



SHIMADZU

Excellence in Science



**ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЕ МОРЯ
И ИХ БАССЕЙНЫ:
БИОРАЗНООБРАЗИЕ,
РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ**

**FAR EASTERN SEAS
AND THEIR BASINS:
BIODIVERSITY, RESOURCES,
ENVIRONMENTAL PROBLEMS**

*Вторая всероссийская конференция
с международным участием,
приуроченная к году экологии в
России*

Сборник материалов

3-4 октября 2017 г.

Владивосток



2017
ГОД ЭКОЛОГИИ
В РОССИИ

ЯПОНСКАЯ КОРПОРАЦИЯ ШИМАДЗУ ЯВЛЯЕТСЯ ОДНИМ ИЗ МИРОВЫХ ЛИДЕРОВ СРЕДИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОСТАВЩИКОВ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО И НАДЕЖНОГО АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРИЙ И ЦЕНТРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ВОДЫ

Оборудование компании ШИМАДЗУ для экологического мониторинга и анализа воды

Аналитические приборы ШИМАДЗУ применяются для:

- Анализа воды (питьевой, водопроводной, сточной, промышленной, природной и т.д.)
- Экологического мониторинга воды, почв, ила, донных отложений, атмосферного воздуха, атмосферных осадков и т.д.
- Качественного и количественного анализа природных объектов

Особое внимание компания ШИМАДЗУ уделяет всесторонней поддержке своих пользователей:

- Помощь в выборе аналитического оборудования, исходя из требований и задач пользователя
- Обеспечение наиболее удобного и выгодного для покупателя способа покупки и поставки
- Установка и запуск оборудования в лаборатории пользователя
- Проведение квалификации аналитического оборудования (IQ/OQ)
- Обучение пользователей в их лаборатории
- Помощь в постановке методик
- Консультирование по техническим и эксплуатационным вопросам
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание
- Предоставление всей необходимой технической документации, инструкций пользователя и программного обеспечения на русском языке
- Метрологическая поддержка

Приборы ШИМАДЗУ внесены в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации.

Компания ШИМАДЗУ имеет широкую сеть официальных дистрибьюторов на всей территории Российской Федерации, аккредитованные лаборатории и большой штат сервис-инженеров и методистов.

Шимадзу Европа ГмБХ

Дальневосточное представительство:

690091, г. Владивосток,

ул. Адмирала Фокина, д 20, Бизнес центр «Манера», оф 404

Тел.: (423) 243-12-32, факс: (423) 243-12-23

E-mail: svl@shimadzu.ru

www.shimadzu.ru

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
Дальневосточный федеральный университет
Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология»



2017
ГОД ЭКОЛОГИИ
В РОССИИ



SHIMADZU
Excellence in Science



ДФУ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЕ МОРЯ И ИХ БАССЕЙНЫ: БИОРАЗНООБРАЗИЕ, РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

*Вторая всероссийская конференция с международным участием,
приуроченная к году экологии в России*

Владивосток, 3-4 октября 2017 г.

Сборник материалов

Владивосток
Дальневосточный