломакин В.В., Стенько Р.П., Юрлова Н.И. Метацеркарии трематод – паразиты пресноводных гидробионтов Центральной России. Т. 1 М.: Наука, 2002. 298 с.

МЕЖГОДОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МОРСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Д.Д. Габаев

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской
биологии ДВО РАН, Владивосток, Россия

gabaevdd@mail.ru

Все живое на Земле имеет свои экологические предпочтения, приводящие к тому, что с первых дней своего существования оно занимает на ней разные экологические ниши. Это позволяет ему уменьшить негативное воздействие других видов и добиться максимальных продукционных показателей. Действующие в нашей стране технологии культивирования морских моллюсков основаны на сборе их личинок в море на искусственные субстраты. Однако на эти же субстраты оседают личинки как конкурирующих, так и хищных видов. Конкурирующие виды имеют сходные с выращиваемым видом пищевые потребности, а хищные виды поедают культивируемый вид уже на искусственных субстратах. Для уменьшения негативного воздействия этих видов необходимо исследовать многолетнюю динамику их экологической ниши, что позволит получить более реальную картину ее изменчивости. Сопоставление же многолетней динамики горизонтального и вертикального распределения обитателей искусственных субстратов с климатическими факторами среды позволит выявить факторы, наиболее существенно влияющие на пространственное распределение исследуемых видов. Использование возможности их прогнозирования, например, солнечной активности, позволяет применить эти знания для оптимизации условий существования культивируемых видов.

Целью представленного сообщения является исследование межгодовых различий пространственного распределения некоторых массовых обрастателей искусственных субстратов и их взаимосвязи с климатическими факторами.

Для осуществления этой цели требовалось провести многолетние исследования пространственного распределения массовых обрастателей искусственных субстратов на акватории морского залива. Оптимальное время для выставления искусственных субстратов (гребешковых коллекторов) определяли по одному их первых обрастателей – приморскому гребешку. Наблюдения за его воспроизводством начинали с изучения

динамики гонадного индекса. Каждые десять дней с середины мая до конца июня 1977–1990 гг. в бухте Миноносок зал. Посъета с помощью водолазного снаряжения отлавливали 25–30 экз. приморского гребешка и определяли их общую массу, массу мягких тканей, мускула и гонад с точностью ± 0.02 г. Аналогичную работу с начала июня до начала июля проводили в 1985–1987 гг. в бухте Кит (среднее Приморье). Гонадный индекс у гребешков определяли по методу Ито и соавторов [Ito et al., 1975]. Время наступления нереста моллюсков определяли по резкому снижению гонадного индекса. Через неделю после нереста, раз в два-три дня в 1977–1990 гг., в 1995 и 1996 гг. на горизонте 0–10 м на 1–3 станциях в бухте Миноносок зал. Посъета (рис. 1, ст.1), в 1985–1988 гг. в бухте Кит, в 1989 г. в зал. Владимира и в 1999 г. в Амурском заливе сетью Апштейна брали планктонные пробы. Размер ячееи мельничного сита – 100 мкм. Планктонные пробы фиксировали 4% формальдегидом. Просчет и измерение личинок проводили в камере Богорова под микроскопом МБС-9, а численность личинок пересчитывали на 1 м^3 . Ежегодно в каждом районе брали 8–11 проб. Одновременно с отбором планктонных проб измеряли температуру воды на трех горизонтах (0, 5 и 10 м).

После достижения личинками гребешка 250 мкм по высоте раковины (стадия оседания), на 12 станциях северо-западной части зал. Посъета в 1978–1982, 1985, 1988 и 1989 гг., а также в 1984 – 1985 гг. в прол. Старка о-ва Попова, в 1985–1988 гг. в бухте Кит, в 1988–1989 гг. в зал. Владимира и в 1999–2000 гг. в Амурском заливе (рис. 1) выставляли гирлянды гребешковых коллекторов японской конструкции. Общий горизонт расположения коллекторов охватывал глубины 0–26 м. После достижения молодью гребешка 8–10 мм по высоте раковины, часть коллекторов поднимали на поверхность. Всех моллюсков и морских звезд снимали с субстратов и подсчитывали живых и мертвых особей. Определение времени оседания личинок гребешка в 1978–1980 гг. на верхнем, среднем и нижнем горизонте у пяти особей осуществляли путем подсчета суточных колец под микроскопом МБС-9. Исследование многолетней изменчивости пространственного распределения молоди приморского гребешка проводили в течение 5 лет на морских плантациях в бухте Миноносок зал. Посъета. На заполненной коллекторами однокотарной установке проводили массовый просчет подросшей молоди. Для его осуществления на каждом пятом 100-метровом канате поднимали на поверхность три гирлянды коллекторов и у верхнего, среднего и нижнего коллектора подсчитывали численность живых и мертвых особей. Полученную сумму делили на площадь коллектора.

Для исследования степени влияния климатических факторов на пространственное распределение исследуемых видов использовали ежесуточные значения температуры и

солености воды, уровня моря, количества осадков, скорость и направление ветра за 1977-2014 гг. собранные Гидрометеостанцией (ГМС) п. Посьет и предоставленные автору сотрудником ТОИ ДВО РАН Ростовым И.Д. Нерест и пелагический период у исследуемых моллюсков в зал. Посьета проходит в июне, поэтому для изучения степени воздействия климатических факторов на наиболее ответственный за воспроизводство период использовали данные ГМС за июнь. Значения солнечной активности, выраженные в числах Вольфа, были взяты на сайте Национальной администрации США по атмосфере и океану. Ошибку средней температуры воды на поверхности моря в июне каждого года вычисляли, а длительность ледового периода в мелководных бухтах получали путем сложения дней от устойчивого льдообразования до полного выноса льда из бухты. Полученные данные были анализированы статистически с помощью STASISTICA 6. Матрицу для многомерного масштабирования (MDS) получали в факторном анализе. Значения регрессионного анализа были тестированы на уровне $\alpha=0.05$.

Амурская звезда

Наиболее благоприятной акваторией для воспроизводства морской звезды *A. amurensis* оказался Уссурийский залив и в частности мыс Седловидный. В 1991 г. обилие молоди этого хищника достигало здесь 30 экз./м², в то время как в бух. Миносок (второй исследованной акватории) ее численность составляла 1 экз./м². Климатические особенности года оказывают существенное воздействие не только на успех воспроизводства у звезды, но и на пространственное распределение ее молоди. В холодный 1977 г. максимальная численность молоди амурской звезды располагалась в 9 км от тепловодных бухт Экспедиции и Новгородской, а в теплый 1980 г. – уже в 12 км от них. Акватория наибольшего удаления максимального обилия молоди в открытое море зависит от солнечной активности, выраженной в числах Вольфа и средней величины направления ветра в июне. Стресс: 0.14528. На глубину максимального обилия амурской звезды существенное воздействие оказывают продолжительность ледового периода, обилие осадков и высота приливов в июне. Стресс: 0.004676. Эта зависимость вертикального распределения от климатических факторов приводит к тому, что в благоприятные для ее воспроизводства годы ее молодь встречается на более верхнем горизонте – 4-6 м.

Тихоокеанская мидия

В горизонтальном распределении тихоокеанской мидии обнаружены некоторые закономерности: обилие ее молоди на гребешковых коллекторах возрастает на акваториях, приближенных к морским плантациям или другим антропогенным субстратам, заселенным ее производителями. Максимальное удаление успешного

воспроизводства тихоокеанской мидии в открытое море зависит от продолжительности предшествующих ледовых дней. Другие факторы оказывают незначительное воздействие на распределение ее личинок. Стресс: 0.1206. В годы с теплым летом наиболее предпочтительные акватории для оседания личинок располагались в открытой части б. Рейд Паллада, а в холодноводные – в тепловодной бухте Миноносок. В вертикальном распределении молоди мидии заметна межгодовая изменчивость, причем с увеличением численности морских плантаций обилие и глубина максимальной численности увеличилась. У этого моллюска наблюдается хорошая корреляция глубины максимального обилия молоди со скоростью ветра, его направлением и величиной осадков в июне. Стресс: 0.0582.

Приморский гребешок

Межгодовая изменчивость горизонтального распределения молоди гребешка, по-видимому, связана с орографией берега, поскольку наиболее благоприятные акватории для оседания его личинок располагаются в полуоткрытой б. Рейд Паллада, имеющей более сильные течения, чем полузакрытых бухтах. В тепловодном 1979 г. максимальное обилие молоди приморского гребешка наблюдалось на самых удаленных в открытое море станциях, в то время как в самый холодноводный 1989 г. максимальное обилие молоди гребешка было на самой тепловодной станции – у мыса Шелеха. Величина максимальной удаленности в открытое море акваторий наиболее благоприятных для заселения его личинок зависит от продолжительности ледового периода в предшествующую зиму, а также связана с высотой раковины молоди, которую она достигает к 23 сентября каждого года. Стресс: 0.1372. Межгодовая изменчивость вертикального распределения молоди приморского гребешка демонстрирует существенную амплитуду, причем горизонт максимальной численности молоди в урожайные годы, как правило, опускается ниже, а само вертикальное распределение демонстрирует пилообразный характер, причем пики повышенного обилия появляются, как правило, через 1.5 метра. Горизонт максимальной численности молоди приморского гребешка в наибольшей степени зависит от средних скорости и направления ветра, а также от обилия осадков в июне. Стресс: 0.0966.

Гребешок Свифта

Для холоднлюбивого гребешка Свифта наиболее предпочтительной акваторией для заселения искусственных субстратов оказалась открытая бухта Рейд Паллада, а также полузакрытая бухта Миноносок. Максимальная удаленность в открытое море станций с максимальной численностью молоди этого гребешка в значительной степени зависит от суммы ледовых дней в предшествующую зиму и обилия осадков в июне. Стресс: 0.1203. В тепловодные 1979 и 1980 гг. обилие молоди этого моллюска были на станциях, удаленных

на 11 и 16 км от тепловодных бухт, в то время как в холодноводные годы личинки этого гребешка предпочитали оседать в 7 и 9 км от бухт Экспедиции и Новгородской. Межгодовая изменчивость вертикального распределения молоди гребешка Свифта демонстрирует существенную взаимосвязь с климатическими факторами, влияющими на его воспроизводство, а глубина максимальной численности в наибольшей степени зависит от солнечной активности, выраженной в числах Вольфа. Стресс: 0.0952.

Хиателла арктическая

Наиболее благоприятной акваторией для заселения личинок хиателлы арктической оказалась бух. Миноносок, имеющая большую численность производителей, обитающих на расположенных в бухте морских плантациях. В тепловодные годы (1978-1980) личинки хиателлы предпочитали оседать на гребешковые коллекторы, расположенные довольно далеко в открытом море (7-15 км). В тоже время в холодноводный 1989 г. их максимальная численность наблюдалась на коллекторах, удаленных всего на 4 км от тепловодных бухт. Удаление станций с максимальной численностью молоди хиателлы зависит прежде всего от температуры воды и ее отклонению в июне. Стресс: 0.0721. Межгодовое вертикальное распределение молоди хиателлы арктической довольно стабильно, поскольку максимальное обилие молоди встречается на сходных глубинах, абсолютные значения которого зависят от урожайности года и в случае обилия молоди отмечается ее заглубление. Глубина максимальной численности существенно зависит от нескольких факторов, наиболее значимым из которых является высота приливов, а также средняя скорость и направление ветра в июне. Стресс: 0.0000049.

Японский гребешок

Наиболее оптимальная акватория для сбора личинок этого гребешка располагается на выходе из тепловодных бухт Экспедиции и Новгородской – у мыса Шелеха, где отмечаются сильные течения. В тепловодный 1979 г. максимальная численность молоди японского гребешка встречалась на станции, удаленной на 11 км от тепловодных бухт, в то время как в холодноводные годы – 1981, 1985 и 1989 гг. – в тепловодной бухте Миноносок. Максимальное удаление личинок этого гребешка в открытое море прежде всего зависит от скорости ветра и высоты приливов в июне. Стресс: 0.1222. Как и у некоторых других моллюсков глубина максимальной численности молоди в наибольшей степени зависит от солнечной активности, выраженной в числах Вольфа. Стресс: 0.1307. Межгодовые различия вертикального распределения этого моллюска слабо заметны, и только в обильный год наблюдается некоторое заглубление его молоди по сравнению с менее урожайными годами.

Пятилетние наблюдения за пространственным распределением молоди приморского гребешка в бух. Миносок показали, что в случае некоторого сходства в горизонтальном и вертикальном распределении между годами оно происходит единообразно на трех исследованных горизонтах. Представленные наблюдения демонстрируют существенную динамику экологических ниш исследуемых видов, зависимость, как правило, от климатических факторов и прежде всего от солнечной активности.

RECOMBINATION-INDEPENDENT INTERACTIONS BETWEEN HOMOLOGOUS DNA MOLECULES INDUCE CYTOSINE-TO-THYMINE MUTATION BY A HETEROCHROMATIN-RELATED PATHWAY

E. Gladyshev

Research Associate, Department of Molecular and Cellular Biology, Harvard University
52 Oxford Street, Room NW140, Cambridge MA 02138, USA Phone: +1-617-820-6419

eugene.gladyshev@gmail.com

The availability of diverse biological systems underlies our fundamental advances in understanding the molecular logic of Life. In many eukaryotes, including mammals, large amounts of repetitive DNA are associated with high levels of cytosine methylation (5mC) and histone H3 lysine 9 di-/trimethylation (H3K9me_{2/3}) in the form of constitutive heterochromatin. In the fungus *Neurospora crassa*, where the pathway of heterochromatin assembly has been characterized in much detail, H3K9me₃ and 5mC are established, respectively, by a lysine methylase DIM-5 and a cytosine methylase DIM-2. Here we show that in haploid germline nuclei of *Neurospora*, DIM-5/DIM-2 can also mediate cytosine-to-thymine (C-to-T) mutation of newly-integrated repetitive DNA. This process targets multi-copy sequences present in different configurations, including tandem arrays as well as pairs of closely-positioned or dispersed repeat units. In all these cases, DIM5/DIM-2-mediated C-to-T mutations typically spread from repetitive sequences into adjoining single-copy genomic regions. When combined with our previous findings concerning the recombination-independent nature of DNA homology recognition that underlies C-to-T mutation in *Neurospora*, current results suggest a fundamentally new model of heterochromatin assembly on repetitive DNA. Existing mechanisms involve sequence-specific proteins or non-coding RNAs. We propose, instead, that direct pairwise interactions between homologous DNA molecules provide a primordial signal for recruiting mediators of constitutive heterochromatin. Since the number of potential homologous DNA/DNA interactions scales up with the amount of repetitive DNA, this process may be particularly important and effective in the formation of heterochromatin domains on large repeat arrays that are generally associated with centromeric and telomeric regions of chromosomes.

СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ (CRUSTACEA: ISOPODA) В АБИССАЛИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К КУРИЛО-КАМЧАТСКОМУ ЖЕЛОБУ, ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ KURAMBIO

О.А. Головань, М.В. Малютина

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской
биологии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

golovan_olga@mai.ru

m_malyutina@mail.ru

Ранее исследования в районе Курило-Камчатского желоба (ККЖ) от батиали до максимальных глубин и на прилегающей абиссали Северо-Западной котловины Тихого океана проводили экспедиции НИС «Витязь» (1949-1966 гг.). Сбор макробентоса производили тралом Сигсби и дночерпателями «Океан» и «Галатей» (Зенкевич и др., 1955). Экспедициями обнаружена богатая фауна, одним из самых многочисленных и богатых таксонов которой стали равноногие ракообразные (отряд Isopoda). Всего было зарегистрировано 111 видов изопод, том числе 63 вида – на абиссальных глубинах (3000-6000 м) на границе ККЖ и к востоку от него (Бирштейн, 1963, 1970, 1971).

Современные глубоководные исследования показали, что применение специализированных орудий сбора макробентоса, таких как эпибентосный трал (EBS), позволяет в разы или на порядки увеличить число собранных видов даже в хорошо изученных районах (Brandt et al., 2013, 2015; Golovan et al., 2013). В 2012 г. абиссаль Северо-Западной котловины Тихого океана к востоку от ККЖ на глубинах 4830-5780 м исследовала комплексная экспедиция KuramBio (Kurile Kamchatka Biodiversity Studies), которая использовала С-EBS, что позволило существенно расширить видовой список равноногих северо-западной Пацифики. Подробно о методах сбора и обработки материала, стандартизации данных и информации по станциям KuramBio см.: Brandt et al., 2015. Предварительные данные о таксономическом составе изопод в материалах KuramBio опубликованы в работе Elsner et al., 2015.

Изоподы составляли 12.6% численности макробентоса KuramBio (Brandt et al., 2015) и были представлены 245 видами, 69 родами, 17 семействами и тремя подотрядами. Почти все указанные таксоны (243 вида, 67 родов, 15 семейств), включающие 99%

собранных изопод, принадлежат подотряду Asellota. Кроме того, в сборах присутствовали особи одного вида Valvifera (Arcturidae) и как минимум одного вида Epicaridea. Паразитический подотряд Epicaridea⁹ в нашем материале был представлен только свободноплавающими криптонисцидными личинками.

Подотряд Asellota в основном представлен первичноглубководными семействами (13). Кроме них обнаружены два вида из преимущественно мелководных семейств Munnidae и Paramunnidae. Среди азеллот преобладали семейства Munnopsidae (100 видов, 53.9% общей численности изопод) и Desmosomatidae (57 видов, 17.9%). Следующими за ними по численности оказались семейства Macrostylidae (11.4%) и Naploniscidae (10.0%), а по видовому богатству – семейства Ischnomesidae (26 видов), Nannoniscidae (24), Macrostylidae (14) и Naploniscidae (11). Из приведенного числа таксонов впервые в Северо-Западной Пацифике обнаружены. 215 (87.5%) видов, 24 (34.8%) рода и семейство Dendrotionidae. Два рода из семейств Munnopsidae и Paramunnidae являются новыми для науки. Кроме того 210 видов (85.7%) азеллот, предположительно, также являются новыми для науки. Самым большим числом видов представлены роды муннопсид *Eurycope* (24 вида) и *Munneurycope* (13), десмосоматид *Eugerdia* (18) и *Mirabilicoxa* (14) и единственный род макростилид *Macrostylis* (14). Остальные 58 родов оказались не так богаты (<10 видов), 36 из них представлены 1-2 видами.

Большинство собранных видов оказались редкими и имели низкую численность. Семьдесят восемь (31.9%) видов изопод представлены в сборах 1-2 экземплярами. Только 31 вид (12.7%) встречался с численностью, превышающей 10 экз./1000 м траления. Сравнительно высокие показатели обилия (223 экз./1000 м) были только у *Eurycope* sp.1 на станции 3-9. Тридцать два вида (13%) присутствовали на более чем половине станций С-EBS, и шесть видов – муннопсиды *Eurycope* sp.1, *Betamorpha* cf. *fusiformis* (Barnard, 1920), *Microcope ovata* (Birstein, 1970), десмосоматида *Mirabilicoxa* sp. 7-2 cf. *coxalis* (Birstein, 1963), макростилиды *Macrostylis* n. sp. 2 и *M. curticornis* (Birstein, 1963) – найдены на каждом сайте экспедиции.

Самая высокая численность изопод зафиксирована на западном (островном) склоне ККЖ, где она достигала 721 экз./1000 м (Рис.1). На океаническом абиссальном плато к востоку от желоба обилие было значительно меньше (58-420 экз./1000 м). В пределах равнинных станций отмечено три максимума обилия изопод: на самой южной (Ст. 12-4,

⁹ В последней принятой классификации изопод таксоны, традиционно относимые к Epicaridea, рассматриваются в составе подотряда Сумтохиды (см: Brandt and Poore, 2003). Объяснение использования «традиционной» системы изопод приведено Головань и Малютиной (2010).

420 экз./1000 м) и самых северных (Ст. 2-9, 2-10, 288-364 экз./1000 м) станциях, а также на сайтах 8 и 9 (до 201 и 185 экз./1000 м, соответственно).

Видовое богатство изопод варьировалось от 35 до 78 видов на одну станцию (от 48 видов, если брать во внимание самый богатый трал каждого сайта) и было самым высоким на сайтах 9 (до 78 видов на станцию), 2 (до 72 видов) и 7 (до 71 вида), а самым низким – на сайтах 11 (до 54 видов) и 1 (до 48 видов) (Рис. 2).

Картина распределение изопод хорошо согласуется с данными о составе донных отложений в районе исследования (см. Sattarova, Artemova, 2015). Повышение численности и видового богатства изопод на сайтах 3, 2, 9 и 12 соответствуют высокому процентному содержанию $C_{орг}$ в донных отложениях. Причем источник притока органики в глубоководную систему различается для разных сайтов экспедиции. На сайте 2 в осадках присутствует максимальное количество створок диатомовых водорослей, которые представлены океаническими видами. Это указывает на высокую продуктивность поверхностных вод в данном районе. На сайте 3 (уступ на западном склоне ККЖ), содержание $C_{орг}$ в осадках было максимальным при низком содержании диатомовых. Склоны желобов известны как зоны транзитного переноса органики из более мелководных районов и с суши. Поступающая органика аккумулируется на уступах и дне желобов (ср. с высокой численностью изопод у подножья континентального склона Японского моря, см. Golovan et al., 2013). На сайтах 9, 11 и 12 содержание $C_{орг}$ приближалось к максимальным значениям для равнинных станций. На сайте 9 состав комплекса диатомовых указывает на сильное влияние выноса поверхностных вод и льда из Охотского моря через Курильские проливы. На сайте 12 отмечены высокие показатели содержания диатомовых с высокой долей прибрежных видов – индикаторов распреснения, что может указывать на влияние сильного берегового стока (Sattarova, Artemova, 2015). На сайте 11 отмечено максимальное содержание $C_{орг}$, но численность и разнообразие изопод здесь были низкими. На этом сайте отмечены сильные придонные течения (11-12 см/с), что могло негативно сказаться на обилии изопод, ведущих эпи- и нектобентический образ жизни.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (16-04-01431).

ЛИТЕРАТУРА

Бирштейн Я.А. 1963. Глубоководные равноногие ракообразные (Crustacea, Isopoda) северо-западной части Тихого океана. М.: АН СССР, 218 с.

Бирштейн Я.А. 1970. Дополнения к фауне равноногих ракообразных (Crustacea, Isopoda) Курило-Камчатского желоба. Часть 1 // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. Т. 86, с. 292-341.

Бирштейн Я.А. 1971. Дополнения к фауне равноногих ракообразных (Crustacea, Isopoda) Курило-Камчатского желоба. Часть II. Aselota-2 // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. Т. 92, с. 162-239.

Головань О.А., Малютин М.В. 2010. Биота российских вод Японского моря. Т. 9. Равноногие раки (Isopoda). Владивосток: Дальнаука, 2010. - 357 с.

Зенкевич Л.А., Бирштейн Я.А., Беляев Г.М. 1955. Исследования донной фауны Курило-Камчатской впадины // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. Т. 12, с. 345-381.

Brandt, A., Elsner, N., Brenke, N., Golovan, O., Malyutina, M.V., Riehl, T., Schwabe, E., Wьrzbьrg, L. 2013. Epifauna of the Sea of Japan collected via a new epibenthic sledge equipped with camera and environmental sensor systems // Deep-Sea Research II, 86–87, 43–55.

Brandt, A., Elsner, N., Malyutina, M.V., Brenke, N., Golovan, O., Lavrentyeva, A. & Riehl, T. 2015. Abyssal macrofauna of the Kuril-Kamchatka Trench area (Northwest Pacific) collected by means of a camera-epibenthic sledge. Deep-Sea Research II, 111, 175–187.

Brandt A., Poore G.C.B. 2003. Higher classification of the flabelliferan and related Isopoda based on a reappraisal of relationships // Invertebrate Systematics. V. 17. P. 893-923.

Golovan, O.A., Blazewicz-Paszkowycz, M., Brandt, A., Budnikova, L.L., Elsner, N., Ivin, V.V., Lavrentyeva, A., Malyutina, M.V., Petryashov, V.V., Tzareva, L.A. 2013. Diversity and distribution of peracarid crustaceans (Malacostraca) from the continental slope and the deep-sea basin of the Sea of Japan. Deep-Sea Research II, 86–87, 66–78.

Elsner, N.O., Malyutina, M.V., Golovan, O.A., Brenke, N., Riehl, T. & Brandt, A. 2015. Deep down: Isopod biodiversity of the Kuril-Kamchatka abyssal area including a comparison with previous expeditions of the RV Vityaz // Deep-Sea Research II, 111, 210–219.

Sattarova V.V., Artemova A.V. Geochemical and micropaleontological character of Deep-Sea sediments from the Northwestern Pacific near the Kuril–Kamchatka Trench // Deep-Sea Research II, 111, 10–18.

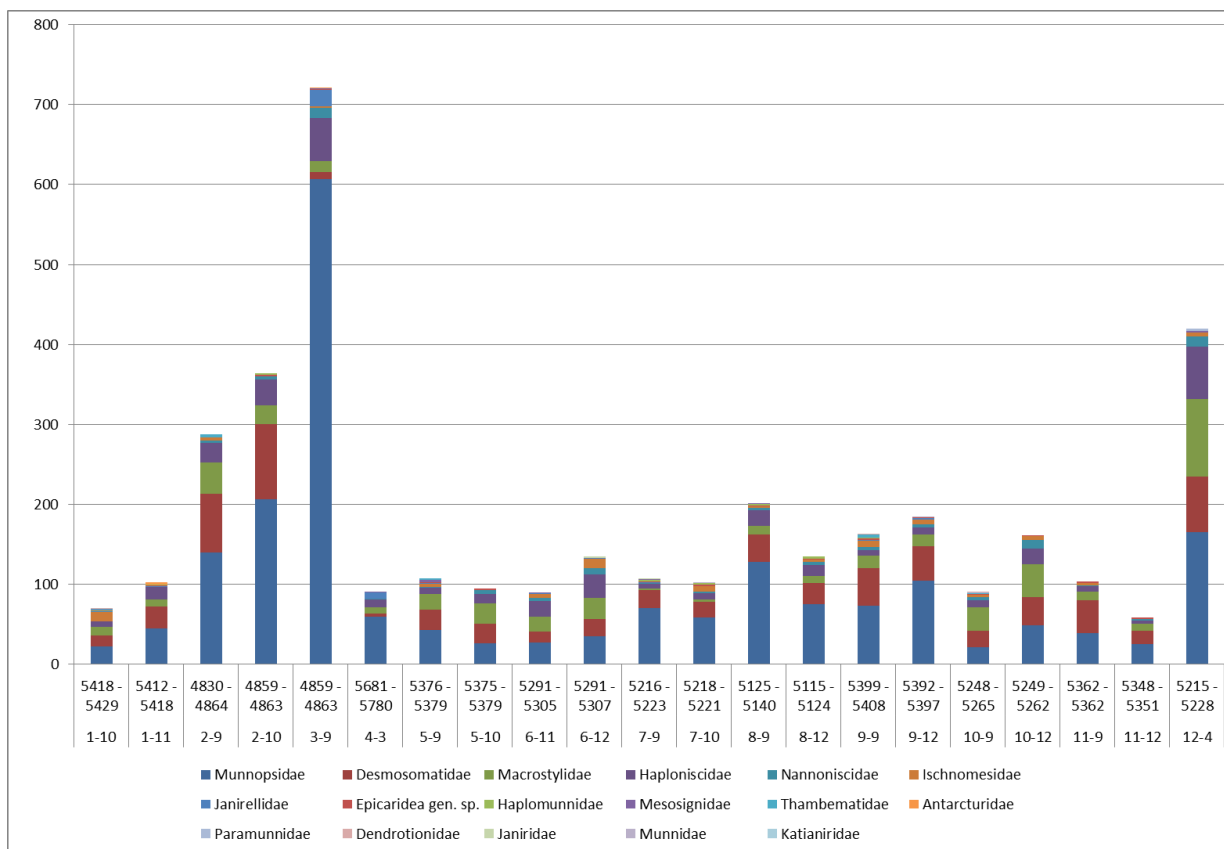


Рис. 1. Обилие изопод (экз./1000 м траления) в материалах С-ЕБС на станциях KuramBio.

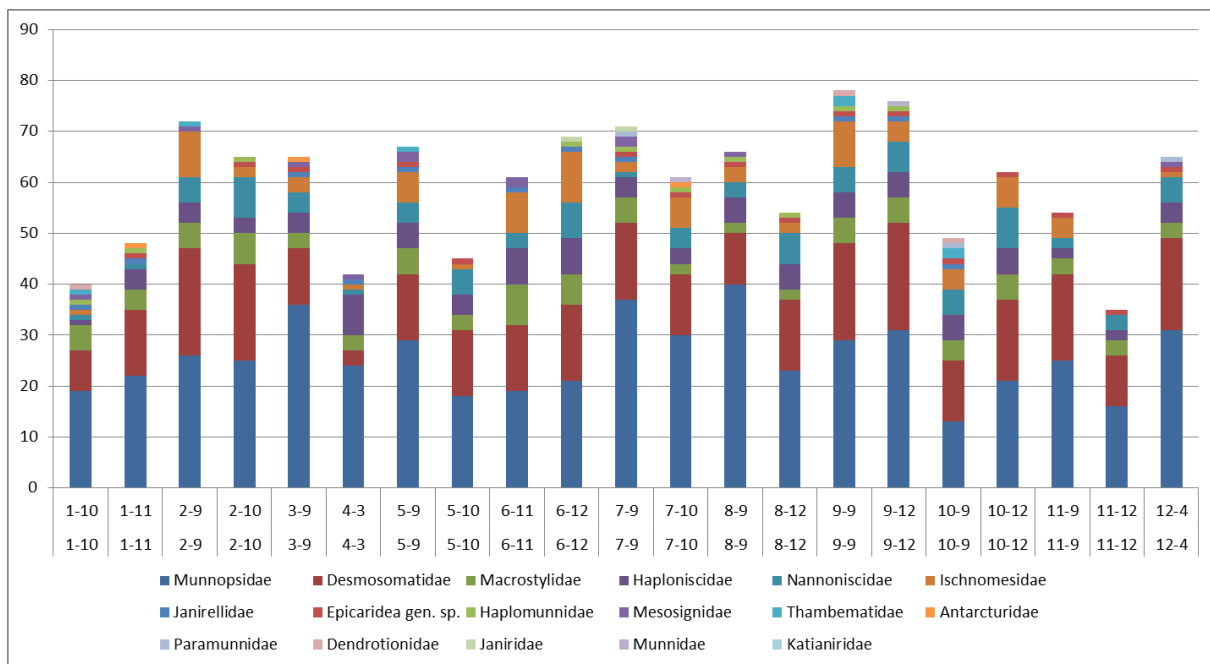


Рис. 2. Видовое богатство изопод в материалах С-ЕБС на станциях KuramBio.

CHANGES IN A TROPICAL MARINE INSHORE FISH COMMUNITY IN A MACRO-TIDAL ESTUARY (DARWIN HARBOUR, AUSTRALIA)

V.E. Gomelyuk

Marine Ecosystems, Flora and Fauna Division Dept. of Land Resource Management, Northern
Territory Government, Darwin, Australia

victorgomelyuk@gmail.com

Assessing temporal changes and trends in fish communities can assist with management of Darwin Harbour. The diversity and abundance of fish communities were assessed using baited remote underwater system (BRUVS), which uses “video fishing” - recording fish attracted to a camera by standard bait and has been shown to be an effective non-extractive survey method. The approach is useful for long-term environment monitoring because non-impact nature of visual surveys enables repetitive sampling at reference sites. Fish assemblages were compared between two surveys conducted in 2011 and 2012. Overall, assemblages composition appeared to be rather stable. Annual differences were relatively small and mainly the result of re-distribution of small school pelagic and demersal species (trevallies, threadfin breams and ponyfishes) rather than a result of decline in fish abundance and biodiversity. These groups dominated both reefs and open bottom areas at monitoring sites. Our underwater video observations confirmed that fish abundance at monitoring station could change dramatically within several minutes because of arrival or departure of the school of trevally or scad. These school pelagic fishes belongs to “opportunistic strategists”. Such species have a shorter generation time, fast rate of population growth, despite low individual fecundity. Their population responses tend to be large in amplitude and species grouped according to this life history strategy have been classified as having either cyclical, irregular or spasmodic population patterns. Interpretation of results of monitoring of “opportunistic strategists” species is intricate: on the one hand, there is no need for the immediate alarm if temporal decline in these species was recorded. On the other hand, a persistent decline in such species for several years may be an indicator of possible serious changes in ecosystem leading to a “cascading reaction” in the future, and therefore should not be taken lightly. Because of relatively high population numbers, data “opportunistic strategists” can be analysed using powerful statistical tools.

Univariate analyses (ANOVA) of mean fish abundance and the number of species in one video sample appear to be less sensitive and provide very limited insight on the nature of

changes in monitored fish assemblages compared to multivariate indices such as Permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA), Analysis of Similarity (ANOSIM) and Similarity percentages (SIMPER). Univariate indices therefore have to be used in conjunction with multivariate indices. Further monitoring can add important information of natural temporal variability in fish assemblages of the Harbour. This will increase ability of monitoring to detect and identify changes in fish assemblages caused by adverse environmental and anthropogenic factors

О СВЯЗИ КОНОДОНТОВ С ХЕТОГНАТАМИ

Г.И. Гуравская¹, А.П. Касаткина²

¹Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

²Тихоокеанский океанологический институт им.В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток,
Россия

buryi@mail.ru

Обсуждается сходство проблематичных ископаемых животных-конодонт, которые включают протоконодонт и эуконодонт. Показана связь протоконодонт с морскими беспозвоночными – хетогнатами. Высказано предположение, что эуконодонт представляли собой самостоятельный тип довольно примитивных беспозвоночных животных *Euconodontophylea Kasatkina et Buryi, 1997*.

Положение в системе животного царства типа хищных морских беспозвоночных, которые захватывают добычу двумя пучками крючковидных щетинок (*Chaetognatha*) и группы проблематичных ископаемых животных, зубовидные скелетные остатки которых называются конодонтами, более 100 лет было предметом дискуссии. Долгое время не было известно, частями какого организма являлись конодонт. Исследование С. Бенгтсона [8] показало, что группа конодонт объединяет ископаемые скелетные элементы, принадлежавшие разным типам животных. Х. Шанявский [13] установил, что наиболее примитивные кембрийские конодонт (протоконодонт) были щетинками *Chaetognatha*. Другая разновидность конодонт – паракондонт, по нашему мнению, гомологичны их зубчикам. Однако широко известные в геологической литературе и с успехом используемые в биостратиграфических исследованиях [1, 3] эуконодонт, к которым относятся почти все ордовикско-триасовые конодонт, отличаются от прото- и паракондонт совершенно другим типом строения элементов. Эуконодонтные элементы, по-видимому, находились в теле животного в виде ротовых аппаратов.

Начиная с 1982 г., несколько полных отпечатков конодонтного животного были обнаружены в прослое ленточного известняка, находящегося в песчаниках Грантона нижнекарбонового возраста вблизи Эдинбурга, Шотландия [6, 9]. Это животное имело длинное (около 40 мм), узкое (около 2 мм) червеобразное тело с отчетливо обозначенной головой. Недалеко от переднего конца сохранился почти полный ротовой аппарат, состоящий из различных эуконодонтных элементов. От передней части тела к заднему отчетливо протягивается узкая, светлая полоса, которую интерпретировали как хорду, на

основании чего само это животное было отнесено к примитивным позвоночным [7]. Однако при этом многие морфологические особенности эуконодонта, видимые на отпечатках и свидетельствующие об их родстве с хетогнатами [4], не были учтены.

Наиболее характерные морфологические особенности животного-эуконодонта, придающие ему сходство с хетогнатами и отличающие его от примитивных позвоночных, заключены в его головной и хвостовой частях и лучше всего видны на наиболее хорошо сохранившемся шестом отпечатке эуконодонта *Clydagnathus* sp. из нижнекарбонического слоя Грантон в Эдинбурге (№ 6, RMSGY 1992.41.2) [7, 10, 11] (рис. 1, Б, В). По нашему мнению, этот экземпляр лежит на брюшной стороне спинной стороной вверх. Именно на этом отпечатке хорошо виден хвостовой отдел эуконодонта: он более темный, также как на отпечатке ископаемой хетогнаты [12]. У хетогнаты хвостовой отдел становится более темным в период созревания мужских гонад. Мелкие клубочки, осевшие на хвостовых щетинках эуконодонта (экземпляра № 6) похожи на сперматофоры современных хетогнат: они их носят на хвосте до встречи с партнером (рис. 1, А).

Наличие хвостового отдела у эуконодонтов является важным аргументом в пользу родства их с хетогнатами, поскольку сегментация тела – один из важных систематических признаков в таксономии животных.

Другой такой признак – прикрепительные скелетные головные пластинки. На отпечатке экземпляра № 6 они более темные и их обычно принимают за глаза. Однако известно, что сколько-нибудь энергичные сокращения мускулатуры требуют увеличения прочности в местах приложения возникающих сил [2], поэтому в состав сократительно-двигательного аппарата включаются обязательно и прикрепительные скелетные элементы. Хватательный аппарат хетогнат прикреплен мышцами к скелетным пластинкам головы на брюшной и спинной сторонах. Прикрепительные пластинки хетогнат – производные базальной мембраны эластоидиновой химической природы, сходной с таковой круглоротых и рыб. Поскольку скелетные пластинки хетогнат являются рычагом для легких хитиновых щетинок, толщина их незначительна и они полупрозрачны. Однако тяжелый зубной аппарат эуконодонта должен был иметь мощный мышечный аппарат, прикреплявшийся к более мощным скелетным образованиям, чем пластинки хетогнат. У эуконодонтов, как и у хетогнат, прикрепительные скелетные пластинки расположены на спинной стороне головы. Между прикрепительными скелетными пластинками точно на переднем конце расположено ротовое отверстие. Такое положение рта у эуконодонтов – признак примитивности, который заслуживает особого внимания, так как ни одно животное, относящееся ко вторичноротым, не имеет рта, расположенного апикально. Этот признак ставит эуконодонтов эволюционно ниже даже хетогнат. Позади скелетных

прикрепительных пластинок на отпечатке видна более темная неправильно овальная глотка. Позади глотки по центру отпечатка идет светлая полоса – это кишка, а не хорда. Хорда плотнее, чем кишечная трубка, поэтому она отпечталась бы как более темная структура. Еще одна особенность указывает на кишечную природу этой светлой полосы посредине животного: на одном из отпечатков (экземпляр № 6) фекальный комочек раздвинул трубку и слегка высовывается из ануса. В отличие от *Chaetognatha*, у эуконодентов кишечник не заращен в хвостовом отделе и заканчивается терминально на заднем конце. В головной части эуконодентов вокруг ротового отверстия виден ореол из мягких тканей. Это остатки рострума и лопастей, которые сохраняются хуже других частей тела. Их функции – осязание и захват добычи. У эуконодентов лопасти капора не скелетизировались, так как были сплошными.

По бокам эуконодонта имеются две пары прозрачных плавников, сходных с плавниками хетогнат. Как и у хетогнат, по всей поверхности туловища и хвоста, независимо от плавников, можно видеть прямые щетинки. У эуконодентов (экземпляр № 6) хорошо видны крупные щетинки, защищающие нежный чувствительный анус. По-видимому, щетинки эуконодентов, как и хетогнат, несут сперматофоры (семенесущие капсулы).

Поперечная мускулатура эуконодентов подробно обсуждается в работах многих авторов [6, 7, 9]. Она сохранилась также у примитивного отряда *Chaetognatha* (*Phragmophora*).

Судя по отпечатку, эуконодонт имел небольшие глаза, расположенные на голове в области прикрепительных скелетных пластинок позади рта.

Поскольку принципиально важные морфологические особенности эуконодентов и их строение близки к типу *Chaetognatha*, возможно, эти два типа представляют собой эволюционную ветвь рано отделившуюся (и специализированную) от общего ствола животного царства. Эту ветвь мы называем надтипом *Chaetodonta*. Она состоит из типа *Euconodontophylea Kasatkina et Buryi*, 1997 [5] и типа *Chaetognatha*, Leuckart, 1894, куда входят протоконодонты и, вероятно, параконодонты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барсков И.С. Конодонты в современной геологии // Итоги науки и техники. ВИНТИ. Сер. общая геол. Москва. 1985. Т. 19. С. 93-221.
2. Беклемишев В.Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных. М.: Наука, 1964. Т. 1. 432 с.
3. Бурый Г.И. Конодонты и стратиграфия триаса Сихотэ-Алиня // Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 136 с.

4. Касаткина А.П. Щетинкочелюстные морей СССР и сопредельных вод Л.: Наука, 1982. 136 с.
5. Касаткина А.П., Бурый Г.И. *Chaetodonta* – новый надтип животных и его положение в системе животного царства // Докл. РАН. 1997. Т. 356, № 6. С. 843–845.
6. Aldridge R.J., Briggs, D.E.G., Clarkson et al. The affinities of conodonts – new evidence from the Carboniferous of Edinburgh, Scotland // *Lethaia*. 1986. V. 19. P. 279–291.
7. Aldridge R.J., Briggs, D.E.G., Smith M.P. et al. The anatomy of conodonts // *Philos. Trans. R. Soc., London*. 1993. Ser. V.B. 340. 405 p.
8. Bengtson S. The structure of some Middle Cambrian conodonts, and the early evolution of conodont structure and function // *Lethaia*. 1976. V. 9. P. 185–206.
9. Briggs G.E.G., Clarkson E.N.K, Aldridge R.J. The conodont animal // *Lethaia*. 1983. V. 16. P. 1–14.
10. Kasatkina A.P., Buryi G.I. Some morphological features of euconodonts // *ECOS VII Abstracts, Bologna-Modena*. 1998. P. 50–52.
11. Kasatkina A.P., Buryi G.I. The position of the phyla Chaetognatha and Euconodontophylea in the classification of Metazoa // *Zoosystematica Rossica*. 1999. V. 8, № 1. P. 21–26.
12. Schram F.R. Pseudocoelomates and a nemertine from the Illinois Pennsylvanian // *Journal of Palaeontology*. 1973. V. 47, № 5. P. 985–989.
13. Szaniawski H. Chaetognatha grasping spines recognized among Cambrian protoconodonts // *Journal of Paleontology*. 1982. V. 56, № 3. P. 806–810.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ЯДЕРНО-МАГНИТНОЙ РЕЗОНАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ЖИРОВ ИЗ СЕМЯН КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОЯСОВ

К.А. Дроздов^{1,2,3}, Н.В.Звягинцев¹, А.В. Есипов¹

¹Тихоокеанский институт биоорганической химии моря им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, г. Владивосток;

² Дальневосточный федеральный университет, г Владивосток;

³ Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток

drovsh@yandex.ru

Растительный жир из семян многих растений стал использоваться очень давно как основной энергетический источник. Семена растений в отличие от мяса и рыбы, а также плодов, удобно хранить, что позволяло переживать голодные периоды. К числу достоинств относится также то, что семенные растения легко окультуриваются. Нет устоявшегося мнения о том, какие растительные масла человечество стало получать первыми. Есть представления, что одной из первых масличных культур был лён. Эту культуру, по мнению некоторых ученых, завезли в древнюю Русь скифы из Средней Азии, что выглядит несколько странным, так как в отличие от Средней Азии дикорастущий лен широко распространен на всей территории средней полосы России. Доподлинно известно, что на территории Руси уже в XIII веке льняное масло использовали в кулинарии.

История исследования свойств растительных жиров насчитывает несколько тысячелетий. Правда, последние полвека можно наблюдать угасание интереса к исследованию растительных жиров, но не по причине снижения потребления, а скорее по причине, если можно так сказать, ощущения полной исследованности данного объекта. Однако за последние 10 лет отмечено повышение интереса к этой области. Это вызвано изменением экономического вектора в производстве растительных жиров, а именно, значительным увеличением производства пальмового масла, если быть более точным, то масла масличной пальмы (*Elaeis guineensis*), и как следствие, замещение и частичное вытеснение животных жиров с продовольственного рынка. Появилось много работ, доказывающих как пользу употребления в пищу жира масличной пальмы (Золочевский,

2011), так и указывающих на значительный вред, наносимый здоровью пальмовым маслом (Ходенков, Букатенко, 2014). Использование метода ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) показало свою эффективность в биологических исследованиях не только выделенных чистых веществ, но и смесей биологически активных веществ, таких как биологические жидкости: плазма крови, слезные железы, пот, жир (Дроздов, 2013).

Целью нашей работы была оценка возможностей использования метода ядерно-магнитного резонанса в исследовании структуры растительных масел, а также выявление принципиальных отличий биохимического состава пальмового масла от масла других культур.

Для получения спектров исследуемое масло смешивали с дейтерированным хлороформом в пропорции 1:10 и получали протонный спектр на спектрометре фирмы Bruker (Германия) с резонансной частотой протонов 300 МГц. В результате были получены интегралы ЯМР сигналов от двух областей - от 0 до 6 ppm и от 5 до 6 ppm. Значение первой приравнялось к 100%, как суммарный сигнал от всех триглицеридов в масле, затем получали интеграл (Рис. 1). Интеграл в диапазоне 5 - 6 ppm включает в себя сигнал от одного водорода, входящего в состав глицерина и сигналы от всех водородов, находящихся в двойных связях жирных кислот. Это значение характеризует ненасыщенность радикалов жирных кислот, входящих в состав масла (табл. 1).

Таблица 1. Биологические и химические свойства растительных масел из растений, произрастающих в разных климатических поясах.

Название масла	∫ ЯМР сигнала*	Температура прорастания	Йодное число	Источник
Льняное	14,141	4	190	http://www.9lc.com/yodnoe-chislo.html
Подсолнечное	9,707	6	131,5	http://chemister.ru/Database/words-description.php?dbid=1&id=54
Соевое	10,191	10	130,5	http://wiki-linki.ru/Citates/590762
Кукурузное	7,535	10	120	http://techob.ru/gostyi-metodiki/identifikacziya-masel-i-zhirov.html
Кунжутное	7,64	14	110	http://chem21.info/info/81069/
Оливковое	6,136	20	81,5	Краткая химическая энциклопедия. Том 2., 1963 г.
Пальмовое	3,99	28	59	http://albionchem.ru/catalog/4404/
Кокосовое	1,7	28	9	http://www.livemaster.ru/topic/1406701-kokosovoe-maslo-opisanie

Примечание: * – сумма интегралов ЯМР сигнала в H^1 -спектре масла в диапазоне от 5 до 6 ppm

Метилловые эфиры жирных кислот (ЖК) получали по методу Ж. Каро и Ж. Дюбоска (Carreau, Dubacq, 1978). Их очистку проводили методом колоночной хроматографии на силикагеле в системе растворителей гексан:диэтиловый эфир (98:2 по объему) (Kates, 1978). Анализ метиловых эфиров ЖК проводили на газовом хроматографе Shimadzu GC-2010 plus с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой Supelcowax-10 (длина – 30 м, внутренний диаметр – 0,25 мм, толщина фазы – 0,25 мкм; температура инжектора - 250°C, колонки – 200°C, детектора – 270°C); в качестве газ-носителя использовали гелий с линейной скоростью потока в 40 см/с. Жирные кислоты идентифицировали с помощью стандартов и по значениям эквивалентной длины цепи (Stransky et al., 1997).

Растительные жиры состоят из молекул глицерина и присоединенных к ним жирных кислот (рис.1). Результаты, полученные с помощью ЯМР, полностью соответствуют данным хроматографии, а именно процентному соотношению насыщенных и ненасыщенных ЖК в масле.

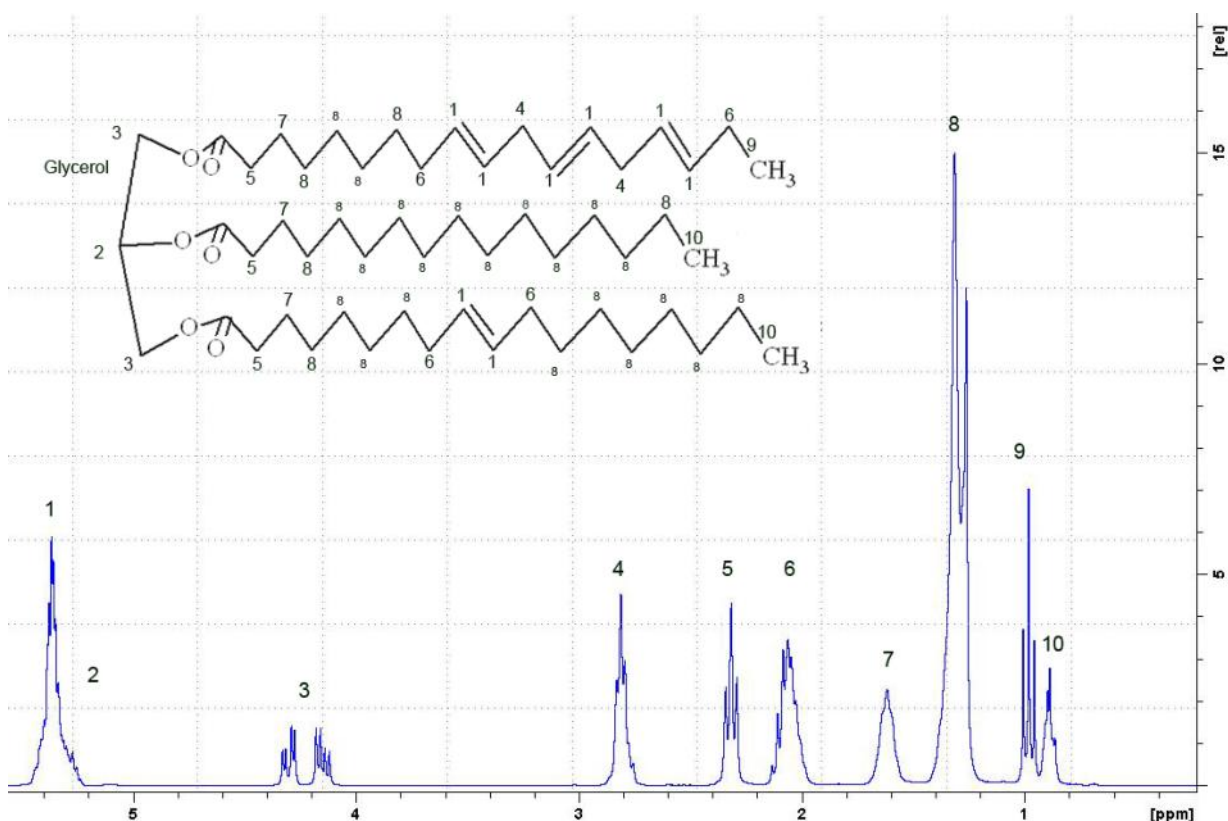


Рис. 1. ¹H-ЯМР спектр льняного масла (Bruker, 300 МГц). Ось абсцисс – химический сдвиг ppm (*parts per million*), ось ординат – интенсивность ЯМР сигнала от образца в данной частотой области (безразмерная величина).

Сопоставление сравнительных данных ЯМР с йодными числами исследуемых масел показало полное соответствие сравниваемых показателей (рис.2). Йодное число –

это количество граммов йода, необходимое для насыщения ненасыщенных жирных кислот, содержащихся в 100 г жира. Йодное число является одним из наиболее важных показателей для масел (жиров). Оно позволяет судить о степени насыщенности масла, о склонности его к высыханию, прогорканию и другим изменениям, происходящим при хранении и переработке пищевых и технических масел. Чем больше содержится в жире ненасыщенных ЖК, тем выше его йодное число. Уменьшение йодного числа в процессе хранения масла служит показателем его порчи (Гузиков и др., 2007).

Показано, что в маслах разных культур существует прямая зависимость между содержанием двойных связей и температурой прорастания семян этих растений. Чем ниже температура прорастания семян, тем выше содержание ненасыщенных ЖК в масле (рис. 3). По всей видимости, это связано с тем, что температура плавления жиров с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот ниже, чем жиров, в которых представлены в основном насыщенные ЖК.

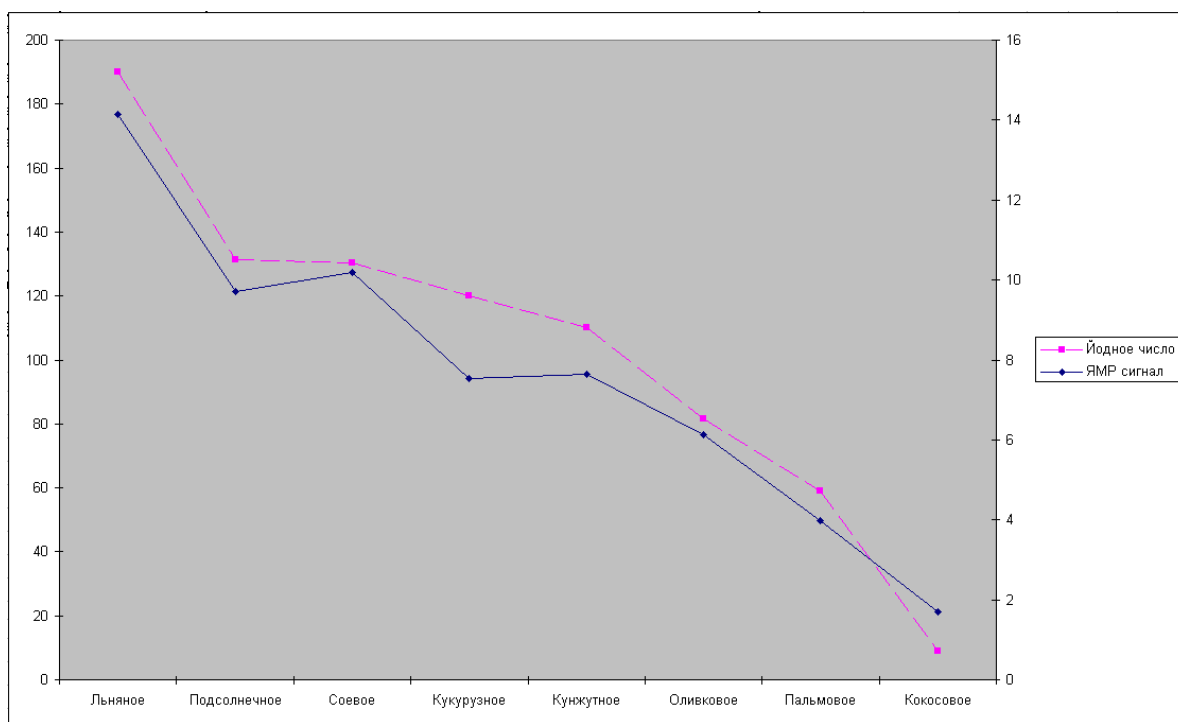


Рис. 2. Соотношение йодных чисел и интенсивности ЯМР сигнала от двойных связей для разных типов масел. Левая шкала ординат: интенсивность ЯМР сигнала от ядер водорода в двойных связях. Правая шкала ординат: йодное число масла.

Таким образом, метод ЯМР позволяет дать точные характеристики растительных масел, а именно с высокой точностью определить относительное содержание двойных связей в составе жирных кислот. Этим методом можно также определять относительное

содержание полиненасыщенных жирных кислот и ω -3 жирных кислот. Основываясь на наших данных, можно сделать вывод, что процентное содержание двойных связей в семенах растений является важной функцией приспособления к внешним условиям среды. Для прорастания в условиях северных территорий семенам растений необходимо большее содержание ненасыщенных ЖК.

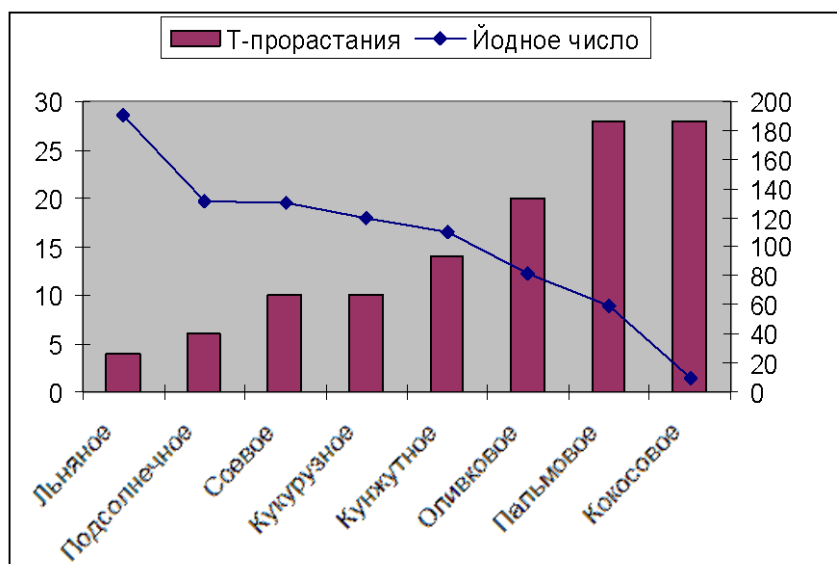


Рис. 3. Соотношение температуры прорастания семян и содержания двойных связей в масле. Ось ординат слева - температура прорастания семян, ось ординат справа - йодное число масла.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гузиков А.Я., Макасева О.Н., Ткаченко Л.М.* Химия и биохимия липидов. Методические указания. Учебное издание. Могилев: «Могилевский государственный университет продовольствия». 2007. 44 с.
2. *Дроздов К.А.* Применение магнитно-резонансной томографии и спектроскопии для характеристики функциональных и метаболических изменений мозга в ранний восстановительный посткоммоционный период. Автореферат канд. диссертации. СПб. Институт физиологии им. И.П. Павлова. 2013. 24 с.
3. *Золочевский В.Т.* Стандарт на пальмовое масло: за и против // *Масла и жиры*. 2011. №.7. С. 22 – 24.
4. *Ходенков А.Э., Букатенко Н.А.* Влияние пальмового масла на организм человека. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» // *Безпека людини в сучасних умовах*, 2014, С. 327 – 329.
5. *Краткая химическая энциклопедия. Том 2. Под ред. И. Л. Кнунянца, 1963. с.*

6. Химия и биохимия липидов: Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальностей 1-49 01 01, 1-49 01 92, 1-91 01 01 Могилевский государственный университет продовольствия; сост. А.Я. Гузиков, О.Н.Макаеева, Л.М.Ткаченко.–Могилев, 2007.–41с.

7. *Carreau J.P., Dubacq J.P.* Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // *J. Chromatogr.* 1978. Vol. 151, Iss. 3. P. 384-390.

8. *Kates M.* Techniques of lipidology. Isolation, analysis and identification of lipids. New York: Elevier, 1973. 341 pp.

9. *Stransky K., Jursik T., Vitek A.* Standard equivalent chain length values of monoenic and polyenic fatty acids // *J. High Resol. Chromatogr.* 1997. Vol. 20, No. 3. P. 143-158.

ХАРАКТЕРИСТИКА МАКРОФИТОБЕНТОСА ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

Н.В. Евсева

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г.
Москва, Россия
evseeva@vniro.ru

Южные Курильские острова – уникальный альгофлористический район, расположенный на стыке высоко- и низкобореальной подзон с особым гидрологическим и термическим режимами, характеризуется широким видовым разнообразием макрофитобентоса. Здесь распространены и образуют мощные заросли эндемичные для узких регионов Северо-Западной Пацифики виды. Например, анфельция тобучинская *Ahnfeltia tobuchiensis* – в настоящее время может считаться эндемиком южной части российского Дальнего Востока. Ее поля отмечены в Японском море у берегов Приморья, в зал. Анива (лагуна Буссе, о-в Сахалин) и на юге о-ва Кунашир (зал. Измены). Несмотря на то, что в старых литературных источниках ареал анфельции тобучинской распространялся на о-в Хоккайдо (Макиенко, 1980) в настоящее время этот вид у берегов Хоккайдо не указывается (Segawa, 1965), она встречается только в виде выбросов, приносимых из зал. Измены (Mikami, 1965). Что касается упоминания о-ва Шикотан (Макиенко, 1980), то здесь в бухте Дельфин в 1970-е годы СахТИНРО был проведен эксперимент по искусственному выращиванию анфельции. Однако уже в 1989 г. мы наблюдали лишь отдельные пятна анфельции общей площадью не более 50 м², высотой скоплений не более 5 см. При проведении последующих работ (2000–2015 гг.) анфельция в бухте Дельфин не обнаружена.

Здесь встречаются следующие виды узкоареальных ламинариевых водорослей: *Cymathere fibrosa* (по данным Nagai, 1940) отмечена от Парамушира до Итурупа, однако Огородников (2007) указывает, что у Северных Курил этот вид не встречается, только у о-ва Итуруп она образует промысловые заросли); *Saccharina kurilensis* встречается только у северо-восточного Хоккайдо (Кавасима, 1993), Кунашира и островов Малой Курильской гряды, *Saccharina angustata* указана для о-ва Хоккайдо (Кавасима, 1993), юга Приморья (Петров, Суховеева, 1972), Кунашир и Малая Курильская гряда, *Saccharina gyrata* образует локальные поселения ограниченной площади на северо-востоке Хоккайдо

(Кавасима, 1993), на Кунашире, Зеленом, Итурупе, *Arthrothamnus kurilensis* отмечена на Итурупе, Урупе и Симушире (Nagai, 1940) и локальное поселение у юго-западного побережья Сахалина (Клочкова, 1996).

Итоговый список видов бентосных водорослей-макрофитов литорали и верхней сублиторали южных Курильских островов составил 304 вида. Среди них 44 вида Chlorophyta, 79 видов Ochrophyta (Phaeophyceae) и 181 вид Rhodophyta. Очевидно, что данный список не является окончательным. Прежде всего, это связано с видами-эфемерами, вегетация которых имеет относительно непродолжительный срок. Определенное влияние оказывает расположение района вблизи Курильской островной дуги, по которой проходит миграция водорослей, что также способствует изменениям в видовом составе. В связи с этим можно предположить дальнейшее пополнение флористических списков региона исследований.

На основании результатов фитогеографического анализа можно отметить, что во всех отделах водорослей-макрофитов на всех исследованных участках доминируют широкобореальные виды. В целом, флору макрофитов района южных Курильских островов можно оценить как бореальную с преобладанием низкобореальных видов, т. к. число низкобореальных видов составляет половину от числа широкобореальных видов.

Для характеристики широтно-зональных особенностей и систематической структуры изучаемой флоры подсчитаны коэффициенты Фельдмана (соотношение числа видов Rhodophyta и Phaeophyceae во флоре, R/P) и коэффициент C/P (соотношение видов Chlorophyta и Phaeophyceae, описанный С. Сегавы (Segawa, 1965), которые составили 2,29 и 0,56, соответственно. Полученные коэффициенты позволяют характеризовать флору южных Курильских островов как теплоумеренную, при этом коэффициент C/P является более показательным. Флору всего района можно считать бореальной, при этом в ней выделяется два относительно тепловодных комплекса – у о-ва Кунашир и у островов Малой Курильской гряды к югу от о-ва Шикотан.

Анализ таксономической структуры водорослей района исследований показал, что наибольшим видовым разнообразием отличаются семейства Dumontiaceae (10 видов), Ceramiaceae (10 видов), Bangiaceae (12 видов), Harpalidiaceae (12 видов), Laminariaceae (13 видов), Delesseriaceae (17 видов), Corallinaceae (20 видов), Chordariaceae (25 видов), Rhodomelaceae (32 видов). Самый многочисленный в изученной флоре отдел Rhodophyta состоит из 36 семейств, 104 родов и 182 видов. Самыми крупными родами во всех отделах являются *Clathromorphum* – 5 видов, *Neorhodomela* – 5, *Saccharina* – 8 и *Odonthalia* – 10 видов.

Анализ видового состава показал, что в составе флоры значительную часть (до 65,2%) занимают роды, представленные одним видом и семейства, представленные в районе исследования одним родом (до 51,6%), что свидетельствует о том, что флора района находится под влиянием флор соседних регионов. Пестрота состава определяется также близким расположением района к Курильской островной дуге. Миграции по островной дуге проходят через Аляску, Алеутские и Командорские острова, тихоокеанскую Камчатку и Курилы, до о-ва Уруп включительно (Перестенко, 1994).

Сравнение видового состава по участкам показало, что в наибольшей степени различаются между собой видовые составы альгофлоры островов Итуруп и Кунашир (коэффициент сходства Чекановского-Сёренсена составляет 70,9%). Особо выделяется альгофлора о-ва Кунашир, что, на наш взгляд, объясняется прохождением вблизи острова одной из ветвей течения Соя, приносящей теплые япономорские воды, к тому же способствующие миграции водорослей из Японского моря. Близость о-ва Хоккайдо и мелководность проливов служат дополнительным фактором, способствующим прогреванию западного и южного мелководья острова. Именно поэтому у о-ва Кунашир наблюдается большое количество бореально-тропических (13 видов из 14), низкобореально-тропических (6 видов из 8), субтропическо-низкобореальных (12 видов из 13), бореально-тропическо-нотальных (6 видов из 6) и еще ряда тепловодных видов флоры. Только в Кунаширском проливе на западном побережье о-ва Кунашир отмечены: бореально-тропический вид *Dictyota dichotoma*, субтропическо-низкобореальный *Dictyopteris divaricata*, низкобореальные – *Neosiphonia yendoi*, *Enelittosiphonia stimpsonii*, *Corallina sachalinensis*. В зал. Измены в южной части о-ва Кунашир встречены низкобореально-тропический *Chondria dasyphylla*, бореально-тропическо-нотальные *Stylonema alsidii*, *Antithamnion densum*, широкобореальный *Ceramium cimbricum*, низкобореальные – *Nienburgella angusta*, *Pneophyllum japonicum*, *Rhodophyseta odonthaliae*.

Среди всех других участков наибольшее в процентном отношении количество низкобореальных видов отмечено во флоре о-ва Кунашир – 22,5%, а количество высокобореальных видов, напротив, минимально – 3,2%. Вероятнее всего, список видов водорослей о-ва Кунашир в дальнейшем будет пополняться, преимущественно за счет тепловодных районов: Кунаширского пролива и зал. Измены.

Южные Курильские острова, по мнению ряда исследователей (Гусарова, Семкин, 1986; Перестенко, 1994), входят в южнокурильскую флористическую общность. Выделение флоры района из общей флоры северо-западной Пацифики связано с тем, что она располагается в акватории формообразовательного центра и на границе

низкобореальной и высокобореальной подзон (Перестенко, 1994). Считается, что Курильские острова являются одним из центров образования видов порядка Laminariales (Щапова, 1948).

Анализ флоры по группам доминантных видов красных водорослей (Перестенко, 1994) показал, что между островами Малой Курильской гряды и южными островами Большой Курильской гряды проходит четкая граница. Изучение флоры Rhodophyta дальневосточных морей России позволило Л.П. Перестенко (1994) выделить единую япономорско-сахалино-малокурильскую общность. Флору южных Курильских островов она объединила с остальными островами Курильской гряды. По типу растительности малокурильский район сближается с япономорским, а по флористическим спискам – с южнокурильским (Перестенко, 1994). Те же результаты получил и О. Г. Кусакин при анализе состава литоральной фауны и флоры (Кусакин и др., 1997). Видовой состав биоты района южных Курильских островов более близок к удаленным районам южной части Сахалина и Японскому морю, нежели к расположенным рядом средним Курильским островам. Флористический анализ, проведенный Н. Г. Клочковой (1998) привел к аналогичным выводам: флора южных Курильских островов более всего сходна с флорой восточного Сахалина.

Указанные выше различия в результатах флорогенетического анализа определяются, прежде всего, недостаточной изученностью видового состава анализируемого нами района. Вместе с тем, достаточно уверенно можно утверждать, что альгофлора южных Курильских островов ближе к флоре южной части Сахалина, нежели к флоре соседних средних и северных Курильских островов. При этом между всеми участками, выделенными нами в районе южных Курильских островов, существуют тесные связи, позволяющие считать флору района единой.

ЛИТЕРАТУРА

Гусарова И.С., Семкин Б.И. Сравнительный анализ флор макрофитов некоторых районов северной части Тихого океана с использованием теоретико-графовых методов // Бот. журн. 1986. Т. 71, № 6. С. 781–789.

Клочкова Н.Г. Флора водорослей-макрофитов Татарского пролива (Японское море) и особенности ее формирования. Владивосток: Дальнаука, 1996. 292 с.

Клочкова Н.Г. Водоросли-макрофиты дальневосточных морей России. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Владивосток, 1998. 45 с.

Кусакин О.Г., Иванова М.Б., Цурпало А.П. и др. Список видов животных, растений и грибов литорали дальневосточных морей России. Владивосток: Дальнаука, 1997. 168 с.

Макиенко В.Ф. Об истории изучения *Ahnfeltia plicata* (Huds.) Fries. Виды анфельции у дальневосточных берегов СССР // Биология анфельции. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1980. С. 5–14.

Огородников В.С. Водоросли-макрофиты северных Курильских островов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский, 2007. 25 с.

Перестенко Л.П. Красные водоросли дальневосточных морей России. СПб.: Ольга, 1994. 331 с.

Петров Ю.Е., Суховеева М.В. *Laminaria angustata* Kjellm. у берегов Приморского края // Нов. сист. низш. раст. Л., 1972. Т. 9. С. 44-47.

Щапова Т.Ф. Географическое распространение представителей порядка Laminariales в северной части Тихого океана // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. 1948. Т. 2. С. 89-138.

Kawashima S. Laminariacean algae of Japan. Muroran. 1993. 230 p. (In Japanese, Пер. с японского А. Батурица. ТИПРО-центр. 164 с.).

Mikami H. A systematic study of the Phylloporaceae and Gigartinaceae from Japan and its vicinity // Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University. 1965. Vol. 5, no. 2. P. 181-285.

Nagai M. Marine algae of the Kurile Islands. I. // J. Fac. Agric. Hokkaido Imp. Univ. 1940. Vol. 46, no. 1. P. 1–137.

Segawa S. Coloured illustrations of the seaweeds of Japan. Osaka, 1965. 175 p.

**ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННЫХ
ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ТАКСОНОМИЧЕСКОМ СТАТУСЕ
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *THERAGRA* – *T. CHALCOGRAMMA*
(PALLAS, 1814) И *T. FINNMARCHICA* (KOEFOED, 1956)**

К.А. Жукова (K.A. Zhukova), А.М. Привалихин

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,

Москва, Россия

kzh@vniro.ru

privalikhin@vniro.ru

Род *Theragra* включает в себя два вида – дальневосточный минтай *T. chalcogramma*, имеющий высокую численность и значительный ареал обитания практически во всех морях Северной Пацифики, и норвежский (атлантический, финмаркенский) минтай *T. finnmarchica*, единичные особи которого отмечались в Баренцевом и Норвежском морях (Koefoed, 1956; Световидов, 1959; Christiansen et al., 2005; Жукова, Привалихин, 2014). Целью работы являлось обобщение литературных и собственных данных о морфо-биологических особенностях и филогенетических аспектах рода *Theragra*.

На сегодняшний день существует несколько точек зрения относительно современного таксономического статуса дальневосточного и норвежского минтая. Первая точка зрения заключается в том, что в бассейнах Атлантического и Тихого океанов существуют два валидных вида, различающихся рядом морфологических, биологических и экологических характеристик (Koefoed, 1956; Световидов, 1959; Hognestad, 1972; Froiland, 1979; Christiansen, et al., 2005; Привалихин, Норвилло, 2010; Жукова, Привалихин, 2014; Привалихин, Жукова, 2016). Дальневосточный минтай отличается от норвежского меньшей высотой тела и хвостового стебля, более коротким брюшным и более длинным грудным плавниками, меньшей длиной рыла и верхней челюсти, большим диаметром глаза и меньшим межглазничным расстоянием (Привалихин, Норвилло, 2010; Жукова, Привалихин, 2014). Норвежские исследователи выявили 14 признаков, значения которых у этих видов статистически различаются: число пилорических придатков, число лучей в первом анальном плавнике, расстояние между брюшным и первым анальным плавником и другие (Burgkjedal et al., 2008). Выемка хвостового плавника у *T. finnmarchica* по сравнению с *T. chalcogramma* очень маленькая, всего 2 мм. У дальневосточного минтая

подбородочный усик либо отсутствует (Kessler, 1985), либо выражен очень слабо (Световидов, 1948). У норвежского подбородочный усик хорошо оформлен, его длина составляет 3-5 мм (Жукова, Привалихин, 2014).

По мнению норвежских ученых (Вуркjedal et al., 2008; Fevolden et al., 2008) в бассейнах Атлантического и Тихого океанов существует единый вид *T. chalcogramma*. Их заключение основывается на данных популяционно-генетического анализа, а различия в морфологических признаках, по их мнению, отражают адаптивные особенности видов к условиям окружающей среды.

Другие исследователи (Coulson et al., 2006; Teletchea et al., 2006; Christiansen, et al., 2009) предлагают объединить эти два вида в единый вид, относящийся к роду *Gadus* с общим наименованием *G. chalcogrammus*.

Последние две точки зрения объединяет гипотеза о том, что субпопуляция дальневосточного минтая отделилась и мигрировала в периоды потеплений из северной части Тихого океана через Берингов пролив и Северный Ледовитый океан в северную Атлантику (Ursvik et al., 2007). Против этой гипотезы свидетельствует отсутствие достоверных данных о нахождении взрослых особей дальневосточного минтая севернее Берингова пролива и морях арктического бассейна. Имеются лишь отдельные упоминания о нахождении сеголетов и годовиков, выносимых течениями из Берингова моря вдоль российского и американского побережий в южную часть Чукотского моря, где ее дальнейшее выживание маловероятно (Wolotira et al., 1977; Mulligan et al., 1989).

Авторы придерживаются гипотезы А.Н. Световидова, основанной на теории амфибореального распространения видов в северном полушарии Л.С. Берга (1953). Он полагал, что «... тресковые, в отличие от остальных рыб и других групп морских животных, произошли и развивались не в северной части Тихого океана, а в Полярном бассейне, климатические условия которого в палеогене приблизительно соответствовали современным условиям северных частей Атлантического и Тихого океанов» (Световидов, 1953, с. 129). Позже, при верхнетретичном похолодании климата, бореальные представители тресковых «... должны были спуститься из Полярного бассейна в Атлантический океан, а не в Тихий, так как в области Берингова пролива в это время простиралась суша» (там же, с. 131). В дальнейшем, преимущественно в доледниковый период, тресковые распространились и в Тихий океан вдоль американского побережья. В северной части Тихого океана от родоначальной формы (по Световидову: *T. finnmarchica*) обособился *T. chalcogramma*, который широко здесь расселился (Световидов, 1953, 1959). В пользу этой теории свидетельствует и то, что норвежский минтай обладает более массивным телом «тресковообразной» формы, тогда как дальневосточный имеет более

прогонистую форму. Несмотря на скудный объем материала, прослеживается тенденция освоения норвежским минтаем в период нагула все более восточных частей Баренцева моря, а, возможно, и дальше на восток. Авторы надеются, что последующие исследования морей арктического бассейна, планируемые в настоящее время многими странами в связи с изменениями их океанологических параметров, прольют дополнительный свет на биологические, морфологические и экологические особенности этого пока малоизученного и загадочного вида, и позволят лучше представлять филогенетические взаимосвязи представителей семейства тресковых.

ЛИТЕРАТУРА

Берг Л.С. 1953. Об амфибореальном распространении морской фауны в северном полушарии // Очерки по общим вопросам ихтиологии. М.; Л.: Изд-во АН СССР. С. 7–18.

Жукова К.А., Привалихин А.М. 2014. Новые данные о распространении норвежского (атлантического) минтая *Theragra finnmarchica* (Gadidae) в Баренцевом море // Вопр. ихтиологии. Т. 54. № 2. С. 140–146.

Привалихин А.М., Норвилло Г.В. 2010. О нахождении редкого вида – норвежского (атлантического) минтая – *Theragra finnmarchica* Koefoed, 1956 (Gadidae) в Баренцевом море // Вопр. ихтиологии. Т. 50. № 2. С. 179–183.

Привалихин А.М., Жукова К.А. 2016. Особенности распространения и биологии норвежского (атлантического) минтая *Theragra finnmarchica* Koefoed, 1956 (Gadidae) в Баренцевом море в свете теории Л.С.Берга о распространении представителей семейств сельдевых и тресковых в северных частях Атлантического и Тихого океанов. – Сб. научн. статей «Академику Л.С. Бергу – 140 лет», «Academician Leo Berg – 140»: Collection of Scientific Articles. , Бендеры: Изд-во «Есо-TIRAS»– 2016, Bendery – 2016. С. 493-496.

Световидов А.Н. 1948. Трескообразные. Фауна СССР. Рыбы. Т. IX. Вып. 4. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 221 с.

Световидов А.Н. 1953. О чертах сходства и различия в распространении, экологии и некоторых других особенностях между треской и океанической сельдью // Очерки по общим вопросам ихтиологии. М.; Л.: Изд-во АН СССР. С. 122–133.

Световидов А.Н. 1959. О нахождении в Баренцевом море представителя рода *Theragra* в связи с некоторыми вопросами происхождения амфибореальных тресковых и сельдевых // Зоол. журн. Т. 38. № 3. С. 449–464.

Byrkjedal I., Rees D.J., Christiansen J.S., Fevolden S.-E. 2008. The taxonomic status of *Theragra finnmarchica* Koefoed, 1956 (Teleostei: Gadidae): perspectives from morphological and molecular data // J. Fish Biol. V. 73. № 5. P. 1183–1200.

Christiansen J.S., Fevolden S.-E., Byrkjedal I. 2005. The occurrence of *Theragra finnmarchica* Koefoed 1956 (Teleostei, Gadidae), 1932–2004 // *J. Fish Biol.* V. 66. № 4. P. 1193–1197.

Christiansen J.S., Fevolden S.-E., Byrkjedal I. 2009. Berlevagfisken – en nordnorsk torskefisk med aner i Stillehavet (The Gadoid Fish Berlevagfisk). *Kyst og havruk. Havforskningsinstituttet.* V. 2. P. 54–55.

Coulson M.W., Marshall H.D., Pepin P., Carr S.M. 2006. Mitochondrial genomics of gadine fishes: implications for taxonomy and biogeographic origins from whole-genome data sets // *Genome.* V. 49. P. 1115–1130.

Fevolden S.-E., Praebel K., Christiansen J.S. 2008. The rare *Theragra finnmarchica* (Gadidae): endangered or never established? // *ICES CM 2008/N:16*, 211 p.

Froiland O. 1979. Fish types in the Zoological Museum, University of Bergen, Norway // *Norv. J. Mar. Biol.* V. 64. № 3. P. 143–154.

Hognestad P.T. 1972. A new record of *Theragra finnmarchica* Koefoed [Ey nytt funn av berlevvagfish]. *Fauna (Norge).* V. 25. № 3. P. 181–182.

Kessler D.W. 1985. Alaska's saltwater fishes and other sea life. Anchorage: Alaska Northwest Publ. Co., 358 p.

Koefoed E. 1956. *Theragra finnmarchica* n. sp. *Fiskeridirektoratets Skrifter // Ser. Havundersoekelser. Rept. Norv. Fish. Mar. Invest.* V. 11. № 5, 24 p.

Mulligan T.J., Baile K., Hinckley S. 1989. The occurrence of larval and juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the Eastern Bering Sea with implications for stock structure // *Proc. Int. Symp. Biol. Managm. Walleye Pollock.* P. 471–489.

Teletchea F., Laudet V., Hanni C. 2006. Phylogeny of the Gadidae (sensu Svetovidov, 1948) based on their morphology and two mitochondrial genes // *Mol. Phylogen. and Evol.* V. 38. P. 189–199.

Ursvik A., Breines R., Jørgen S. et al. 2007. A mitogenomic approach to the taxonomy of pollocks: *Theragra chalcogramma* and *Th. finnmarchica* represent one single species // *BMC Evol. Biol.* V.7. № 86. Online: <http://www.biomedcentral.com/1471-2148/7/86>, 8 p.

Wolotira R.J. Jr., Sample T.M., Morin M. Jr. 1977. Demersal fish and shellfish resources of Norton Sound, the southeastern Chukchi Sea, and adjacent waters in the baseline year 1976 // *Proc. Rept. Northwest and Alaska Fish. Center. Seattle, Washington*, 292 p.

ЛОКАЛЬНО-ТЕМПОРАЛЬНЫЕ ПОПУЛЯЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДВИДЫ АНАДРОМНЫХ РЫБ

В.Н. Иванков, Е.В. Иванкова

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

ivankov-bio@mail.ru

Исследована внутривидовая организация и структура популяций анадромных рыб. Показано, что экологические, генетические и морфо-физиологические различия эколого-темпоральных (сезонных) рас у этих рыб достигают ранга экологических подвидов. Показана целесообразность более внимательного и детального исследования внутривидовой организации, экологической и локально-темпоральной дифференциации рыб и учета результатов этих исследований при разработке концепции полиморфного вида, а также при оптимизации рыбного хозяйства: организации рационального ведения промысла, искусственного разведения и интродукции рыб.

Вышеприведённые сведения позволяют сделать вывод, что темпоральные группировки, наблюдающиеся в период нерестовой миграции и нереста у анадромных рыб, делятся на две группы. Одна группа представлена эколого-темпоральными расами, достигающими ранга экологических подвидов. Другая группа – внутривидовыми локально-темпоральными популяциями, размножающимися на нерестилищах, расположенных на различном расстоянии от устья реки или в разноудалённых притоках рек. Эти две группы популяций наблюдаются постоянно, а сроки нерестовой миграции их наследственно закреплены (Бирман, 1977; Иванков, 2008).

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЭВОЛЮЦИИ И ФИЛОГЕНИИ CHAETOGNATHA

А.П. Касаткина

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток,
Россия
apkas@mail.ru

Chaetognatha (щетинкочелюстные, хетогната, сагитты, морские стрелки) – исключительно морские свободноживущие в планктоне удлинённые подвижные животные [Щ]. Несмотря на относительно малое видовое разнообразие, эти животные относятся к массовым, постоянным и характерным представителям планктона. Первых представителей морских стрелок наблюдал Слаббер в 1769 г. История их исследования с момента открытия сопровождается дискуссией относительно родства Щ с другими группами животных. В этом отношении Щ – группа уникальная, их пытались сблизить со всеми известными типами животных за исключением губок. Практически все филогенетические схемы низших Metazoa в той или иной степени затрагивают вопрос о положении Щ среди других типов животных. Изучение палеонтологических отпечатков, несомненно, способно помочь решению вопроса филогении внутри типа Chaetognatha, а также прояснению проблемы их ранней эволюции. Отпечатки предполагаемых Щ обнаружены в отложениях палеозоя: каменноугольном (*Paucijaculum samamithion*, см. Schram, 1973) и кембрийском (*Protosagitta spinose*, см. Hu, 2005; Chen, Huang, 2002; *Oesia disjuncta*, см. Walcott, 1911) периодах, а также в протерозойских отложениях (1.0 млрд. лет: *Parmia*, см. Гниловская, 1998; Гниловская и др., 2000; Касаткина и др., 2015). Поскольку палеонтологический материал важен для понимания эволюции группы, приводим краткие описания отпечатков. Все отпечатки животных имеют хорошо сформированную голову и шею, а также хватательный орган – щетинки. Это основные признаки типа Щ, сохранившиеся у современных животных. На протерозойском отпечатке, у пармии, (на дорсальной стороне экземпляра) и на отпечатке из нижнего кембрия (также обозреваемого с дорсальной стороны) хорошо видны большие глаза с тёмным пигментом в центре и церебральный ганглий впереди глаз. Предковые формы современных Щ обладали мощной поперечной мускулатурой, которая позволяла животным изгибаться как в дорсо-вентральном, так и в латеральном направлении, что можно видеть на отпечатках из слоёв

карбона, кембрия и протерозоя. Судя по чёткой линии головных щетинок пармии, эти структуры не были мягкими, и, скорее всего, служили как скребок, скользящий одноклеточных организмов с поверхности бактериальных матов, такой способ питания был характерен для вендских животных (Иванцов, 2011). «Холодные, богатые кислородом воды создавали более благоприятные условия для многоклеточных гетеротрофов. Высокое содержание кислорода позволяло многоклеточным достигать крупных размеров даже без сложной дыхательной системы или пигментов типа гемоглобина» (Федонкин, 2000). Современные Щ сохранили от древних предков эту особенность метаболизма простейшим способом клеточного кислородного обмена всей поверхностью тела. Пармия, средние размеры которой достигали 7–18 мм, не имела не только плавников, но даже выступов тела в виде поплавок. Строение тела пармии, её изогнутость в латеральном направлении, плотная поперечная мускулатура, дающая возможность изгибаться между предметами, указывают, что она, вероятно, передвигалась, ползая по дну. Дальнейшая эволюция Щ прослеживается по их отпечаткам в слоях нижнего и среднего кембрия (*Protosagitta spinosa*, *Oesia disjuncta*) и связана с появлением на теле выступов: Щ приобрели новые органы – мешковидные желеобразные структуры (МЖС), которые играли роль поплавок. Поплавки возникали на самых разных участках тела: по бокам терминального конца, на дорсальной и вентральной стороне тела, а также на боковых его полях. Например, *Paraeukrohnia absurda* имеет желеобразные поправки на дорсальной и на боковых сторонах тела, без уплотнений. Наибольшее распространение получили виды с поплавками по бокам тела (*Pseudeukrohnia lata*; *P. speciosa*; *P. pilus*; *P. slabinski*; *P. dolona*; *P. macrocauda*; *P. curticauda*; *P. gracilis*; *P. evenkia*; *P. ilyichovi*). МЖС, расположенные на дорсальной и вентральной сторонах тела, редуцировались, но сохранились на боковых полях. Олигомеризация гомологических органов – это «физиологический отбор», который известен также у других животных (Мамкаев, 2004). Было показано (В.А. Догель, 1954: 339-348), что из некоего количества органов, появившегося в результате их множественной закладки, сохраняются те, что располагаются в местах наиболее удобных для их функционирования. У большинства Щ произошла олигомеризация дорсальных и вентральных поплавок, но они сохранились на боковых полях. Пассивное поддержание плавучести в толще океана сменялось более активным движением. Боковые поправки за счёт их уплощения превратились в рулевой орган – плавники. Хвостовой поплавок на терминальном конце тела преобразовался в плавник – двигательный орган, который в сочетании с продольной мускулатурой позволяет совершать мощные рывки – скачкообразные перемещения, превышающие длину тела животного в несколько раз.

Преобразование округлых в сечении МЖС происходит за счёт уплотнения и их сжатия по краям. Заключительным этапом преобразования можно считать наличие плавников с лучами на МЖС (все виды *Eukrohnia*). Приобретя поплавки, а в дальнейшем плавники, многие животные утратили те органы, которые утяжеляли тело: часть щетинок, значительную часть зубчиков и поперечную мускулатуру. Таким образом, поперечная мускулатура, обеспечивающая движение в придонных условиях существования древних Щ, утратила свою функциональную необходимость у древних голопланктонных животных.

Современные щетинкочелюстные частично или полностью утратили поперечную мускулатуру. В большей степени её редукция произошла среди видов с двумя парами боковых плавников. Вероятно, частичная редукция поперечной мускулатуры до полного её исчезновения была связана с переходом животных в открытые воды морей и океанов. В этой среде исчезала потребность в изгибах тела при лавировании среди прибрежных водорослей, и уменьшался вес, что важно для поддержания животных в толще воды. Возникновение разного числа боковых МЖС, по-видимому, вызвало дивергенцию внутри некогда единой группы – типа Щ. Образовались три крупные группы Chaetognatha: 1) с двумя парами плавников (или МЖС), 2) с одной парой плавников (или МЖС): короткохвостых, 3) с одной парой плавников (или МЖС): длиннохвостых (Касаткина, 2012)

Филогению Chaetognatha с двумя парами поплавок и плавников можно проследить на примерах видов Biphragosagittidae, Sagittinae и Flaccisagittinae. Поперечная мускулатура, сохранившаяся у видов Biphragosagittidae, подверглась редукции для облегчения веса у видов Sagittinae и Flaccisagittinae, по-видимому, в результате их перехода в воды открытого океана. Вероятнее всего, уплощение МЖС у их предковых форм происходило разными путями, но привело к появлению настоящих плавников. Эволюция поплавок у групп, утративших поперечную мускулатуру, привела к новым, различающимся по морфологии, видам. Уплотнение по краям поплавок – к плавникам, обрамляющим желатиновые структуры – к видам *Flaccisagitta* и *Pseudosagitta*. У вида *Accedosagitta minuta* уплощение затронуло не обе пары поплавок, а только большую часть 1-й пары, а небольшая часть между брюшным ганглием и 1-й парой плавников и 2-я пара остались желатиновыми структурами. Наиболее приспособленными в открытых водах океана оказались виды не с МЖС, дающими пассивную поддержку, а виды, обладающие широкими плавниками, которые не только поддерживают, но служат рулевым органом, что даёт животным возможность изменять направление и занимать более выгодные слои вод в океане.

Филогения Chaetognatha с одной парой поплавок и плавников. Самая многочисленная в видовом отношении группа, сохранившая поперечную мускулатуру, обладала протяжённой парой поплавок на туловищном и хвостовом отделах (их размеры в среднем 20–40 мм: около 60 видов). К ней относятся роды: *Heterokrohnia* Ritter-Zahony, 1911; *Eukrohnia* Ritter-Zahony 1911; *Pseudeukrohnia* Kassatkina 1998; *Protoeukrohnia* Kassatkina 2003; *Praeukrohnia* Kassatkina et Stoliarova 2006; *Paraeukrohnia* Kassatkina et Stoliarova 2006). Дальнейшая их эволюция заключалась в постепенной, а затем и полной редукции поперечной мускулатуры (*Krohnittella* Germain et Joubin 1916; *Protokrohnittella* Kassatkina 2003). Эта группа видов заселила в основном мезопелагиаль и батипелагиаль, выходя на поверхность лишь на северном и южном полюсах, т.е. там, где отмечены воды с низкой положительной температурой.

Филогения Spadelliones. Наиболее разнообразна по своей морфологии группа видов, перешедшая к жизни в сублиторальной (*Spadellidae* Tokioka 1965) и придонной глубоководной (*Archeterokrohnia* Casanova 1986; *Calispadella* Casanova et Moreau 2005; *Xenokrohnia* Casanova 1993) зонах. Эта группа имеет, как правило, длинный хвостовой отдел с многочисленными клейкими органами. Придонных *Spadella* было принято считать наиболее примитивными среди щетинкочелюстных (Molchanov, 1905; Ritter-Zahony, 1911; и др.). Однако Сальвини-Плавен (Salvini-Plaven, 1980; 1986) убедительно показал, что специфические особенности спаделл (возможность прикрепляться клейкими органами к субстрату) – это позднейшие приспособления к прибрежной, приливо-отливной зоне моря. Он доказал несостоятельность ранее предполагавшейся многими авторами гипотезы происхождения всех групп Chaetognatha от Spadellidae.

Заключение. Для определения места всех рассмотренных щетинкочелюстных в общей филогенетической системе Chaetognatha необходимо было пересмотреть схему филогении внутри типа, предложенную Т. Токиока (Tokioka, 1965a, b). Данные морфологии показывают, что имеются три большие группы щетинкочелюстных, филогенетически удалённых друг от друга. Такое деление типа Щ проявляется и в работах генетиков (Telford, Holland, 1993; 1997; Papillon et al., 2003; 2004; 2006). По совокупности морфологических и молекулярных исследований можно предположить, что тип Chaetognatha класс Sagittoidea включает три подкласса:

ПОДКЛАСС Sagittiones Kassatkina, 2011.

ОТРЯД Biphragmosagittiformes Kassatkina, 2011 (*Biphragmosagittidae* Kassatkina, 2011).

ОТРЯД Aphragmophora Tokioka, 1965 (Сем. *Sagittidae* Claus et Grobben, 1905 (Подсем. *Sagittinae* Claus et Groben, 1905; Подсем. *Flaccisagittinae* Kassatkina, 2007).

ПОДКЛАСС Eukrohניות Kassatkina, 2011.

ОТРЯД Biphragmoeukrohniformes Kassatkina, 2012 (Tokiokaispadellidae Salvini-Plaven, 1986; Heterokrohniidae Casanova 1986 (Protoeukrohniidae Kassatkina, 2012)

ОТРЯД Monophragmoeukrohniformes Kassatkina, 2012. (Eukrohniidae Tokioka, 1965a).

ОТРЯД Aphragmoeukrohniformes Kassatkina, 2012. (Pterosagittidae Tokioka 1965; Krohnittidae Tokioka 1965; Krohnittellidae Bieri 1989).

ПОДКЛАСС Spadelliones Kassatkina, 2011 (Spadellidae Tokioka 1965).

ЛИТЕРАТУРА

Гниловская М.Б. 1998. Древнейшие аннелидоморфы из верхнего рифея Тиммана. Доклады РАН. Т. 359. № 3. С. 369–372.

Гниловская М.Б., Вейс А.Ф., Беккер Ю.Р. 2000. Доэдиакарская фауна Тимана (аннелидоморфы верхнего рифея) // Стратиграфия. Геол. корреляция. Т. 8. № 4. С. 11–39.

Догель В.А. Олигомеризация гомологичных органов как один из главных путей эволюции животных. 1954. Л: изд. ЛГУ. 368 с.

Иванцов А.Ю. 2011. Следы питания проартикулят – вендских многоклеточных животных // Палеонтол. журн. № 3. С. 1–11.

Касаткина А.П., Гниловская М.Б., Иванцов А.Ю., Гуравская Г.И. 2015. Новые находки отпечатков животных (Parmia Gnilovskaya, 1998) – Протерозой, северо-восток Русской платформы // Всерос. микропалеонт. сов. «Современная микропалеонтология XVI». Калининград. С. 62–67.

Касаткина А.П. 2012. Щетинкочелюстные (Chaetognatha) западной части Тихого океана (морфология, систематика, филогения). Автореф. диссерт на соис. уч. ст. доктора биол. наук по специальн. 03.02.04 – зоология.

Мамкаев Ю.В. 2004. Дарвинизм и номогенез. В кн. Фундаментальные зоологические исследования. Теория и методы. М. – С-Пб. С. 114–143.

Федонкин М.А. Холодная заря животной жизни // Природа. 2000. № 9. С. 3-11.

Chen J.-Y, Huang D.-Y. 2002. A possible Lower Cambrian chaetognath (arrow worm) // *Science*. Vol. **298**. P. 187.

Hu S.X. 2005. Taphonomy and palaeoecology of the Early Cambrian Chengjiang Biota from Eastern Yunnan, China // *Berliner Palaobiologische Abhandlungen*. Bd. **7**. S. 1–197.

Kassatkina A.P. 2007. Review of the genera of the family Sagittidae with separation of a new subfamily and description of a new species of the genus *Sagitta* from the Sea of Japan (Chaetognatha) // *Zoosyst. Rossica*, Vol. 16, no 2. P. 157–162.

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

Molchanov L. A. 1907. Ein Beitrag zur Klassifikation der Chaetognathen // *Zool. Anz. Leipzig*. Bd. 31. S. 220–222.

Papillon, D., Y. Perez, L. Fasano, Y. Le Parco, Caubit X. 2003. *Hox gene survey in the chaetognath Sp. cephaloptera: evolutionary implications* // *Dev. Gen. Evol.* Vol. 21, no 3. P. 142–148.

Papillon D., Perez Y., Caubit X., Le Parco Y. 2004. Identification of chaetognaths as protostomes is supported by the analysis of their mitochondrial genome // *Mol. Biol. Evol.* Vol. 21, no 11. P. 2122–2129.

Papillon D, Perez Y, Caubit X, Le Parco Y. 2006. Systematics of Chaetognatha under the light of molecular data, using duplicated ribosomal 18S DNA sequences // *BMC Evol. Biol.* Vol. 7. P. 146.

Ritter-Záhony R. 1911. Revision der Chaetognathen // *Deutsche Südpolar Exp.* Vol. 13. Zool.5. P. 1–71.

Salvini-Plaven L. v. 1980. Phylogenetischer Status und Bedeutung der mesenchymaten Bilateria // *Zool. Jahrb. Anat.* Bd. 103. S. 354–373.

Salvini-Plaven L. v. 1986. Systematic notes on *Spadella* and on the Chaetognatha in general // *J. Zool. Syst. Evol.-Forsh.* Verlag P. Parcy Hamburg–Berlin. N 24. P. 122–128.

Telford M.J. Holland P.W.H. The phylogenetic affinities of the chaetognaths: a molecular analysis // *J. Mol. Biol. Evol.* 1993. Vol. 10, no 3. P. 660–676.

Telford M.J. Holland P.W.H. 1997. Evolution of 28S ribosomal DNA in chaetognaths: duplicate genes and molecular phylogeny // *J. Mol. Evol.* Vol. 44. P. 135–144.

Tokioka T. 1965a. The taxonomical outline of Chaetognatha // *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.* Vol. 12, no 5. P. 335–357.

Tokioka T. 1965b. Supplementary notes on the systematic of Chaetognatha // *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.* Vol. 13, no 3. P. 231–242.

Schram, F.R. 1973. Pseudocoelomates and a nemertine from the Illinois Pennsylvanian // *J. Palaeontol.* Vol. 247, no 5. P. 985–989.

Walcott, C.D. 1911. Middle Cambrian annelids // *Smithsonian Miscel. Collec.* Vol. 57, no 2. P. 109–144.

РАЗДЕЛЕНИЕ ТРОФИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ У СИМПАТРИЧЕСКИХ ВСЕЯДНЫХ ГЕНЕРАЛИСТОВ – РАКОВ-ОТШЕЛЬНИКОВ РОДА *PAGURUS*

С.И. Кияшко, Н.И. Селин, Е.С. Корниенко

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской
биологии ДВО РАН, Владивосток, Россия

sekiyash@mail.ru

Сообщества с высоким биологическим разнообразием состоят из многочисленных видов, конкурирующих за ограниченные ресурсы. Разделение ресурсов между видами, во многом определяющее степень видового разнообразия, далеко не всегда очевидно. Пища является одним из важнейших ресурсов для животных, и межвидовая конкуренция за источник пищи приводит или к неизбежному конкурентному вытеснению одного из видов, или к развитию некоторой специализации в использовании общего трофического ресурса (разделению трофических ниш) до степени, допускающей их сосуществование. В этом смысле, присутствие в морских бентосных сообществах большого числа симпатрических экологически сходных видов беспозвоночных с одинаковым типом питания и общим источником пищи выглядит парадоксальным.

Это особенно очевидно в случае многочисленных симпатрических раков-отшельников, которые имеют широко перекрывающиеся спектры используемой пищи. Так, из 11-ти видов раков-отшельников, отмеченных в зал. Восток Японского моря, наиболее массовыми являются шесть симпатрических видов рода *Pagurus*: *P. minutus* Hess, 1865; *P. proximus* Komai, 2000; *P. brachiomastus* (Thallwitz, 1892); *P. middendorffii* Brandt, 1851; *P. pectinatus* (Stimpson, 1858) и *P. ochotensis* Brandt, 1851. Все шесть видов *Pagurus* могут совместно встречаться в сообществах верхней сублиторали и достигать значительной численности в пределах одного биотопа.

Раки-отшельники – это всеядные генералисты, способные потреблять широчайший набор пищевых объектов: от трупов крупных животных до растений, взвеси и мелкого детрита донных осадков, используя широкий набор методов добывания пищи. Однако, отношения между симпатрическими раками-отшельниками обычно исследуют и рассматривают в обширной литературе как конкуренцию за пустые раковины разнообразных гастропод, которые служат им жилищем и считаются основным

ограниченным ресурсом, определяющим пространственное распределение этих ракообразных с широкой кормовой базой. Пищевые отношения раков-отшельников остаются мало изученными, очевидно, в силу их явно меньшей экологической значимости, но, главным образом, из-за технических трудностей анализа содержимого желудков всеядных ракообразных.

В последние десятилетия анализ состава стабильных изотопов углерода ($\delta^{13}\text{C}$) и азота ($\delta^{15}\text{N}$) в мягких тканях гидробионтов нашел широкое применение в определении источников пищи и связей консументов в пищевых сетях. Использование изотопного подхода позволило преодолеть некоторые ограничения традиционного трофологического анализа содержимого желудков. Более того, вариации изотопных показателей $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ особей из одной популяции отражают индивидуальную изменчивость в составе ассимилированной пищи, а область значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ представительной выборки особей на двумерном графике ("изотопная" ниша) может характеризовать реализованную трофическую нишу популяции данного вида. Сравнительный анализ "изотопных" трофических ниш в последние годы стал эффективным инструментом экологических исследований благодаря возможности делать количественные оценки ширины трофических ниш и степени их перекрытия, характеризующей разделение трофических ресурсов между популяциями разных видов.

Мы использовали анализ стабильных изотопов углерода и азота для выяснения межвидовых пищевых взаимоотношений синтопных видов раков-отшельников в зал. Восток. Выборки шести видов рода *Pagurus* были взяты одновременно из одного биотопа. Для сравнения вариаций изотопных показателей выборок разных видов и их представления в виде изотопных ниш использовали Байесовскую модель стандартных эллипсов (SIBER) в R-статистике.

Изотопные ниши большинства видов синтопных пагурид показывают слабое перекрытие или полное отсутствие такового. Выборки трех наиболее массовых на исследуемом биотопе и относительно мелких видов, *P. minutus*, *P. proximus* и *P. brachiomastus*, имели совершенно обособленные области значений изотопных показателей, что должно отражать полное разделение трофических ресурсов, используемых этими видами в данном месте и в данное время, т.е. полное расхождение реализованных трофических ниш. Изотопная ниша четвертого мелкого вида пагурид *P. middendorffii* частично перекрывается лишь с таковой *P. proximus*. Наибольшее перекрытие изотопных ниш отмечено у двух крупных видов пагурид *P. pectinatus* и *P. ochotensis* и относительно мелкого *P. brachiomastus*. Исследованные пагуриды различались и по ширине изотопной ниши (выраженной как площадь стандартного

эллипса): наиболее широкая ниша характерна для *P. proximus* и самая узкая отмечена у *P. ochotensis*.

Таким образом, полученные данные впервые наглядно демонстрируют дифференциацию реализованных трофических ниш у всеядных генералистов с широкими фундаментальными трофическими нишами, которая обуславливает сосуществование экологически близких симпатрических видов на одном биотопе.

ЭВОЛЮЦИЯ ПУТЕМ НЕОФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ ОПУХОЛЕЙ: НАСЛЕДУЕМЫЕ ОПУХОЛИ КАК ФАКТОР ПРОГРЕССИВНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

А.П.Козлов

Биомедицинский центр и С.-Петербургский государственный политехнический
университет им. Петра Великого, Санкт-Петербург

contact@biomed.spb.ru

Ранее автором была высказана гипотеза о возможной эволюционной роли опухолей. Суть этой гипотезы заключается в том, что опухоли являются источником дополнительных клеточных масс, необходимых для экспрессии эволюционно новых генов, возникающих в процессе эволюции генома многоклеточных организмов, и для создания новых морфологических структур. После экспрессии эволюционно новых генов клетки опухолей могут дифференцироваться в новых направлениях и давать начало новым типам клеток, новым тканям и органам.

В докладе будет рассмотрена вся совокупность литературных данных и данных, полученных в лаборатории автора, подтверждающих концепцию положительной эволюционной роли опухолей путем их неофункционализации.

Будут рассмотрены следующие вопросы: широкая распространенность опухолей у многоклеточных организмов; свойства опухолей, которые могут использоваться в эволюции; отношение опухолей к эволюционной биологии развития (эво-дево); примеры рекапитуляции некоторых опухолевых признаков у недавно возникших органов; типы опухолей, которые могли бы играть роль в эволюции; примеры опухолей, уже сыгравших роль в эволюции; опухолеподобные органы; популяции опухоленосителей как переходные формы в прогрессивной эволюции; опухоли как способ преодоления ограничений, связанных с нормальным развитием (*developmental constraints*) в прогрессивной эволюции.

Будут представлены экспериментальные данные, полученные в лаборатории автора, подтверждающие нетривиальное предсказание об активации в опухолях эволюционно новых генов. Кроме того, будут представлены данные об опухолевой природе т.н. «шапочек» у золотых рыбок (оранд и львиноголовок), являющихся результатом искусственного отбора.

РАКИ-ОТШЕЛЬНИКИ ЗАЛИВА ВОСТОК ЯПОНСКОГО МОРЯ: ВИДОВОЙ СОСТАВ И РЕПРОДУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Е.С. Корниенко, Н.И. Селин, О.М.Корн

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН, Владивосток, Россия

kornielena@mail.ru

Раки-отшельники (Decapoda: Paguroidea), обычный компонент морских донных сообществ, широко распространены от Арктики до Антарктики, обитают от литорали до глубин в несколько тысяч метров. Использование мобильных убежищ, в первую очередь раковин брюхоногих моллюсков, позволило этой группе ракообразных развить особенное поведение в биологической среде и способствовало их эволюционному успеху. Раковина обеспечивает безопасность самого животного и эмбрионов, развитие которых происходит на плеоподах самок. От наличия подходящих раковин зависят темпы роста, продолжительность жизни отшельников и их плодовитость. Раковины – это ограниченный ресурс, который в известной мере определяет популяционную структуру и репродуктивную стратегию раков-отшельников. Очевидно, что особенно напряженной конкуренция за этот ресурс будет среди симпатрических видов.

Следует отметить, что наличие подходящих раковин важно не только при их смене взрослыми особями, оно особенно актуально при массовом оседании молодежи, которая имеет примерно одинаковые размеры и должна найти первое в своей жизни убежище. К тому же в умеренно-холодных водах репродуктивный период, и, следовательно, время оседания личинок, обычно ограничены.

В течение полутора лет мы исследовали население раков-отшельников на небольшом участке дна в районе биостанции «Восток» Института биологии моря (глубина от 0 до 12 м). Из 12 видов раков-отшельников, обитающих в зал. Восток, здесь отмечены 7 видов: *Pagurus pectinatus*, *P. ochotensis*, *P. middendorffii*, *P. minutus*, *P. proximus*, *P. brachiomastus* и *Areopaguristes hirsutimanus*. Доля крупных *P. pectinatus* и *P. ochotensis* невелика (0.1–1.7% и 0.1–2.2%). Среди мелких видов доля *A. hirsutimanus* и *P. middendorffii* также незначительна (0.5–3.1% и 0.2–1.3%). Остальные три вида – массовые: зимой и весной по численности преобладал *P. minutus* (71.5 и 67.7%, соответственно), летом и осенью наиболее многочисленным был *P. proximus* (45.4 и 47.1%), доля *P.*

brachiomastus менялась от 9.4% зимой до 12.8% летом. В ходе исследования мы оценивали долю самок с кладками яиц на плеоподах и степень развития яиц, что позволило определить продолжительность репродуктивного периода и периода инкубации яиц, а также время выхода личинок в планктон. Данные о периоде нахождения зоэа разных видов раков-отшельников в планктоне зал. Восток получены нами в течение 2004–2014 гг.

Исследование личиночного планктона показало, что первыми уже в апреле в планктоне появляются личинки *P. pectinatus*, в течение мая встречаются зоэа *P. middendorffii*. Это холодолюбивые виды (низкобореальный и бореальный). Появление зоэа субтропическо-низкобореального вида *A. hirsutimanus* приурочено к периоду максимальных температур (июль–август). Личинки же остальных четырех видов встречаются одновременно. Какие же различия в репродуктивных циклах, позволяющие снизить межвидовую конкуренцию, характерны для симпатрических раков-отшельников зал. Восток? Чтобы ответить на этот вопрос, мы подробно изучили репродуктивные характеристики трех видов: *P. proximus*, *P. brachiomastus* и *P. minutus*.

Существуют данные по репродуктивным характеристикам *P. proximus* из зал. Хакодате (о-в Хоккайдо, Япония). Однако известно, что для прибрежных популяций, обитающих на разных широтах, между видами и внутри них существует достаточно вариантов репродуктивных стратегий. Зал. Восток с низкими зимними температурами – это самое северное из известных местообитаний *P. proximus* и *P. minutus*. Анализ репродуктивных характеристик *P. proximus* из зал. Восток показал, что они заметно отличаются характеристик этого вида из зал. Хакодате. Яйценозные самки *P. proximus* в зал. Хакодате встречаются с января–февраля до июня–июля, в диапазоне температур от 7 до 21°C. Самки с яйцами на последней стадии развития появляются уже в феврале–марте. Авторы отмечают отсутствие синхронности в развитии кладок и считают, что в зал. Хакодате за сезон размножения самки *P. proximus* могут вынашивать несколько кладок яиц. В зал. Восток яйценозные самки встречались большую часть года и отсутствовали только в сентябре–ноябре. Уже в декабре появлялись отдельные самки с яйцами, равномерно заполненными желтком. В январе–апреле процентное содержание яйценозных самок постепенно возрастало, однако в течение этих месяцев отложенные яйца не развивались, а находились в состоянии физиологического покоя или эмбриональной диапаузы. В начале мая яйца на плеоподах присутствовали у всех самок, появление в это время самок второй группы свидетельствовало о завершении периода покоя и активизации эмбрионального развития. Следовательно, у особей, отложивших яйца в декабре, эмбриональная диапауза продолжалась около 5 месяцев, а период инкубации яиц длился до полугода. Соответственно, чем позже самки приступали к

размножению, тем короче была диапауза. У самок, отложивших яйца в конце апреля, она, вероятно, отсутствовала.

Явление задержки эмбрионального развития яиц (эмбриональная диапауза) известно для многих ракообразных. Спустя 3–4 суток после нереста на стадии гастрюлы яйца перестают развиваться, период покоя может длиться от нескольких недель до нескольких месяцев. Наличие эмбриональной диапаузы, как и ее продолжительность, не являются видоспецифическими признаками. Сезонные колебания температуры – один из самых важных факторов, вызывающих развитие диапаузы у водных беспозвоночных. Эмбриональная диапауза изменяет продолжительность периода инкубации яиц, синхронизирует выход личинок, сдвигая его к периоду обилия первичной продукции, влияя тем самым на выживаемость потомства.

К середине мая в зал. Восток доля самок *P. proximus* первой группы заметно снижается, преобладают самки второй группы. В последних числах мая и начале июня в планктоне появляются зоза этого вида. В середине июня–июле доля яйценосных самок первой группы снова увеличивается и составляет около 50%. Следовательно, как и в зал. Хакодате, в зал. Восток самки *P. proximus* могут вынашивать не одну кладку, что подтверждается присутствием зоза этого вида в планктоне до сентября включительно. В мае, в первой волне нереста, развитие яиц происходит достаточно синхронно, а во время летнего нереста синхронность нарушается, одновременно встречаются яйценосные самки всех трех групп, к тому же при равной длине тела весной самки имеют значимо большее количество яиц в кладках, чем летом. Следовательно, если обильный весенний выход личинок обеспечивает массовое пополнение популяции, то менее продуктивный повторный нерест позволяет скорректировать влияние негативных последствий непредсказуемых внешних условий. Паразиты на раках-отшельниках этого вида не обнаружены.

В отличие от *P. proximus*, у *P. brachiomastus* яйценосные самки отмечены с конца февраля–начала марта до конца августа. Количество яйценосных самок постепенно увеличивается вплоть до середины мая. В мае доля самок с яйцами на плеоподах близка, но не достигает 100%. В развитии этого вида, вероятно, также присутствует эмбриональная диапауза, однако она продолжается менее трех месяцев. Личинки в планктоне появляются в начале июня. В июне–августе количество яйценосных самок постепенно снижается, встречаются самки всех трех групп, развитие яиц происходит несинхронно. В сентябре все самки, найденные в районе исследований, были без яиц. Очевидно, что самки этого вида за сезон размножения вынашивают единственную кладку яиц. Однако зоза *P. brachiomastus* встречались и в октябре. Исследование распределения

по глубинам показало, что этот вид чаще встречается на глубине 6 и более метров, а у самок, обитающих на больших глубинах, развитие яиц может запаздывать. Следует отметить, что у *P. brachiomastus* доля особей с паразитическими изоподами на плеоне и под карапаксом или с экстернами корнеголовых ракообразных достигала 33%. Известно, что присутствие этих паразитов приводит к кастрации раков-отшельников.

У самого мелководного вида *P. minutus* период покоя в развитии яиц отсутствует, самки с яйцами на плеоподах появляются в конце апреля – начале мая и встречаются до начала сентября. В октябре 2014 г. отмечено небольшое (не более 5%) количество яйценосных самок с яйцами на разных стадиях развития. У единичных яйценосных самок, обнаруженных в январе, на плеоподах находились лишь остатки кладки, а внутри яиц были видны следы разрушения. С февраля и до конца апреля яйценосные самки у *P. minutus* отсутствовали, в начале мая самки приступали к размножению, развитие яиц шло без задержки, асинхронно, к концу месяца встречались самки всех трех групп. В конце июля – начале августа заметно (до 90%) возросла доля самок с недавно отложенными яйцами, что указывает на повторный нерест, не менее продуктивный, чем первый. Присутствие самок трех групп, отмеченное в октябре, указывает на возможность появления у этого вида еще одной генерации потомства. Это подтверждается присутствием зоеа *P. minutus* в октябре, период встречаемости личинок этого вида в планктоне совпадает с таковым *P. brachiomastus*. Степень зараженности паразитами у *P. minutus* также была достаточно высока и достигала 17%.

Таким образом, в зал. Восток *P. proximus* демонстрирует толерантную стратегию, приводящую к развитию эмбриональной диапаузы в ответ на снижение температуры. Продолжительность репродуктивного периода у этого вида около 9 месяцев, за сезон размножения самки вынашивают две кладки яиц, максимальное число яйценосных самок присутствует в начале мая. У *P. brachiomastus* репродуктивный период длится около 6 месяцев, самки вынашивают одну кладку, максимальное число яйценосных самок отмечено в конце мая. У *P. minutus* период размножения длится не более 5 месяцев, доля яйценосных самок наиболее высока в конце июня – начале июля во время второго пика нереста. Согласно гипотезе Риза, основанной на наблюдениях за тропическими видами, размножающимися в течение всего года, различия в репродуктивных циклах раков-отшельников появились, чтобы уменьшить межвидовую личиночную конкуренцию за пищу и раковины. И хотя климатические условия ограничивают сезон размножения раков-отшельников в зал. Восток, несовпадение пиков нереста у симпатрических видов позволяет их личинкам развиваться и оседать в разное время. Присутствие в развитии яиц эмбриональной диапаузы, синхронизирующей выход личинок в наиболее благоприятный

момент, высокая плодовитость, наличие двух кладок яиц в течение сезона размножения и отсутствие паразитов – сочетание этих факторов обеспечивает репродуктивный успех *P. proximus*.

К ВОПРОСУ О КЛЮЧЕВЫХ ПРОБЛЕМАХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЖИЗНИ

REGARDING CORE ISSUES OF THE ORIGIN OF LIFE

Э.Я. Костецкий

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

kostetskiy.yeya@dvfu.ru

Это возникновение живых систем без нарушения второго закона термодинамики; возникновение структурной асимметрии в живых системах; как и почему возник матричный механизм; о генетическом коде и возможной причине его вырожденности и откуда брались первые белки для рибосом? Я не буду вступать в дискуссию по поводу этих проблем, так как они весьма многочисленны и не результативны, а просто изложу свое видение этих проблем, исходя из теории происхождения жизни, предложенной мной ранее. Речь идет о возникновении протоклеток про- и эукариотического типа при участии элементов газовой фазы (NH_3 , CH_4 и CO_2); апатитовой матрицы и сокристаллизующихся с ней минералов (карбонатапатит, кальцит, слюда), имеющих взаимосогласованные пропорции [Е. У. Kostetsky. The Possibility of the Formation of Protocells and Their Structural Components on the Basis of the Apatite Matrix and Cocrystallizing Minerals. Journal of Biological Physics 31: 607–638, 2005]. В теории подробно излагается возможность синтеза только пурин пиримидиновых оснований, цепей ДНК, РНК, нуклеонпротеидных комплексов и белков на апатитовой матрице и сокристаллизующихся с ней минералах.

О синтезе протоклеток без нарушения второго закона термодинамики. Описанный нами механизм формирования будущей протоклетки с помощью минеральной матрицы, свидетельствует о тенденции природы к беспорядку, т. е. возрастанию энтропии в соответствии со вторым законом термодинамики. Синтез биополимеров в кристалле идет с потерей части энергии кристалла, за счет смены типов связей и замены кристаллической решетки на жидкокристаллическую. В структуре протоклетки появляется значительное количество водородных связей, стереоспецифическая комплементарность и снижение ионных связей, которые на порядок слабее ковалентных и координационных связей кристаллической решетки. Изменяется жесткая система связей кристаллической решетки минералов. В целом энтропия нового комплекса значительно выше энтропии кристаллической решетки.

Проблемы биологической асимметрии. Поиски природных факторов, которые могли бы вызвать появление биологической асимметрии правого и левого, пока ни к чему не привели, хотя уровень исследований все более и более углубляется. Мы будем исходить из предложенной нами теории возникновения жизни на комплексе минеральных кристаллов, не пытаясь нарушить физико-химические законы, лежащие в основе их формирования. Одной из фундаментальных особенностей живой материи является оптическая молекулярная асимметрия (киральность) (chirality – right- or lefthandedness) главных молекулярных компонентов организмов – белков и нуклеиновых кислот. Вместе с тем вопросы, почему в составе белков обнаруживаются только L-аминокислоты, а в составе нуклеопротеидов – D-сахара, а не их рацемическая смесь, остаются без ответа. Этой проблеме посвящен обзор [Avetisov V.A. Mirror symmetry breaking at the molecular level / V.A. Avetisov, V.I. Goldanskii // Proc. Natl. Acad. Sci. USA . 1996. V. 93, N 21. P. 11435-11442], в котором приведена необходимая библиография. Из обзора следует, что проблема остается открытой. По нашему мнению, причина киральности связана с внешним, несимметричным (однонаправленным от центра Земли к поверхности) воздействием температурного фактора на формирование комплекса киральных минералов (апатит, карбонатапатит, кальцит – оптически отрицательные). «Когда определенные причины вызывают определенные следствия, то элементы симметрии причин должны проявляться в вызванных ими следствиях» (цит. По М.Кюри, 1968, [Кюри М. Пьер Кюри. Переведено с французского. Главный ред. Франк Е.М. /М.Кюри. - М.: Наука, 1968. P.28]). У минералов, формировавших первичную кору Земли из расплавов, всегда структурно выделяется нижняя и верхняя части. Результат воздействия высокой положительной и высокой отрицательной температур. На кристаллах шел однонаправленный (снизу вверх) и одновременный синтез нуклеиновых кислот и белков по принципу «спираль в спираль», что практически исключало возникновение рацемической смеси, но не препятствовало возникновению правой или левой спирали. Киральность минералов, однонаправленность процесса синтеза и принцип «спираль в спираль», по-видимому, определили структурную асимметрию мономерных звеньев НК и белков (L-аминокислот и D-сахаров).

Предполагаемая схема возникновения матричного механизма. Предполагается, что механизм матричного синтеза транскрипции и трансляции возник в дефектной области кристаллической решетки сокристаллизующихся минералов апатита, карбонатапатита и кальцита, имеющих взаимосогласованные пропорции, при участии радикалов и ионов газовой фазы (NH₃, CH₄ и CO₂). Это область ритмичного изменения химического состава, изоморфных замещений и вакансий и возникновения значительной флуктуации энергии

тепловых колебаний атомов в структуре минералов, ведущих к возникновению очага беспорядка и необходимости сброса энергетического потенциала в виде стратификационных зон. Переход к дефектной зоне сопровождается нарастанием беспорядка и самоорганизацией в кристалле упорядоченно организованных стратификационных зон. Все это реализуется в структуре органоминерального нуклеопротеидного комплекса. Система согласованных пропорций и наличие стратификационных зон в решетках минералов задают единый алгоритм построения будущих протоклеток. В зоне апатита и карбонатапатита самоорганизовывался тройной комплекс – ДНК, РНК, белок, по принципу стереоспецифической комплиментарности, «спираль в спираль». Его основа – двойная спираль ДНК. Переход в кристалле апатита от бездефектной области к появлению беспорядка реализовывался в размерах и специфике нуклеотидов в генах ДНК, в виде постепенного перехода от сателлитной зоны (неинформативной части ДНК у эукариот) к многократно повторенной зоне пре-тДНК, умеренно повторенной зоне пре-рДНК и уникальной зоне генов пре-мДНК. Комплементарно этим областям в зоне карбонатапатита формировался РНК-белковый комплекс. Каждая пре-тРНК в матрице кристалла стереоспецифически взаимодействовала со своим белком (будущей аминоацил-тРНК-синтетазой), который уже имел в своем составе АТФ и аминокислоту. Каждая пре-рРНК и пре-мРНК тоже были связаны со своими белками, которых было много, в силу большей протяженности этих фрагментов по сравнению с пре-тРНК. За первыми белками, непосредственно взаимодействующими с ДНК или РНК, следовало большое количество других комплементарно связанных с ними белков. На втором этапе в присутствии воды органоминеральный кристаллический комплекс переходил в жидкокристаллическое метастабильное состояние, которое могло быть нарушено изменением концентрация ионов, появлением протоклеток и запуском матричного механизма.

О генетическом коде и возможной причине его вырожденности. ДНК – это виртуальный носитель генетической информации, сформированный, как было сказано выше, на двух типах кристаллической решетки апатита – бездефектной (сателлитная, не информативная ДНК, информировать не о чем) и дефектной (остальные типы информативной пре-ДНК с нарастающей дефектностью от пре-тДНК до пре-мДНК). Виртуальная область кодонов пре-мДНК (будущая мРНК) не знает, какая аминокислота (АК) ей будет предложена тРНК, как и сама тРНК. Истинным носителем такой информации, является аминоацил-тРНК-синтетаза (АА-тРНК-сиртетаза), которая стереоспецифически комплементарно связана со своей тРНК (их может быть от 2 до 6 сильно различающихся друг от друга по длине и составу нуклеотидов), АТФ и АК и

определяет не только структуру антикодона в тРНК, но и АК для своей тРНК. Следует напомнить, что в клеточных белках есть 20 аминокислот, которые кодируются 61 триплетным антикодоном при участии 20 АА-тРНК-синтетаз. При этом каждая синтетаза узнает только свою АК, активирует ее с помощью АТФ, формирует свои антикодоны в тРНК для своей АК, вне зависимости от количества и состава нуклеотидов в тРНК, помогает АА-тРНК представить свою АК рибосоме. Как это происходит? В дефектной зоне апатита и карбонатапатита формируется тройной комплекс (спираль в спираль), состоящий из ДНК (на апатите), пре-тРНК и будущей АА-тРНК-синтетазы (на карбонатапатите), связанных стереоспецифическими комплементарными связями. *Уже на этом этапе имелись все белки необходимые для репликации, транскрипции и трансляции, связанные со своими РНК, хотя рибосомальный аппарат ещё не сформировался и не приступил к выполнению своей функции.* В момент перехода органо-минерального комплекса из кристаллического состояния в жидкокристаллическое (при появлении воды) начинается раскрутка комплекса, сопровождающаяся структурными превращениями АА-тРНК-синтетазы, тРНК и формирования АА-тРНК. При этом разные структуры тРНК для одной и той же АК с помощью фермента приобретают единый вырожденный антикодон, в котором значащими остаются только два первых нуклеотида для любых АК. Этот процесс фермент осуществляет за счет формирования у тРНК компенсаторной петли. Получается, что за формирование антикодона на пре-тРНК в тройном комплексе отвечает АА-тРНК-синтетаза, так как именно она узнает свою АК, а не ДНК, с которой связана исходная пре-тРНК. Встреча АА-тРНК со своим кодом на мРНК рибосомы, произойдет позднее по мере продвижения по спирали ДНК. Возникает вопрос почему код триплетный для всех АК при вырожденности по третьему нуклеотиду. Никакого пространственного соответствия между 3 или 2 нуклеотидами и 1 АК нет. Это соответствие легко осуществить через белковую молекулу АА-тРНК-синтетазы, имеющую значительное количество комплементарных соответствий между своими АК и пре-тРНК и устроить одну нужную АК на пре-тРНК с помощью АТФ. Кстати, что и делает с успехом АА-тРНК-синтетаза в клетке, не допуская подмены своей АК и изменения антикодона.

Относительно вырожденности генетического кода по третьему нуклеотиду. Ранее [Kostetsky, 2005] мы отмечали, что в структуре элементарной ячейки апатита, формируются 3 пары оснований (пурин- пиримидин) на высоте 0, 50,100 (область Ca I), при этом третья пара всегда оказывается на границе ячеек. Это область повышенной флуктуации энергии и, по нашему мнению, является причиной вырожденности генетического кода.

Откуда брались первые белки для рибосом? Каждая пре-рРНК, как и пре-тРНК тоже была связана со своими белками, но в отличие от пре-тРНК, их было много, в силу

большой протяженности этих фрагментов, по сравнению с пре-тРНК. За первыми белками, непосредственно взаимодействующими с пре-рРНК, следовало большое количество других комплементарно связанных с ними белков. Переход комплекса (при появлении воды) из органоминерального кристаллического состояния в жидкокристаллическое метастабильное состояние, приводил к формированию рибосом из рРНК со своими белками и запуску матричного механизма. Этому активно способствовало до 85% обращенных повторов в структуре пре-рРНК.

Не здесь ли лежит ответ на вопрос, откуда брались первые белки для формирования рибосом и ацилирования тРНК и почему их так много в клетке, притом, что система синтеза белков еще не готова?

Все выше рассмотренные гипотезы являются следствием единых физико-химических законов структурной организации кристаллической решетки рассматриваемых нами минералов, участвующих в формировании живых систем, которые не допускают их вольного трактования. Все это определило единство всех особенностей живых систем.

К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ИГЛОКОЖИХ ON A QUESTION OF THE ECHYNODERMATA'S ORIGIN

Э.Я. Костецкий

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

kostetskiy.yeya@dvfu.ru

На основании биохимических и биологических характеристик проведен поиск возможных филогенетических предшественников иглокожих. При этом учитывались следующие особенности иглокожих: 1) почти полное отсутствие морфологического прогресса в развитии (Беклемишев, 1964); 2) биохимические показатели, присущие примитивным (древним) морским беспозвоночным; 3) двойственный характер биохимических признаков – наличие генов «растительного» типа (рибулоза-1,6дифосфат карбоксилаза (RUBISCO), хлорофилла, ксантофилла, каратиноидов, фикобилинов), соединений «растительного типа» (тритерпеновые и стероидные гликозиды, хиноидные пигменты и различные каратиноиды, фитосфингозиновые основания и сульфохиновозилдиацилглицерид, широкий спектр моносахаридов и витаминов и др.) и «животного типа»; 4) смена билатеральной симметрии у личиночной стадии на радиальную у взрослых организмов. Мы считали, что общие признаки, присущие иглокожим и их предшественникам, имеют генетическую обусловленность и в виде близких биохимических показателей или гомологических органов должны проявляться на новом уровне организации, свойственном иглокожим.

Предполагается, что наиболее вероятными предшественниками иглокожих могла быть группа докембрийских бесскелетных планктонных радиолярий в симбиозе с одноклеточными жгутиконосцами из типа саркомастигопор. Причем, только комплексный анализ признаков обоих симбионтов позволяет объяснить биохимические и биологические особенности иглокожих.

Механизм перехода от одноклеточных форм к многоклеточным организмам рассматривается на основе полиэнергидной теории Хаджи, исходя из особенностей ядерного аппарата предшественников и экологических условий, в которых они оказались в момент перехода на новую ступень развития. Предполагается, что бесскелетные радиолярии с симбиотическими жгутиконосцами в условиях длительного поверхностного опреснения и (или) похолодания оседали на дно и после гибели симбионтов

ассимилировали часть их генетического аппарата и соответственно часть метаболических путей. Причиной появления многоклеточных в докембрии считается катастрофа которой подверглась планета Земля после столкновения с небесным телом с последующим изменением экологической ситуации.

Мощному развитию кальциевого скелета способствовали избыточное накопление CO₂ вследствие утраты симбионтов, которые прежде утилизировали CO₂, генетически обусловленная структура белка, инициирующая минерализацию CaCO₃, а также интенсификация дыхания, при избытке трофики в придонных слоях. Последнее было обусловлено массовой гибелью фито- и, вероятно, части зоопланктона.

Интенсификация обмена веществ и развитие скелета стимулировали общий рост, образование поликариона (возможно через стадию полиплоидизации) и дифференциацию органоидов в соответствии с новой формой существования. С другой стороны, скелетные ограничения вели к концентрации цитоплазмы, мембранных комплексов в пределах скелета и стимулировали расчленение единой цитоплазмы с мозаичным распределением ядер на отдельные клетки. Происходила сегрегация поликарионной системы в многоклеточную.

В свете предлагаемой гипотезы рассматривается возможная функциональная роль хиноидных, каратиноидных и других пигментов, моно-, дигалактозил- и сульфохиновозилдиацилглицерина (базовых компонентов фотосинтетического аппарата) у иглокожих в связи со слабой дифференцировкой или отсутствием органов дыхания и слабым развитием органов пищеварения. Экспериментально установлено, что иглокожие могут до 6 месяцев обходиться без питания без значимых биохимических изменений. Отсутствие кислорода в морской воде в ходе эксперимента (вытеснение кислорода азотом или гелием) также не влияет на состояние иглокожих.

Предполагается, что билатеральная личиночная стадия иглокожих есть рекапитуляция признаков бывших симбиотических жгутиконосцев, а взрослая форма – рекапитуляция признаков бывших докембрийских радиолярий с их радиальной симметрией.

Предполагается, что филогенетическими предшественниками морских лилий, звезд и ежей были бесскелетные предки радиолярий типа *Nasellaria*, *Spumellaria*, *Acantharia* и *Phaeodaria* в симбиозе с фитомастигинами, а голотурий - радиолярии типа *Sticholonchea* в симбиозе с гетеротрофными *Rhizomastigina*.

Современные радиолярии прошли первые этапы адаптации – (до полиплоидной или полиэнергидной системы) примерно также, как и иглокожие. Однако, исходно обладая иными скелет-синтезирующими белками, они формировали стронциевый и

кремниевый скелет и по неясным причинам не смогли перейти через стадию одноклеточности. Возможные причины – энергетические ограничения?, недостаток трофики к моменту расчленения единой цитоплазмы?, формирование скелета из Sr и Si, находящихся в морской воде в малой концентрации, по сравнению с Ca?. Тем не менее, они как и иглокожие, сохранили лучевой план строения, доставшийся тем и другим от морфологически близких предков с генетически детерминированной радиальной симметрией.

Таким образом, проморфологические аналоги современных иглокожих и радиолярий, по нашему мнению, имеют общую генетическую обусловленность.

БИОТИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ *SACCHARINA JAPONICA* И СЕРОГО МОРСКОГО ЕЖА *STRONGILOCENTROTUS INTERMEDIUS* КАК РЕЗУЛЬТАТ ЭВОЛЮЦИИ

Т.Н. Крупнова

ФГБНУ «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр»,

Владивосток, Россия

krupnova@tinro.ru

У побережья Приморья серый морской еж *Strongylocentrotus intermedius* является важным промысловым видом. Интерес к икре (гонадам) морских ежей обусловлен иммуностимулирующими, радиопротекторными и другими уникальными свойствами этого пищевого продукта. В то же время, несмотря на активный промысел серого морского ежа и растущий спрос на внешнем рынке на его икру, многие аспекты биологии этого вида еще недостаточно изучены. В частности, мало исследованы биотические отношения *S. intermedius* и бурых водорослей, которыми питаются эти животные, и с которыми обитают повсеместно на одних и тех же твердых субстратах, дефицит которых постоянно наблюдается в прибрежных водах.

Ламинария считается наиболее значимой пищей для ежа, так как способствует продуцированию качественной икры с хорошими количественными показателями. Питание морского ежа на ламинариевых полях даже при ограниченном рационе увеличивает их соматический и гонадный рост, повышает репродуктивный эффект и плодовитость. При натуральных наблюдениях было отмечено, что морские ежи не едят здоровые, крепкие водоросли. Однако активно поедают те же самые растения спустя несколько месяцев, в конце их жизненного цикла. Морские ежи охотно потребляют слоевища ламинарии из выбросов, попавшие на берег в результате отрыва от субстрата штормами и вторично смытые волнами в зону обитания ежа, а также молодые ювенильные проростки этой водоросли.

Чтобы объяснить наблюдаемую в природе пищевую избирательность морских ежей по отношению к разным стадиям жизненного цикла ламинарии, которая выражается в предпочтении проростков, старых растений и выбросов ламинарии и отказе от взрослых

крепких (здоровых) слоевищ, были исследованы (совместно со специалистами ТИБОХ ДВО РАН) биохимические основы пищевого выбора этих животных.

Мы использовали подход, ранее применявшийся для наземных организмов, который заключается в поиске в водорослях ингибиторов, действующих на пищеварительные ферменты животных, консументов первого порядка (в данном случае морских ежей). Пищеварительные ферменты у морских ежей и ряда других морских беспозвоночных представлены ламинариназами или 1,3-β-D-глюканазами. Сообщения о природных ингибиторах 1,3-β-D-глюканаз морских животных чрезвычайно редки, биологическая роль их не установлена. Мы исследовали действие экстрактивных веществ из *Saccharina japonica* на 1,3-β-D-глюканазу – основной пищеварительный фермент морского ежа. Для этого использовали образцы ламинарии, находящейся на разных стадиях развития (от проростков до разрушающегося слоевища в конце жизненного цикла ламинарии, а также ее выбросы). Оказалось, что только ламинария первого года жизни содержит вещества, ингибирующие основной фермент пищеварительного тракта морского ежа, и только для растений первого года жизни реализуется механизм химической защиты от растительноядных животных с участием ингибиторов пищеварительных ферментов морского ежа.

Экстракты, полученные из талломов ламинарии первого года жизни, хранившихся на берегу в течение 3-4 суток, и из водорослей второго года жизни, т.е. имитирующие выбросы, проявляли значительное активирующее действие на фермент морского ежа. В водоросли (при ее хранении) в процессе деструкции появлялись вещества, которые повышали активность фермента в 2-3 раза, а вещества, ингибирующие фермент, исчезали. Эти данные хорошо согласуются с тем, что в природе морские ежи охотно поедают полуразрушенные растения из выбросов водорослей.

На основе биохимического изучения взаимоотношений «ламинария – морской еж» становится понятным, что в процессе взаимного сосуществования эти два вида выработали целый комплекс адаптивных механизмов, позволяющих им благополучно обитать на одних и тех же субстратах в море.

Так, для ламинарии характерно групповое прорастание, ее развитие происходит только при большом количестве зооспор, что связано с особенностями оплодотворения яйцеклетки. В результате к весне формируется значительное количество ювенильных спорофитов (до 5 тыс. экз/м²), которые мешают другу развиваться. В это же время увеличивается сезонная пищевая активность морских ежей и они поедают проростки ламинарии, которые не содержат ингибиторов пищеварительных ферментов иглокожих. Прорезивание проростков способствует дальнейшему благоприятному росту водоросли.

В августе-сентябре талломы ламинарии второго года жизни продуцируют репродуктивную ткань и становятся несъедобными для морских ежей из-за синтеза ингибиторов пищеварительных ферментов. Это необходимо водоросли для размножения, и совпадает с понижением пищевой активности морских ежей, у которых начинается нерест, и они практически не питаются. После выхода зооспор в октябре талломы ламинарии снова становятся доступной пищей для морских ежей, поскольку необходимо освободить субстрат для прорастания зооспор. В это время в талломах исчезают ингибиторы, а появляются активаторы пищеварительных ферментов иглокожих. Одновременно усиливается пищевая активность морских ежей, поскольку они уже отнерестились, в их гонадах начинается формирование новых гамет, для чего необходимо усиленное питание.

Поедая состарившиеся растения *Saccharina japonica*, морские ежи очищают прибрежные воды от разлагающихся растений, выполняя “санитарную” роль, а также освобождают субстрат, подготавливая его для оседания новых порций зооспор ламинарии.

Таким образом, одни и те же растения ламинарии на протяжении своего жизненного цикла различаются по своей пищевой доступности для морских ежей. В ходе эволюционного развития морской еж и ламинария выработали комплекс приспособительных реакций, позволяющих совместно выживать обоим видам.

МЕРОПЛАНКТОН ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ЗАЛИВА АНИВА (ОХОТСКОЕ МОРЕ, ЮЖНЫЙ САХАЛИН)

В.А. Куликова, Н.К. Колотухина

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской
биологии ДВО РАН, Владивосток 690041

kulikova imb@mail.ru

MEROPLANKTON OF COASTAL WATERS OF ANIVA BAY (SEA OF OKHOTSK THE SOUTH SAKHALIN).

V.A. Kulikova, N.K. Kolotukhina.

До настоящего времени основная часть исследований меропланктона в дальневосточных морях России проводилась в северо-западной части Японского моря (Корн, Куликова, 1997). Меропланктон Охотского и Берингова морей, а также открытых прикамчатских вод Тихого океана исследован в значительно меньшей степени. Для шельфовых вод Сахалина данные по всему меропланктону отсутствуют. Имеются лишь сведения по личинкам крабов Татарского пролива и личинкам двустворчатых моллюсков лагуны Буссе зал. Анива (Куликова, Корн, 1999). В большинстве публикаций личинки донных беспозвоночных отмечены лишь как сопутствующий компонент в общем зоопланктоне.

Пробы планктона отбирали в западной прибрежной части зал. Анива в мае – октябре 2009 г., в апреле, июне – ноябре 2010 г., в апреле – ноябре 2011 г. дважды в месяц. Лов осуществляли по трем разрезам (1, 2, 3), на каждом из которых облавливали три водных слоя: В (0–5 м), D (0–15 м) и F (0–30 м).

За весь период исследований в планктоне зал. Анива обнаружены и идентифицированы личинки 18 крупных таксономических групп: Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta, Echinoidea, Asteroidea, Ophiuroidea, Holothuroidea, Cirripedia, Decapoda, Nemertini, Phoronida, Hemichordata, Cnidaria, Ascidiacea, Turbellaria, Bryozoa, Porifera, Sipunculida, включающих 162 таксона разного систематического ранга. Наиболее разнообразным меропланктон был с августа по октябрь, весной и в начале лета число таксонов было минимальным. Наибольшими по числу таксонов оказались группы

двустворчатых моллюсков *Bivalvia* (62 таксона, из них 48 видов) и многощетинковых червей *Polychaeta* (39 таксонов, до вида определены 9).

Плотность меропланктона варьировала на разных станциях от 0 до нескольких сотен экземпляров в 1 м³ в 2009 г.; от 0 до 1,3 тысяч экз/м³ в 2010 г.; от 0 до 2,5 тысяч экз/м³ в 2011г. За период исследований наименьшие значения плотности наблюдались с апреля по июнь; максимальные значения отмечены в 2009 г. в сентябре-октябре, в 2010 г. – в августе и сентябре, в 2011 г. – в июле и октябре. Наиболее высокую плотность меропланктона обеспечивали личинки двустворчатых и брюхоногих моллюсков и полихет.

Распределение личинок по вертикали подчинялось определенным закономерностям. Так, весной и в начале лета личинки скапливались в верхнем 5-метровом слое. Это могло быть связано с большим прогревом верхнего горизонта водной массы, с положительным фототаксисом ранних личиночных стадий, с более высокой, чем на глубинах, плотностью объекта питания – фитопланктона. Позднее, при наибольших значениях плотности, более равномерно личинки были распределены в слое до 15 м. Глубже 15 метров численность личинок снижалась. Однако при этом вертикальное распределение личинок разных таксономических групп было не одинаковым. Личинки *Bivalvia*, *Gastropoda* и *Cirripedia* предпочитали преимущественно поверхностный слой, личинки *Decapoda* – слой до 15 метров, а личинки *Polychaeta* и *Echinodermata* распределялись по глубинам относительно равномерно. Среди малочисленных групп с низкой плотностью личинок, закономерностей в вертикальном распределении не обнаружено. Таким образом, в целом плотность меропланктона постепенно снижалась от поверхности к придонному слою водной массы.

В планктоне исследуемой акватории весной–в начале лета были обнаружены личинки, по всей вероятности, занесенные через пролив Лаперуза ответвлениями теплого Цусимского течения. Они появлялись в планктоне значительно раньше сроков размножения тех же видов в зал. Анива. Это личинки *Crassostrea gigas*, *Ostrea* sp., *Meretrix lusoria*, *Mytilus coruscus*, *Mytilus galloprovincialis*, *Chlamys nipponensis*, *Mercenaria stimpsoni*, *Glycymeris yessoensis*, *Bankia setacea*, *Megangulus venulosa*, *Strongylocentrotus intermedius*, *Mytilus trossulus*, *Mya arenaria*, *Macra quadrangularis*, *Balanus crenatus*, *Hesperibalanus hesperius* и ряд других. Позднее численность личинок каждого из этих видов в зал. Анива могла складываться из двух составляющих: местных и заносных.

Среди заносных чужеродными можно считать личинок *Hiatella orientalis*, популяции которых, согласно данным О.А. Скарлато (1981), у берегов Сахалина отсутствуют, а также личинок не идентифицированных видов морских ежей

Strongylocentrotus sp., форонид *Phoronida* gen. sp. и сипункулид *Sipunculida* gen. sp., особенности морфологии которых не позволяют отнести их к местным видам. В августе 2011 г. в зал. Анива впервые была обнаружена и идентифицирована личинка тропическо-субтропического вида *Cirripedia* семейства *Lepadidae* морская уточка *Dosima fascicularis*. Однако интродукция этого и ряда других видов, личинки которых занесены из южных широт, в данной акватории исключена ввиду неблагоприятного термического режима для их размножения и выживания.

Ближайшими к зал. Анива акваториями, в которых меропланктон был исследован ранее относительно полно, являются Амурский и Уссурийский заливы (зал. Петра Великого Японского моря). Сравнение состава личинок *Bivalvia*, наиболее изученной группы, показало, что общее число таксонов личинок двустворчатых моллюсков в зал. Анива не отличается от такового в заливах Южного Приморья (Куликова и др., 2013, 2014): В сахалинских водах отмечены 62 таксона, в Амурском и Уссурийском заливах 63 и 65 таксонов, соответственно. Существенные различия имеются по видовому составу и срокам нахождения в планктоне всей когорты личинок *Bivalvia* в этих районах. Так, в водах южного Приморья личинки присутствуют в планктоне с апреля по ноябрь, а в зал. Анива основная масса личинок появляется на 3 месяца позднее. Размножение моллюсков на Сахалине происходит в более сжатые сроки, соответствующие периоду наибольшего прогрева местных вод.

Из всех видов личинок *Bivalvia*, присутствующих в северо-западной части зал. Петра Великого, в зал. Анива не обнаружены личинки 11 видов: *Adula schmidtii*, *Musculus* sp., *Septifer keenaе*, *Mactromeris polynyma*, *Cardiidae* gen. sp., *Protothaca* sp., *Alveinius ojianus*, *Pholas* sp., *Mysella ventricosa*, *Arca boucardi* и *Anadara broughtonii*.

В то же время, согласно данным 2007 – 2008 гг., в Амурском и Уссурийском заливах отсутствовали личинки *Modiolus* sp., *Chlamys rosealbus*, *Hiatella* sp., *Panopea japonica*, *Mysella* sp. и *Limatula* sp. обычные для зал. Анива.

По данным О.А. Скарлато (1981), в регионе, включающем в себя воды, омывающие южный Сахалин, южные Курильские и северные Японские острова, обитают 40 тропических и тропическо-субтропических видов *Bivalvia*. Поэтому, благодаря особенностям гидродинамики, фауна зал. Анива имеет особый биогеографический статус и скорее должна быть отнесена к япономорской, нежели к охотоморской (Ушаков, 1951; Голиков и др., 1985), что подтверждается и нашими исследованиями на примере пелагических личинок *Bivalvia*.

ГОРМОНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ КЛУБЕНЬКООБРАЗОВАНИЯ

П. Г. Кусакин

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

kussakin@gmail.com

Бобово-ризобиальный симбиоз имеет большое значение для жизни растений, обеспечивая им азотное питание. Развитие симбиотического клубенька строго контролируется растительными гормонами, которые оказывают на клубенькообразование и последующее развитие как стимулирующее действие, так и негативное. Наиболее важными позитивными регуляторами являются гормоны ауксин и цитокинины, тогда как негативная регуляция осуществляется в растении этиленом (рис. 1). Несмотря на то, что участие этих гормонов в образовании и развитии клубенька активно изучается, исследования, в основном, были направлены на ранние стадии формирования клубеньков. Таким образом, целью данной работы стало выявление роли изменений баланса фитогормонов (гормонального статуса тканей) в регуляции поздних стадий развития симбиотического клубенька гороха.

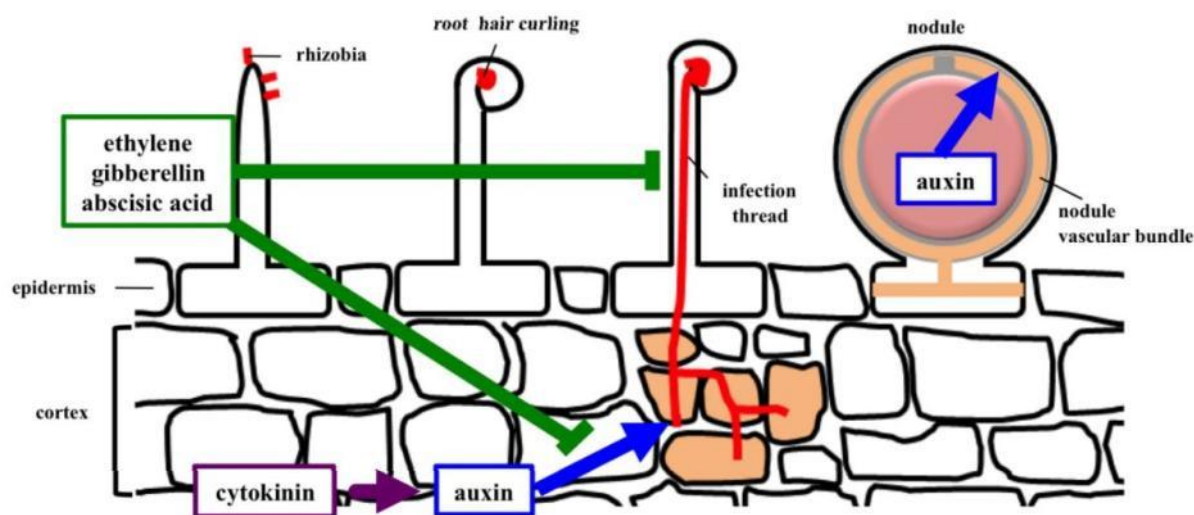


Рис. 1. Общая схема воздействия гормонов на процесс клубенькообразования по Nagata, Suzuki, 2014

В работе использован штамм клубеньковых бактерий из коллекции непатогенных микроорганизмов ФГБНУВНИИСХМ (любезно предоставленный Центром Джона Иннеса (Великобритания)) *Rhizobium leguminosarum* bv.viciae (rlv3841) – нативный

стрептомицин-устойчивый мутант(Wangetal., 1982), а также штамм *R. leguminosarum* bv. *viceae* 1026.

Выделение тотальной РНК с помощью Pure-ZOL проводили по следующей схеме. Замороженный материал (по 100-200 мг) гомогенизировали в фарфоровой ступке с жидким азотом и переносили в микроцентрифужные пробирки (Eppendorf, Германия). Затем добавляли по 1 мл PURE-ZOL (Bio-Rad Laboratories, США), перемешивали на микроцентрифуге-вортекс в течение 15 с и инкубировали при комнатной температуре в течение 5 мин. Пробу центрифугировали 10 мин 12000xg при 4°C. Супернатант переносили в чистые микроцентрифужные пробирки и инкубировали при комнатной температуре в течение 5 мин, добавив по 200 мкл хлороформа, потом перемешивали на микроцентрифуге-вортекс в течение 15 с и инкубировали 3 мин при комнатной температуре, затем центрифугировали в течение 15 мин 12000xg при 4°C.

По 600 мкл верхней водной фазы центрифугированного раствора отбирали и переносили в чистые микроцентрифужные пробирки, в которые добавляли по 500 мкл изопропилового спирта и перемешивали на микроцентрифуге-вортекс. После инкубации в течение 10 мин при комнатной температуре пробу центрифугировали 10 мин 12000xg при 4°C и удаляли супернатант. К осадку добавляли по 1 мл 70%-го этанола и вновь центрифугировали в течение 5 мин 7500xg при 4°C. Этанол удаляли и в течение 5-10 мин сушили осадок, содержащий тотальную РНК, для последующей ДНКазной обработки.

ДНКазная обработка. Осадок растворяли в 44 мкл деионизованной H₂O и добавляли в пробу по 1 мкл ДНКазы I (Fermentas, Литва) и по 5 мкл 10x реакционного буфера с MgCl₂ (Fermentas, Литва). Пробу инкубировали в течение 30 мин при 37°C и затем добавляли по 150 мкл деионизованной H₂O и по 200 мкл хлороформа.

Центрифугировали в течение 10 мин 16000xg, после чего переносили супернатант (по 150 мкл) в чистые микроцентрифужные пробирки и добавляли по 1/10 объема (от 150 мкл) 3М ацетата натрия (pH=5,2) и по 2,5 объема 100% этанола. Пробирки оставляли при температуре -80°C на 30 мин или при -20°C на ночь, после чего центрифугировали в течение 20 мин 16000xg и удаляли супернатант. К осадку добавляли по 400 мкл 70% этанола. Пробу центрифугировали 10 мин 16000xg, снова удаляли супернатант, а осадок высушивали 5-10 мин. Затем осадок растворяли в 20 мкл деионизованной H₂O и хранили при -20°C. Чистоту выделенной РНК и ее целостность определяли с помощью гелеэлектрофореза в 1,5% агарозном геле (пункт 3.6.). Концентрацию РНК определяли с помощью системы электрофореза на микрочипе MCE-202 MultiNA (Shimadzu, Япония).

Постановка ОТ-ПЦР

Реактивы для синтеза к ДНК: ревертаза RevertAid™ M-MuLV Reverse Transcriptase 200 ед. акт. и реакционный буфер для ревертазы (Fermentas, Литва), праймеры Oligo(dT)₁₈, 25мМ dNTP, ингибитор РНКаз RiboLock™ RNase Inhibitor (Fermentas, Литва) 40 е/мкл, DEPC-вода.

В 20 мкл реакционной смеси на одну пробу содержалось 1 мкл Oligo(dT)₁₈; 0,5 мкл смеси dNTP; 4 мкл х5 реакционного буфера; 1 мкл M-MuLV обратной транскриптазы; 1 мкл ингибитора РНКаз. Остальные 12,5 мкл составляли РНК и DEPC-вода.

Для синтеза кДНК брали 1,5 мкг РНК.

Синтез комплементарной ДНК на матрице мРНК из dNTPs ферментом обратной транскриптазой проводили при 40°C в течение 60 мин. Инактивировали фермент нагреванием смеси до 70°C в течение 10 мин. Продукты реакции хранили при 10°C.

Реакцию осуществляли в автоматическом амплификаторе C1000™ ThermalCycler (Bio-Rad Laboratories, США). ПЦР-анализ проводили с использованием в качестве матрицы препаратов кДНК.

Для регистрации накопления продуктов ПЦР при проведении количественного анализа экспрессии генов использовали дуплекс-специфичный интеркалирующий флуорофор SYBRGreen (Morrison *et al.*, 1998). В 10 мкл реакционной смеси на одну пробу содержалось 5 мкл (2х) iQ™ SYBR® Green Supermix (Bio-Rad Laboratories, США); 3,4 мкл H₂O; 0,4 мкл 10 мкМ прямого праймера; 0,4 мкл 10 мкМ обратного праймера; 0,8 мкл кДНК.

Праймеры были подобраны к последовательностям кДНК анализируемого гена *ACS2* для гороха:

прямой 5'-GGCATAGTAATTTGAGGTTGAGCC-3'

обратный 5'-GCCCAACATTTAAAGGACCTATTA-3'.

Длина амплифицируемого фрагмента – 226 п.н.

Праймеры были подобраны к последовательностям кДНК анализируемого гена *PsACO1* для гороха:

прямой 5'-TACATGGGACTCAAGTTCCAAGCT-3'

обратный 5'-GCACAATCTTAAAACACCAACCAAAA-3'.

Длина амплифицируемого фрагмента – 159 п.н.

Праймеры к референсному гену *GapC1*:

прямой 5'-AAGAACGACGAACTCACCG-3'

обратный 5'-TTGGCACCACCSTTCAAATG-3'.

Длина амплифицируемого фрагмента – 188 п.н.

В ходе исследования был выявлен характер распределения ауксина и цитокининов в клубеньках гороха дикого типа и мутантных линий. Показано, что для клубеньков дикого типа характерно отсутствие ауксина в центральной зоне клубенька, что может быть связано с переходом клубенька к клеточной дифференцировке. Присутствие максимума ауксина в клубеньках мутанта по гену *sym33*, указывает, что одной из функций этого гена является снижение концентрации ауксина в зрелых клубеньках. Выявлено, что максимум цитокининов в клубеньке гороха дикого типа присутствует в меристеме и зоне инфекции, что, вероятно, указывает на их важную роль не только для поддержания меристематической активности, но и в процессе клеточной дифференцировки, которая характерна для зоны инфекции. Показано, что мутации в генах гороха *sym33* и *sym40* изменяют паттерн распределения цитокининов, характерный для клубеньков гороха дикого типа.

Были исследованы изменения уровней экспрессии генов биосинтеза этилена (*ACS2* и *ACO1*) в клубеньках исходного сорта Rondo и этиленчувствительной мутантной линии K5 (*sym12*) в условиях обработки экзогенным этиленом и ингибитором его синтеза. Полученные результаты позволяют предположить, что мутация в гене *sym12* приводит к нарушениям регуляции транскрипции исследованных генов.

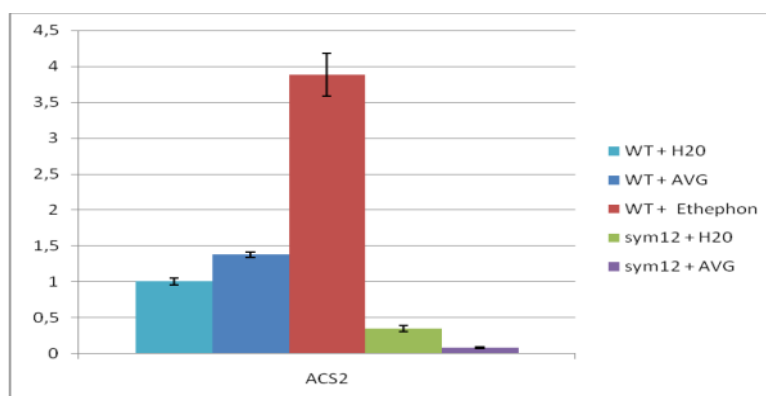


Рис. 2. Сравнение относительных уровней экспрессии гена *ACS2* у растений исследуемых линий.

Наблюдалось достоверное увеличение экспрессии генов *ACS2* и *ACO1* в клубеньках исходного сорта Rondo при обработке ингибитором фермента АЦК-синтазы АВГ, в отличие от мутантной линии K5 (*sym12*) (рис. 2, 3). Поскольку АВГ является ингибитором синтеза 1-аминоциклопропан-1-карбоновой кислоты, то снижение ее биосинтеза в клубеньках под действием АВГ, вероятно, ведет к снижению уровня этилена, что активирует экспрессию генов, кодирующих его биосинтез.

Экзогенный этилен, высвобождающийся в результате разложения этефона, повышает активность гена *ACS2* в клубеньках дикого типа, в то время как в клубеньках,

образованных мутантной линией K5 (*sym12*) активность обоих генов по сравнению с диким типом снижена. По всей видимости, мутация в гене *sym12* приводит к нарушениям регуляции транскрипции исследованных генов. Повышение уровня экспрессии гена *ACS2* в клубеньках исходного сорта Rondo при обработке этефоном указывает на активацию экспрессии данного гена этиленом.

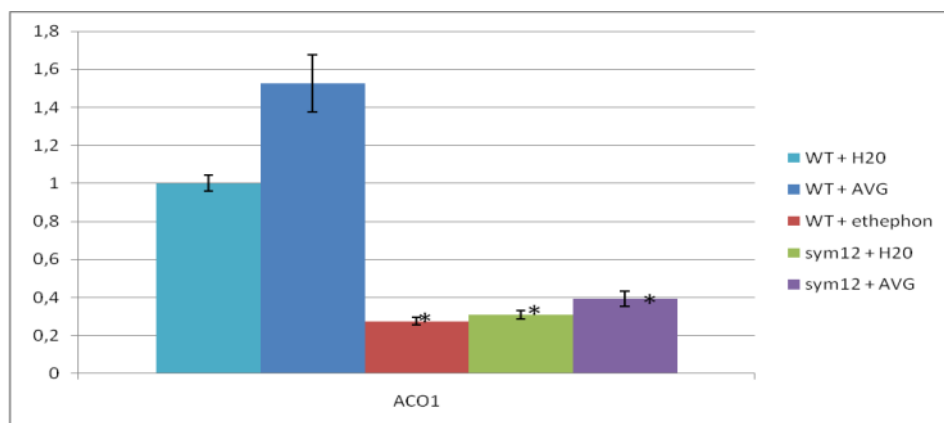


Рис. 3. Сравнение относительных уровней экспрессии гена *ACO1* у растений исследуемых линий.

Для мутантных растений была показана повышенная чувствительность к этилену процесса клубенькообразования. Интересно отметить, что мутант характеризуется повышенной чувствительностью к этилену, несмотря на сниженный уровень экспрессии генов его биосинтеза. Очевидно, что в дальнейшем необходимо изучить другие компоненты сигнального каскада, запускаемого в клубеньках этиленом, чтобы выявить причину повышенной чувствительности мутантной линии K5 (*sym12*) к этилену.

Таким образом, показано, что недетерминированные клубеньки гороха на поздних стадиях развития характеризуются сходным паттерном распределения ауксина в клубеньке, характерным для детерминированных клубеньков *Lotus japonicus*. Активное накопление ИУК в клубеньках мутанта гороха по гену *sym33* позволяет предположить, что одной из функций гена *Sym33* является снижение концентрации ауксина в зрелых клубеньках, что, вероятно, связано с необходимостью изменения в программе их развития и переходу от делений к клеточной дифференцировке.

Максимум цитокининов в клубеньке дикого типа гороха присутствует в меристеме и зоне инфекции, что, вероятно, указывает на их важную роль не только для поддержания меристематической активности, но и в процессе клеточной дифференцировки, которая характерна для зоны инфекции. Мутации в в генах гороха *sym33* и *sym40* изменяют паттерн распределения цитокининов, характерный для клубеньков дикого типа. У мутанта по гену *sym12*, характеризующегося этиленчувствительным клубенькообразованием,

наблюдаются нарушения регуляции транскрипции генов биосинтеза этилена (*ACS2* и *ACO1*).

Автор выражает благодарность Марии Фёдоровне Шишовой и Цыганову Виктору Евгеньевичу, а также сотрудникам ФГБНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии: Татьяне Александровне Серовой, Анне Борисовне Китаевой, Кире Андреевне Ивановой, Ольге Алексеевне Кулаевой, Алексею Георгиевичу Пинаеву за неоценимую помощь в организации исследования и ценные указания. Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Геномные технологии, протеомика и клеточные технологии» ФГБНУ ВНИИСХМ.

ЛИТЕРАТУРА

Nagata M., Suzuki A. Effects of phytohormones on nodulation and nitrogen fixation in leguminous plants. In: *Advances in biology and ecology of nitrogen fixation*. T. Ohyama (ed.). InTech, Rijeka, Croatia. 2014: 111-128.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КУМОВЫХ РАКОВ РОДА *STYLOPTOCUMA* В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

А.В. Лаврентьева

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской
биологии ДВО РАН, Владивосток, Россия
Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

В большинстве изученных районов Мирового океана кумовые раки (Cumacea) составляют существенную долю от ракообразных надотряда Peracarida как по плотности поселений, так и по количеству видов, следуя за доминирующими отрядами Isopoda и Amphipoda. Семейство Nannastacidae считается наиболее эволюционно молодым (Haye et al., 2004), его мировая фауна представлена 28 родами, включающими 468 описанных видов. В северо-западной Пацифике встречаются представители 10 родов и 88 видов Nannastacidae (в т.ч. потенциально новые виды из сборов SoJaBio и KuramBio). Nannastacidae – тепловодное семейство, тем не менее, в батииали Японского моря и абиссали Курило-Камчатского района это второе по плотности поселений семейство кумовых раков. В абиссали Мирового океана встречаются виды 10 родов: эврибатного (сублиторально-абиссального) рода *Campylaspis*, преимущественно сублиторального рода *Cumella*, преимущественно батииального рода *Cumellopsis* и батииально-абиссальных родов *Atlantocuma*, *Platycuma*, *Procampylaspis*, *Styloptocuma*, *Campylaspenis*, *Vemacumella*, *Campylaspides*. В абиссали северо-западной Пацифики обитают виды 6 родов семейства Nannastacidae: *Atlantocuma*, *Platycuma*, *Procampylaspis*, *Styloptocuma*, *Campylaspis* и *Cumella*.

Род *Styloptocuma* с типовым видом *S. antipai* был выделен Баческу и Мурадиан, в него также вошли 2 вида, ранее описанные в роде *Cumella* (Bacescu, Muradian, 1974; Watling, 1993). В качестве основных признаков нового рода авторы выделили длинный псевдорострум, удлинненное глазное поле без зрительных элементов и длинные конечности. Однако Джонс (Jones, 1984) предложил считать род *Styloptocuma* синонимом *Cumella* из-за недостаточного количества признаков для разделения этих родов; его точку зрения поддержал Ледоер (Ledoyer, 1997). Ватлинг (Watling, 1991) заключил, что *Styloptocuma* является подродом *Cumella*, однако Холтхуис (Holthuis, 1992) по-прежнему считал *Styloptocuma* валидным родом. Закрыв этот вопрос Петреску (Petrescu, 2000b), который переописал несколько видов, тщательно изучил не только внешний вид

Styloptocuma, но и особенности строения конечностей, переписал диагноз, добавив особенности строения максиллипедов, антенны 1 и ротовых частей, и пришел к выводу, что *Styloptocuma* представляет собой род, находящийся между родами *Cumella* и *Nannastacus* и разделяющий некоторые признаки как одного, так и другого. После уточнения диагноза был опубликован ряд работ с описаниями видов рода *Styloptocuma*, не подвергающих сомнению самостоятельность данного рода (Mühlenhardt-Siegel, 2005; Petrescu, 2007; Corbera, Segonzac, 2010).

Род *Styloptocuma* Bacescu et Muradian, 1974 включает 28 описанных видов из северной и южной Атлантики и южной Пацифики (Bacescu, Muradian, 1974; Jones, 1984; Petrescu 1991, 2007; Petrescu, Watling, 1999; Mühlenhardt-Siegel, 2005; Corbera, Segonzac, 2010). В водах северной Пацифики 4 вида этого рода обнаружены впервые в материалах экспедиции KuramBio (Lavrenteva, Mühlenhardt-Siegel, 2015).

Кумовые раки обычно характеризуются небольшими ареалами, поскольку у них отсутствует расселительная планктонная стадия. Только *S. gracillimum* населяет и Атлантический, и Тихий океаны, остальные же виды рода встречаются только в одном океане (рис.1). В Атлантическом океане известны 19 видов рода, в Тихом – 12 видов, однако распространение их в пределах океанов неравномерно. Больше всего видов рода *Styloptocuma* обнаружено в северной Атлантике: 7 видов на северо-востоке (*S. subductum*, *S. negoescuae*, *S. cristatum*, *S. longisipho*, *S. echinatum*, *S. concinnum*, *S. murariui*), 2 вида – на северо-западе (*S. antipai*, *S. heardi*), 2 вида (*S. egregium*, *S. acuminatum*) на обоих побережьях северной Атлантики (рис.1). В водах южной Атлантики обитают 2 вида на юго-востоке (*S. minimum*, *S. pleonserratum*) и 3 вида на северо-востоке (*S. dayae*, *S. angustatum*, *S. formosa*) (рис.1). В водах восточной Атлантики в обоих полушариях распространен вид *S. erectum*, а вдоль побережья Южной Америки – *S. bishopi* (рис.1). Наиболее широко распространен *S. exstans*, обитающий в обоих полушариях и вдоль обоих берегов Атлантики. В Тихом океане виды рода *Styloptocuma* ранее были известны только в южном полушарии: 7 видов в юго-западной Пацифике (*S. gordonii*, *S. spinosum*, *S. poorei*, *S. australiense*, *S. granulosum*, *S. nodosum*, *S. darwini*) и *S. bacescui* в водах юго-восточной Пацифики (рис.1). В сборах экспедиции KuramBio в северо-западной Пацифике обнаружены 4 новых для науки вида кумовых раков рода *Styloptocuma*.

Представители рода *Styloptocuma* встречаются в Тихом и Атлантическом океанах, однако они не обнаружены севернее 70°с.ш. и южнее 55°ю.ш. (рис.1). Отсутствие видов рода в Индийском океане, вероятно, связано со слабой изученностью его абиссальных глубин, а вот отсутствие их в атлантическом секторе Южного океана, исследованном современным оборудованием в ходе нескольких глубоководных экспедиций ANDEEP,

достаточно удивительно. Род *Styloptocuma* можно назвать типичным для глубоководных районов Атлантики и Пацифики.



Рис. 1. Распространение видов рода *Styloptocuma* в Мировом океане.

Виды рода *Styloptocuma* известны с глубин 91–5590 м (Bacescu, Muradian, 1974; Jones, 1984; Petrescu, 1991, 2000a, 2007; Mühlenhardt-Siegel, 2005; Corbera, Segonzac, 2010) (рис.2). Род представлен 10 абиссальными видами, 5 батияльно-абиссальными, 16 батияльными и одним нижнесублиторальным видом. Как видим, большинство видов рода населяют одну батиметрическую зону – или батияль, или абиссаль, батияльно-абиссальных видов немного. Диапазон глубин больше 3000 м населяют *S. murariui*, *S. egregium*, *S. acuminatum*, *S. exstans* и *S. gracillimum*, которые также характеризуются обширными ареалами. Виды, обитающие в диапазоне глубин менее 500 м, имеют узкие ареалы. Возможно, виды с узким вертикальным диапазоном эндемичны для тех акваторий и тех глубин, на которых они обнаружены, или же причина кроется в слабой изученности батияльных и абиссальных глубин Мирового океана. В пользу последнего предположения свидетельствует тот факт, что в хуже изученной глубоководной части Тихого океана все

виды обладают узким вертикальным диапазоном и известны только из мест их первичных (и единственных) находений и, вероятно, дальнейшее изучение батимальных и абиссальных глубин расширит ареалы многих видов, но у большинства – в пределах только одной батиметрической зоны.

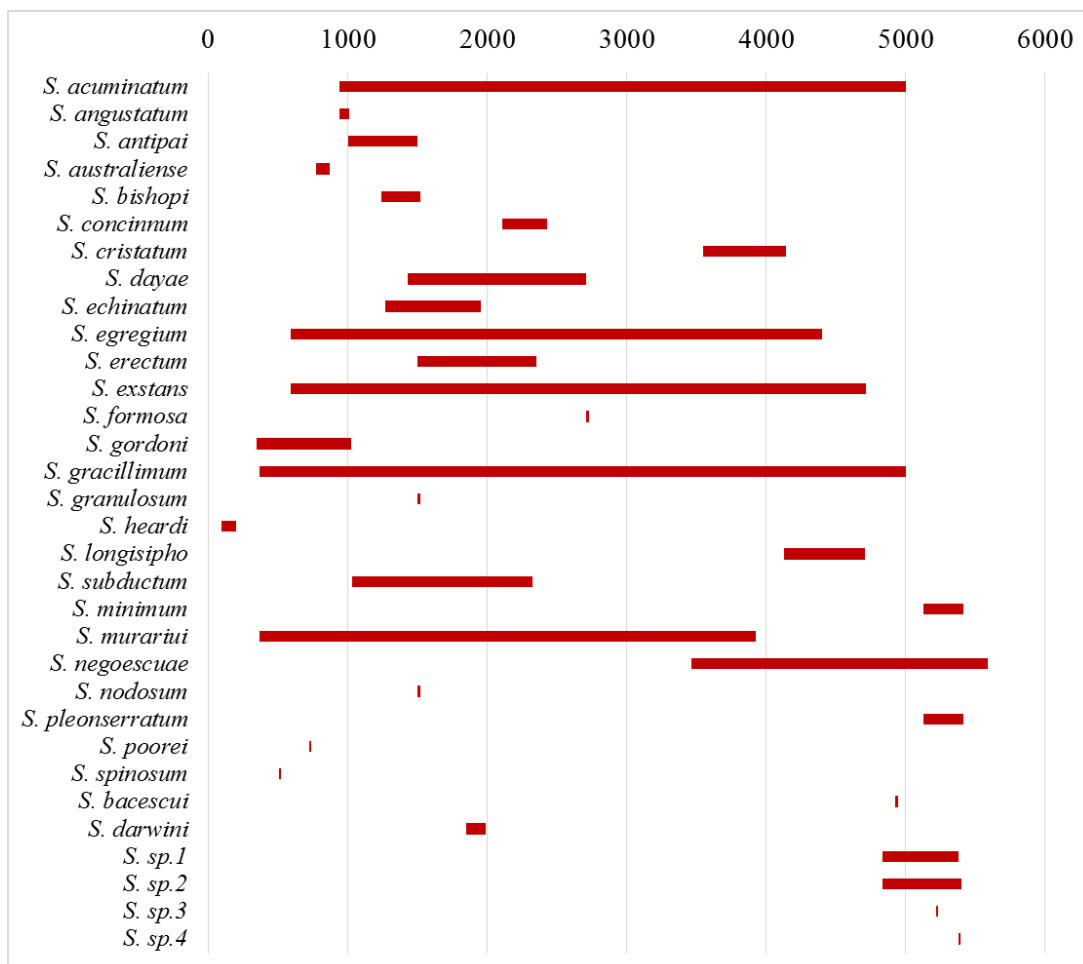


Рис. 2. Распределение по глубинам видов рода *Styloptocuma*.

В сборах KuramBio обнаружено 4 вида рода *Styloptocuma* на глубинах 4830-5397 м, на 7 станциях из 12. Плотность поселений представителей рода в абиссали района Курило-Камчатского желоба составляет 1117 экз./км². Плотность поселений видов *Styloptocuma* sp.1 и *Styloptocuma* sp.2 составила 372 экз./км² (20 экз. в пробах KuramBio) и 653 экз./км² (35 экз. в пробах KuramBio), соответственно, они были собраны как на северных, так и на южных станциях. Вид *Styloptocuma* sp.3 в пробах KuramBio представлен единственным экземпляром, обнаруженным на самой южной станции. Вид *Styloptocuma* sp.4 собран в количестве четырех экземпляров на станции 5.

В будущем году предстоит выполнить описание новых видов из сборов KuramBio, включающее подробные рисунки, фотографии на светооптическом и сканирующем

электронном микроскопах, следуя общепринятым для группы методам в соответствии с современными стандартами

Идентификация кумовых раков из сборов экспедиции KuramBio выполнена при поддержке гранта РФФИ (16-04-01431). Данная публикация подготовлена при поддержке Российского научного фонда (соглашение № 14-50-00034).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bacescu M., Muradian Z. Campylaspenis, Styloptocuma, Atlantocuma*, new genera of Cumacea from the deep waters of the Atlantic // *Revue Roumaine de Biology*. 1974. Vol. 19, № 2. P. 71–78.
2. *Corbera J., Segonzac M. A new Styloptocuma species (Crustacea, Cumacea) from hydrothermal vent fields of the Lau and North Fiji basins (West Pacific) // Zoosystema*. 2010. Vol. 32, № 3. P. 439–447.
3. *Haye P.A., Kornfield I., Watling L. Molecular insights into Cumacean family relationships (Crustacea, Cumacea) // Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2004. Vol. 30. P. 798–809.
4. *Holthuis L.B. Styloptocuma Bacescu & Muradian, 1974 (Crustacea, Cumacea): proposed conservation with designation of S. antipai Bacescu & Muradian, 1974 as the type species // Bulletin of zoological nomenclature*. 1992. Vol. 49, № 4. P. 264.
5. *Jones N.S. The Family Nannastacidae (Crustacea, Cumacea) from the deep-Atlantic // Bulletin of British Museum (Natural History) Zoology*. 1984. Vol. 46. P. 207–289.
6. *Lavrenteva A.V., Mühlenhardt-Siegel U. Three new species and one new genus of abyssal Cumacea (Crustacea, Malacostraca, Peracarida) from the Kuril–Kamchatka Trench area // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 2015. Vol. 111. P. 301–324
7. *Ledoyer M. Les Cumacés (Crustacea) des campagnes Eumeli 2, 3 et 4 au large du Cap Blanc (est Atlantique tropical) // Journal of Natural History*. 1997. Vol. 31. P. 841–886.
8. *Mühlenhardt-Siegel U. Cumacea species (Crustacea: Peracarida) from the deep-sea expedition DIVA-1 with RV “Meteor” to the Angola Basin in July 2000. Family Nannastacidae // Organisms, Diversity and Evolution*. 2005. Vol. 5. P. 151–170.
9. *Petrescu I. Contribution to the knowledge of the family Leuconidae with description of three new species: Heteroleucon bacescui n.sp., Leucon adelae n.sp. and Leucon meredithi n.sp. // Revue Roumaine de Biology*. 1991. Vol. 36. P. 15–20.
10. *Petrescu I. Additional data on some deep-sea Nannastacidae (Crustacea: Cumacea) collected by R/V “Vema” // Travaux du Muséum d’Histoire Naturelle “Grigore Antipa”*. 2000a. Vol. 42. P. 55–74.

11. *Petrescu I.* Remarks on the genera *Schizocuma* Bacescu, 1972 and *Styloptocuma* Bacescu & Muradian, 1974 (Crustacea, Cumacea) // Bulletin of the Natural History Museum Zoology Series. 2000b. Vol. 66. P. 147–166.

12. *Petrescu I.* New species of Cumacea (Crustacea: Cumacea) from deep waters of NW Africa: *Alticuma botnariuci* n. sp., *Styloptocuma murariui* n. sp. and *Styloptocuma negoescuae* n. sp. // Travaux du Muséum d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa". 2007. Vol. 50. P. 87–104.

13. *Petrescu I., Watling L.* Revision of the genus *Americuma* Watling, 1991 (Crustacea: Cumacea) with the redescription of *Styloptocuma heardi* (Bacescu, 1979) based on neotype material // Travaux du Muséum d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa". 1999. Vol. 41. P. 299–308.

14. *Watling L.* Rediagnosis and revision of some Nannastacidae (Crustacea: Cumacea) // Proceedings of the Biological Society of Washington. 1991. Vol. 104, № 4. P. 751–757.

15. *Watling L.* Comment on the proposed conservation of *Styloptocuma* Bacescu & Muradian, 1974 with designation of *S. antipai* Bacescu & Muradian, 1974 as the type species // Bulletin of Zoological Nomenclature. 1993. Vol. 50, № 3. P. 231.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОД АМУРСКОГО ЗАЛИВА В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА

А.Ю. Лазарюк

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, Владивосток, Россия

lazaryuk@poi.dvo.ru

Мелководные районы зал. Петра Великого в период формирования ледяного покрова и зимней конвекции остаются слабоизученными. По этой причине, существуют противоречивые оценки пространственно-временной изменчивости гидрологических параметров вод этих районов в течение зимы [3-4].

Наблюдения, выполненные в октябре-марте 2010-2011 гг. автономными СТД зондами SBE-19plus (США) и XR-620 (Канада), показали три стадии эволюции термохалинных структур (ТХС) вод северной части Амурского залива [2]. С октября по декабрь устойчивая летняя стратификация вод вследствие холодной конвекции трансформировалась в квазиоднородную, разрушалась придонная зона гипоксии (концентрации менее 2 мл/л) и понижались показатели первичной продукции. Интегральные величины гидрологических параметров изменялись разнонаправлено: температура снижалась до точки замерзания воды ($-1,9^{\circ}\text{C}$), уменьшалась освещённость, концентрация растворённого кислорода снижалась до 4 мл/л, хлорофилла-«а» – практически до полного отсутствия; возрастали солёность, мутность и концентрации растворённой органики (флюоресценция «жёлтого вещества»). На следующей стадии рассол, образовавшийся при ледообразовании, накапливался у дна, формируя слой высокосолёных вод (до 34,5 епс, единиц практической солёности). Поток тепла от донных осадков повышал температуру этого слоя до -1°C и более [1]. Наблюдалась двухслойная ТХС: холодный, но менее солёный верхний слой и относительно тёплый и более солёный придонный. В толще верхнего квазиоднородного слоя активно развивался фитопланктон, росли концентрации хлорофилла-«а» до 10 мг/м^3 , и кислорода до 11 мл/л. В придонном слое, занимавшем до 20% водной толщи, эти параметры оставались на низких уровнях, соответственно, 0-1 мг/м^3 и 4-5 мл/л. В дальнейшем, после прекращения ледообразования, выделение рассола сократилось и двухслойная структура вод постепенно разрушалась из-за притока тепла от осадков [1, 2]. Солёность в обоих слоях понижалась на 0,015 епс в

сутки, а температура увеличивалась на 0,005°C/сут (рис. 2). Концентрации хлорофилла-«а» стремительно падали почти до нуля в марте и отсутствовали до начала цветения планктона в распреснённом поверхностном (подлёдном) слое (рис. 3).

Повторные циклы гидрологических наблюдений в северной части Амурского залива производили с января по март в 2012-2016 гг.

Анализ архива метеорологических характеристик метеостанции WMO_ID=31960 (Владивосток-гора, www.rp5.ru) и данных натуральных наблюдений 2010-2016 гг. выявил связь между особенностями пространственно-временного распределения термохалинных параметров вод Амурского залива в холодный период года и количеством поступившего атмосферного холода и осадков, выпавших в летний и осенний сезоны.

Метеоданные показали разброс по продолжительности периодов отрицательных температур и сумм «градусо-дней мороза» (табл. 1). Зимы 2010-2013 гг. выдались затяжными и холодными, а зимы трех последних лет (2014-2016 гг.) были на месяц короче, и атмосферного холода поступило на 25-30% меньше. По количеству осадков осенние сезоны 2009 и 2010 гг. соответствовали среднемноголетней норме (220 мм), а последующие годы были аномальными: засушливые осени 2011 г. (85 мм) и 2015 г. (140 мм), обильные осенние осадки 2012 г. (475 мм) и летние 2013 г. (более 380 мм). Осень 2014 г. при сумме осадков 290 мм отнесена к первой группе, т.к. 1/2 объёма выпало в сентябре.

Таблица 1. Интегральные показатели периода стабильно-отрицательных температур атмосферного воздуха, а также осадков, выпавших в осенние и зимние сезоны, по данным метеоархива 2009-2016 гг. WMO_ID=31960, www.rp5.ru

	2009- 2010	2010- 2011	2011- 2012	2012- 2013	2013- 2014	2014- 2015	2015- 2016	<i>среднее</i>
начало периода	09 11	21 11	12 11	15 11	24 11	25 11	17 11	18 11
окончание	29 03	25 03	19 03	23 03	12 03	12 03	14 03	19 03
Продолжительность, сут.	141	125	128	127	109	108	119	122
Суммарная температура	-1340	-1136	-1238	-1326	-1036	-951	-973	-1143
Средняя температура, °С	-9.5	-9.1	-9.7	-10.4	-9.5	-8.8	-8.2	-9.3
Суммарные осадки, мм								
Лето, июнь-август	533	254	449	430	573	247	471	422
Осень, сентябрь-ноябрь	163	181	85	451	175	294	139	213
Зима, декабрь-март	77	60	12	44	15	91	84	55

СТД данные, полученные в близкие даты начала февраля 2010-2016 гг. на станциях, расположенных на оси залива, показали значительный разброс температуры

высокосолёных вод в придонном слое, от $-1,4$ до $-0,7^{\circ}\text{C}$ (рис. 1). А температура верхнего слоя (от 3 до 15 м) отличалась меньшими пределами межгодовой изменчивости, от $-1,8$ до $-1,5^{\circ}\text{C}$.

Сценарий эволюции ТХС исследуемых вод залива, описанный по результатам 2010-11 гг. [2], наблюдался в холодные периоды с «нормальными» и засушливыми осенними сезонами (зимы 2010-2012, 2015 и 2016 гг.). Вариации термохалинных параметров в выделенных слоях в течение этих зим наблюдались в пределах 2011 и 2012 гг. (рис. 2).

Перестройка ТХС зимой 2013 и 2014 гг. при обильных осенних и летних осадках протекала на фоне пониженных значений солёности вод залива, и к концу второй стадии в придонном слое содержалось меньше рассола, на $0,7-1,0$ епс (рис. 1 и 2). Этот слой, «нагреваемый» донными осадками, имел меньшую плотность, чем холодные солёные воды, поступавшие через Муравьёвский порог из южной части Амурского залива. Проникновение этих вод вдоль дна до станции $\{43^{\circ} 12', 131^{\circ} 51'\}$ проявилось резким падением температуры (рис. 2б). В результате, с середины февраля 2013 г. (а также 2014 г.) воды северной части Амурского залива характеризовались усложнением термохалинных структур, которые разрушались с большей интенсивностью. К тому же, меньшие значения солёности в подлёдном слое аномально короткой зимой 2014 г. (рис. 1), были обусловлены не только распреснением вод в летний период, но и меньшим количеством поступившего рассола (по сравнению с данными прошлых лет, ледовый покров был тоньше на 15-25 см или 30%).

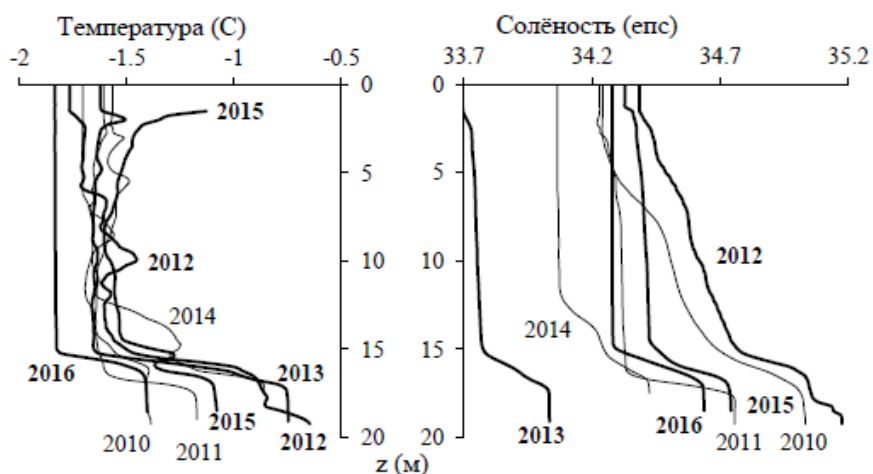


Рис. 1. Профили температуры и солёности, измеренные на реперных станциях $\{43^{\circ} 12' \text{ с.ш.}, 131^{\circ} 51' \text{ в.д.}\}$ 11 февраля 2010, 2011, 2012, 2013 г., $\{43^{\circ} 13', 131^{\circ} 52'\}$ 11 февраля 2014 г., $\{43^{\circ} 13', 131^{\circ} 50,5'\}$ 11 февраля 2015 г. и $\{43^{\circ} 12,7', 131^{\circ} 51'\}$ 06 февраля 2016 г.

Зонд SBE-19plus, на котором были установлены датчики растворённого кислорода, мутности и обеих флюоресценций, сложен в эксплуатации при отрицательных температурах и со льда (в сравнении с XR-620). Поэтому данных по флюоресценции фитопланктона, полученных в 2012-2016 гг. (рис. 3), оказалось недостаточно для детального анализа особенностей влияния метеопараметров на изменчивость первичной продукции в северной части Амурского залива в холодный период. Тем не менее, эти данные показали некоторые закономерности, а именно, низкие концентрации фитопланктона (менее $1-2 \text{ мг/м}^3$) в водах залива в течение декабря и до конца первой (второй) декады января 2010, 2011 и 2015 гг. (2012-2014 и 2016 гг.), а также в марте до начала разрушения ледового покрова (исключение, зима 2012 г.). Рост концентраций фитопланктона нередко происходил плавно $0,1-0,2 \text{ мг/м}^3$ в сутки, но иногда был стремительным до $0,5 \text{ мг/м}^3/\text{сут}$ (зимы 2010, 2011 и 2015 гг.). Но падение величин этого параметра было, практически, всегда быстрым. Сроки же наступления максимума зимнего «цветения фитопланктона» варьировали в пределах от третьей декады января (2010, 2011 и 2015 гг.) и до последних чисел февраля (2012-2014 гг.).

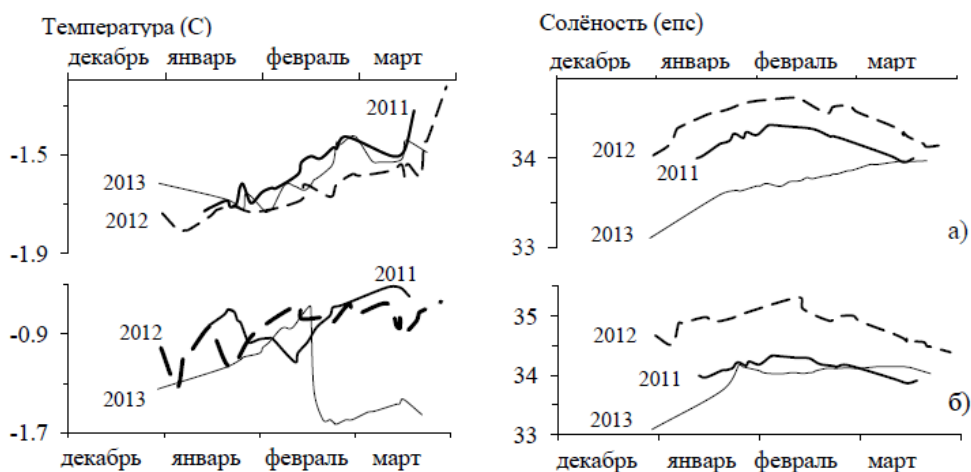


Рис. 2. Температура и солёность, усреднённые в верхнем слое, 3-15 м (а), и придонном, 16-20 м (б). STD данные, измеренные на реперной станции $\{43^\circ 12', 131^\circ 51'\}$ в 2010-2013 гг.

Анализ серии STD данных, полученных с 10 января по 5 февраля 2015 г. на разрезах в исследуемой части залива, выявил как временную, так и значительную пространственную изменчивость концентраций хлорофилла-«а» (рис. 4). При этом мелководье северо-западного сектора северной части Амурского залива, по-видимому, является основным источником поступления фитопланктона в его водную толщу, по крайней мере, в начале зимнего сезона. В выделенном районе, непосредственно примыкающем к эстуарию р. Раздольной, эффект распреснения прослеживается не только

в пониженных значениях солёности, и более высоких температурах (рис. 4а, б), но и в большем приросте толщины льда (рис. 4г).

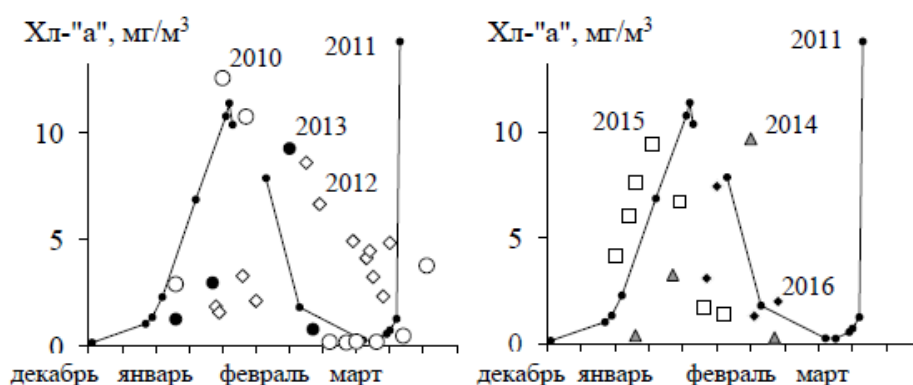


Рис. 3. Флюоресценция фитопланктона (хлорофилл-«а»), усреднённая от поверхности до дна, на реперных станциях (координаты, см. рис. 1) в холодные периоды 2010-2016 гг.

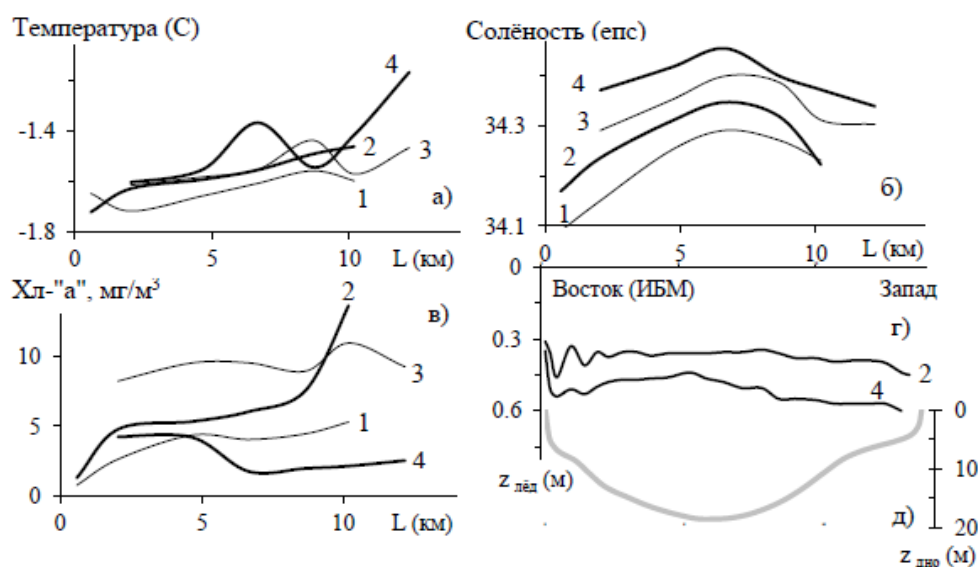


Рис. 4. Температура (а), солёность (б), флюоресценция (в), усреднённые в слое от поверхности до дна, и толщина льда (г), измеренные на поперечном разрезе от м. Красный (ИБМ) до б. Песчаная: 10, 14, 21 (1-3) января и 05 (4) февраля 2015 г. А также рельеф дна (д)

ЛИТЕРАТУРА

1. Буров Б. А., Лазарюк А. Ю., Лобанов В. Б. Исследование теплового потока на границе вода – донные осадки в Амурском заливе Японского моря в зимний период // Океанология, 2014, том 54, № 6, с. 744–753.

2. Лазарюк А.Ю., Лобанов В.Б., Пономарёв В.И. «Эволюция структуры вод Амурского залива подо льдом» // Вестник ДВО РАН. 2013. №6. С.59-70.

3. Ластовецкий Е.И., Вещева В.М. Гидрометеорологический очерк Амурского и Уссурийского заливов. Владивосток: Владивостокская гидрометеорологическая обсерватория, 1964. 264 с.

4. Лучин В.А., Сагалаев С.Г. Океанологические условия в Амурском заливе (Японское море) зимой 2005г. Известия ТИНРО. 2005. Т.143, С.203-218.

ИТОГИ ТРИДЦАТИЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОРАЛЛОВ И РИФОВ ВЬЕТНАМА

Ю.Я. Латыпов

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской
биологии ДВО РАН, Владивосток, Россия

yuri.latypov@mail.ru

Прослежена история изучения вьетнамских рифов со второй половины XX столетия до настоящего времени. Описаны типы рифов, таксономический состав и структура склерактиний рифовой экосистемы. Показано, что благодаря высокому уровню их разноплановой изученности, выявленное богатство видового разнообразия коралловой фауны Вьетнама (376 видов 80-ти родов) входит в единый центр происхождения коралловой фауны Индопацифики. Анализ изученности вьетнамских кораллов и рифов позволил установить степень их позитивного или негативного состояния от антропогенного воздействия или от уровня заповедности и недоступности, провести эксперименты по искусственному выращиванию кораллов и воссозданию кораллового сообщества.

К ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛИТОРАЛЬНОЙ ФЛОРЫ МАЛОЙ КУРИЛЬСКОЙ ГРЯДЫ

И.Р. Левенец

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН, Владивосток, Россия,
iralevenetz@rambler.ru

Южные Курильские острова, в том числе острова Малой Курильской гряды, на протяжении нескольких десятилетий привлекали внимание ученых. Большим импульсом для изучения российскими учеными водорослевых сообществ Курильских о-вов послужили многочисленные работы японских исследователей.

Обширные альгологические сборы были выполнены Курило-Сахалинской морской комплексной экспедицией Зоологического института АН СССР и экспедицией ТИНРО, работавшей в течение летних сезонов 1947–1949 гг. под руководством Г.У. Линдберга у берегов южного Сахалина, в южной части Охотского моря и в водах южных Курильских о-вов. Было установлено, что у южных Курильских о-вов произрастает 194 вида водорослей, из которых 26 видов упоминались впервые (Зинова, 1959).

С организацией в начале 1967 г. Отдела биологии моря (ОБМ) ДВФ СО АН СССР, а затем на его базе Института биологии моря (ИБМ) ДВНЦ АН СССР была развернута очень широкая и не имеющая аналогов в мировой практике программа исследований литоральных сообществ дальневосточных морей, руководил которой О.Г. Кусакин (Иванова, 2010). По единой количественной методике, опробованной О.Г. Кусакиным и Т.Ф. Таракановой на литорали островов Кунашир и Шикотан в 1963–1964 гг., была изучена литораль всего дальневосточного побережья России (Кусакин и др., 1974; Кусакин, Тараканова, 1977).

В 1987 г. была организована самая крупная литоральная экспедиция в район Малой Курильской гряды. В состав двух отрядов входили около 30 человек. Одним отрядом была подробно изучена литораль 7 бухт о-ва Шикотан (Иванова и др., 2001). Во время этих экспедиций был выполнен большой объем работы по изучению литоральных организмов, в том числе макрофитов (Евсеева, Репникова, 2010).

Следует отметить большую исследовательскую работу, проведенную сотрудницей лаборатории хорологии Института биологии моря ДВО РАН Н.Г. Купиной в 1998–1999 гг.

в рамках Международной экспедиции Биолого-почвенного института ДВО РАН на НИС «Академик Опарин» в район Курильских о-вов. Были произведены обширные альгологические сборы на 19 островах Курильской гряды, в том числе исследован состав, распределение и обилие макрофитов на литорали островов Зеленый и Юрий (Экспедиция..., 1999).

В 1997 г. лабораторией хорологии ИБМ ДВО РАН была проведена комплексная экспедиция на литораль Курильских островов для подробного изучения осушной зоны бухты Крабовой о-ва Шикотан. В данной бухте в течение долгих лет наблюдалось прогрессирующее антропогенное загрязнение литоральной зоны. В 1987 г. литоральная флора была обеднена, а в кутовой части отсутствовала из-за толстого слоя липидных отложений на литорали. В ходе рекогносцировочных работ в 1996 г. отмечено существенное самоочищение бухты после сильного землетрясения 1994 г. В 1997 г. установлено, что ряд сообществ б. Крабовой восстановился в связи с катастрофическим погружением литоральной зоны острова в океан и появлением новых, незагрязненных субстратов (Кусакин и др., 1999а, б; Кусакин, Цурпало, 1999; Латышев и др., 1999; Цурпало, 2009).

Растения супралиторали Малой Курильской гряды исследовали в ходе комплексных ботанических экспедиций. После создания заказника «Малые Курилы» в 1972 г. и заповедника «Курильский» в 1984 г. начался новый этап изучения растительности этой части Дальневосточного региона. Были обследованы самые разнообразные экотопы (Баркалов, 2009). Изучение сосудистых растений, обитающих в супралиторальной зоне южных Курильских островов, в основном проводилось в совокупности с исследованием видов из других мест обитания: высокогорье, леса, луга, болота и т.д. Супралиторальная флора труднодоступных о-вов Малой Курильской гряды изучалась эпизодически.

Установлено, что наибольшим таксономическим разнообразием характеризуется флора южных Курил. По числу видов она в 3 раза превосходит флору средних Курил и почти в 2 раза – флору северных Курил. Это превосходство, видимо, обусловлено более суровыми климатическими условиями северных и средних групп островов, малыми размерами и большой удаленностью от материка средних Курил, наличием на них активно действующих вулканов. По направлению с юга на север видовое разнообразие флоры снижается, но сохраняется разнообразие на уровне родов и семейств (Баркалов, 2009).

Следовало бы ожидать: чем крупнее остров и разнообразнее рельеф, тем больше экотопическое разнообразие и, следовательно, богаче флора. Однако это справедливо для

островов, находящихся в равных природных условиях и обладающих общим геологическим прошлым, как, например, о-ва Малой Курильской гряды. Несмотря на большую протяженность каменистой береговой линии, на Курильских о-вах насчитывается небольшое число видов скально-приморской группы (18), среди них всего 8 видов строго приурочены к приморским скалам, находящихся под воздействием прилива (Баркалов, 2009).

Таким образом, исследования 20 века являются основой для изучения современного таксономического и биогеографического разнообразия флоры Малой Курильской гряды.

ЛИТЕРАТУРА

- Баркалов В.Ю.* Флора Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2009. 468 с.
- Евсеева Н.В., Репникова А.Р.* Ресурсы промысловых водорослей Сахалино-Курильского региона // Рыбпром. 2010. № 3. С. 14-21.
- Иванова М.Б.* Исследование литорали дальневосточных морей России под руководством академика О.Г. Кусакина // Вестник ДВО РАН. 2010. № 4. С. 19-23.
- Иванова М.Б., Кутина Н.Г., Цурпало А.П.* Макробентос опресненных участков литорали бухты Дельфин (остров Шикотан, Малая Курильская гряда) // Биол. моря. 2001. Т. 27, № 1. С. 317–326.
- Кусакин О.Г., Тараканова Т.Ф.* Макробентос литорали острова Кунашир // Фауна прибрежных зон Курильских островов. М.: Наука, 1977. С. 15-48.
- Кусакин О.Г., Цурпало А.П.* Многолетние изменения литорального макробентоса бухты Крабовая (остров Шикотан) в условиях разной степени органического загрязнения // Биол. моря. 1999. Т. 25, № 3. С. 209-216.
- 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.
- Кусакин О.Г., Иванова М.Б., Цурпало А.П.* Частичное восстановление биоты литорали бухты Крабовая (остров Шикотан) в процессе самоочищения // Биол. моря. 1999а. Т. 25, № 2. С. 134-135.
- Кусакин О.Г., Иванова М.Б., Цурпало А.П.* Восстановление сообществ скалистой литорали после опускания берега в результате землетрясения // Докл. РАН. 1999б. Т. 366, № 6. С. 846-848.
- Латышев Н.А., Кусакин О.Г., Светашев В.И., Кияшко С.И.* Определение спектра питания литорин при антропогенном загрязнении жирами с помощью липидных изотопных маркеров // Докл. РАН. 1999. Т. 366 (5). С. 715-717.

Цурпало А.П. Макробентос литорали кутовой части бухты Крабовой (о-в Шикотан, Курильские о-ва) и его многолетние изменения // X Съезд ГБО при РАН. Тез. докл. Владивосток. 2009. С. 428-429.

Экспедиция на НИС «Академик Опарин». Рейс № 23. // Морские экспедиции ДВО РАН. Вып. 2. Пресс-релиз. Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 17-19.

CHEMICAL POLLUTION OF COASTAL WATERS IN THE IZMIR BAY, AEGEAN SEA

P.A. Lemenkova

Geographer, MSc, Moscow, Russia

pauline.lemenkova@gmail.com

During last 30 years in Izmir area (Aegean Sea basin), an industrial growth caused serious environmental contamination of both waters and landscapes. Coastal water pollution caused by the increased industrialization, particularly of Izmir Bay, has been detected recently. Urbanization has impressive rates in Turkey, increasing from 18.5% in 1950 until 62% in 2000. Such uncontrolled urban expansion leads to gradual decrease of fertile landscapes and agricultural areas along the Aegean coasts and increases the pollution of waters. The chemical contamination in Izmir bay (mercury originating from Gediz River and inactive mining sites in Karaburun Peninsula) comes to the shelf waters. Consequently, the detected content of mercury in selected plankton organisms exceeds the acceptable standards as a maximal limit in living creatures. As a result, it has been reported that pollution in Izmir's overall surface water, chemical quality of groundwaters, lakes and rivers has deteriorated. An increase of water contamination caused by the industrial discharge posed a serious threat to environmental conditions in Izmir area. The ecological threats of water pollution has been documented by many reports, manuscripts and articles reviewed in this paper.

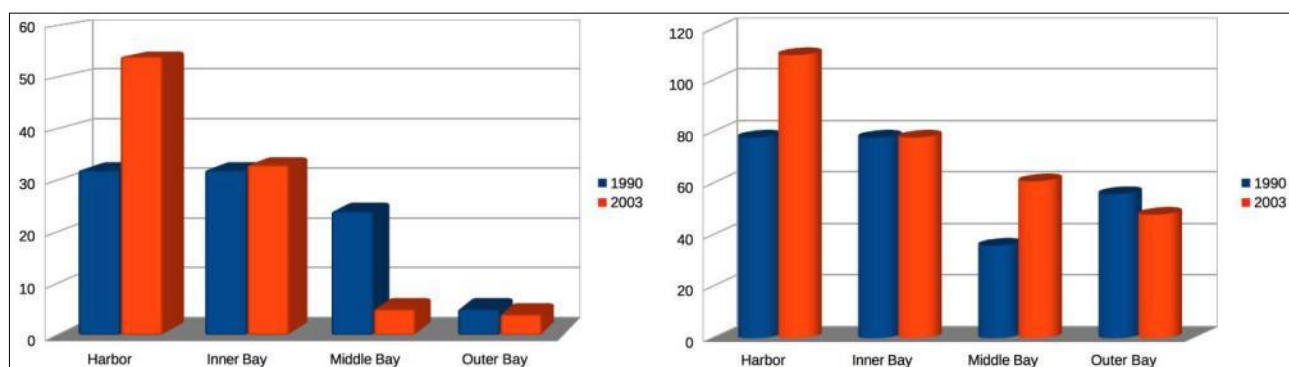


Fig 1. Left: cadmium (Cd) (10 mcg/kg dry matter). Right: lead (Pb) concentrations (mg/kg dry matter). Both graphs: sediment samples of Izmir Bay in 2003 (red), 1990 (blue). By [21].

There are many social factors and excessive anthropogenic activities involving interaction of humans with the environment, which make city of Izmir environmentally unfriendly place. These are production of damaging waste products such as chemicals and

wastes, discharging pollutants, litter and garbage, excessive exploitation of non-renewable resources, changes in land use types, reduced biodiversity level, fragmentation of the landscapes. To develop scenarios of possible land use changes in coastal landscapes one can use combination of GIS modelling and landscape metrics, spatial settings of landscape patterns, compositions and configurations: number, total edge and shape of patches, landscape diversity and area, nearest neighbor distance, interspersion, contagion metrics. Land, size and isolation and other characteristics of landscape patches within the city can differ in several years, providing the same environmental conditions, i.e. human effects on the ecosystems remain at the same rate and intensity. The importance of landscape patches can be illustrated by the findings of several landscape studies [21], [11] where it is argued that large patches have been identified important for the ecosystems, since they assist to the maintenance of the populations and biodiversity, and are equivalent or better suitable for the protection of various biodiversity components. The low percentage of areas covered by tree canopy and areas of impervious surfaces in urbanized areas trigger environmental consequences, e.g. decreased air quality and carbon, storm water runoff [4]. As most of the urban city centers is used for buildings, roads and pavements, this results in changes of surface temperatures and heat output. The greenhouse effect and the ozone depletion are one of the examples of the consequences of such processes as uncontrolled urbanization and industrialization. Ever since the development of the concepts "sustainability" and "environmental awareness" in early 1980s, the concerns about the environmentally-friendly and eco-styled cities were introduced at the local and governmental level for policy and city planning. The importance of the GIS and remote sensing tools for study Earth landscapes and environmental monitoring has received since then much attention along with development of Earth observation satellite systems in 1970s. The use of satellite images and GIS methods is actively applied for environmental studies since then, which is demonstrated by multiple research papers [3], [17], [23], [22], [27], [9], [10], [18], [20]. The use of the Landsat scenes for geospatial analysis is caused by data suitability and accessibility. Many reports on modelling land cover types and vegetation coverage use support of the Landsat and other RS data [7], [16].

The industrial growth triggered environmental contamination in Izmir area. Uncontrolled urban expansion leads to the decrease of fertile landscapes. The detected content of heavy metals coming to waters through rivers exceeds the acceptable standards. Threats of water pollution have been documented during the last decades: the waters are polluted critically in the inner part and significantly in centre proving Izmir Bay to be one of the most polluted Mediterranean estuaries.

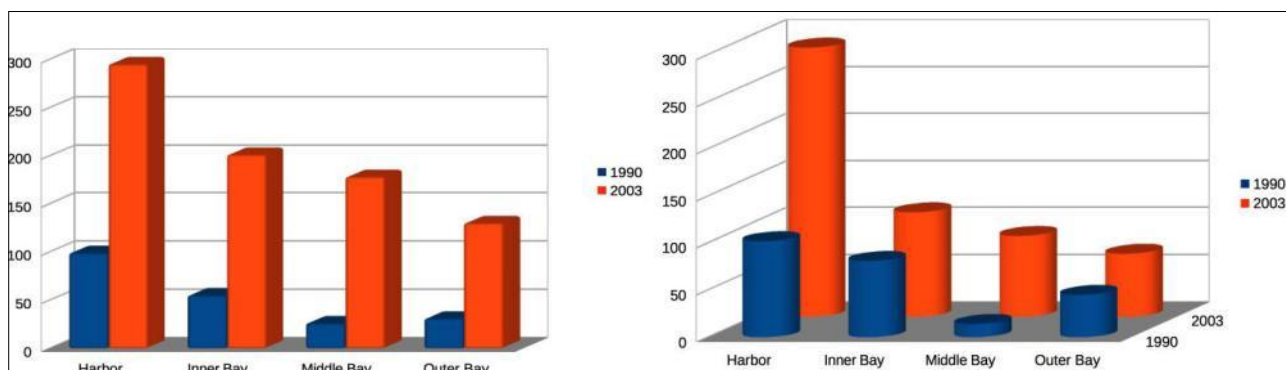


Fig 2. Left: chromium (Cr) concentrations. Right: zinc (Zn) concentrations. Both graphs: sediment samples (mg/kg dry matter) of İzmir Bay during 2003 (red bar) and 1990 (blue bar). By [21].

The comparison of diagram charts (Figures 1 and 2) demonstrates the increase in concentrations of major heavy metals detected in the waters of Izmir Bay, 1990–2003. It shows increase of lead in harbor and Inner Bay, increase of cadmium as well in the harbor and inner Bay regions. Respectively, chrome and zinc concentrations increased throughout the Bay in a given time period. The concentrations of elements showed significant differences between harbor, inner middle and outer bays with higher levels in the inner Bay including untreated sewage waters [21]. Nearly all industrial waste coming to Izmir Bay is untreated, discharged either through the domestic sewage network or through the few small rivers. These elements are caused by the anthropogenic input into Inner Bay. Heavy metal and organic compound concentrations are the highest in the innermost region of Inner Izmir Bay and sharply decrease near the Yenikale Entrance [1]. This well illustrates the degree of the contamination in Izmir area. As water and terrestrial areas are closely connected within ecosystems, hydrological disturbances cause landscape degradation. Water erosion is the most important trigger factor for soil degradation. Furthermore, according to EEA reports [13], there is a high degree of soil erosion in west Turkey caused by complex impact of various factors: climate, geological and topographic ones. Climate change together with human impacts cause degradation of the semi-natural vegetation which leads to the soil degradation, and causes erosion.

These processes cause changes in local landscapes affecting sensible vegetation in the coastal zones. For example, certain geological conditions make land soils prone to erosion. Together with geomorphological conditions (e.g. steep slopes) it intensifies erosion and leads to the land degradation. Changes in chemical and physical properties of soils are caused by the anthropogenic land overuse: cultivation, overgrazing and harvesting leading to the gradual soil deterioration and land depletion [14]. Intensified by the destruction of the vegetation land cover

and types, it increases desertification in the Mediterranean basin. Soil and vegetation degradation are deeply interconnected, as the quality of soils reflects the state of upper vegetation: bare soils are destroyed more quick and intensive than those covered by forests. Impacts of modified land cover types on soils are caused by the extensive agricultural activities, triggering degradation and destruction of soils in highland Turkey [8]. The quality and structure of soils deteriorate along with conversion of natural landscapes into cultivated lands. This demonstrates close interconnection between parts of the ecosystem and the negative effects on the land use change on natural landscapes [12]. Other sources of environmental threats include wastes and radionuclides [2] that originate from natural sources, e.g. leaching from minerals and pollutants, e.g. nuclear power plants, explosions and accidents. Such ecological contamination has direct impact on the sustainability of ecosystems.

The situation of chemical contamination, current environmental conditions of Izmir Bay, effects of industrial threats on the surrounding landscapes caused by chemical and organic pollutants as well as water pollution were reviewed and analyzed in the current work. Undoubtedly, water pollution and its ecological impact causes worries and challenges in western Turkey. The waters of Izmir Bay are polluted critically in the inner part, significantly in its central part, and more or less satisfactorily in the outer part of the bay. This confirms that Izmir Bay is claimed to be one of the most polluted estuaries in the Mediterranean Sea. Since hydro- and oceanological settings play vital role within the ecosystem structure, the polluted coastal and shelf waters cause serious environmental consequences in the region. Current paper reported environmental threats in the ecosystems based on studies of numerous related documents and GIS analysis and reviewed ecological threats in the ecosystem of Izmir area using related reports and GIS.

REFERENCES

1. Aksu A., Yaşar D., Uslu O. 1998. Assessment of Marine Pollution in İzmir Bay: Heavy Metal & Organic Compound Concentrations in Surficial Sediments. *Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences*, 22, 387-416.
2. Akyil S., Aytas S., Turkozu D., Aslani M., Yusan S., Eral M. 2009. Radioactivity levels in surface water of lakes around Izmir, Turkey, *Radiation Measurements*, 44, 390–395.
3. Alberti, M., Marzluff, J.M., 2004. Ecological resilience in urban ecosystems: linking urban patterns to human and ecological functions. *Urban Ecosystems*, 7, 241–256.
4. American Forests, 2005. Urban ecosystem analysis city of Jacksonville Florida. Washington.
5. Calvão T., J.M. Palmeirim, 2004. Mapping Mediterranean scrub with satellite

imagery: biomass estimation and spectral behaviour', *Int'l Journal of RS*, 25 (16), 3113-3126.

6. Celik I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey, *Soil & Tillage Research*, Vol. 83, pp. 270–277.

7. Cingolani A., Renison D., Zak M., Cabido M. 2004. Mapping vegetation in a heterogeneous mountain rangeland using Landsat data: an alternative method to define and classify land-cover units. *Remote Sensing of Environment*, 92, 84-97.

8. Dorren L., Maier B. & Seijmonsbergen A. 2003. Improved Landsat-based forest mapping in steep mountainous terrain using OB classification. *Forest Ecology & Mngt*, 183, 31-46.

9. Dramstad W., Olson J., Forman R. 1996. *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-use Planning*. Island Press, Washington DC/New York, USA.

10. Efe, R. 2000. The impact of land use changes on natural vegetation along the coastal zone between Edremit and Kucukkuyu, *Int'l Symposium on Desertification, Turkey*, 222–227.

11. EEA. 2010. Land use: Drivers and pressures (Turkey). *The European environment*, 2010.

12. Evrendilek F., Berberoglu S., Karakaya N., Cilek A., Aslan G., Gungo Kr. 2011. Historical spatiotemporal analysis of land-use/land-cover changes and carbon budget in a temperate peatland (Turkey) using RS data, *Applied Geography*, 31, 1166-1172.

13. Hill J., Mégier J., Mehl W. 1995. Land degradation, soil erosion and desertification monitoring in Mediterranean ecosystems, *Remote Sensing Reviews*, 12, 107-130.

14. Honnay O., Piessens K., Van Landuyt W., Hermy M., Gulinck H., 2003. Satellite based land use and landscape complexity indices as predictors for regional plant species diversity. *Landscape Urban Plan.* 63, 241–250.

15. Kozak J., Estreguil C. & Ostapowicz K. 2008. European forest cover mapping & high resolution satellite data: The Carpathians case study. *Int'l Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10, 44-55.

16. Olthof I., Fraser R. 2007. Mapping northern land cover fractions using Landsat ETM+. *Remote Sensing of Environment*, 107, 496-509.

17. Robinson G.R., Holt R.D., Gaines M.S., Hamburg S.P., Johnson M.L., Fitch H.S., Martinko E.A., 1992. Diverse and contrasting effects of habitat fragmentation. *Science* 257, 524–526.

18. Röder A., Udelhoven T., Hill J., Barrio G., Tsiourlis G. 2008. Trend analysis of Landsat-TM and ETM+ imagery to monitor grazing impact in a rangeland ecosystem in Northern Greece. *Remote Sensing of Environment* 112, 2863–2875.

19. Salvador R., Pons X. 1998. On the applicability of Landsat TM images to

Mediterranean forest inventories. *Forest Ecology and Management* 104, 193–208.

20. Shrestha D., Zinck, J. 2001. Land use classification in mountainous areas: integration of image processing, DEM and field knowledge (application to Nepal). *JAG I*, 3 (1).

21. Uslu O. 1995. İzmir Körfezinin Kirliliği, İzmir Ticaret Odası Yayını, İzmir.

22. Uslu O., Akyarlı A. 1992. İzmir Limanı ve yanasma kanalı tarama malzemesinin alternatif dokü alanlarındaki çevresel etki değerlendirme raporu. T.C. Ulaştırma Bakanlığı, Demiryolları, Limanlar ve Hava Alanları inşaatı Genel Müdürlüğü adına Dokuz Eylül Üniversitesi ve Ege Üniversitesi tarafından hazırlanan rapor, 222.

23. Yang J., Weisberg P., Bristow N. 2012. Landsat remote sensing approaches for monitoring long-term tree cover dynamics in semi-arid woodlands: Comparison of vegetation indices and spectral mixture analysis. *Remote Sensing of Environment*. 119, 62–71.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОМАНДОРСКОГО КАЛЬМАРА *BERRYTEUTHIS MAGISTER*, BERRY, 1913 В РАЙОНЕ СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ В ПРОМЫСЛОВЫЙ ПЕРИОД 2015 Г.

Ф.В. Лищенко¹, А.В. Лищенко¹, М.А. Зув²

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Москва, Россия

lishchenko@vniro.ru

²ФГБНУ «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр», г.

Владивосток, Россия

maiklzusqd@mail.ru

Последние 20 лет командорский кальмар (*Berryteuthis magister*, Berry, 1913) удерживает лидерство среди промысловых головоногих, населяющих дальневосточные моря Российской Федерации, не только по значимости для промысла, но и по степени изученности. Однако значительные объемы накопленных знаний по биологии этого вида не отменяют необходимости регулярных мониторинговых работ. Особенно актуально это для района Северных Курильских островов, где осваивается львиная доля промыслового запаса кальмара. Отличительными чертами района Северных Курил являются высокая плотность промысловых скоплений, их компактность и значительная степень изменчивости их состава. В 2015 г. в районе Северных Курил объемы годового вылова кальмара были наименьшими за последние 10 лет. Но изменился ли при этом состав промысловых скоплений? Решению данного вопроса посвящена настоящая работа.

Исследования командорского кальмара в районе Северных Курильских островов проводили наблюдатели ВНИРО и ТИНРО-Центра на судах, принадлежащих ПАО «Океанрыбфлот» (БАТМ «Байковск» и БАТМ «Борисов»), в весенне-летний и летне-осенний периоды 2015 г.

В весенне-летний период (с 12 мая по 16 июня) БАТМ «Байковск» выполнил 94 донных траления в районе, ограниченном координатами 47°56г – 49°40г с.ш. и 154°23г – 156°24г в.д., на глубинах 180 - 480 м. Ежедневно по стандартной методике (Шевцов, 1971; Филиппова, 1983) проводили биологический анализ не менее 25 особей свеживыловленного кальмара. Всего за этот период выполнено 855 биологических анализов командорского кальмара.

В летне-осенний период (с 13 августа по 8 октября) научно-исследовательские работы проводили на борту БАТМ «Борисов» на участке, ограниченном координатами 48°53' – 49°30' с.ш., и 155°17' – 156°09' в.д. За это время было выполнено 112 донных тралений в диапазоне глубин от 250 до 500 м.

В этот период по стандартной методике, принятой во ВНИРО (Филиппова, 1983 с использованием специализированной шкалы Нигматуллина) дважды в сутки выполняли биологический анализ не менее 100 особей кальмара. В ходе работ обследовано 14778 экз. кальмаров.

В целях унификации данных, собранных разными наблюдателями, кальмаров сгруппировали по 4 стадиям зрелости, в зависимости от степени развития половой системы: незрелые (стадии I и II по шкале Нигматуллина), созревающие (стадии III и IV), зрелые (стадии V и VI) и выбойные (стадия VII).

Данные по составу промысловых скоплений кальмара в промысловый сезон 2015 года представлены в таблице 1.

Таблица 1

Динамика гендерного состава и соотношения стадий зрелости кальмаров в скоплениях у Северных Курильских островов в период с 12 мая по 10 октября 2015 г.*

Даты	Уловы на усилие, кг/час траления	Доля самок, %	Доля незрелых самок, %	Доля созревающих самок, %	Доля зрелых самок, %	Доля незрелых самцов, %	Доля созревающих самцов, %	Доля зрелых самцов, %
12.05–20.05	1688	56,5	4,8	31,7	20	2,2	9,6	31,7
21.05–31.05	1713	60,4	3,6	44,9	12	0	5,3	34,2
01.06–10.06	1968	74,4	6,4	53,6	14,4	0	7,6	18
11.06–16.06	2627	64	6,7	45,3	12	0,7	10,7	24,7
13.08–20.08	2952	55,5	43,7	10,2	1,5	21,4	16,6	6,5
21.08–31.08	2295	51,9	45,1	6,2	0,6	18,2	20,7	9,2
01.09–10.09	3591	44,5	37,8	6,4	0,4	11,4	27,4	16,7
11.09–20.09	2928	36,9	30	5,5	1,4	6,9	23,7	32,5
21.09–30.09	1314	40,5	33,2	5,2	2,0	3,5	24,1	32,0
01.10–10.10	2273	48,4	42,8	2,6	2,9	6,9	28,8	16

* В таблицу не включены данные по долям ювенильных и выбойных кальмаров

Гендерный состав промысловых скоплений командорского кальмара различался в весенне-летний и осенний периоды: весной и летом в скоплении преобладали самки, а

осенью – самцы. Масштаб изменений гендерного состава был очень велик. В период максимальной численности самок в районе работ их доля в скоплении достигала 74%, а в период минимальной – составляла всего 37%. Изменение гендерного состава на рубеже летнего и осеннего сезонов произошло довольно быстро, всего за 4 декады доля самок сократилась почти на 20%. В целом, наши наблюдения не противоречат литературным данным, согласно которым соотношение полов в скоплениях у Северных Курильских островов может быть подвержено значительным межгодовым и сезонным изменениям (Алексеев, 2006; Katugin et al., 2013). С другой стороны, доля самцов в осенний период 2015 года была существенно больше отмеченной в прошлые годы.

В свою очередь, соотношение стадий зрелости заметно различалось в весенний, летний и осенний периоды. Весной основу скопления составляли созревающие и зрелые самки и зрелые самцы, но в начале летнего периода доля зрелых кальмаров сократилась, так что больше половины кальмаров в скоплении были представлены созревающими самками. Еще более значительные изменения состава скопления произошли к концу летнего периода: доля созревающих самок сократилась в 4 раза, при этом возросла доля незрелых самок, увеличились доли незрелых и созревающих самцов. Осенью основа скопления была составлена незрелыми самками и созревающими и зрелыми самцами. Притом доля созревающих самцов последовательно росла на протяжении всего осеннего периода, а доля зрелых увеличивалась в течение первых двух декад сентября и сокращалась в конце сентября – начале октября.

Подобное соотношение стадий зрелости кальмаров не является типичным для района Северных Курил. В прошлые годы в весенний период основу промысловых скоплений составляли незрелые самки и, в меньшей степени, зрелые самцы (Лищенко, 2015), а лето и осень характеризовались преобладанием незрелых кальмаров обоих полов (Алексеев, 2006; Katugin et al., 2013).

Таким образом, в 2015 году было отмечено не только снижение уловов, но и нехарактерный состав промысловых скоплений кальмара. При этом мы не обнаружили выраженной связи между уровнем уловов и изменениями состава скоплений (коэффициент корреляции $r = 0,24$ для изменений гендерного состава, и от 0,33 до 0,53 для изменения долей отдельных стадий). Кроме того, в то время как уловы кальмара на протяжении всего периода наблюдений были стабильно ниже уловов прошлых лет, изменения состава скоплений были, по-видимому, случайны. Следует отметить, что в летне-осенний период наблюдений мы зафиксировали значительное увеличение придонной температуры, соответствующей теплому промежуточному слою вод (Моисеев, Лищенко, 2015). Вероятно, у всех перечисленных отклонений была одна причина. Такой

причиной могло быть изменение системы течений в районе работ. В соответствии с этой гипотезой, изменение системы течений привело к смещению ядра теплого промежуточного слоя с одной стороны, и к изменению локализации центральной, наиболее плотной части промыслового скопления – с другой. В таком случае, в 2015 г. основные промысловые усилия оказались направлены на периферическую часть скопления, что привело к снижению уловов и изменению их состава.

Помимо исследования структуры промыслового скопления была проанализирована динамика средних размеров кальмаров в районе Северных Курил (таблица 2).

Таблица 2.

Динамика размерного состава кальмаров в скоплениях у Северных Курильских островов в период с 12 мая по 10 октября 2015 г.

Даты	Средняя длина мантии незрелых самок, см	Средняя длина мантии созревающих самок, см	Средняя длина мантии зрелых самок, см	Средняя длина мантии незрелых самцов, см	Средняя длина мантии созревающих самцов, см	Средняя длина мантии зрелых самцов, см
12.05–20.05	16	23,5	27,1	13,6	20,2	21,1
21.05–31.05	20,4	23,2	26,8	0	19,8	21,1
01.06–10.06	20,1	24,1	26,6	0	19,9	21,7
11.06–16.06	21,1	24,5	25,9	18	20,7	21,5
13.08-20.08	21,0	25,5	27,3	18,7	20,7	21,8
21.08-31.08	20,6	25,2	26,4	18,3	20,7	21,4
01.09-10.09	20,4	25,7	26,3	17,9	20,1	21,9
11.09-20.09	20,3	25,9	25,2	17,4	19,8	21,6
21.09-30.09	20,7	25,8	26,1	17,2	19,9	21,5
01.10-08.10	20,6	25,5	27,2	17,7	19,9	21,6

Мы не отметили существенных отличий размеров кальмаров от среднеголетних значений (Katugin et al., 2013). Средние размеры кальмаров изменялись от 14 до 27 см. В то же время в пределах каждой отдельно взятой физиологической группы сезонные колебания средних размеров были существенно слабее и, как правило, не превышали 2 см. Исключение составили лишь незрелые кальмары в весенний период, что, вероятно, вызвано тем, что их доля в уловах была крайне мала, и размерный ряд был охвачен не полностью.

Кроме того, мы обнаружили, что изменение размерного состава ряда групп кальмаров скоррелировано с изменением уловов. Действительно, нет ничего удивительного в том, что при увеличении средних размеров особей в доминирующей группировке возрастают и объемы вылова. Благодаря тому, что доля зрелых самцов была велика на протяжении всего периода наблюдений, их средние размеры оказались в наибольшей степени скоррелированы ($r = 0,7$) с размерами уловов. Аналогичные закономерности прослеживаются при сопоставлении уровня уловов и средних размеров созревающих самок в весенне-летний период.

Таким образом, в 2015 г. состав промысловых скоплений командорского кальмара в районе Северных Курильских островов имел ряд отличий от прошлых лет. Устойчивой связи между проявлениями отклонений состава скоплений и изменением уровня уловов не отмечено. Наиболее вероятной причиной подобных аномалий было изменение локализации промысловых скоплений. Наконец, было выявлено, что изменение уровня уловов в целом совпадает с изменением размеров кальмаров в доминирующих группах.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев Д.О. 2006. Новые данные о биологии командорского кальмара *Beryteuthis magister* (Berry, 1913) у Северных Курильских островов. // Тезисы докладов VII Всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным. М., Изд-во ВНИРО: с 199-203.

Лищенко Ф.В. 2015. Состав скоплений и динамика биологического состояния командорского кальмара (*Beryteuthis magister*) в районе Северных Курильских островов в весенне-летний период 2014 года. // Труды ВНИРО, том 154, М. Изд. ВНИРО: с 31-37.

Моисеев С.И., Лищенко Ф.В. 2015. Влияние абиотических факторов на микромасштабные скопления командорского кальмара (*Beryteuthis magister*) в районе Северных Курильских островов. // Материалы докладов VIII Всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным. Калининград, КГТУ, с 196-198.

Нигматуллин Ч.М., Лантиховский В.В., Сабиров Р.М. 1996. Репродуктивная биология командорского кальмара. // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. М., Изд-во ВНИРО: с 101-124.

Филиппова Ю.А. 1983. Рекомендации по изучению головоногих моллюсков. М., Изд-во ВНИРО, 28 стр.

Шевцов Г.А. 1971. Инструкция по сбору и определению видов промысловых кальмаров в Тихом океане. // Владивосток, ТИПРО, 10 стр.

Katugin O.N., Shevtsov G.A., Zuev M.A., Didenko V.D., Kulik V.V., Vanin N.S. 2013. *Berryteuthis magister*, Schoolmaster Gonate Squid. *Advances in Squid Biology, Ecology and Fisheries.* // Part II – Oegopsid Squids. New-York, Nova Science Publishers: p 1-48.

КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ БИОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ СОСТОЯНИЯ ПЕЛАГИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА

Н. В. Лямина, А. Г. Лямин

ФГБНУ Институт природно-технических систем, г. Севастополь, 299011, Россия

BurmistrovaN@mail.ru

Поле биолюминесценции (ПБ), создаваемое светящимися планктонными организмами, один из наиболее удобных для измерения техническими средствами биофизический показатель жизнедеятельности морских экосистем. Измерение его параметров и интерпретация получаемых данных, с точки зрения количественного развития и физиологической

активности гидробионтов, достаточно сложная, до сих пор трудно решаемая задача. Именно поэтому столь важны проведенные исследования и найденные алгоритмы оценки региональных особенностей поля биолюминесценции черноморского региона.

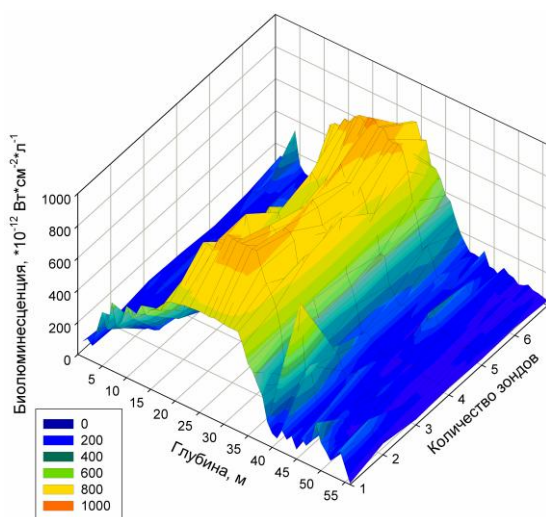


Рис. 1. Мелкомасштабная пространственная неоднородность поля биолюминесценции в прибрежье Севастополя (сентябрь)

Поле биолюминесценции в Чёрном море существует повсеместно в любое время суток при существенных региональных и сезонных различиях (рис.1). Свечение вод Чёрного моря в значительной мере обусловлено

планктонными динофлагеллятами родов *Neoceratium*, *Protoperidinium*, *Scrippsiella*, *Gonyaulax*, *Noctiluca*, *Lingulodinium*, *Pyrocystis* (Лямина, 2014). У 30 видов Dinophyceae характеристики светоизлучения определены инструментально в условиях Чёрного моря сотрудниками отдела биофизической экологии Института морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского (Токарев, 2006; Лямина, 2014).

Параметры биолюминесценции планктонтов могут служить чувствительным экспресс-индикатором степени их резистентности к воздействию поллютантов и экспрессивным показателем регионального загрязнения морской среды (Битюков, 1996; Tokarev et al, 2007; Токарев, 2006; Машукова, 2011; Лямина, 2014). В этой связи, изучение

динамики параметров биолюминесценции и фоновых характеристик среды *in situ* актуально для экспресс-оценки функционирования водных экосистем (Токарев, 2006; Машукова, 2011; Лямина, 2014).

Проведено исследование сезонных изменений вертикальной структуры интенсивности ПБ в прибрежных водах г. Севастополя. Получены существенные отличия сезонных изменений интенсивности ПБ в поверхностном и глубинном слоях открытой акватории и объяснены причины, обуславливающие это явление. Максимальная интенсивность ПБ в поверхностном слое прибрежных вод Севастополя зарегистрирована в осенний период (сентябрь–октябрь), в глубинном слое открытой акватории моря на глубинах, расположенных ниже слоя термоклина. Интенсивность ПБ в придонном слое Севастопольской бухты в этот период примерно на один–два порядка ниже, чем в открытой акватории. Сезонные изменения интенсивности ПБ в поверхностном слое разных районов внутри мелководной Севастопольской бухты характеризуются достаточно высокой корреляционной связью ($r = 0,83$), тогда как корреляция сезонной вариабельности биолюминесценции в поверхностном слое открытой и закрытой акваторий побережья Севастополя имеет средние значения ($r = 0,56–0,63$). Обосновывается вывод об определяющем влиянии термохалинных параметров пелагиали на отмеченные отличия сезонных изменений интенсивности ПБ в поверхностном и глубоководном слоях неритической зоны. Исследовано изменение вертикального профиля интенсивности ПБ в ночное время в прибрежных водах Чёрного моря. Показано, что по характеру динамики биолюминесценции толщу воды можно разбить на два слоя: верхний (0–35 м) и заглубленный (36–60 м). Отмечены особенности изменения интенсивности ПБ в этих слоях. Определены спектральные составляющие вариабельности ПБ, вносящие основной вклад в изменения его интенсивности в тёмное время суток. Показано, что 14-часовая периодичность колебаний свечения связана с изменением астрономической освещённости, а колебания с периодами от 2,5 до 4,5 часа обусловлены эндогенными суточными ритмами биолюминесценто́в. Выявлено, что светящиеся организмы находятся в пространстве влияния нескольких биотических и абиотических факторов. Показано, что наибольшее влияние на периодичность нарастания и убывания интенсивности ПБ в тёмное время суток оказывают биотические факторы (Лямина Н.В., 2014).

β-INTEGRIN-LIKE PROTEINS OF THE MUSSEL MYTILUS TROSSULUS AND ITS HOMOLOGS BETWEEN OTHER ANIMALS

M.A. Maiorova, N.A. Odintsova

A. V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology, National Scientific Center of Marine Biology,
FEB RAS, Vladivostok, Russia

Integrins, the major extracellular matrix receptors, are responsible for the developmental signaling implicated in numerous processes and their modulation. To date, β -integrin homologs have been identified in many vertebrates and invertebrates. The whole-genome sequencing of the oyster *Crassostrea gigas* has been reported to detect some genes encoding integrin-like proteins. We focus on the β integrin, one of the phylogenetically *ancient integrins* in animal evolution (Hynes 2012). Among Protostomes, β -integrin homolog genes are found in Ecdysozoa (including Nematoda and Arthropoda) and in three phyla of Lophotrochozoa: Mollusca, Annelida and Brachiopoda. Here, the phylogenetic analysis of amino acid sequences of β -integrin-like proteins of the mussel *Mytilus trossulis* and basic known β -integrins of other animals is conducted using two methods: maximum likelihood estimation and the neighbor-joining method. Regardless of the method used, the distinction of the phylogenetic tree topology has been shown to be minimal. All 56 cysteine residues typical for extracellular domains of β -integrin subunits in vertebrates are typically located in extracellular domains of the mussel β -integrin-like proteins. β -integrins of Protostomya are clearly found to be present in one group in which three main clusters are detected. Mussel β -integrin-like proteins are affiliated in different clusters: an amino acid sequence of the mussel β -A gene with a high bootstrap level is located in the same clade with β 1-integrin-like protein of the oyster *C. gigas* and β -integrin-like proteins of gastropods *Lottia gigantea* and *Biomphalaria glabrata*; whereas an amino acid sequence of the mussel β -B gene forms the subgroup with β 3-integrin-like protein of the oyster *C. gigas* and β -integrin-like protein of the pearl oyster *Pinctada fucata*. The multiple sequence alignment of the β -integrin genes across animal species provides further information on structural conservation of integrins. We also discuss a possible scenario of the β -integrin-like protein origin and the evolution of these molecules through animal kingdom. In invertebrate *phyla*, the diversity of β -integrin-like proteins appeared to arise independently in several lines of Bilateral animals from a general ancient *and could lead* to the formation of different paralogs during the evolution.

MOUSE CHROMOCENTERS' DNA CONTENT IN SILICO AND IN SITU. LINE FRAGMENT AND ERVS ARE AN ESSENTIAL CHROMOCENTERS' COMPONENTS BESIDE TANDEM REPEAT

O. Podgornaya

Far Eastern Federal University, Vladivostok, 690922;

St Petersburg State University, St Petersburg, 199034;

Institute of Cytology RAS, St. Petersburg, 194064, Russia

opodg@yahoo.com

The DNA content of the mouse isolated chromocenters had been studied by (1) cloning the sequences amplified with DOP-primer; (2) bioinformatics analysis of the raw MiSeq reads.

1. Chromocenters biochemically isolated and centromeric (CEN) region both went through DOP amplification procedure and fluorescent in situ hybridization (FISH) showed the resulting product belongs to the CEN region of chromosomes and chromocenters in interphase nuclei. 38 clones with the length more than 100bp have been selected from the initial library. Four clones represent mouse major satellite (MaSat); 16 clones absent in mouse assembled genome, but found in raw WGS database; 18 represent LINE fragments. 13 clones have been mapped to the metaphase plates. Three of them display the dispersed position, but the rest mapped in CEN region of chromosomes and chromocenters in interphase nuclei in spite of being LINE fragments (6 clones) or unknown sequences (4 clones). The majority of the LINE based clones (13) when mapped by bioinformatics to the full-length LINE went to the end of the 2d ORF and its' flanking region.

2. Chromocenters' DNA library preparation was done by Nextera. The library were sequenced using Illumina MiSeq (insert size 220 bp) with short pair end reads of 35 bp. Raw reads were cleaned with Cookiecutter program. Bioinformatics comparison of chromocenters MiSeq (chcMiSeq) with whole genome sequencing on Illumina HiSeq (gnHiSeq) revealed content:

Family\Source	chcMiSeq	gnHiSeq
tandem repeats (TR)	70%	10%
LINE	7%	4%
ERV	1.5%	1%

Among chcMiSeq TR the most abundant is MaSat (61%) and MiSat (4%). The reads with MaSat and MiSat removed from the future analysis. The rest of TR (5%) represents the TRs

families previously described (Komissarov et al., 2011). The rest 20% of chcMiSeq dataset is mostly unannotated sequences, but some of them have been identified at the next step of analysis when part of chcMi-Seq dataset have been assembled into contigs by IDBA_UD program. In the contigs assembled there are many fragments of heterochromatic Y chromosome, rRNA and six other pseudo-genes and ncRNA gene. Full scale gene *sfi1* is found in contigs and it is localized to the chromosome 11 periCEN region. *Sfi1* is known to play a role in the dynamic structure of centrosome-associated contractile fibers via its interaction with CETN2 (centrin2), centrosomes' conserved calcium-binding proteins unique to eukaryotes.

The ERV based fragments from chcMiSeq assembled contigs went to all the possible locations being mapped to different ERV consensus from Repbase. This indicates that the whole ERV could be built in TR arrays. We suppose that fragment previously cloned and reported as MS3 (Kuznetsova et al., 2005, 2006, 2007) is the part of ERV derived sequence IAP due to its' abundance and sequence similarity. In contrast, there is very few full-length LINEs in chcMiSeq or in its' part assembled. Most of the LINE fragments collected in the same 2 kb region at the end of the 2nd ORF and its' flanking region. The same region of LINE is the origin for the L1-based TR (Komissarov et al., 2011). The search for L1 in the recently published human CEN revealed the same ~2kb end of 2nd ORF fragments' enrichment (Chaisson et al., 2015). Full-length LINEs enrich facultative heterochromatin as evidenced by bioinformatics data (Waterston et al., 2002) and FISH (Solovei et al., 2009), but it is nearly absent in constitutive heterochromatin. The precise LINEs' segment of 2 kb is the necessary mouse constitutive heterochromatin component together with TR.

**СОСТАВ ДНК ХРОМОЦЕНТРОВ МЫШИ *IN SILICO* И *IN SITU*.
ФРАГМЕНТЫ LINE И ERV – ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ ДНК
ХРОМОЦЕНТРОВ КРОМЕ ТАНДЕМНЫХ ПОВТОРОВ**

О.И. Подгорная

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток,

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,

Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург, Россия

opodg@yahoo.com

Определили ДНК состав хромоцентров мыши двумя способами: (1) в клонотеке, полученной после амплификации ДНК на DOP праймере; (2) исходные риды после секвенирования MiSeq ДНК хромоцентров анализировали методами биоинформатики.

1. ДНК хромоцентров, выделенных биохимически, и центромерного (CEN) района, полученного микродиссекцией, амплифицировали на DOP праймере. Оба препарата при тестировании FISH (fluorescent in situ hybridization) картируются в CEN районе хромосом и хромоцентрах интерфазных ядер. Из клонотеки отобрали 38 клонов с длиной вставки >100 нп. 4 клон представляет из себя мажорный сателлит мыши (MaSat); 16 отсутствуют в собранном геноме, но есть в исходных базах WGS; 18 клонов являются фрагментами LINE. 13 клонов выборки картированы методом FISH. 3 клон показали дисперсное распределение, но остальные принадлежат CEN району метафазных хромосом и хромоцентрам, несмотря на то, что являются фрагментами LINE (6 клонов) или неизвестными последовательностями (4). Основная масса производных от LINE клонов (13 из 18) расположена в конце второй ORF и прилежащем фланкирующем районе полноразмерного LINE при картировании методами биоинформатики.

2. Для секвенирования ДНК библиотека сделана на Nextera. Библиотека секвенирована на платформе Illumina MiSeq (размер вставки 220 нп) с короткими ридами в 35 нп. Исходные риды чистили программой Cookiecutter. Провели сравнение ридов хромоцентров (chcMiSeq) с базой полногеномного секвенирования (gnHiSeq). Результаты представлены в таблице.

Семейство\источник	chcMiSeq	gnHiSeq
Тандемные повторы (TR)	70%	10%
LINE	7%	4%
ERV	1.5%	1%

Среди тандемных повторов (TR) chcMiSeq наиболее представлены MaSat (61%) и MiSat (4%). Из дальнейшего анализа эти TR удалены. Остальные TR (5%) представляют собой описанные семейства TR (Komissarov et al., 2011). Остальные 20% базы chcMiSeq представляют собой в основном неаннотированные последовательности, некоторые из которых удалось идентифицировать на следующем шаге анализа. Часть базы chcMiSeq объединили в контиги программой IDBA_UD. В контигах обнаружили много фрагментов гетерохроматиновой Y-хромосомы, псевдогены rRNA и 6 других псевдогенов, гены ncRNA. Полноразмерный ген *sfi1* найден в контигах в соответствии с его локализацией в периCEN районе 11 хромосомы. Белок **Sfi1** известен своей структурной ролью в ассоциированных с центросомой сократительных фибриллах через взаимодействие с цетрином 2 (CETN2, centrin 2). Цетрины – уникальные для эукариот консервативные кальций-связывающие белки.

В контигах chcMiSeq обнаружено много фрагментов ERV (endogenous retroviruses). Фрагменты ERV, картированные на консенсусы ERV из Repbase,

располагаются по всей длине элементов, свидетельствуя о том, что полноразмерные ERV могут быть встроены с поля TR. Мы полагаем, что фрагмент, ранее клонированный из ДНК хромоцентров мыши и названный MS3 (Kuznetsova et al., 2005, 2006, 2007), является частью одного из ERV – элемента IAP – многочисленного в chcMiSeq и имеющего сходство с MS3. Напротив, полноразмерные LINEs отсутствуют в chcMiSeq или в той части базы, которая объединена в контиги. Большинство фрагментов LINE картируются в том же районе ~2 тнп в конце второй ORF LINE и во фланкирующем районе. Именно этот район является источником TR, основанных на LINE (Komissarov et al., 2011). Мы провели поиск этого района LINE в недавно опубликованном CEN районе человека (Chaisson et al., 2015) и нашли очевидное обогащение. Известно, что факультативный гетерохроматин обогащен полноразмерными LINEs, о чем свидетельствует биоинформатика (Waterston et al., 2002) и FISH (Solovei et al., 2009), но их нет в конститутивном гетерохроматине. Мы показали, что непременным компонентом конститутивного гетерохроматина, наряду с TR, является конкретный фрагмент LINE ~2 тнп.

ЛИТЕРАТУРА

Chaisson M. J., Huddleston J., Dennis M. Y., et al. Resolving the complexity of the human genome using single-molecule sequencing // *Nature*. 2015. Vol. 517, no 7536. P. 608-611.

Komissarov A.S., Gavrilova E.V., Demin S.J., Ishov A.M., Podgornaya O.I. Tandemly repeated DNA families in the mouse genome // *BMC Genomics*. 2011. Vol. 12. P. 531.

Kuznetsova I. S., Prusov A. N., Eukashvily N. I., Podgornaya O. I. New types of mouse centromeric satellite DNAs // *Chromosome Research*. 2005. Vol. 13, no1. P. 9-25.

Kuznetsova I., Podgornaya O., Ferguson-Smith M. A. High-resolution organization of mouse centromeric and pericentromeric DNA // *Cytogenetic and genome research*. 2006. T. 112, №. 3-4. С. 248-255.

Kuznetsova I. S., Eukashvily N. I., Noniashvili E. M., et al. Evidence for the existence of satellite DNA-containing connection between metaphase chromosomes // *Journal of cellular biochemistry*. 2007. Vol. 101, no 4. P. 1046-1061.

Solovei I., Kreysing M., Lanctot C., et al. Nuclear architecture of rod photoreceptor cells adapts to vision in mammalian evolution // *Cell*. 2009. Vol. 137. P. 356-368.

Waterston R.H., Lindblad-Toh K., Birney E., et al. Initial sequencing and comparative analysis of the mouse genome // *Nature*. 2002. Vol. 420, no 6915. P. 520-562.

EXTRA-CELLULAR DNA FOR THE UNSOLVED EVOLUTIONAL PROBLEMS

O. Podgornaya

Far Eastern Federal University, Vladivostok, 690922;
St Petersburg State University, St Petersburg, 199034;
Institute of Cytology RAS, St. Petersburg, 194064, Russia
opodg@yahoo.com

The fact of the extra-cellular DNA (ecDNA) circulating in the body liquids in high eukaryotes is known long ago, but it attracts less attention of biologists than of physicians (Anker et al., 1975; Vasioukhin et al., 1991, 1994). The genome assembly and new sequencing methods shed light on this problem (Murtaza et al., 2013). The main sources of ecDNA could be: (1) exosomes from resting cells, (2) microvesicles of activated cells, (3) in apoptotic bodies (Rykova et al., 2012). The uptake of the ecDNA by cultured cells and ecDNA integration into host chromatin have been proved (Mittra et al., 2015). Apoptosis was experimentally induced in human umbilical vein endothelial cells (HUVEC) and the pool of cell-free apoptotic DNA present in the culture medium (ecDNA) was sequenced and used for FISH (Morozkin et al., 2012). Both methods show the asymmetry in repetitive sequences distribution in ecDNA: (1) significant enrichment in pericentromeric tandem repeats (TR), the most of which is HS3 (human satellite 3) but decrease of centromeric alpha satellite; (2) enrichment in Alu (SINE) but decrease of LINEs. Similar results have been reported for the serum of healthy donors (Beck et al., 2009). Human assembled genome was used for the ecDNA comparison. The large regions of classic heterochromatin are poorly covered by assembled sequences: chromosomes have prolonged tandem repeats (TR) arrays at centromeric and subtelomeric regions and it is the reason why these regions are difficult to assemble. In the assembled genomes chromosomes end abruptly in 3 Mb gaps reserved for centromeric regions. Human TRs are only roughly classified. It is known that DNA attached to the inner part of the cell membrane as ~6kb fragments represents namely pericentromeric TR while compared to the raw WGS\WGA database (Cheng et al., 2012) and this could be the reason why it comes to the apoptotic ecDNA first of all. Transposable elements (TE) constitute no less than 48% of the human assembled genome and their positions determined. Alu repeats (SINE) are located mostly to the gene-rich regions, while LINEs enrich facultative heterochromatin as evidenced by bioinformatics data (Waterston et al., 2002) and FISH (Solovei et al., 2009). TE positions in both mouse and human genomes are very

similar and cause the synteny together with genes (Waterston et al., 2002). In human genome Alu repeats substitute four mouse SINEs (B1, B2, B4, ID). The comparison of the transcription intensity has been carried out by bioinformatics tools in 32 human and mouse homologous tissues for ~12000 orthologous genes using transcriptome databases. Human shows a greater fraction of tissue-specific genes and a greater ratio of the total expression of tissue-specific genes to housekeeping genes in each tissue studied, which suggests a generally higher level of evolutionary cell differentiation (specialization) (Vinogradov, Anatskaya, 2007). The overall functional and evolutionary impact of TEs still unclear in spite of their abundance in the genome (del Rosario et al., 2014) though TE contribution to the origin, diversification, and regulation of vertebrate long noncoding RNAs is documented (Kelley, Rinn, 2012; Kapusta et al., 2013; Lu et al., 2014). It could be supposed that TE positions fixed for ~65 Myr (mouse and primate separation) and SINEs and LINEs attraction to the potentially active/inactive parts of the genome may be responsible for the chromatin landscape shaping of each part. The SINEs' substitution in the human genome caused the enhanced transcriptional level in active landscape. At any rate the substitution occurs in rodent and primate lines separation. EcDNA enriched in SINEs in any stress conditions may help to understand how the substitution of main part of basic regulatory elements may occur in whole genomes of one litter. Sperm cells as vectors for introducing foreign DNA into eggs for genetic transformation of mice have been reported (Lavitrano et al., 1989). Sperm-mediated gene transfer became the ordinary methods of the veterinary (Smith, Spadafora, 2005; Spadafora, 2008; Simões et al., 2012). In rabbit with the numerous offspring it is possible to estimate the number of transgenes in the litter. Sperm damaged by DMSO and heat shock could produce up to 100% transgenes in some litters, but more surprising fact is that even intact sperm can produce ~20% of transgenes after incubating with the plasmid DNA (Kuznetsov et al., 2000). The precise number does not matter but the descendant altered will never be alone in progeny and will have its' mate in the same litter. The overall substitution of main part of SINEs in the whole genome by recombination is possible due to Alu element and B1 sequence similarity. The orthologous genes are not altered initially but chromatin landscape change lifts up the transcription and provides the evolutionary advantage for the newly born species. So, the scheme suggested may remove two of the contradictions of the Modern evolutionary synthesis theory: (1) gene mutations are not necessary for the progressive evolution but repetitive elements substitution; (2) ancient mammals could have litters with the number of offspring altered by ecDNA and inbred mating was possible for the descendant altered.

ВНЕКЛЕТОЧНАЯ ДНК ПОМОЖЕТ ПРОЛИТЬ СВЕТ НА НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ ЭВОЛЮЦИИ

О.И. Подгорная

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург, Россия

opodg@yahoo.com

Тот факт, что в жидкостях тела высших позвоночных циркулирует ДНК (внеклеточная ДНК; внДНК) известен давно, но интересуются этим фактом в основном медики, не биологи (Anker et al., 1975; Васюхин и др., 1991; Vasioukhin et al., 1994). Чтение геномов и новые методы секвенирования позволяют по-новому взглянуть на проблему внДНК (Murtaza et al., 2013). Основными источниками внДНК в организме являются (1) экзосомы покоящихся клеток, (2) микровезикулы активированных клеток; (3) апоптотические клетки (Ryкова et al., 2012). Показан захват внДНК клетками культуры и включение ее в хроматин клетки-хозяина (Mittra et al., 2015). Апоптоз экспериментально индуцировали в культуре эндотелиальных клеток пуповинной крови человека (HUVES), и пул присутствующей в культуральной среде ДНК (внДНК) секвенировали и использовали как пробу для FISH (Morozkin et al., 2012). Оба метода показали асимметричное обогащение повторяющихся элементов во внДНК: (1) обогащение внДНК перичентромерными тандемными повторами (TR), основным из которых оказался HS3 (human satellite 3), но обеднение центромерным (CEN) TR альфа сателлитом; обогащение внДНК Alu (SINE) элементом, но обеднение LINEs. Сходными характеристиками отличается сыворотка крови здоровых доноров (Beck et al., 2009).

Для сравнения с внДНК в этом случае использовали собранный геном человека. Районы классического гетерохроматина не отражены в собранном геноме: длинные поля TR в перичентромерном и субтеломерном районах не собраны. В собранных геномах сборка хромосом обрывается на 3 Мб дыре, зарезервированной на центромерный район. TRs человека классифицированы весьма грубо. Про TR известно, однако, что именно они прикреплены к внутренней стороне цитоплазматической мембраны как ~6 тнп фрагменты, что определили при сравнении с исходными WGS\WGA базами данных (Cheng et al., 2012). Именно поэтому, вероятно, обогащение ими внДНК возможно в первую очередь в

апоптотических клетках. Повторы класса транспозонов (transposable elements; TE) составляют не менее 48% собранного генома человека и их позиции определены. Alu элементы (SINE) расположены в основном в генбогатых районах, тогда как LINEs тяготеют к факультативному гетерохроматину. Об этом свидетельствуют данные биоинформатики (Waterston et al., 2002) и цитогенетики (FISH, Solovei et al., 2009). Положение TE в геномах как человека, так и мыши, фиксировано и сходно, что и приводит к синтении геномов вместе с другими элементами (генами, Waterston et al., 2002). В геноме человека Alu повторы замещают собой четыре SINE мыши (B1, B2, B4, ID). Провели сравнение интенсивности транскрипции ~12000 ортологичных генов в 32 тканях человека и мыши по базам данных транскриптомов. Во всех исследованных тканях человек обнаруживает более высокий уровень экспрессии тканеспецифичных генов по отношению к генам «домашнего хозяйства», что говорит о более высоком эволюционном уровне клеточной дифференцировки (специализации) (Vinogradov, Anatskaya, 2007). Тотальный вклад TE в функционирование и эволюцию геномов до сих пор не ясен, несмотря на их количество в геноме (del Rosario et al., 2014). Определен вклад TE в происхождение, определение разнообразия и регуляцию длинных некодирующих РНК (Kelley, Rinn, 2012; Kapusta et al., 2013; Lu et al., 2014). Кажется, что позиции TE, фиксированные в течение ~65 Млн лет (расхождение линий грызунов и приматов), и тяготение SINEs и LINEs к потенциально активным или неактивным районам генома могут быть ответственными за определение хроматинового ландшафта этих районов. Замена SINE'ов в геноме человека очевидно коррелирует с увеличением уровня транскрипции в активном ландшафте. В любом случае, замена SINE произошла при разделении грызунов и приматов. Тот факт, что вДНК обогащена SINE поможет понять, как такая замена могла произойти в геномах одного помета\выводка. Известно, что трансформантные мыши могут получиться после инкубации сперматозоидов с экзогенной ДНК (Lavitano et al., 1989). Опосредованный сперматозоидами перенос экзогенной ДНК стал тривиальным методом ветеринарии (Smith, Spadafora, 2005; Spadafora, 2008; Simxes et al., 2012). При экспериментах на кроликах с их многочисленным потомством можно учесть количество трансгенных потомков в помете. При совместной инкубации сперматозоидов с экзогенной ДНК, DMSO и нагревании (heat shock) некоторые пометы на 100% состояли из трансгенов. Но еще более удивительно то, что никак не поврежденные сперматозоиды (только инкубация с ДНК плазмиды) давали до 20% трансгенов в потомстве (Kuznetsov et al., 2000). Неважно точное количество трансгенных потомков в помете; важно то, что трансген (измененный потомок) никогда не будет одинок, он найдет себе измененную пару в том же помете, т.е. возможен имбридинг. Сходство участков B1 элемента мыши и Alu элемента человека

делает возможной замену всех элементов генома посредством рекомбинации. Ортологичные гены не затронуты при такой замене, вместо изменения генов меняется хроматиновый ландшафт, что и приводит к интенсификации транскрипции и дает эволюционное преимущество вновь возникшему виду. Предложенная схема убирает два из противоречий Синтетической теории эволюции: (1) для прогрессивной эволюции необходимы не генные мутации, но замена повторяющихся элементов; (2) древние млекопитающие имели в помете не одного измененного потомка, но несколько, если не всех, из-за трансформации их вДНК; тогда близкородственное скрещивание оказывалось возможным для измененных особей.

ЛИТЕРАТУРА

Васюхин В.И., Липская Л.А., Цветков А.Г., Подгорная О.И. ДНК, выходящая из лимфоцитов человека, содержит последовательности, гомологичные иммуноглобулиновому гену κ // Молек. биол. 1991. Т. 25, Вып. 2. С. 405–412.

Anker P., Stroun M., Maurice P.A. Spontaneous release of DNA by human blood lymphocytes as shown in an in vitro system // Cancer Res. 1975. Vol. 35, no 9. P. 2375-2382.

Beck Y., Urnovitz H. B., Riggert J., et al. Profile of the circulating DNA in apparently healthy individuals // Clin. Chem. 2009. Vol. 55. P. 730-738.

Cheng J., Torkamani A., Peng Y., et al. Plasma membrane associated transcription of cytoplasmic DNA // Proc Natl Acad Sci USA. 2012. Vol. 109, no 27. P. 10827-10831.

Kapusta A., Kronenberg Z., Lynch V.J., et al. Transposable elements are major contributors to the origin, diversification, and regulation of vertebrate long noncoding RNAs // PLoS Genet. 2013. Vol. 9, no 4. P. e1003470.

Kelley D., Rinn J. Transposable elements reveal a stem cell-specific class of long noncoding RNAs // Genome Biol. 2012. Vol. 13, no 11. P. R107.

Kuznetsov A.V., Kuznetsova I.V., Schit I.Y. DNA interaction with rabbit sperm cells and its transfer into ova in vitro and in vivo // Molecular reproduction and development. 2000. Vol. 56. P. 292–297.

Lavitrano M., Camaioni A., Fazio V.M., et al. Sperm cells as vectors for introducing foreign DNA into eggs: genetic transformation of mice // Cell. 1989. Vol. 57, no 5. P. 717-723.

Lu X., Sachs F., Ramsay L., et al. The retrovirus HERVH is a long noncoding RNA required for human embryonic stem cell identity // Nat. Struct. Mol. Biol. 2014. Vol. 21, no 4. P.423-425.

Mittra I., Hare N.K., Raghuram G.V., et al. Circulating nucleic acids damage DNA of healthy cells by integrating into their genomes // J. Biosci. 2015. Vol. 40, no. 1. P. 91–111.

Morozkin E.S., Loseva E.M., Morozov I.V., et al. A comparative study of cell-free apoptotic and genomic DNA using FISH and massive parallel sequencing // *Expert Opin. Biol. Ther.* 2012. Vol. 12, suppl. 1. P. S11-S17.

Murtaza M., Dawson S-J., Dana W. Y. et al. Non-invasive analysis of acquired resistance to cancer therapy by sequencing of plasma DNA // *Nature*. 2013. Vol. 497, no 7447. P. 108-112.

Rykova E.Y., Morozkin E.S., Ponomaryova A.A., et al. Cell-free and cell-bound circulating nucleic acid complexes: mechanisms of generation, concentration and content // *Expert Opin. Biol. Ther.* 2012. Vol. 12, suppl.1. P. S141-S153.

Simões R., Nicacio A.C., Binelli M., et al. Sperm-mediated gene transfer: effect on bovine *in vitro* embryo production // *Zygote*. 2012. Vol. 1, no 4. P. 325-329.

Smith K., Spadafora C. Sperm-mediated gene transfer: applications and implications // *BioEssays*. 2005. Vol. 27. P. 551–562.

Solovei I., Kreysing M., Lanctot C., et al. Nuclear architecture of rod photoreceptor cells adapts to vision in mammalian evolution // *Cell*. 2009. Vol. 137. P. 356-368.

Spadafora C. Sperm-mediated 'reverse' gene transfer: a role of reverse transcriptase in the generation of new genetic information // *Hum. Reprod.* 2008. Vol. 23, no 4. P. 735-740.

Vasioukhin V., Anker P., Maurice O., et al. Point mutations of the N-ras gene in the blood plasma DNA of patients with myelodysplastic syndrome or acute myelogenous leukaemia // *Br. J. Haematol.* 1994. Vol. 84, no 4. P. 774-779.

Vinogradov A.E., Anatskaya O.V. Organismal complexity, cell differentiation and gene expression: human over mouse // *Nucleic Acids Res.* 2007. Vol. 35. P. 6350-6356.

Waterston R.H., Lindblad-Toh K., Birney E., et al. Initial sequencing and comparative analysis of the mouse genome // *Nature*. 2002. Vol. 420, no 6915. P. 520-562.

РАЗНОМАСШТАБНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЦИРКУЛЯЦИИ И СТРУКТУРЫ ВОД В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО И ТАТАРСКОМ ПРОЛИВЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ

В.И. Пономарев, П.А. Файман, В.А. Дубина, И.В. Машкина, М.В. Будянский,
Улейский М.Ю., С.В. Пранц

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
Владивосток, Россия
pvi711@yandex.ru

Работа посвящена моделированию сезонной и внутрисезонной изменчивости системы взаимосвязанных вихрей и струйных течений в зал. Петра Великого и Татарском проливе Японского моря. Численные эксперименты по моделированию разномасштабной циркуляции в зал. Петра Великого и прилегающей глубокой части Японского моря выполнены с нестационарной слоистой моделью МГИ ОМ (Шапиро, Михайлова, 2007) с различным горизонтальным разрешением от 1.25 км до 0.5 и последовательным учетом речного стока и зимнего ледяного покрова. Интегрирование модели во времени производилось на 1–2 года при заданных суточных внешних метеорологических полях из атмосферного реанализа NCEP, осредненных за многолетний период, а также на несколько лет при заданных средних суточных метеорологических условиях из реанализа NCEP -CFSR за конкретные годы. Для верификации численных решений и полученных результатов используются имеющиеся многочисленные данные дистанционных и контактных измерений.

На основе анализа натуральных наблюдений и численных экспериментов с квазиизопикнической моделью МГИ ОМ, выполненных без ассимиляции данных измерений, установлены характерные особенности сезонной и внутрисезонной изменчивости вихрей и струйных течений синоптического и субсиноптического масштабов в зал. Петра Великого и прилегающей части Японского моря. Показано, что система синоптических антициклонов и субсиноптических циклонов формируется на континентальном шельфе и над склоном котловины, перемещаясь с Приморским течением со скоростью 5–8 см/с. На внешнем шельфе зал. Петра Великого, антициклонические вихри летом смещаются на запад, в конце августа – сентябре антициклон фиксирует свое положение у западной границы залива, а в октябре при смене муссона и заглублинии пикноклина перемещается на восток в центральную часть залива.

При этом усиливается относительно теплое юго-западное течение, распространяющееся вдоль берега и кромки мелководья, в также вдоль периферии синоптического антициклона в центральную часть залива, препятствуя его замерзанию. В этом струйном течении образуются короткоживущие (время жизни 1–2 сут.) субсиноптические циклоны, перемещающиеся по часовой стрелке вдоль периферии устойчивого синоптического антициклона.

Определены особенности сезонной и внутрисезонной изменчивости циркуляции, ее вихревой структуры и вертикальной стратификации вод в мелководных частях Амурского и Уссурийского заливов, где все рассчитываемые характеристики в наибольшей степени зависят от изменчивости скорости ветра, а в Амурском заливе и от расхода реки Раздольная.

На основе лагранжева подхода исследуются процессы перемешивания и переноса в зал. Петра Великого и прилегающей части Японского моря, а также эволюции и взаимодействия синоптических вихрей в районе протяженного узкого шельфа Приморья и прилегающей части моря. Выделяются застойные зоны, зоны перемешивания на шельфе, коридоры интенсивного выноса вод шельфа в глубокую часть моря, а также поступления вод открытого моря в зону шельфа.

Численный эксперимент с моделью циркуляции RIAM OM, разработанной в Институте прикладной механики Университета Кюсю в Японии, выполнен для многолетнего периода с нежесткой ассимиляцией данных о температуре и солености на поверхности моря для области, включающей северо-западную часть Японского моря, Охотское море и прилегающую часть Тихого океана. С помощью этой модели, решение которой успешно верифицировалось по данным дистанционных и контактных измерений, показаны особенности сезонной и внутрисезонной изменчивости системы течений и синоптических вихрей в Татарском проливе Японского моря, Амурском лимане и Сахалинском заливе Охотского моря, а также изменчивости водообмена между этими морями через узкий мелководный пролив Невельского.

Применение лагранжевых методов позволяет, выделив устойчивые вихревые структуры, определить эволюцию вихрей и распространение в Татарском проливе трансформированных субтропических вод южной части Японского моря и распресненных вод северного шельфа пролива. При характерных синоптических ситуациях с циклоном над центральной частью Охотского моря и ветре северных румбов через пролив Невельского поступают богатые биогенными элементами воды Амурского лимана Охотского моря в любой сезон года.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ №16—17-10025 и гранта РФФИ 15-05-03805.

ДНК-ТРАНСПОЗОНЫ СУПЕРСЕМЕЙСТВА *Tc1/MARINER* В ГЕНОМЕ *LITTORINA SAXATILIS*

Л.В. Пузакова, М.В. Пузаков

Институт природно-технических систем РАН, Российская Федерация, г. Севастополь,
puzakov@ngs.ru

Мобильными генетическими элементами (МГЭ) называют последовательности ДНК, имеющие характерную структуру и способные в определенных условиях менять свое положение в геноме хозяина. На данный момент нет ни одного живого организма, у которого бы не были найдены МГЭ. Однако их количество в геномах варьирует: от 3–7% (иглокожие, рыбы) до 90% (некоторые растения). Транспозиции (перемещения) МГЭ – это причина мутаций, как вредных, так и полезных для организма и популяции. Предполагается, что мобильные генетические элементы являются важным фактором адаптации популяции к различным стрессорным воздействиям. Исследование представленности и динамики МГЭ в геномах различных организмов способствует большему пониманию молекулярной эволюции геномов, и поэтому представляет собой сложную и актуальную задачу как в настоящем, так и в перспективе (Rebollo *et al.*, 2012).

На основании структурно-функциональных различий МГЭ делят на два класса. Элементы класса I (ретротранспозоны) перемещаются с помощью механизма «копирование-вставка», используя в качестве посредника молекулу РНК. Элементы класса II (ДНК-транспозоны), перемещаются с помощью механизма «вырезание-вставка». Вырезание (экзцизия) МГЭ из последовательности генома, как и вставка (инсерция) в тот или иной локус генома осуществляются ферментом транспозазой, ген которого встроено в последовательность ДНК-транспозона. Одно из суперсемейств ДНК-транспозонов – *Tc1/mariner* включает элементы протяженностью от 1 до 3 тысяч пар нуклеотидов (п.н.). Последовательности элементов *Tc1/mariner* фланкированы инвертированными концевыми повторами (ITR) длиной 20–30 п.н. В центральной части расположена открытая рамка считывания (ОРС), кодирующая транспозазу, которая распознает ITR ДНК-транспозона и дублируемый сайт встраивания TA в последовательности ДНК генома. Транспозазы МГЭ этого суперсемейства имеют характерные каталитические домены DDD/DDE. На данный момент элементы *Tc1/mariner* обнаружены у животных, грибов и растений.

Мы изучали представленность ДНК-транспозонов суперсемейства *Tc1/mariner* в геноме морского брюхоногого моллюска *Littorina saxatilis*. Исследовали три нуклеотидные последовательности, размещенные в базе данных NCBI (СТ027673.30, СТ476813.18, CR974470.8) общей протяженностью 358 877 пар нуклеотидов (п.н.) Анализ проводили с помощью программы CENSOR (Kohany *et al.*, 2006), которая позволяет сравнивать исследуемые нуклеотидные последовательности с известными ДНК-транспозонами, размещенными в базе данных повторенных последовательностей RepBase (Jurka, 1998). В результате анализа в геноме *L. saxatilis* обнаружено 6 локусов ДНК, имеющих гомологию с ДНК-транспозонами *Tc1/mariner* (Таблица 1).

Таблица 1. Представленность ДНК-транспозонов в нуклеотидных последовательностях *L. saxatilis* (Пузаков, Пузакова, 2016).

Суперсемейство МГЭ	СТ027673.30 158 590 п.н.	СТ476813.18 87 089 п.н.	CR974470.8 113 198 п.н.	Всего
<i>Mariner/Tc1</i>	5	1	-	6

Дальнейший анализ показал, что в последовательности СТ027673.30 три локуса являются частями одного элемента, названного нами *Mariner-1_LSax* в соответствии с системой, предложенной RepBase (Jurka, 1998). У двух других также была обнаружена структура, свойственная мобильным генетическим элементам. Они были названы *Mariner-2_LSax* и *Mariner-3_LSax*. Помимо этого, в последовательности СТ027673.30 выявлен элемент *Mariner-4_LSax*, не обнаруженный с помощью программы CENSOR (Kohany *et al.*, 2006).

В последовательности СТ476813.18 единственный найденный локус не имел структуры, характерной для МГЭ.

Элемент *Mariner-1_LSax* имеет протяженность 1518 п.н. и 24 п.н. инвертированные концевые повторы. Открытая рамка считывания этого элемента имеет неповрежденную структуру и, предположительно, кодирует потенциально функциональную транспозазу длиной 336 аминокислотных остатков. Транспозоны *Mariner-2_LSax* (972 п.н.), *Mariner-3_LSax* (1303 п.н.) и *Mariner-4_LSax* (830 п.н.) имеют ITR 26 п.н., 37 п.н. и 25 п.н., соответственно. Открытые рамки считывания у этих элементов были нарушены стоп-кодонами и делециями. Кроме того, внутри структуры элемента *Mariner-3_LSax* были обнаружены дополнительные инвертированные повторы длиной 14 п.н.

Элементы *Mariner-3_LSax* и *Mariner-4_LSax* предположительно являются различными делетированными вариантами одного мобильного элемента, поскольку имеют гомологию 58% от всей длины, при этом сходство 5'-концов элементов протяженностью 423 п.н. составляет 73%, а 3'-концов протяженностью 350 п.н. составляет 82%. Инвертированные терминальные повторы этих транспозонов имеют сходство свыше 90%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пузаков М.В., Пузакова Л.В. Исследование представленности мобильных генетических элементов в геноме *Littorina saxatilis* // Актуальные вопросы биологической физики и химии. БФФХ-2016: материалы XI международной научно-технической конференции, г. Севастополь, 25-29 апреля 2016 г.: в 2 т. Т. 1. – Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2016. – С. 211-215.
2. Kohany O., Gentles A.J., Hankus L., Jurka J. Annotation, submission and screening of repetitive elements in Repbase: RepbaseSubmitter and Censor // BMC Bioinformatics. 2006, vol. 25(7), p. 474
3. Jurka J. Repeats in genomic DNA: mining and meaning // Curr. Opin. Struct. Biol. 1998, vol. 8, pp. 333-337.
4. Rebollo R., Romanish M.T., Mager D.L. Transposable elements: an abundant and natural source of regulatory sequences for host genes // Annu Rev Genet. 2012, vol. 46, pp. 21-42.

О СТАРЫХ “НОВЫХ” ЭЛЕМЕНТАХ В МАКРОЗООБЕНТОСЕ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ

Н. И. Селин

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской
биологии ДВО РАН, Владивосток, Россия,
nikselin@yandex.ru

Еще до недавнего времени о ракообразных инфраотрядов Axiidea и Gebiidea из российских вод Дальнего Востока были известны лишь случаи находок немногочисленных экземпляров некоторых видов с регистрацией мест обнаружения и глубины, приводилось описание внешней морфологии. Эти важные, но скудные данные были получены еще в первой половине прошлого столетия, помещены в монографические сводки по фауне региона и затем в основном только тиражировались в более мелких работах. Между тем, не только для сопредельных акваторий тихоокеанского бассейна, но и для других районов Мирового океана, известно, что эти ракообразные являются массовыми представителями населения разнообразных донных осадков эстуарных и морских участков литорали и сублиторали умеренной и тропической зон и одними из самых ярких организмов-эдификаторов среды обитания. Лишь в последнее десятилетие и отечественные исследователи стали уделять больше внимания этой группе животных, благодаря чему заметно пополнились наши знания о видовом составе, образе жизни, биологии и роли ряда видов в донных сообществах.

Данное сообщение содержит информацию по одному из видов этих ракообразных – креветке-привидению *Nihonotrypaea japonica* (Ortmann, 1891), являющейся обычным элементом донной фауны у берегов Японии, Кореи, северо-восточной части Китая и, как оказалось, зал. Петра Великого Японского моря. Здесь, в заливе, эти животные встречаются повсеместно в приустьевых зонах рек и речушек в местах с периодически опресняемой средой в условиях отсутствия прямого воздействия прибоа. Их доля в суммарной биомассе макрозообентоса порой превышает 40%. Они живут в разветвленных жилищах-норках, уходящих на 30-60 см в заиленный мягкий грунт, обнаруживая свое присутствие небольшим (1-8 мм) отверстием на его поверхности. Значительная глубина закапывания и сходство их отверстий с отверстиями других представителей инфауны, характерной для приустьевых участков моря (полихет, двустворчатых моллюсков и т.д.),

долго являлись основными причинами их крайне редкой регистрации, а часто и отсутствия в списках обитателей. Мы обнаружили их практически на всех тестируемых участках побережья залива в диапазоне от 0 глубин до 1,5 м. Наиболее плотные (более 100 экз/м²) скопления ракообразные образуют, как правило, на участке дна от береговой черты до пояса макрофитов, в котором при увеличении глубины этот вид обычно постепенно замещается другими представителями норных ракообразных – раками-кротами *Upogebia major* (de Naan, 1841) и *U.yokoyai* Makarov, 1938. Плотность поселения *N.japonica* снижается также и по мере удаления от устья рек, смены мягких грунтов на жесткие и увеличения солености воды. В этом случае обычными становятся *Nihonotrypaea petalura* (Stimpson, 1860) и *Upogebia issaeffi* (Balss, 1913).

Мониторинговые исследования 2012-2016 гг. в зал. Восток в районе реки Волчанка показали, что в условиях южного Приморья отдельные немногочисленные самки становятся половозрелыми при длине тела 26-30 мм. Размер тела, при котором более 50% самок участвуют в размножении, составляет 31 мм. Плодовитость самок изменяется в широком диапазоне (220–8100 яиц) и линейно зависит от размера животного: чем крупнее животное, тем больше яиц. Яйца располагаются на первых двух парах плеоподов и по мере созревания постепенно меняют цвет с ярко-вишневого на красный разной насыщенности, а затем серо-коричневый. Время их откладки и продолжительность периода вынашивания колеблются в соответствии с межгодовыми и локальными температурными условиями. Первые яйценосные самки появляются в конце апреля-начале мая при температуре воды 7–10°C. Доля таких особей в поселении постепенно возрастает одновременно с повышением температуры воды. В первой-второй декаде июня среди них появляются самки с яйцами на стадии “глазок”. Почти через неделю происходит выпуск личинок, то есть от откладки яиц до выпуска личинок проходит не менее 40 дней. Основная часть самок нерестится в июне-июле, но немногочисленные особи с кладкой яиц встречаются и в августе. За это время некоторые самки откладывают яйца и нерестятся, по-видимому, неоднократно.

Первые рекруты с длиной тела 8-10 мм в поселении взрослых животных отмечены в начале августа. Значительный размер этих юных особей и присущие им темпы роста дают основание считать, что оседание личинок начинается несколько раньше, возможно в конце июля. Оно продолжается до конца сентября-середины октября, когда температура окружающей воды снижается до 8-10°C. За первый сезон роста молодь вырастает до 20 мм, а через год после оседания животные становятся половозрелыми и участвуют в размножении.

Поселения *N.japonica* представлены животными с длиной тела до 72 мм. Продолжительность жизни составляет 4-5 лет. Численность таких особей в поселении невысока. Основную часть составляют 1-3-летние животные. Размерная и возрастная шкала характеризуется отсутствием дискретности.

Полученные данные свидетельствуют, что обитание *N.japonica* у северной границы ареала в зал. Петра Великого сопряжено с выработкой у животных ряда адаптивных черт, благодаря чему здесь они чувствуют себя прекрасно и потому являются столь же обычным элементом прибрежной донной фауны, как и в более южных районах. Наряду с этим совершенно очевидно, что имеющиеся к настоящему времени данные по донной фауне региона нуждаются в существенной корректировке.

ВЫНОС ГЕЛЬМИНТОВ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА.

Н.А. Транбенкова

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, Петропавловск-
Камчатский, Россия

helm@mail.ru

К настоящему времени довольно хорошо исследованы пути попадания гельминтов морских млекопитающих с рыбой в организм животных на зверофермах, изучен вред, наносимый паразитами и способы его снижения (Гаевская, 2005). Гораздо меньше сведений о заражении наземных млекопитающих в природных условиях. Хотя в регионах, граничащих с морскими акваториями, располагающих обширной сетью водотоков и, соответственно, наличием в питании диких животных большого количества рыбы, особенно анадромных видов, заражение этими гельминтами также обычно. Происходящий таким образом вынос некоторых паразитов из морских экосистем в наземные является одним из аспектов влияния на сушу акваторий морей и океанов.

В ходе исследования обработаны материалы гельминтологических вскрытий 356 горностаев, 36 росомах, 91 выдры, 193 американских норок, 167 лисиц, 4 бурых медведей и 95 ондатр за 1981-1988 г. и 13287 соболей за 1952-2015 г., проводившихся до 1989 г. Камчатским отделением ВНИИОЗ, а далее Камчатским филиалом ТИГ ДВО РАН. Использован метод неполных гельминтологических вскрытий (Скрябин, 1928).

Существенным отличием паразитофауны наземных хищных полуострова Камчатка от животных континентальных регионов Евразии является присутствие паразитов, специфичных для морских млекопитающих и рыб. Это обусловлено регулярным использованием в питании местных и анадромных лососевых во время массового хода, а также их молоди в перемерзающих зимой мелких водотоках. В прибрежной зоне, на протяжении более 4 тысяч километров береговой линии Тихого океана, Охотского и Берингова морей, немаловажное значение имеют также выбросы моря (Транбенкова, 1996).

В составе гельминтофауны наземных промысловых хищных семейств куньих, псовых, медвежьих, кошачьих и даже околводного грызуна – ондатры отмечены

неполовозрелые и даже половозрелые нематоды семейства Anisakidae (роды *Anisakis*, *Hysterothylacium Pseudoterranova*), а также 2 вида скребней (акантоцефал) семейства Polymorphidae, рода *Corynosoma*. Их первые промежуточные хозяева – морские беспозвоночные, вторые и третьи (резервуарные) – различные виды рыб и некоторые рыбацкие птицы. Заражение сухопутных млекопитающих происходит только алиментарным путем.

Половозрелые скребень *Corynosoma enhydri* Morosov, 1940 и нематода *Pseudoterranova decipiens* (Krabbe, 1878) найдены у бурого медведя. У одного из обследованных медведей 10 экземпляров *C. enhydri* обнаружены в прикрепленном состоянии, с внедренными в слизистую желудка головными концами. Такая локализация характерна для облигатных хозяев этого паразита, в том числе, для калана. Содержимое желудка медведя целиком состояло из остатков калана. Нематода *P. decipiens* обнаружена в желудках у 2 медведей в количестве 51 и 85 экз. Причем, у второго медведя остатков калана в пищеварительном тракте уже не было, но из 85 паразитов не менее трети были половозрелыми и почти все были внедрившимися в слизистую желудка. Также у бурого медведя найдены неполовозрелые *Corynosoma strumosum* (Rudolphi, 1802) Luehe, 1802, нематоды *Anisakis simplex* Dujardin, 1845 и ближе не определенные виды сем. Anisakidae (*Hysterothylacium*) sp.

Понятно, что наличие у камчатских медведей паразитов, специфичных для морских млекопитающих, обусловлено высоким процентом рыбы в их питании. Особенно в летне-осенний период, когда она является основным компонентом их рациона. Так, у медведя, вскрытого нами на западном побережье полуострова Камчатка в ноябре месяце, вся внутренняя поверхность желудка и большей части кишечника оказалась полностью покрыта плотным ворсом из неполовозрелых *A. simplex*, внедренных в стенки пищеварительного тракта головными концами. У медведя, добытого и вскрытого весной, сразу после выхода из зимней спячки, никаких паразитов в желудочно-кишечном тракте найдено не было (Транбенкова, 2006).

У выдры обнаружены половозрелые *P. decipiens* (Илюшкин, Транбенкова, 1983) и неполовозрелые *A. simplex*, Anisakidae (*Hysterothylacium*) sp. и *C. strumosum*. Первый вид доминирует среди всех паразитов желудочно-кишечного тракта выдры. Рыба в течение всего года присутствует в питании этого околотовного хищника, составляя 96% рациона. Это преимущественно лососи, хотя, в материковых районах края, присутствуют хариус – 5.2%, щука 2.2%, а так же налим, ряпушка, чир (Илюшкин, 1981, Илюшкин с соавт. 1989). Максимальное количество *A. simplex larvae* в желудке зверьков составило 49 экз., в кишечнике – 9. Не менее 10% от всех отследованных выдр имели различные по глубине и

размерам изъязвления стенок желудка, обусловленные регулярным внедрением в них *A. simplex larvae*. Нематоды *P. decipiens*, Anisakidae (*Hysterothylatium*) sp. larvae, а также скребень *C. strumosum larvae* отмечены менее, чем у 3% обследованных выдр с интенсивностью не выше 7 экз.

Так же часто, как и выдра, *A. simplex larvae* заражается росомаха, особенно в летне-осенний период хода лососевых или при условии легкой доступности рыбы (табл. 1). Ее рацион питания на территории Камчатского края, как и везде, характеризуется большим разнообразием, включая самые разнообразные виды белкового корма от диких и домашних животных до выбросов моря, падали и воровства из избушек охотников и т.д. (Валенцев с соавт. 1985). Высокий процент находок *A. simplex larvae* в желудочно-кишечном тракте росомахи также свидетельствует о большом значении рыбы в ее питании. Максимальная интенсивность этой инвазии составила 10-15 экз. в желудке и 5-7 в кишечнике. Экстенсивность (ЭИ – % зараженных особей от числа исследованных) заражения скребнями *C. strumosum larvae* не превышает 5%, но интенсивность в отдельных случаях может быть высока. Так, у одного из 36 обследованных зверей было найдено 50 экз. *C. strumosum larvae*.

Таблица 1.

Встречаемость *A. simplex larvae* в разных отделах пищеварительного тракта некоторых околотовных и наземных промысловых млекопитающих полуострова Камчатка (1981-1988 гг.)

Локализация Гельминтов	Показатели экстенсивности инвазии <i>Anisakis simplex larvae</i> (%)					
	Соболь	Горностай	Американская норка	Выдра	Росомаха	Лисица
Желудок	3,4	1,31	2,3	13,4	17,2	14,9
Кишечник	2,5	0,15	1,9	14,05	9,1	5,95

Американская норка, вид, акклиматизированный на полуострове Камчатка в 60-х годах прошлого столетия, заражается неполовозрелыми скребнями *C. strumosum* и нематодами *A. simplex* (табл. 1) и Anisakidae (*Hysterothylatium*) sp. за счет питания рыбой. У норки, как и у ондатры, этот паразит был найден в желудке и кишечнике. У остальных хозяев – только в тонком отделе кишечника. В желудках норки было найдено до 7 экз. *A. simplex*, в кишечнике – не более 2, а *C. strumosum*, соответственно, 4 и 5 экз.

Неполовозрелые *C. strumosum* и *A. simplex* (табл. 1), найдены нами и у лисицы, несмотря на то, что она употребляет рыбу в питании не так часто, как выдра или американская норка. В зимнем рационе лисицы процент рыбы доходит до 22,8% и выше, а

летом в среднем не превышает 2% (Вершинин, Лазарев, 1974). ЭИ *C. strumosum larvae* ниже 5%. Интенсивность инвазии скребнями и нематодами не превышает 7–10 экз. в желудке и, не более 56 в кишечнике.

Горностай повсеместно относится к хорошо выраженным монофагам, основным кормом ему служат микромаммалии. Но на Камчатке процент рыбы в его зимнем питании может достигать до 24,1±4,7% (Илюшкин, 1984). За счет чего у него также обнаружены неполовозрелые представители сем. Anisakidae (табл. 1).

Таблица 2.

Средняя экстенсивность инвазии (ЭИ) *Anisakis simplex larvae* у соболей разных районов полуострова Камчатка.

Район полуострова	Административный район	Период исследований	Вскрыто	ЭИ %
Западное побережье				
юг	Усть-Большерецкий	1966-2015	798	1,82±0,77
прибрежная зона средней части	Соболевский	1959-2015	1156	3,67±0,85
континентальная зона средней части	Быстринский	1956-2015	960	0,52±0,3
север	Тигильский	1956-2015	2222	0,9±0,43
Срединная часть полуострова				
«Центральная долина»	Мильковский	1952-2015	3607	0,65±0,21
Восточное побережье				
юг	Елизовский	1953-2015	2692	2,38±0,92
средняя часть	Усть-Камчатский	1956-2015	1030	0,4±0,28
Север	Карагинский	1975-1993	298	1,92±1,1,34
Всего тушек:				13287

У соболя неполовозрелые *C. strumosum*, Anisakidae (*Hysterothylatium*) sp. и *A. simplex* отмечены только в пределах полуострова Камчатка. Первые два вида встречаются очень редко. Их максимальная ЭИ в районах наибольшего заражения не превысила 0,05%. Скребень *C. strumosum* найден только в кишечнике с максимумом 4 экз., нематода Anisakidae (*Hysterothylatium*) sp. – только в желудке с интенсивностью не более 2 экз. Зато *A. simplex* отмечается у соболя настолько регулярно, что вместе с специфичными для кунных гельминтами, этот вид отнесен к его обычным паразитам. Наибольшее число этих

нематод в желудке хищника составило 8, в кишечнике – 10 экз. Как и у предыдущих хозяев, наличие всех этих паразитов в его гельминтофауне определяется питанием рыбой, которая на полуострове Камчатка составляет в среднем $4,6 \pm 0,9\%$ среди всех компонентов рациона. В материковой части края этот показатель значительно ниже – $2,1 \pm 1,2\%$. Весной и летом потребление этого ресурса зависит от урожайности других кормов и колеблется от 0 до 9,5% (Белов, 1977; Валенцев, 1982). Средняя ЭИ *A. simplex* у соболей разных районов существенно отличается, оставаясь максимальной в южной части и на северо-востоке полуострова (табл. 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов Г.А. Особенности популяций соболя на Камчатке: Автореф дис. ... канд. биол. наук. М.: НИИ Охр. прир. и заповед. дела. 1977. 16 с.
2. Валенцев А.С. Питание камчатского соболя в весенне-летний период // Охр. хищн. млекопит. Дальн. Вост. Тез. докл. конф. 27-28 сент. 1982 г. Владивосток. 1982. С. 47-48.
3. Валенцев А.С., Илюшкин А.Н., Транбенкова Н.А. Рососомаха Камчатской области // Охота и охотн. хоз-во. 1985. № 2. С. 12-13.
4. Вершинин А.А., Лазарев А.А. Биология и промысел камчатской лисицы // Охотоведение. М.: Лесная пром., 1974. С. 5-26.
5. Гаевская А. В. Анизакидные нематоды и заболевания, вызываемые ими у животных и человека. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. 223 с.
6. Илюшкин А.Н. Питание камчатской выдры // IX Всес. симпоз. Биол. пробл. Севера.: Тез. симпоз. Сыктывкар, 1981. Ч. 2. С. 27.
7. Илюшкин А.Н. Современное состояние биотопов камчатской речной выдры // 5 Всесоюзн. совещ. "Пути решения продовольственной программы на Крайнем Севере". Петропавловск-Камчатский. 1984. С.44-46.
8. Илюшкин А.Н. Современное состояние ресурсов речной выдры на Камчатке // Тр. ВНИИОЗ им. проф. Б.М. Житкова. Киров. 1989. С. 85-97.
9. Илюшкин А.Н., Транбенкова Н.А. О гельминтах камчатской речной выдры // X Всесоюзн. симпоз. Биол. пробл. Севера.: Тез. докл. - Магадан, 1983. Ч. 2. Животн. мир. (секции УП, УШ, X-XY, XYII). С. 316.
10. Скрыбин К.И. Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая и человека. М.: Изд-во МГУ, 1928. 45 с.

11. Транбенкова Н.А. Гельминтозные инвазии как один из механизмов регуляции численности млекопитающих (На примере куньих Камчатской области). Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Владивосток:ДВГУ, 1996. 22 с.

12. Транбенкова Н. А. Гельминтозные инвазии бурого медведя Камчатки // Бурый медведь Камчатки: экология, охрана и рациональное использование. — Владивосток: Дальнаука. 2006. С. 137–142.

EVOLUTION AND ENVIRONMENTAL CHANGES: THE CENTRAL AMERICAN GATEWAY

H. Fortunato

Faculty of Science, Hokkaido University, Japan

helenaf@mail.sci.hokudai.ac.jp

The Central American gateway has been widely used to study the profound relationships between environmental changes and evolutionary processes. Indeed, this region has a complex geological structure that reflects well in the evolutionary history of its biota modeled by several key events during the last ten million years. The geologic development of the land barrier with the closure of the marine gateway changed the global ocean circulation, initiated and strengthened the Gulf Stream and eventually triggered the northern hemisphere glaciation. This slowly process was followed by the development of quite different oceanographic conditions and marine systems on both sides leading to a series of extinction and speciation events that changed the tropical American marine life since about two million years ago (Vermeij 1987; Allmon 2001; Todd et al. 2002). At the same time, the establishment of the land bridge connected northern and southern terrestrial biotas with profound consequences in the southern continent (Simpson 1980; Web 1997).

Contrary to the well-studied processes that occurred with land animals and plants (the famous biotic interchange) the events that occurred in shallow coastal waters are much less known. Most earlier studies concentrated on the description of a few well preserved faunas (Olsson 1942; Woodring 1957-1982; Rutsch 1942), but almost no data was given concerning environmental and ecosystem changes, and little documentation existed in relation to the chronology and stratigraphic framework of the evolutionary events that occurred in the region. This situation made it problematic to understand the complex interdependence of evolution and environments that lead to the profound diversity changes observed during the closure of the Central American gateway.

Marine sediments in the region, first noted and described at the beginning of the 20th century (Woodring 1957-1982), contain rich deposits of marine fossils which can be used to reconstruct the closure of the gateway and be key to study changes in biodiversity, rates of speciation and extinction, degrees of phylogenetic relationships, trends in morphological change, etc.

Neogene mollusks of tropical America are a good example of a group that has been extensively sampled during the last century. The sampling limitation led to the study mostly of common taxa and focused in the Miocene and early Pliocene, resulting in erroneous interpretations of patterns and trends in mollusk diversity evolution in this region, like the supposedly decline in Pliocene mollusk diversity in the Western Atlantic as a result of oceanographic changes driven by the gateway closure and the northern glaciation. Indeed, recent extensive sampling of late Pliocene and Pleistocene faunas shows that diversity did not decrease, but probably even increased towards the Recent (Jackson et al. 1999). But, the barrier formation and the progressive isolation of the two oceans caused major changes in primary productivity that correlate with faunal origination and extinction. Such dramatic re-structuring of the shallow water biota about two million years ago was specific in tempo and mode for each taxonomic group.

Rates of extinction/origination of mollusk taxa increased enormously towards the end of the Pliocene with an extinction peak at about 2-4 million years ago, whereas origination is pretty much constant throughout the Pliocene (Jackson et al. 1999). However, extinction/origination rates compensated each other so no net decrease of total biodiversity was observed. This apparent stability in mollusk diversity in the southern Caribbean during the last 10my was also noticed in Florida during the Pliocene through the Recent (Allmon 2001). Patterns were different for both gastropods and bivalves: 42% of gastropods went extinct during the extinction peak but only 14% of bivalve taxa were affected. Moreover, several mollusk groups did not recover at all from the abrupt decline at the end of the Pliocene, the so-called paciphile taxa (Jackson et al. 1996, 1999).

Likewise mollusks, a few other taxa underwent a serious trend of extinction during this time. Eleven genera of Caribbean reef corals became extinct during the late Pliocene, almost as many as during the previous 20my. Only one coral genus originated during the last 3 million years versus 21 new genera before that. While extinctions of coral genera were mostly confined to the late Pliocene, first appearances were spread over the Miocene. Changes were also qualitative. Indeed, *Acropora* Oken, 1815 dominates modern faunas, except in the eastern Pacific where *Pocillopora* Lamarck, 1816 is the dominant genus since the Miocene. As a result, the Caribbean reef fauna is much poorer, and includes Indo-Pacific as well as Caribbean elements (Budd and Johnson 1999). On the other hand, a few other groups showed stasis and constancy over time. Indeed common species of benthic foraminifera hardly changed throughout the Neogene (Collins et al. 1999) while cheilostome encrusting Bryozoa survived into the Recent, whereas arborescent forms and those associated with subtidal seagrasses became differentially extinct (Cheetham et al. 1999).

How barriers can lead to geographic isolation and speciation in the sea is one of the most interesting topics in evolutionary biology. Although strong geographical barriers can effectively divide marine populations and reproductively isolate species, are these barriers really a requirement, or even so common that speciation depends on them?

Gastropods provide a good system to infer developmental modes for both living and fossil species through the analysis of protoconchs, which represent a record of early developmental stages. Marine gastropods can have planktotrophic development, with a free swimming and actively feeding larva, usually associated with high dispersal capacity and greater temporal and geographical range of the species; and non-planktotrophic (including direct developers, brooders and lecithotrophic species) if the larva is either absent or non-feeding until the metamorphosis and recruitment. This is often associated with endemism, restricted geographical dispersal, low gene flow and higher extinction/speciation rates (Jablonski 1986; Jablonski and Lutz 1980).

The *Strombina*-group sensu Jung 1989 comprises a group of small, buccinacean gastropods that inhabited the shallow waters of Tropical America during the last 25 million years. Extremely well collected, are a good model to study origination and extinction processes in the context of the closing gateway. The group shows a general increase in the proportion of non-planktotrophs over time. Indeed, although planktotrophs dominated in the early Miocene, by the early Pliocene non-planktotrophic species represent already 40% and is present in more than half of the living species. Although this pattern occurs in both oceans, it is qualitatively different: whereas in the eastern Pacific lecithotrophic taxa constitute 40% of the total, direct development dominates in the Caribbean: two of the three extant species have direct development and the third one is strongly inferred to also have it (Fortunato 2002, 2004).

The trend towards the loss of planktotrophy with environmental instability can be followed in whole faunas. Indeed, a survey of modes of development in recent gastropods in both oceans showed that, while over 70% of Caribbean taxa are non-planktotrophs, eastern Pacific ones show an higher tendency towards planktotrophy (Fortunato 2004). Patterns of larval development maybe related to regional differences in productivity and are still poorly understood. Nevertheless, the shift toward non-planktotrophy in the Caribbean and planktotrophy in the eastern Pacific agrees well with known shift in oceanographic conditions (Fortunato 2004).

The diverse life and feeding habits of mollusks may help to understand how ecologies answer changing environmental conditions and the mechanisms leading to extinction/origination processes. The large database compiled for Neogene mollusk taxa show that the abundance of carnivorous gastropod genera/subgenera as well as suspension feeding bivalves significantly decreased from the Miocene throughout the Plio-Pleistocene and Recent without significant

differences in taxic diversity (Todd et al. 2002). Note that most changes occurred during the last five million years. At the same time, there is a significant increase in all types of deposit feeders and micro carnivores typical of rubble, shell debris and sponge substrates, simultaneous with a gradual replacement of taxa common in cool, nutrient rich waters, by epifaunally cemented/embedded suspension feeders common today in southern Caribbean reef habitats (Todd et al. 2002).

In conclusion, we can assume that the productivity decline was a major factor for the western Atlantic faunal turnover during the Central American gateway closure. The last three million years diversification and expansion of reefs and seagrass communities with its characteristic deposit feeder taxa agrees well with the decline in planktonic primary productivity and the increase in sea surface temperature related to the oceanographic changes after the closure of the gateway. High rates of origination/extinction towards the end of the Pliocene followed by lower evolutionary rates were also found for the mollusk faunas of Florida (Stanley 1986; Allmon 2001). The excellent documentation of this event provides a baseline to look into the relationship between environmental changes and evolutionary processes.

REFERENCES

Allmon, WD, (2001): Nutrients, temperature, disturbance and evolution: a model for the Late Cenozoic marine record of the western Atlantic. *PPP* 166: 9-26.

Budd, AF, Johnson, KG (1999): Origination preceding extinction during Late Cenozoic turnover of Caribbean reefs. *Paleobiology* 25: 188-200.

Cheetham, AH, Jackson, JBC, JoAnn, S, Ventocilla Y (1999): Neogene cheilostome Bryozoa of tropical America: Comparison and contrast between the Central American isthmus (Panama, Costa Rica) and the North-Central Caribbean (Dominican Republic). In: Collins, LS, Coates, AG (Eds) *A Paleobiotic survey of Caribbean faunas from the Neogene of the Isthmus of Panama*. *Bull Am Paleon* 357: 159-192.

Collins, LS, Aguilera, O, Borne, PB, Cairns, D (1999): A paleoenvironmental analysis of the Neogene Caribbean of Panama and Costa Rica using several phyla. *Bull Am Paleon* 357: 81-87.

Fortunato, H (2002): Reproduction and larval development of the Strombina-group (Buccinoidea: Columbelloidea) and related gastropods: testing the use of the larval shell for inference of development in fossil species. *Bolletino Malacologico* 4: 111-126.

Fortunato, H (2004): Reproductive strategies in gastropods across the Panama seaway. *Invertebrate Reproduction & Development* 46(2-3): 139-148.

Jackson, JBC, Jung, P, Fortunato, H (1996): *Paciphilia revisited: thranstisthmian evolution of the Strombina-group (Gastropoda: Columbelloidea)*. In: Jackson, JBC, Budd, AF, Coates, AG (Eds) *Evolution and Environment in Tropical America*, 234-270.

Jackson, JBC, Todd, JA, Fortunato, H, Jung, P (1999): *Diversity and assemblages of Neogene Caribbean Mollusca of lower Central America*. In: Collins, LS, Coates, AG (Eds) *A Paleobiotic survey of Caribbean faunas from the Neogene of the Isthmus of Panama*. *Bull Am Paleon* 357: 193-230.

Jablonski, D (1986): *Larval ecology and macroevolution in marine invertebrates*. *Bull Mar Sci* 9: 565-587.

Jablonski, D, Lutz, RD (1980): *Molluscan larval shell morphology. Ecology and paleontological implications*. In: Rhoads, D, Lutz, RD (Eds) *Skeletal growth of aquatic organisms* 323-377.

Rutsch, RF (1942): *Die Mollusken der Springvale-Schichten (Obermiocaen) von Trinidad (Britisch- West-Indien)*. *Verhandlungen Naturforschende Gesellschaft Basel, Verhandlungen* 54: 96-182.

Simpson, GG (1980): *Splendid isolation: The curious history of South American mammals*. New Haven, Yale University Press, 266pp.

Stanley, SM (1986): *Anatomy of a regional mass extinction: Plio-Pleistocene decimation of the Western Atlantic bivalve fauna*. *Palaios* 1: 17-36.

Todd, JA, Jackson, JBC, Johnson, KG, Fortunato, H, Heitz, A, Alvarez, M, Jung, P (2002): *The ecology of extinction: molluscan feeding and faunal turnover in the Caribbean Neogene*. *Proc Royal Soc London B* 269: 571-577.

Vermeij, GJ (1987): *Evolution and Escalation. An ecological history of life*. Princeton, University Press, 527pp.

Webb, DS (1997): *The great American faunal interchange*. In: Coates, AG (Ed) *Central America, a natural and cultural history* 97-122.

Woodring, WP (1957-1982): *Geology and paleontology of the Canal zone and adjoining parts of Panama*. USGS professional paper 306(A-F), 759pp.

ЛИТОРАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА КУТОВОЙ ЧАСТИ БУХТЫ КРАБОВОЙ (О-В ШИКОТАН, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА): МНОГОЛЕТНИЙ АСПЕКТ

А.П. Цурпало

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской
биологии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,

tsurpalo@mail.ru

Шикотан – самый большой остров Малой Курильской гряды. Бухта Крабовая находится на северо-западном побережье острова, вдается в него примерно на 3 км и открывается в Южно-Курильский пролив узким «горлом». Она вытянута с северо-запада на юго-восток и расширяется в средней части. Кут бухты Крабовой широкий, в него впадают две речки – с севера и с юга. Между этими речками расположен илисто-песчаный пляж с большой примесью гальки и гравия. Соленость в этой части бухты не превышает 28,5 ‰.

Литораль, как пограничная между сушей и морем зона, является индикатором экологического состояния окружающей среды. Здесь происходит аккумуляция загрязнения, которое поступает как со стороны суши, так и со стороны моря.

В течение многих лет в бухте Крабовой наблюдали изменение сообществ в литоральной зоне под воздействием антропогенного загрязнения, вызванного отходами рыбоперерабатывающего комбината, расположенного в кутовой части бухты.

Литораль бухты исследовали Гурьянова и Кусакин в 1949 г., Кусакин в 1954–1955 гг., экспедиции Дальневосточного и Ленинградского университетов в 1963 г. и экспедиции Института биологии моря в 1987, 1997 и 2013 гг.

Работы проводили по общепринятой методике хорологических исследований на литорали (Кусакин и др., 1974; Иванова, 2005).

В результате исследований было отмечено изменение видового состава и количественных характеристик сообществ макробентоса на литорали кутовой части бухты.

В куту бухты в 1949, 1954–1955 и 1963 гг. существовал богато населенный илисто-песчаный пляж. Загрязнение бытовыми и промышленными отходами было отмечено лишь на северном берегу в средней части бухты, где существовал небольшой поселок с

маленьким крабозаводом. В полевом дневнике Е.Ф. Гурьянова отмечала, что пляж здесь сильно загрязнен рыбными отходами, углем и бытовым мусором, а скалы и водоросли покрыты наилком с массой диатомовых водорослей в нем. К 1954 г. загрязнение в этой части берега усилилось, главным образом за счет эксплуатации небольшой электростанции и интенсификации деятельности рыбозавода. Рыбокомбинат, построенный в куту бухты в конце 50-х годов, в 1963 г. работал на полную мощность и загрязнение бухты усилилось. Но, несмотря на это, общий характер литоральных сообществ сохранился даже здесь (за исключением самой территории комбината и его портовых сооружений) (Кусакин, 1958, 1978).

В 1949 г. в кутовой части бухты было отмечено 38 видов животных и растений, в 1954–55 гг. – 30, в 1963 г. обнаружено уже 24 вида макробентоса (рис. 1).

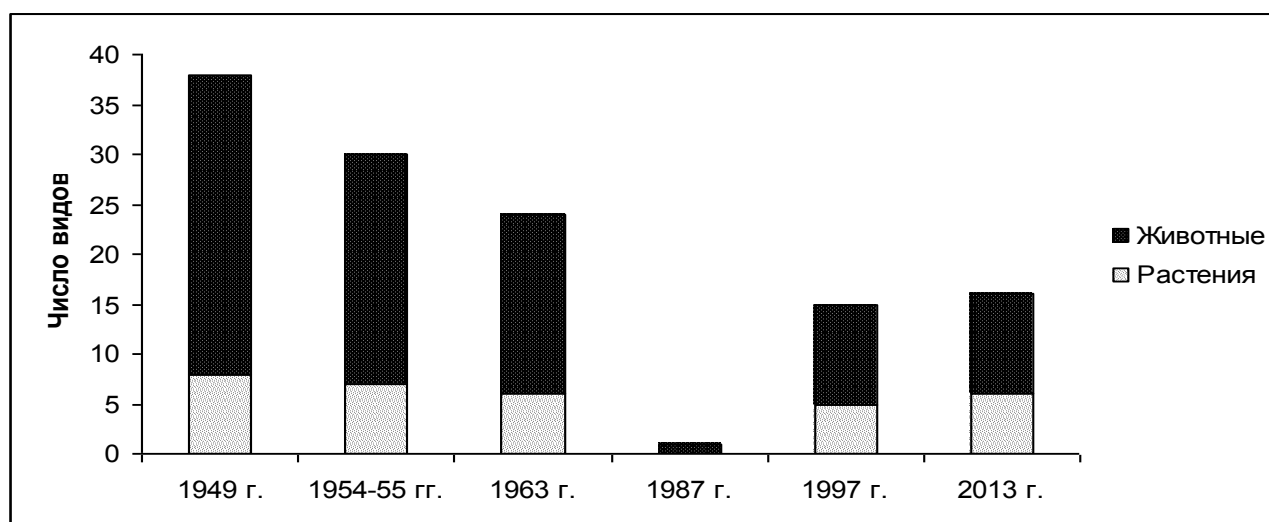


Рис. 1. Изменение видового богатства на литорали кутовой части бухты Крабовой.

В 1987 г. наблюдалось очень сильное загрязнение всей внутренней части бухты. Литоральная биота оказалась практически уничтоженной. Был найден всего 1 вид макробентоса – полихета *Capitella capitata*.

Сильное загрязнение достигло и расширенной средней части бухты, где в малую воду каменистая литораль была покрыта зловонным мыльным налетом разлагающегося рыбьего жира. Таким же налетом были покрыты и все макрофиты, особенно фукоиды, в том числе и остающиеся под водой.

В 1997 г. на литорали кутовой части бухты Крабовой найдено 15 видов. Появление на этом участке довольно многочисленного макробентоса связано с тем, что в 1994 г. в районе о-ва Шикотан произошло сильное землетрясение, остров на 0.5 м погрузился в океан и литораль на 1/3 своей высоты оказалась под водой (Ивашенко и др., 1996).

В 2013 г. в кутовой части бухты найдено 16 видов макробентоса (рис. 1).

Всего за годы исследований на литорали кутовой части бухты Крабовой отмечено 62 вида животных и растений макробентоса.

Сообщества литорали кутовой части бухты, в связи с довольно однообразным характером грунта и условиями существования, немногочисленны. В 1963 г. в верхнем горизонте литорали на щебне и гальке встречался усногий рак *Chtamalus dalli*. В верхней части среднего горизонта располагался пояс красной водоросли *Gloiopeltis furcata*. В среднем и нижнем горизонтах литорали в сообществах морских трав *Zostera japonica* и *Zostera marina* фон сообществ создавала zostера, однако по биомассе преобладал закапывающийся моллюск *Mya arenaria*. Состав сообществ довольно разнообразен и сходен (Кусакин, 1978).

В 1997 г. в кутовой части бухты на илистом песке с большой примесью гальки и гравия сформировались сообщества *Littorina sitkana* в верхнем и, впервые за весь период наблюдения, *Fucus evanescens* в среднем горизонте литорали. Появление фукуса в кутовой части бухты связано, вероятно, с изменением геоморфологии литоральной зоны после землетрясения. Кроме того, в нижнем горизонте вновь появилось сообщество *Z. marina*, отмеченное здесь в 1963 г. Восстановление сообществ, полностью утраченных в 1987 г., когда здесь был найден всего один вид полихет – *C. capitata* (1 г/м²), произошло лишь частично.

В 2013 г. в верхнем горизонте литорали отмечены сообщества *L. sitkana* и *Ch. dalli*, в среднем горизонте – *Fucus evanescens*. В верхней части среднего горизонта литорали вновь появилось сообщество *Zostera japonica*, отмеченное здесь в 1963 г. В нижнем горизонте простираются заросли *Zostera marina*.

Состав сообществ как в 1997, так и в 2013 гг. остается бедным, т.к. антропогенное загрязнение литоральной зоны продолжается до настоящего времени (хотя и в меньших объемах), что является сдерживающим фактором для увеличения видового богатства. Например, если в 1963 г. сообщество *Z. marina* состояло из 9 видов, в 1997 – из 11, то в 2013 г. – из 6 видов; если в 1963 г. в состав сообщества *Z. japonica* входило 10, то в 2013 г. – 7 видов; если в 1997 г. сообщество *F. evanescens* состояло из 7, то в 2013 г. – из 6 видов.

Но, если видовой состав сообществ неуклонно сокращается, то в отношении биомассы наблюдается совершенно другая картина. В верхнем горизонте литорали биомасса в сообществе литторины в 2013 г. по сравнению 1997 г. уменьшилась почти в 23 раза (с 1580.0 до 68.8 г/м²). В среднем горизонте литорали биомасса сообщества фукуса в 2013 г. (по сравнению с 1997 г.) увеличилась более чем в 7 раз (с 2736.2 до 19939.8 г/м²) в основном за счет вида-доминанта и фито-детритофагов *L. sitkana* и *Falsicingula kurilensis* (рис. 2). В нижнем горизонте биомасса сообщества *Z. marina* в 1963 и 1997 гг. отличалась

незначительно (2296.0 и 2611.2 г/м² соответственно), однако структура сообщества меняется кардинально. В 2013 г. наблюдается увеличение биомассы сообщества *Z. marina* более чем в 1.5 раза по сравнению с 1997 г. (с 2611.2 до 4373.6 г/м²).

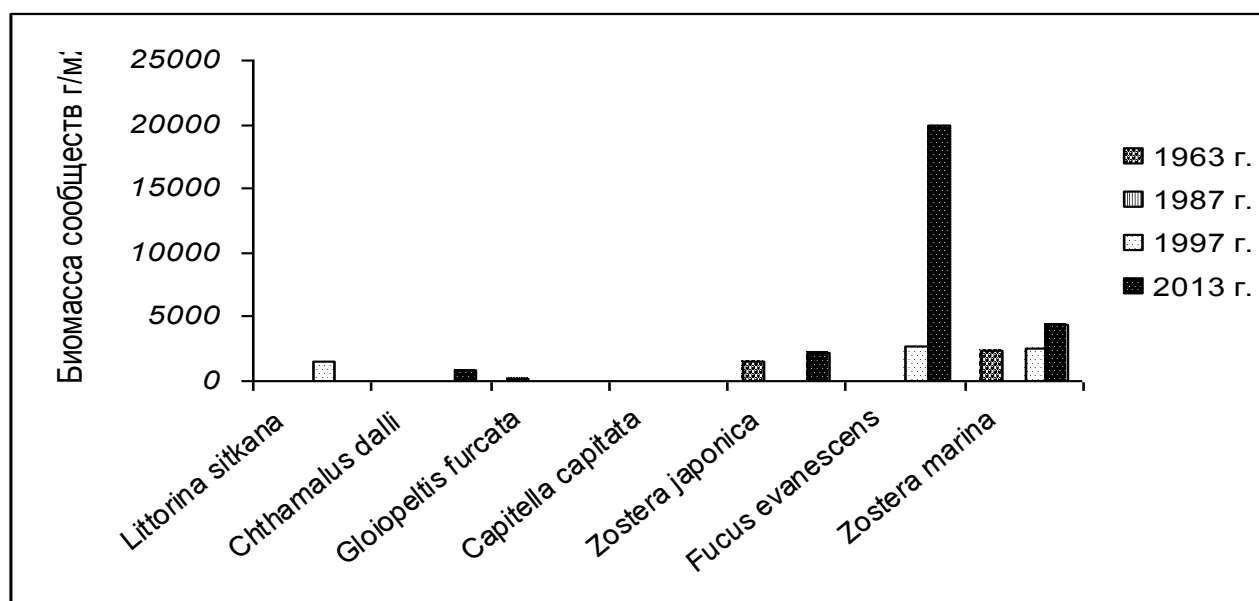


Рис. 2. Изменение биомассы сообществ макробентоса на литорали кутовой части бухты Крабовой.

Всего за период исследования на литорали кутовой части бухты выделено 7 сообществ макробентоса: в 1963 г. – 4, в 1987 г. – 1, в 1997 г. – 3, в 2013 г. – 5 (рис. 2). Из них наиболее стабильным является сообщество нижнего горизонта литорали – *Zostera marina*, которое отмечено в течение всего периода наблюдения с 1949 по 2013 гг. (кроме 1987 г., когда загрязнение кутовой части бухты было максимальным). Это вполне закономерно, поскольку отходы рыбозавода аккумулируются преимущественно в верхнем и среднем горизонтах литорали и легко вымываются из нижней части литоральной зоны.

Таким образом, наше исследование еще раз подтверждает, что если видовое богатство макробентоса, по мере увеличения антропогенного загрязнения, неуклонно уменьшается, то количественные изменения носят более сложный характер. При слабом и умеренном загрязнении биомасса возрастает, иногда весьма сильно. Это возрастание биомассы сообществ связано с увеличением роли детритофагов и в целом – с прогрессирующей эвтрофикацией литоральной зоны. Структура сообществ упрощается, что приводит к дальнейшему ослаблению их устойчивости и переходу в критическое состояние с последующей деградацией (Кусакин и др., 1999а).

В заключение нужно отметить, что в 2013 г. мы не увидели катастрофических изменений на литорали кутовой части бухты Крабовой, о чем свидетельствует появление двух сообществ, которые были отмечены здесь в 1963 г. Гораздо большие изменения произошли на участке, где расширенная часть бухты переходит в узкое «горло». Здесь верхний и частично средний горизонты литорали покрыты сплошным слоем разлагающихся отходов рыбопроизводства. Вероятно, в бухте существует циклоническая циркуляция, когда основная масса отходов рыбообработки переносится и оседает на побережье, где расположены узкое «горло» и расширенная часть бухты.

Работа выполнена при поддержке объединенного гранта ДВО 15-I-6-012о «Устойчивость и безопасность морских и прибрежных экосистем в современных условиях» (проект 15-I-6-059 «Динамика высокопродуктивных морских экосистем дальневосточных морей России в условиях глобальных климатических изменений и всевозрастающей антропогенной нагрузки» рук. Ивин В.В.).

ЛИТЕРАТУРА

Иванова М.Б. Состав, распределение и количественная характеристика сообществ макробентоса и их модификаций на литорали в районе поселка Усть-Палана (Охотское море, залив Шелихова) // Изв. ТИНРО. 2005. Т. 143. С. 270–304.

Иващенко А.И., Гусяков В.К., Джумагалиев В.А., Йех Г., Жукова Л.Д., Золотухина Н.Д., Кайстренко В.М., Като Л.Н., Клочков А.А., Королев Ю.П., Кругляков А.А., Куликов Е.А., Куракин В.Н., Левин Б.В., Пелиновский Е.Н., Поплавский А.А. Титов В.В., Харламов А.А., Храмушин В.Н., Шельтинг Е.В. Шикотанское цунами 5 октября 1994 г. // Докл. РАН. 1996. Т. 348, № 4. С. 532–538.

Кусакин О.Г. Литораль южных Курильских островов и ее фауна и флора. Автореф. дисс... канд. биол. наук. Л., 1958. 20 с.

Кусакин О.Г. Биономия и фенология литорали бухты Крабовой острова Шикотан Курильской гряды // Животный и растительный мир шельфовых зон Курильских островов. М.: Наука, 1978. С. 5–46.

Кусакин О. Г., Цурпало А. П. Многолетние изменения литорального макробентоса бухты Крабовая (остров Шикотан) в условиях разной степени органического загрязнения // Биол. моря. 1999. Т. 25, № 3. С. 209–216.

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ОБИТАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ У ГЛУБОКОВОДНЫХ СООБЩЕСТВ КОРАЛЛИНОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ЮЖНО- КИТАЙСКОМ МОРЕ

И.И.Чербаджи¹, Л.Н. Пропп¹, Нгуен Так Ан²

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

²Institute of Oceanography, VAST, 01 Cau Da, Nha Trang, Vietnam

icherbadgy@mail.ru

Корковые кораллиновые водоросли (ККВ) распространены по всему Мировому океану, от высоких арктических широт до тропиков и от приливной зоны до рекордных для прикрепленных водорослей глубин. Глубоководные родолитовые образования, сформированные кораллиновыми водорослями, скопления которых встречаются от литорали до глубины 268 м (Littler et al., 1991; Чербаджи, Пропп, 2008), представляют исключительный интерес с точки зрения их адаптации к экстремально низкой освещенности. Однако в настоящее время мало известно об изменениях структуры фотосинтетического аппарата и биохимического состава, происходящих в сообществах глубоководных кораллиновых водорослей на фоне очень сильного воздействия таких факторов среды как свет и глубина обитания.

Адаптивные реакции на изменение спектрального состава и интенсивности ФАР с глубиной изучали преимущественно у макроводорослей (Титлянов и др., 1994). Адаптивным реакциям красных кораллиновых микроводорослей стали уделять внимание в последнее время (Dean et al., 2015). Однако эти исследования проводили в мелководных лагунах, на гребне рифа или в литоральной зоне на отдельных видах водорослей.

Цель работы – определить влияние глубины обитания на содержание в тканях сообщества кораллиновых водорослей фотосинтетических пигментов, что позволит выяснить их роль в продуцировании органического вещества и некоторые механизмы адаптации сообщества при экстремально низком уровне ФАР.

Исследование проводили в Южно-Китайском море на борту НИС «Академик Опарин» с 20 по 29 мая на 4-х станциях (табл. 1). Количественное содержание и качественный состав фотосинтетических пигментов (хлорофиллы *a*, *b*, *c*, каротиноиды и феофитин) сообщества

кораллиновых водорослей определяли спектрофотометрическим методом (Jeffrey, Humphrey, 1975).

Исследованные нами родолитовые скопления сформированы красными корковыми известковыми кораллиновыми водорослями (*Lithophyllum* sp., *Peyssonelia* sp., *Porolithon* sp.), покрыты бурыми известковыми водорослями (*Padina* sp.). Они пронизаны нитевидными сверлящими зелеными водорослями (*Ostreobium* sp.) и покрыты некоторыми видами талломных зеленых и бурых водорослей (*Halimeda* sp., *Lobophora* sp.), характерными для глубоководных рифов (Littler et al., 1991). В состав сообщества входят бентосные диатомовые водоросли, корковые фораминиферы (*Gypsina* sp.), содержащие фотосимбионты, бактерии, инфузории, известковые губки и др., образующие своеобразные микробиоценозы, в которых объединены автотрофы и гетеротрофы.

Пределы колебаний концентрации ортофосфата (0.05-0.07 мкМ) мало менялись на рифах, расположенных в разных по продуктивности водах (табл. 1). В зависимости от расположения станции содержание аммония и нитритов варьировало в пределах 0.1–0.44 мкМ и 0.01–0.26 мкМ, соответственно. Такие значения характерны для лагун барьерных рифов (Сорокин, 1990).

Таблица 1. Средние значения (\pm SD) гидрохимических показателей воды

Район работ	Координаты	O ₂ , мг/л	PO ₄ , мкМ	NH ₄ , мкМ	NO ₃ , мкМ	NH ₄ + NO ₃	N/P
Bath Long Isl	20° 08' 49" N 107° 44' 83" E	6.54±0.02	0.07±0.02	0.38±0.00	0.01±0.00	0.39	5.6
Re Island	15° 24' N 109° 8' E	6.32±0,11	0.05±0.01	0.27±0.08	0.26±0.00	0.53	10.6
Vanguard Bk	7° 24' 2" N 109° 33' 8" E	6.49±0.08	0.07±0.01	0.44±0.11	НИ*	НИ*	НИ*
Ladd Reef	08° 40' 8" N 111°42' 7" E	6.29±0.01	0.07±0.01	0.10±0.04	НИ*	НИ*	НИ*

НИ* - не измеряли

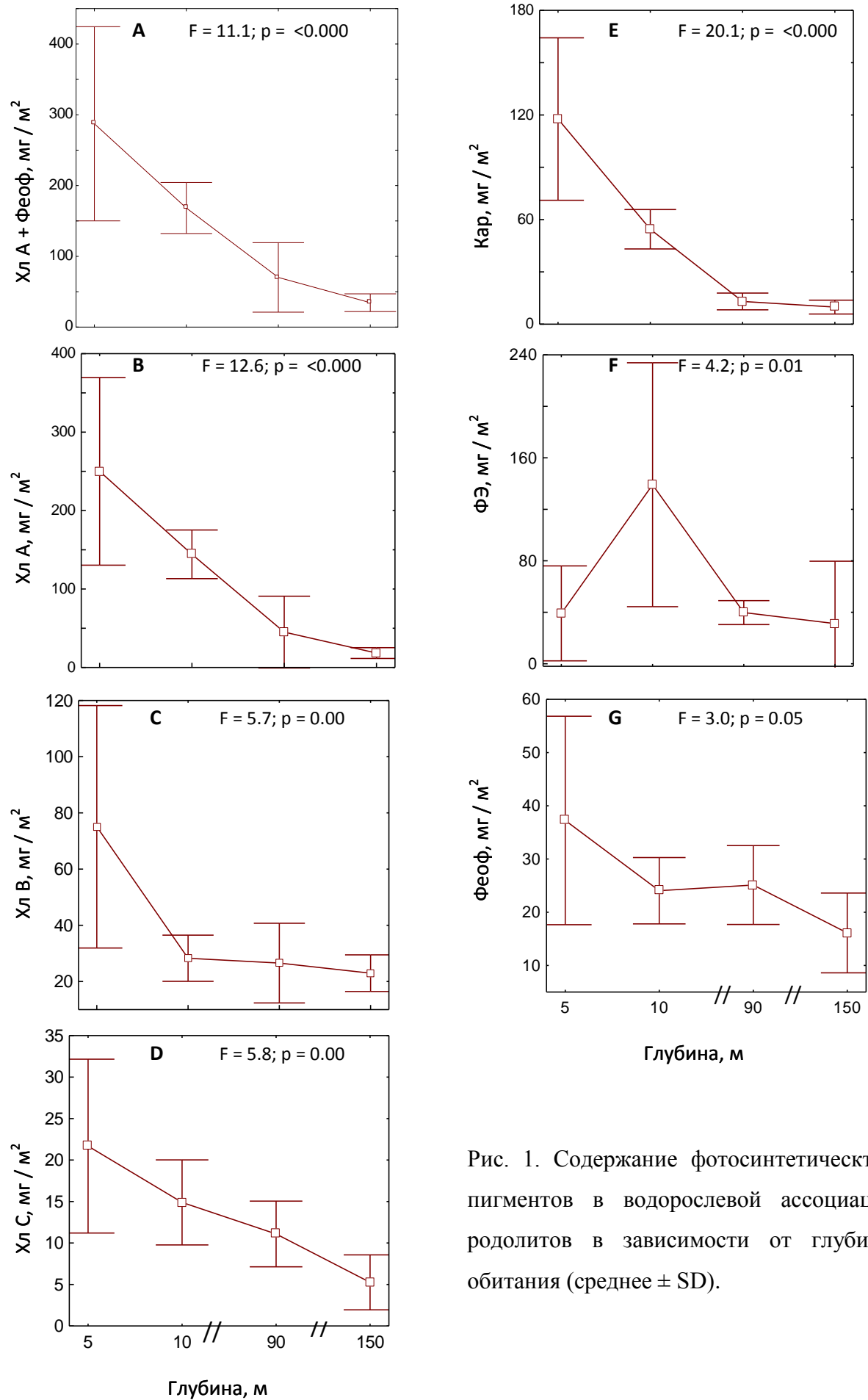


Рис. 1. Содержание фотосинтетических пигментов в водорослевой ассоциации родолитов в зависимости от глубины обитания (среднее \pm SD).

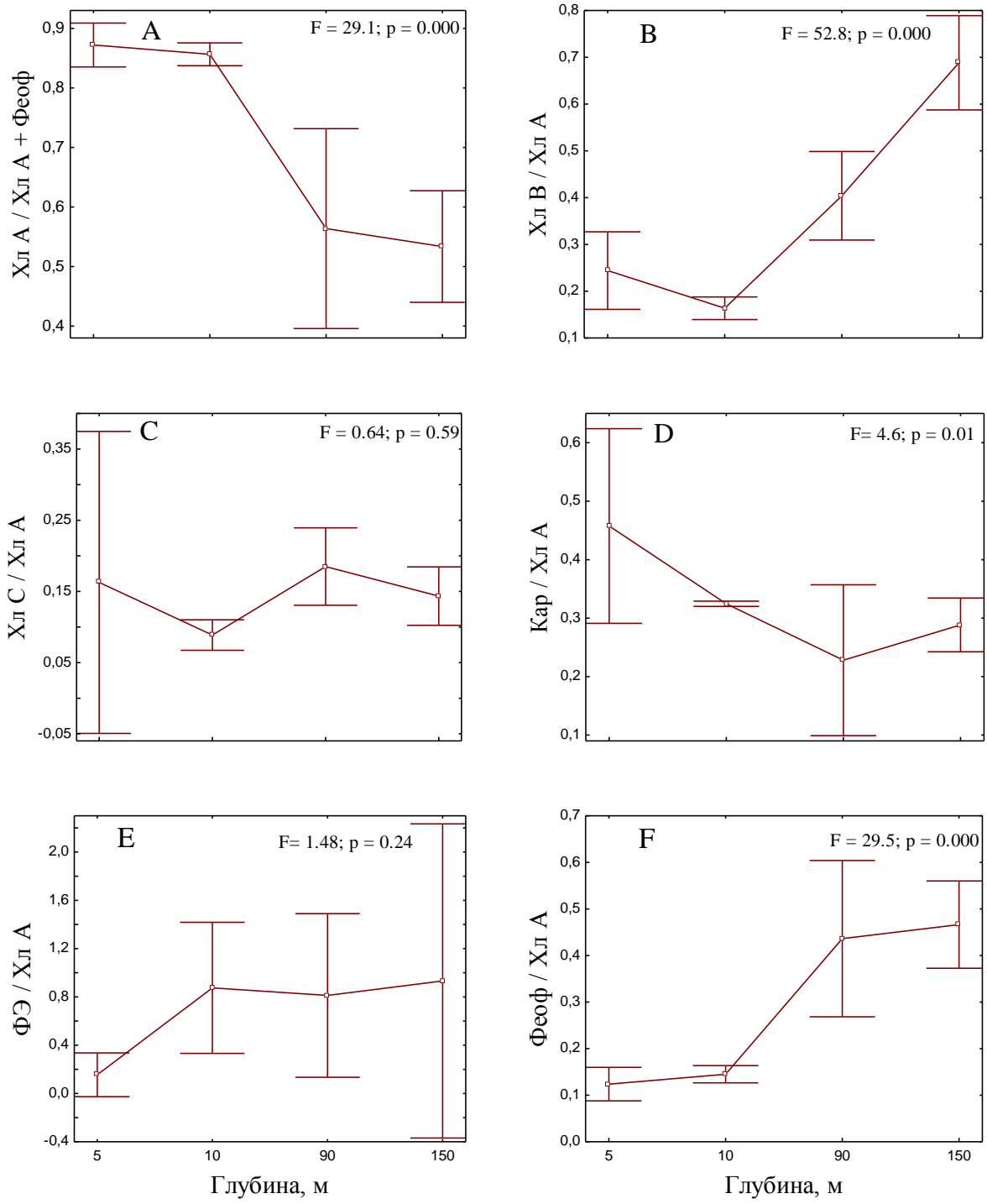


Рис. 2. Отношение (массовое) фотосинтетических пигментов водорослевой ассоциации полोलитов в зависимости от глубины обитания (среднее \pm SD)

Содержание хлорофиллов А, В, С (ХлА, ХлВ, ХлС), каротиноидов (Кар), феофитина (Феоф) и фикоэритрина (ФЭ) в ассоциации кораллиновых водорослей, рассчитанное на единицу проекции субстрата (2D), с увеличением глубины обитания в основном непрерывно понижалось (ANOVA; $p = < 0.0040.05$) (рис. 1). Содержание ФЭ в сообществе водорослей также зависело от глубины ($p = 0.01$), но неоднозначно (рис. 1 F). Так, если на глубине в 5 м содержание ФЭ составляло в среднем 40 мг/м², то с увеличением глубины до 10 м оно сильно варьировало и достигало в среднем 110 мг/м². Такая вариация, вероятно, вызвана тем, что в некоторых пробах наблюдались крупные талломные красные водоросли *Hydropuntia* sp.

Соотношения концентраций других пигментов относительно ХлА существенно различались в зависимости глубины обитания (рис. 2). Величина отношения ХлВ/ХлА с глубиной, в основном, увеличивалась ($p = < 0.00$) (рис. 2 А), в то время как отношение ХлС/ХлА мало зависело от глубины ($p = 0.59$) (рис. 2 В). Величина отношения ФЭ/ХлА с глубиной возрастала, но незначимо ($p = 0.24$) (рис. 2 С). Величина отношения Кар/ХлА с увеличением глубины, в основном, уменьшалась ($p = 0.01$) (рис. 2 Д). И, наконец, величина отношения Фео/ХлА с глубиной непрерывно возрастала ($p = < 0.00$) (рис. 2 Е).

Таким образом, мы наблюдали существенное увеличение доли ХлВ и, в меньшей степени, ФЭ относительно ХлА с глубиной, что обычно указывает на фотоадаптацию водорослей к низкой освещенности (Schlichter et al., 1997). Надо отметить, что увеличение относительно ХлА доли Феоф, который является первоначальным переносчиком электронов в фотосистеме II (Климов, 2003), вероятно, также играет важную роль при адаптации водорослей к низкой освещенности. Вспомогательные пигменты каротиноиды выполняют в данном случае фотозащитную и светособирающую (расширяют диапазон волн принимаемого света) функции (Соловченко, Мерзляк, 2008), так как их доля относительно ХлА с глубиной уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

- Сорокин Ю.И. Экосистемы коралловых рифов. М.: Наука. 1990. 503 с.
- Соловченко А.Е., Мерзляк М.Н. Экранирование видимого и УФ излучения как механизм фотозащиты у растений // Физиология растений. 2008. Т.5, №6. С.803–822 (обзор)
- Титлянов Э.А., Билль К.Я., Колмаков П.В. и др. Продукционные характеристики и адаптация к свету массовых видов макрофитов Сейшельских островов // Физиол. раст. 1994. Т. 41 № 2. С. 256–263.
- Чербаджи И.И., Пропп Л.Н. Фотосинтез и дыхание сообщества глубоководного перифитона (банка Маклсфилд, Южно-Китайское море) // Биол. моря. 2008. Том 34, № 5. С. 351–358.

Dean A.J., Steneck R.S., Tager D., Pandolfi J.M. Distribution, abundance and diversity of crustose coralline algae on the Great Barrier Reef // *Coral Reefs*. 2015. Vol. 34. P. 581–594. DOI 10.1007/s00338-015-1263-5.

Jeffrey S.W., Humphrey G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c*₁ and *c*₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton // *Biochem. Physiol. Pflanz*. 1975. Vol. 167. P. 191–194.

Klimov V.V. Discovery of pheophytin function in the photosynthetic energy conversion as the primary electron acceptor of Photosystem II // *Photosynthesis Research*. 2003. V. 76. P. 247–253.

Little M.M., Little D.S., Hanisak M.D. Deep-water rhodolith distribution, productivity and growth history at sites of formation and subsequent degradation // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1991. Vol.150. P. 163–182.

Schlichter D., Kampmann H., Conrady S. Trophic potential and photoecology of endolithic algae living within coral skeletons// *Mar. Ecol.* 1997. Vol. 18, no. 4. P. 299–317.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА СКЕЛЕТОВ ПАНЦИРЯ МОРСКИХ ЕЖЕЙ

Н. П. Шапкин¹, А. Л. Дроздов², А. Е. Панасенко³, И. Г. Хальченко⁴

¹Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

² Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН, Владивосток, Россия

³Институт химии ДВО РАН, Владивосток, Россия,

⁴Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

panasenko@ich.dvo.ru

У иглокожих, древнейшего типа морских многоклеточных животных, имеется хорошо развитый кальциевый скелет, который играет важную роль в формировании карбонатных осадков в океанах и морях [1,2]. Наибольшего развития он достигает у морских ежей, имеющих мощный панцирь и иглы. Для них характерен один общий признак – единая кристаллическая кальциевая структура биогенной природы.

Кристалл кальцита погружен в слой дермиса и покрыт эпидермисом [3,4]. Помимо минеральной составляющей в иглах присутствуют гликопротеиновые компоненты, обеспечивающие иглам относительную гибкость. Встраивание органических компонентов в неорганическую матрицу приводит к формированию массива упорядоченных кальцийорганических нанокристаллов [5-10]. В ряде работ подробно изучается органическая компонента, обеспечивающая скелетную биоминерализацию морских ежей [11].

Биоминералы живых организмов обладают свойствами, резко отличными от свойств их абиотических аналогов [12]. В связи с перспективой химико-миметического использования структуры скелетов морских ежей при получении новых наноматериалов [13] было проведено физико-химическое исследование панцирей шарообразных (промежуточного серого и невооруженного черного) и необыкновенного плоского морских ежей.

Скелет морских ежей внутренний: скелетные элементы панциря и игл покрыты тонким слоем эпидермиса. Скелет панцирей представлен губчатым или ячеистым стереомом, образованным высокомагнезиальным оптически сплошным кальцитом с

включениями. Поровые пространства связаны в единую систему, которая может составлять до половины общего скелетного объема.

Однако до сих пор остается неясным, за счет сочетания каких дополнительных компонентов (и в каких соотношениях) кальциевая структура игл и панциря приобретает различные качества, свойственные морским ежам, в частности, высокую химическую устойчивость. Поэтому были изучены кристаллическая характеристика и химический состав промежуточного (серого) морского ежа *Strongylocentrotus intermedius*.

Панцири морских ежей, как шарообразных, так и плоских клипестероидных, состоят в основном из кальцита с примесью магнезита. По данным химического анализа, после прокаливания панцирей и игл серого морского ежа при 700°C содержание оксида кремния составило 0.5%. Около 100 г прокалённого мелкоизмельченного скелета серого морского ежа поместили в соляную кислоту, на поверхности раствора образовалась нерастворимая в кислоте плёнка. Плёнку собрали и растворили в толуоле. Осаждением из раствора толуола гексаном выделили белое вещество, которое, согласно данным элементного и рентгенофазового анализа и ИК спектроскопии, является полифенилсилоксаном. Это подтверждено сравнением с ИК спектром и дифрактограммой известного вещества.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Lowenstam H.A., Weiner S. *On Biomineralization*. Oxford: Oxford University Press. 1989.
- [2] Simkiss K., Wilbur K.M. *Biomineralization*. New York: Academic Press. 1989.
- [3] Ebert. A new theory to explain the origin of growth line in sea urchin spines. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 34, pp. 197-199, 1986.
- [4] Su X., Kamat S., Heuer A.H. The structure of sea urchin spines, large biogenic single crystals of calcite. *J. of Mater. Sci.*, 35, pp. 5545–5551, 2000.
- [5] Strathmann R.R. The role of spines in preventing structural damage to echinoid tests. *Paleobiology*, 7, pp. 400–406, 1981.
- [6] Donovan S.K. Functional morphology of the invertebrate skeleton. In: Savazzi E, *John Wiley and Sons*, pp. 565–600, 1999.
- [7] Berman A., Addadi L., Kivick A., Leiserowitz L., Nelson M., et al. Intercalation of sea urchin proteins in calcite: study of a crystalline composite material. *Science*, 250, pp. 664–667, 1990.
- [8] Stupp S.I., Braun P.V. Molecular manipulation of microstructures: biomaterials, ceramics, and semiconductors. *Science*, 277, pp. 1242–1248, 1997.

[9] Magdans U., Gies H. Single crystal structure analysis of sea urchin spine calcites: Systematic investigations of the Ca/Mg distribution as a function of habitat of the sea urchin and the sample location in the spine. *European Journal of Mineralogy*, pp. 261–268, 2004.

[10] Seto J., Ma Y., Davis S., Meldrum F., Gourrier A., et al. Structure-property relationships of a biological mesocrystal in the adult sea urchin spine. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, pp. 3699–3704, 2012.

[11] Wilt F.H. Biomineralization of the Spicules of Sea Urchin Embryos. *Zoological Science*, 19, № 3, pp. 253-261, 2002.

[12] Moureaux C., Perez-Huerta A., Compere P., Zhu W., Leloup T., Cusack M., Dubois P. Structure, composition and mechanical relations to function in sea urchin spine. *Journal of Structural Biology*, 170, pp. 41–49, 2010.

[13] Sancher C., Arribart H., M. M. G. Cuille. Biomimetics and bioinspiration as tools for the design of innovative materials and systems. *Nature mater*, 4, № 4, pp. 277-288, 2005.

РЕКОНСТРУКТИВНОЕ И КОНСТРУКТИВНОЕ ПОЗНАНИЕ СТРУКТУРЫ ВИДА: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

К.И. Шоренко

ФГБНУ Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН,

Феодосия

k_shorenko@mail.ru

*Всякая вещь есть форма проявления
беспредельного разнообразия.*

Козьма Прутков

Вопрос изучения структуры вида с таксономической точки зрения подробно рассматривался А.П. Семеновым-Тянь-Шаньским (Семенов-Тянь-Шаньский, 1910) и впоследствии был развит академиком Н.И. Вавиловым, с позиции «*линнеевского вида, как определённой сложной системы*» (Вавилов, 1931: 7). На обширном фактическом материале Н.И. Вавилов приходит к выводу, что «*расы и разновидности составляющие линнеевский вид не представляют собой обособленные механические части. Сами по себе они, конечно, сложные образования, отображающие целое (вид)*» (Вавилов, 1931: 8). Работы, выполняемые сегодня специалистами по флоре и фауне, в большинстве случаев устанавливают лишь факт наличия видов (вернее, морфотипов) в той или иной местности, анализируют их изменчивость, рассчитывают коэффициенты схожести флор и фаун регионов. Часто описываются новые виды, предпринимаются попытки классификации внутривидовой изменчивости (Парамонова, 1979). Однако в целом, познание структуры вида до настоящего времени всё ещё остаётся сложной задачей для систематики, и работа А.П. Семенова-Тянь-Шаньского сохраняет свою актуальность. Мало кто из специалистов задается вопросом, почему структура вида является наименее разработанным вопросом современной систематики. За разъяснениями вновь обратимся к философской мысли. Современная философия рассматривает два вида направления познания. Первое называется реконструктивное и предполагает направленность движения «*снизу вверх*», второе именуется конструктивное и предполагает познание «*сверху вниз*». Терминология дедукция-индукция в контексте данной статьи неприемлема т.к. рассматривает метод исследования, а не направленность познавательных процессов индивида. Разница между методом исследования и познавательными процессами заключается в том, что первые

может выполнять машина, а вторые – нет. Традиционно современная систематика зарождалась как продукт конструктивного (антропоцентричного) подхода. Графически данный метод имеет вид пирамиды (в познании от сложного к простому) и оперирует признаками. При таксономическом анализе систематик вначале обнаруживает самые общие признаки у группы индивидуумов, затем постепенно их отбрасывая, он являет тот критический минимум признаков, который свести к общему знаменателю становится невозможно. Такой минимум он называет видом и признает высшим эталоном познания. Поскольку новый вид не может существовать вне других видов, он снабжается дифференциальным диагнозом при его описании. Между сущностями обнаруживается т.н. хиатус (*hyatus*) или разрыв, очерчивающий границы вновь выделенной сущности (вида). По мере накопления данных об изменчивости видов хиатус между близкими видами может сокращаться или даже исчезать полностью. Обнаружение хиатуса стабильно работает на надвидовых и видовых уровнях, но испытывает множество затруднений при обращении к структуре самого вида. Известно множество обозначений внутривидовых таксономических категорий (вариация, линнеон, жарданон, разновидность, форма, экотип, географическая раса, подвид, полувид, сезонная форма), соподчиненные связи которых туманны. Разрешение этой задачи, в глубинном аспекте, приводит к гносеологической дилемме познаваемости мира: *«я могу познать в абсолюте только подобное мне и понимаю недостижимость истинного знания»*, т.е. степень познания зависит от человеческого восприятия, в противоположность принципу *«я всё могу познать в абсолюте и верю в достижимость истинного знания»*, т.е. степень познания зависит от выбранного метода. Кроме того, нельзя не согласиться с утверждением, что *«...если мы возьмем совершенно простые предметы, например, круг и квадрат, мы не сможем однозначно ответить на вопрос, сколько между ними различий, т.е. сколькими особыми признаками обладает каждый из них... На самом деле каждый геометрический предмет включает бесконечное число точек и поэтому описывается уравнением, имеющим бесконечное число значений»* (Клюге, 2000: 22). Действительно, объективной разницы между разновидностью, вариацией и формой нет, а разница между экотипом, географической расой и подвидом далеко не очевидна. В то же время структура вида нуждается в иерархии. Мы полагаем, что обнаруженная проблема связана с возможностями самого конструктивного метода, т.к. вид с этой точки зрения является той сущностью, которая есть предел типологического (морфологического) дробления. Кроме того, познание низших или высших элементов системы затруднено, т.к. они менее всего похожи на точку отсчёта (человека). Образно это можно выразить понятием границы, за которой две равные близкие точки уже не обнаруживают свою единичность. Необходимо

заметить, что представления Ч. Дарвина о виде как наименьшей единице эволюционного процесса, наилучшим образом подвели научную составляющую под типологический подход. Здесь важно подчеркнуть, что понятие «вид» намного древнее эволюционных воззрений и вытекает совсем не из таковых как может показаться на первый взгляд (понятие вида как звена эволюционной цепи), но из глубин человеческого восприятия реальности. Однако современная теория эволюции затрагивает лишь историческую трансформацию видов, не объясняя саму сущность объекта этой трансформации. Синтетическая теория эволюции (СТЭ) рассматривает наименьшей единицей эволюционного процесса популяцию, что требует четкого понимания структуры самого вида. Поскольку, как было отмечено выше, познать структуру вида при помощи конструктивного подхода сложно, обратимся к реконструктивному (видоцентричному) познанию. Графически данный метод имеет вид перевернутой пирамиды (в познании от простого к сложному). Точкой отсчета такого метода, в отличие от конструктивного подхода, является наименьшая единица системы, такой единицей в таксономии является индивид (типовой образец). Реконструктивный подход оперирует в большей степени связями, а не признаками, и здесь на первый план выходит воспроизведение и естественные связи. Сложность их анализа заключается в том, что у разных организмов сформированные типы связей могут различаться. Например, Н.П. Парамонова (Парамонова, 1979) выделяют 2 типа фенотипической изменчивости (внутрипопуляционная и межпопуляционная) и 9 её форм (по характеру исследуемых признаков, по связи с полом, по связи с условиями среды и т.д.). Необходимо заметить, что связи могут быть как внутрисистемными так и межсистемными, границы различия по которым проходит по принципу «свой - чужой», а также историческими и рецентными. Например, к межсистемным рецентным связям можно отнести закон единства организма и среды В.И. Вернадского, теорию живой Земли (Геи) Дж. Лавлока, экосистемную экологию Ю. Одума и другие экологические закономерности. С позиции внутривидовой (внутрисистемной) исторической классификации выделяют пять основных типов связей: связи первого порядка – семейные, связи второго порядка – родовые, связи третьего порядка – групповые, связи четвертого порядка – расовые, связи пятого порядка – видовые. При этом семейные связи объективно находятся на стыке исторических и рецентных связей. Межвидовые (межсистемные) рецентные связи основаны на принципах экологического взаимодействия (конкуренции, хищничестве, паразитизме, симбиозе и т.д.). На сегодняшний день проследить все типы перечисленных связей для конкретной особи или вида в природе не представляется возможным, т.к. их многообразие во времени и пространстве безгранично велико. Однако использовать для таких построений конкретные

биогеоценозы можно. При развитии данных идей возникает экологическая иерархия, использующая в своих построениях не принцип родства организмов, а принцип взаимосвязи организмов и среды.

В последнее время прослеживается общая тенденция к детерминации систематики, выраженная в сведении таковой к филогении в её многоликих проявлениях (филогеография, кладистика, молекулярная филогенетика). Но, объективно, окружающий нас мир не является детерминированным и систематика, в широком смысле, призвана познать мир как систему, а не узкую концепцию *предок-потомок*. Филогения же является лишь одним из проявлений этой системы, при этом она отнюдь не является главной т.к. не объясняет суть видообразования и эволюционных процессов полностью. По нашему мнению, принципы экологической классификации, активно применявшиеся в античности и впоследствии развитые А. Гумбольдом, Н.Ф. Реймсом, Х. Раункером, Дж.Ф. Айзенбергом и Ю.Г. Алеевым могут быть объективно положены в основу систематики, использующей целостный подход. При этом нет ничего противоречивого в том, что биологическая сущность будет зафиксирована в координатах реальности с разных позиций. В этом и заключается плюрализм мнений, необходимый для развития научной мысли.

ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ТАКСОНА BRACHYLAIMIDA (TREMATODA: DIGENEA)

С.В. Щенков, Г.А. Кремнев, П.А. Смирнов, А.Д. Смирнова, А.В. Дюмина

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

sergei.shchenkov@gmail.com

Среди всего разнообразия паразитических плоских червей из группы Trematoda Rudolphi, 1808 лишь представители двух таксонов (Dicrocoeliidae Odhner, 1911 и Brachylaimida Odening 1960) освоили наземную среду обитания (Pojmanska, 1971). В силу разнообразия жизненных циклов брахилемид, они являются удобным объектом для сравнительно-морфологических исследований.

Из-за своеобразной организации эти трематоды были объединены в монофилетический таксон, который со временем только расширял свои границы. На сегодняшний день в группу Brachylaimida включены три подтаксона: Brachilaimidae Joeux et Foley, 1930, Leucochloridiidae (Poche, 1907) Dollfus, 1934 и самый малочисленный Leucochloridiomorphidae Allison, 1945.

Триксенные жизненные циклы трематод из группы Leucochloridiomorphidae связаны с водной средой. В роли первого промежуточного хозяина (ПХ) этих дигеней выступают моллюски *Campeloma decisum* Say, 1817. Церкарии выходят во внешнюю среду и заражают моллюсков того же вида (второго промежуточного хозяина – ППХ). Установленные дефинитивные хозяева (ДХ) этих трематод – различные представители отряда Anseriformes Wagler, 1831, енот-полоскун *Procyon l. lotor* Linnaeus, 1758, в эксперименте – *Gallus gallus* Linnaeus, 1758.

Триксенными жизненными циклами обладают и трематоды группы Brachilaimidae. Их ПХ – это разнообразные наземные моллюски (*Helix* sp., *Succinea* sp., *Arion* sp. и др.). Церкарии покидают тело легочного моллюска и заражают либо его же, либо других наземных гастропод. При этом личинки гермафродитного поколения используют след из слизи, оставляемый их хозяином, для поиска ППХ. ДХ – разнообразные наземные позвоночные животные (*Erinaceus europaeus* Linnaeus, 1758, *Meles* sp. Linnaeus, 1758 и др.)

ПХ трематод таксона Leucochloridiidae – это исключительно моллюски Succineidae Beck, 1837. Фаза свободноживущей церкарии в их жизненном цикле отсутствует, созревание метацеркарий происходит в разветвленных спороцистах этих дигеней. В роли ДХ известны преимущественно воробьинообразные птицы. Таким образом, жизненный цикл трематод этого таксона диксенный.

При относительной изученности дигеней Leucochloridiidae и Brachilaimidae, третий таксон почти не затронут трематодологами. Самым информативным описанием Leucochloridiomorphidae по-прежнему остается исследование, выполненное в 1943 году (Allison, 1943). Но и по двум другим таксонам сведения отрывочны и касаются, главным образом, морфологии отдельных стадий, и никогда – анализа их жизненных циклов.

Материалом для сравнительно-анатомического анализа трематод Brachylaimidae послужили зараженные моллюски (*Arianta arbustorum*, *Succinea utrinum*, *Viviparua viviparous*, *V. contortus*), собранные в период 2014 – 2016 гг. в Санкт-Петербурге, окрестностях Старого Петергофа и в Ленинградской области. Собранных гастропод вскрывали в холодном физиологическом растворе. Спороцисты лейкохлоридиид отделяли от тканей моллюска-хозяина и фиксировали в жидкостях Буэна и Ценкера. Партенит брахилемид и лейкохлоридиоморфид фиксировали вместе с тканями моллюсков в тех же растворах. Подготовленные серии гистологических срезов окрашивали различными гистологическими и гистохимическими красителями. При описании морфологии, наряду с реконструкциями по срезам, использован метод прижизненного наблюдения. Поскольку в литературе имеется большой объем сведений по строению и разнообразию марит этих трематод, особое внимание мы уделили остальным стадиям их жизненных циклов.

В моллюсках были обнаружены трематоды *Brachylaima* sp. Dujardin, 1843, *Leucochloridium paradoxum* Carus, 1835, *Leucochloridiomorpha* sp. Gover, 1938. Описана морфология разных стадий их жизненных циклов: партенит, церкарий, метацеркарий. Сведения об организации мирацидиев получены из литературных источников (Allison, 1943) и в результате личных наблюдений над разными видами брахилемид. Почти во всех случаях найдены отличия от описаний, имеющих в литературных источниках.

Мирацидии всех трех семейств представляют собой малоклеточные формы. Только у Leucochloridiomorphidae, судя по рисунку Аллисона, мирацидии сохраняют черты, присущие крупным личинкам из других таксонов (например, Diplostomatidae, Fasciolidae и др.). Это равномерно распределенные по телу эпителиальные пластинки, отчетливо выраженная четырехъядерная железа проникновения, крупный ганглий, расположенный недалеко от переднего конца тела личинки. Мирацидии Brachilaimidae и Leucochloridiidae заметно отличаются от Leucochloridiomorphidae. У личинок брахилемид и лейкохлоридиид передняя треть тела «загнута» на вентральную сторону тела, т.е. расположена под значительным углом к продольной оси. Их соматические ядра и генеративный зачаток смещены в переднюю треть тела, которая и покрыта ресничными эпителиальными пластинками. Задняя часть тела сильно сужена и сохраняет ресничные покровы лишь на спинной поверхности.

Спороцисты всех трех семейств представляют собой ветвящиеся формы. Но детали их организации в значительной степени отличаются. В гепатопанкреасе живородок, зараженных *Leucochloridiomorpha* sp., встречаются не только разветвленные спороцисты, но и небольшие неветвящиеся партениты, что было описано еще Аллисоном (Allison, 1943). В пищеварительной железе зараженных *Brachylaima* sp. вариант не обнаружено неветвящихся партенит. По-видимому, во всем гепатопанкреасе развивается одна сильно разветвленная спороциста. Такие спороцисты, как у *Leucochloridiomorpha* sp. и *Brachylaima* sp., являются модульными, но не компартиментализованными – множество отдельных герминальных масс распределены по ветвям партенит, созревание церкарий происходит по всей длине отростков.

В противовес модульным партенитам, *L. paradoxum* обладает компартиментализованными спороцистами. Они состоят из нескольких функционально различных отделов: герминативного, выводковых камер, отростков, связывающих герминативный отдел и выводковые камеры («транспортных отростков») и, наконец, питающих столонов (Галактионов и др., 2014). В герминативном отделе расположены герминальные массы и самые ранние эмбрионы церкарий. В самом герминативном отделе и начальных участках «транспортных отростков» эмбрионы проходят стадию развития, соответствующую церкариям других трематод. После они попадают в выводковые камеры, где дозревают до инвазивных метацеркарий. Благодаря своей компартиментализации, по-видимому, вторично приобретенной на основе исходно модульных спороцист, партениты *L. paradoxum* демонстрируют характерные для унитарных организмов черты.

Свободноплавающие вилохвостые церкарии *Leucochloridiomorpha* sp. обладают уникальной комбинацией морфологических черт. Это касается организации зачатка пищеварительной системы, их протонефридиальной системы, пенетрационного аппарата и общего строения переднего органа. Однако по всем перечисленным выше признакам мы можем отнести этих церкарий к категории сильно ювенилизированных личинок.

Несмотря на отсутствие у церкарий *Brachylaima* sp. функционирующего хвоста (эти личинки никогда не попадают в воду), их хвостовой придаток в дефинитивном состоянии представляет собой точную копию ранней хвостовой почки церкарий Shistosomatoidea. Он представлен хорошо заметным коротким придатком на заднем конце тела, в котором проходит короткий продольный хвостовой канал выделительной системы. На уровне середины хвостового придатка он разделяется на две ветви, открывающиеся по бокам самостоятельными первичными экскреторными порами. Остальные детали строения

выделительной системы в общих чертах сходны с *Leucochloridiomorpha* sp. – это выделительные системы стеностомного типа.

Поскольку церкарии *L. paradoxum* не покидают спороцист, их развивающиеся эмбрионы относительно быстро проходят соответствующие стадии онтогенеза. Эмбриогенез начинается еще в герминативном отделе спороцист, уже в «транспортных отростках» проходит короткий морфогенез, заканчивающийся формированием крайне ювенилизированной личинки.

Метацеркарии *L. paradoxum* так же проходят весь морфогенез в выводковых камерах спороцист, т.е. не покидают партенит. По-другому происходит дальнейшее развитие *Brachylaima* sp. и *Leucochloridiomorpha* sp.: трематоды обоих родов покидают ППХ в поисках ШПХ и поселяются в выводных протоках половой системы последних. Там вырастают крупные личинки, которые не инцистируются и не инкапсулируются, а продолжают активно питаться.

Трематоды из группы Brachylaimidae демонстрируют одновременно несколько эволюционных трендов, главный из которых – это освоение наземных экосистем. Эта тенденция наложила отпечаток на все стадии их жизненных циклов – мирацидии (вторичная специализация «малоклеточных» личинок), спороцисты (образование модульных и, затем, унитарных партенит), церкарии (сильнейшая вторичная ювенилизация при развитии в партенитах и усложнение личинок при их выходе из моллюсков в наземных экосистемах) и метацеркарии (активное питание и рост в организме ШПХ). При этом их мариты остаются (в самых общих чертах) похожими.

Авторы выражают благодарность сотруднику СПбГУ Андрею Александровичу Добровольскому за непосредственное участие в обработке сборов и подготовке материалов к публикации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галактионов К. В., Добровольский А. А., Подвязная И. М. Эволюция морфофункциональной организации партеногенетических поколений трематод // Зоологический журнал. 2014. Т. 93, №. 3. С. 426–442.
2. Allison L. N. *Leucochloridiomorpha constantiae* (Mueller) (Brachylaemidae), its life cycle and taxonomic relationships among digenetic trematodes // Transactions of the American Microscopical Society. 1943. Vol. 62, no. 2. P. 127–168.
3. Pojmanska T. First record of *Leucochloridiomorpha lutea* (Baer, 1827) in Poland, and a critical review of representatives of the genus *Leucochloridiomorpha* Gower, 1938 (Trematoda, Brachylaimidae) // Acta Parasitologica Polonica. 1971. Vol. 19, no. 29/41. P. 349—355.

НЕМАТОДЫ: ПРОГРЕСС В ТУПИКЕ ЭВОЛЮЦИИ

В.В. Юшин

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН, Владивосток, Россия
vyushin@yandex.ru

Нематоды – паразиты человека впервые упоминаются уже в китайских хрониках 5000-летней давности и в древнеегипетском трактате, составленном полторы тысячи лет до нашей эры. Свободноживущие нематоды стали известны намного позднее – всего 400 лет назад. Разнообразие нематод в таксономическом, экологическом и географическом отношении не имеют себе равных. Четыре из каждых пяти особей многоклеточных животных на планете – это нематоды. В числах это 10 в 22-й степени особей. Нематоды имеют огромное экологическое и экономическое значение, но всего от 2 до 10% видового разнообразия описано формально. Описано 20000 видов, из которых 5000 – паразиты позвоночных животных. Однако, по оценкам разных исследователей, нематод на планете может быть от одного до 100 миллионов видов.

Нематоды населяют всю планету, они живут везде, где есть хотя бы временно жидкая вода, связанная с субстратом: полярные льды и пустыни, высокогорья и абиссаль, пресные воды и гиперсалинные водоемы, гидротермальные воды и бескислородная среда в илу водоемов.

Размеры нематод от 100 микрон до 10 метров в длину. Длительность жизненного цикла от двух дней до 30 лет. Экологически многие группы нематод свободноживущие, основное их биоразнообразие в морских водах, где этот тип возник и до сих пор является доминирующей по количеству таксонов и особей группой мейобентоса. Многие нематоды освоили облигатный паразитизм на растениях и животных.

Огромно экономическое значение нематод. Не менее 10% мировой сельскохозяйственной продукции теряется из-за воздействия паразитических нематод. В то же время нематоды широко используются для борьбы с сельскохозяйственными вредителями и гнусом. Свободноживущие нематоды – это один из важнейших биоиндикаторов. В исследовании пресных вод для определения экологического состояния водоемов используют так называемый нематодный индекс, который определяется по соотношению таксонов нематод в пробе.

Знаменитая нематода *Caenorhabditis elegans* стала первым животным, у которого был полностью расшифрован геном, прослежено с точностью до клетки развитие от зиготы до взрослого организма. В 2002 году трое ученых удостоились Нобелевской премии за исследования этой нематоды. Уже 40 лет *C. elegans* – это основной модельный организм для исследования генетики и биологии развития многоклеточных. По данным Web of Science в день выходит 10 статей так или иначе связанных с нематодами.

В лекции рассказывается о современных исследованиях вездесущей и загадочной группы многоклеточных животных.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕМАТОД РОДА *ONCHOLAIMUS* (ONCHOLAIMIDAE: ENOPLIDA) С ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ СЕКВЕНИРОВАНИЯ РИБОСОМНЫХ ГЕНОВ

В.Д. Ягодина, В. В. Мордухович, Д.М. Атопкин

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

vikalend95@mail.ru

Свободноживущие нематоды – превалирующая группа многоклеточных организмов морских бентосных сообществ как по показателям численности, так и видового богатства. Как и для других групп организмов, для нематод характерно наличие видов-двойников, и выделение обособленного вида только по морфологическим данным сопровождается большим количеством ошибок.

Использование молекулярно-генетических методов может позволить значительно продвинуться в изучении реального разнообразия группы, особенностей ее биогеографии, возможностей использования этого таксона для экологических, токсикологических исследований и т.д.

Обычные и многочисленные обитатели грунтов – свободноживущие нематоды семейства Oncholaimidae, которые имеют высокую частоту встречаемости, численность и разнообразие. В рамках этого семейства выделяют 30 родов. Самым разнообразным, насчитывающем 119 видов, является род *Oncholaimus*. На Дальнем Востоке России зарегистрировано 16 видов рода *Oncholaimus*, однако молекулярно-генетические исследования для данной группы не проводились.

С помощью молекулярно-генетических методов был проведен анализ представителей нематод рода *Oncholaimus*. Впервые были получены нуклеотидные последовательности фрагментов генов 28S рРНК и 18S рРНК для нематод видов *Oncholaimus olium* Belogurov, Belogurova et Pavluk, 1975 и *Oncholaimus oxyuris* Ditlevsen, 1911. Была сделана попытка дифференцировать представителей этого рода на видовом уровне. Результаты анализа филогенетических связей показали, что виды *Oncholaimus olium* и *Oncholaimus oxyuris* генетически наиболее близки к нематодам рода *Oncholaimus* с неясной видовой принадлежностью из Японского моря и побережья Великобритании (данные генного банка).

В целом все исследованные представители рода *Oncholaimus* дифференцировались на две большие группы на межродовом уровне. Об этом свидетельствуют как топологии филогенетических деревьев, так и значения генетических дистанций, полученные при анализе этих двух групп.

ФИТОПЛАНКТОН ОТКРЫТОЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2013 ГОДА

О.Н. Ясакова

Институт аридных зон ЮНЦ РАН, Ростов-на-Дону, Россия

yasak71@mail.ru

Планктонные водоросли – начальное звено трофической цепи в океане, от их качественных и количественных характеристик зависит развитие организмов других трофических уровней. Исследование фитопланктона дает возможность судить о тенденциях изменений в структуре и функционировании прибрежных экосистем. Сведения о состоянии планктонных водорослей могут быть использованы в системе экологического контроля и ранней диагностики санитарного состояния водоема (Кренева, 2002).

Исследования были выполнены в открытой северо-восточной части Черного моря в рейсах НИС «Денеб» ЮНЦ РАН в мае и июле 2013 г. Изучение вертикальной структуры фитопланктона проводили на горизонтах 0, 5, 10, 25, 50 и 100 м. Всего отобрано и обработано 60 проб. Пробы фитопланктона отбирали в светлое время суток в бутылки объемом 1.5 л; фиксировали раствором Люголя или формальдегида, для концентрирования проб применяли осадочный метод (Кольцова и др., 1979; Фёдоров, 1979). Количественный учёт организмов фитопланктона производили с помощью микроскопа МИКМЕД-2 с увеличением x200 и x400. Для идентификации видов использовали общепринятые руководства (Прошкина-Лавренко, 1955; Киселев, 1950; Коновалова и др., 1989; Dodge, 1982; Tomas, 1997). Биомассу фитопланктона определяли обычным счетно-объемным методом (Кольцова, 1970). Видовой состав фитопланктона классифицировали в соответствии с системой С.П. Вассера (Вассер и др., 1989).

Для оценки сходства таксономического состава сообществ микроводорослей исследуемых акваторий использовали коэффициент Серенсена-Чекановского, Дайса и пр. (Шмидт, 1984; Clarke, Warwick, 1994).

$$Cs = \frac{2C}{(A + B)} * 100\% ,$$

где А, В – число видов, определенных в сравниваемых пробах; С – количество видов, общих для двух сравниваемых проб.

В весенне-летний период 2013 г. в открытой северо-восточной части Черного моря обнаружено 78 видов фитопланктона, относящихся к 6 отделам: *Bacillariophyta* (диатомовые), *Dinophyta* (динофитовые), *Chrysophyta* (золотистые), *Chlorophyta* (зеленые), *Cryptophyta* (криптофитовые) и *Cyanophyta* (сине-зеленые водоросли). Максимальное видовое разнообразие отмечено среди динофитовых (58 видов) и диатомовых водорослей (12 видов) (табл.). Таксономический состав диатомовых и динофитовых водорослей в летний период был наиболее разнообразным (соответственно 10 и 51 вид), весной эти значения были несколько ниже: соответственно 7 и 46 видов. Другие отделы водорослей были представлены 1-3 видами. Представители зеленых (*Scenedesmus quadricauda*) и сине-зеленых (*Lyngbya limnetica*) водорослей, показательные для опресненных водоемов, не были широко распространены. Коэффициент общности видового состава фитопланктона (коэффициент Серенсена-Чекановского, Дайса), развивавшегося в разные сезоны 2013 г., составил 80 %.

В июле 2013 г. были отмечены наиболее высокие показатели количественного развития фитопланктона (13436 кл./л и 188 мг/м³). В мае значения численности (9879 кл./л) в 1,3, а биомассы (31 мг/м³) в 6 раз уступали этим величинам.

В мае значительную часть (38 и 16 %) численности фитопланктона формировали золотистые (*Emiliana huxleyi*) и криптофитовые водоросли (род *Plagioselmis*), однако вследствие небольших размеров клеток на их долю приходилось не более 5% общих значений биомассы. Золотистые водоросли максимально (42–47% общей численности) развивались в верхнем горизонте моря (0–10 м), тогда как относительная доля криптофитовых водорослей (28–32% общей численности) возрастала с увеличением глубины: на горизонтах 25 и 50 м. Надо отметить, что наиболее интенсивное развитие *Emiliana huxleyi* в Черном море за последние 15 лет было зарегистрировано с апреля по июль в 2012 г. (Ясакова, Станичный, 2012).

Обильным компонентом планктона в весенний период были динофитовые водоросли: они составили 42% общей численности и основу (82%) биомассы фитопланктона. Доминировали среди них виды родов *Gymnodinium* и *Gyrodinium* (84% численности отдела). В значительно меньшем количестве встречались *Prorocentrum cordatum*, *P. micans* и *Scrippsiella trochoidea* (8% численности отдела). Основную компоненту (58%) биомассы динофитовых водорослей формировали крупноклеточные виды: *Ceratium furca*, *C. tripos*. На виды *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis rotundata*, *Gyrodinium spirale*, *Prorocentrum micans*, *Polykrikos kofoidii* и *Protoperidinium divergens*, *P. steinii* и *P. depressum* приходилось порядка 27% этих величин.

Доля диатомовых водорослей была невысокой: 3% общей численности и 13% биомассы фитопланктона. Доминировали *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassionema nitzschioides* и *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (92% численности отдела). Также встречались *Nitzschia tenuirostris*, *Grammatophora marina*, *Pleurosigma elongatum*, *Planktoniella sol.* Основу биомассы (97%) диатомовых водорослей формировал крупноклеточный вид – *Pseudosolenia calcar-avis*. Относительная доля диатомовых в общих значениях численности была максимальной (48%) на горизонте 100 м, где золотистые и криптофитовые водоросли отсутствовали. По биомассе их доля возрастала (14 и 28%) на горизонтах 5 и 50 м, в слоях повышенной концентрации *P. calcar-avis*.

Надо отметить, что слои высокой плотности фитопланктона весной были обнаружены на горизонте 5 м (14715 кл./л и 57 мг/м³), в верхнем и 10-метровом горизонтах моря эти величины были соответственно в 1.3 и 1.6 раза ниже. С увеличением глубины, на горизонтах 25 и 50 м, обилие фитопланктона снизилось еще в 1.7 и 3.8 раза, величины биомассы сократились соответственно в 6.7 и 7.7 раза. Минимальная концентрация клеток планктонных водорослей была отмечена на 100-метровом горизонте моря (145 кл./л и 5.76 мг/м³), значения численности на два, а биомассы на один порядок уступали максимальным величинам, отмеченным на горизонте 5 м.

В июле 36% общей численности и 69% биомассы фитопланктона на всей исследуемой акватории формировали диатомовые водоросли. Доминировали среди них виды *Chaetoceros affinis*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassionema nitzschioides* (в сумме 95% численности и 98% биомассы отдела). В небольшом количестве были отмечены *Nitzschia tenuirostris*, *Chaetoceros curvisetus*, *Pleurosigma elongatum*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, виды рода *Coscinodiscus*.

Динофитовые водоросли отвечали за формирование 31% общей численности и 30% биомассы фитопланктона. Среди них количественно преобладали *Gymnodinium simplex*, *G. nana*, *G. wulfii*, *G. agiliforme*, *Gymnodinium sp.*, *Gyrodinium fusiforme*, *Prorocentrum cordatum* (в сумме 76% численности отдела). В меньшем количестве встречались *Ceratium furca*, *Gyrodinium spirale*, *Prorocentrum micans*, *Diplopsalis lenticula*, *Dinophysis rotundata*, *Protoceratium reticulatum*, *Scrippsiella trochoidea* и *Torodinium robustum*, в сумме составившие 15% численности динофитовых водорослей. Основу (85%) биомассы динофитовых водорослей формировали крупноклеточные виды *Ceratium furca*, *C. tripos*, *C. fusus*, *Diplopsalis lenticula*, *Dinophysis rotundata*, *Protoceratium reticulatum* и *Protoperidinium divergens*. Значительную часть (9 и 23%) обилия фитопланктона создавали мелкоклеточные представители *Cryptophyta* (род *Plagioselmis*) и *Chrysophyta* (*Emiliana huxleyi*). Золотистые водоросли наиболее многочисленными (27–36%) были в верхнем

горизонте моря (от 0 до 10 м). Кристофитовые предпочитали горизонт 50 м, где относительная доля этих водорослей повышалась до 20% общей численности.

Максимальное обилие фитопланктона (18509 кл./л и 316 мг/м³) в летний период наблюдали на поверхности моря. В слое воды от 5 до 50 м плотность фитопланктона несколько снизилась: величины численности – в 1.4 раза, биомассы – в 2.1 раза. Незначительное количество планктонных водорослей отмечали на 100-метровом горизонте моря (96 кл./л и 5.38 мг/м³), где показатели численности в 200 раз, а биомассы в 60 раз уступали величинам, отмеченным на поверхности моря.

В районе исследований было выявлено 15 потенциально токсичных и вредоносных видов планктонных динофитовых водорослей родов *Ceratium*, *Prorocentrum*, *Dinophysis*, *Lingulodinium*, *Protoperidinium*, 1 вид диатомовых *Pseudonitzschia* cf. *pseudodelicatissima* и 1 вид синезеленых водорослей *Lyngbya limnetica*, которые вследствие небольших значений численности и биомассы не могли оказать существенного негативного воздействия на морскую флору и фауну.

Таким образом, значения численности и биомассы планктонных водорослей в северо-восточной части Черного моря в июле 2013 г. в 1.3 и 6 раз превышали величины, отмеченные в мае того же года. В летний период наблюдали интенсивную вегетацию диатомовых водорослей *Chaetoceros affinis*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Thalassionema nitzschioides* и динофитовых водорослей родов *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Prorocentrum*, *Protoceratium* и *Protoperidinium*.

Среди диатомовых водорослей основу биомассы в период исследований формировал крупноклеточный тропический вид *Pseudosolenia calcar-avis*, среди динофитовых – крупноклеточные виды родов *Ceratium*, *Dinophysis*, *Protoceratium*, *Polykrikos* и *Protoperidinium*.

В весенне-летний период 2013 г. в верхнем слое (от поверхности до 10 м) северо-восточной части моря отмечали обильное развитие нанопланктонного вида золотистых водорослей *Emiliana huxleyi* (до 36 и 47% общей численности фитопланктона).

Работа выполнена в рамках программ "Современное состояние и многолетняя изменчивость прибрежных экосистем южных морей России" № гос.рег.ЦИТИС: 01201363187; Природно-ресурсный и природно-экологический потенциал морского природопользования как одно из условия диверсификации экономики регионов Юга России № гос.рег.ЦИТИС:-А16-116011910022-6; «Разработка методов и создание экспериментального образца биотехнической системы мониторинга шельфовых зон морей западной Арктики и Юга России, в том числе в районе Крымского полуострова на основе

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П.* 1989. Водоросли. Справочник. Киев., Изд-во НД: 608 с.
2. *Киселев Н.А.* 1950. Панцирные жгутиконосцы. М.; Л.; Изд-во АН СССР: 280 с.
3. *Кольцова Т.Н.* 1970. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона. Биол. Науки. (№ 6): 114-119.
4. *Коновалова Т.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А.* 1989. Атлас фитопланктона Японского моря. Л.; Изд-во Наука: 160 с.
5. *Кольцова Т.Н., Лихачева Н.Е., Федоров В.Д.* 1979. О количественной обработке проб фитопланктона // Биол. Науки. (№ 6): 96 -100.
6. *Кренева С.В.* 2002. Применение принципа сукцессионного анализа для оценки и прогноза состояния водных экосистем: автореф. дис...докт. биол. наук. Москва, 52 с.
7. *Прошкина-Лавренко А.И.* 1955. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. М.; Изд-во АН СССР: 216 с.
8. *Фёдоров В.Д.* 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.; Изд-во МГУ: 106-108.
9. *Шмидт В.М.* 1984. Математические методы в ботанике. Л.; Изд-во Гидрометеиздат. 288 с.
10. *Ясакова О.Н., Станичный С.В.* 2012. Аномальное цветение *Emiliana huxleyi* (Prymnesiophyceae) в 2012 году в Черном море. Морской экологический журнал, (№ 4): 54.
11. *Clarke K.P., Warwick R.M.* Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Bournemouth: Natural Environment Res. 1994. Council: 144 p.
12. *Dodge J. D.* 1982. Marine dinoflagellates of the British Isles. London, HMSO: 301 p.
13. *Tomas C.* (ed.). 1997. Identifying marine phytoplankton. San Diego, CA. Academic Press. Harcourt Brace Company: 821 p.

PHYTOPLANKTON IN THE NORTHEASTERN OPEN PART OF THE BLACK SEA IN SPRING AND SUMMER 2013

O.N.Yasakova

Institute of Arid Zones, Southern Scientific Centre,

Russian Academy of Sciences,

Chekhov Av. 41, Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation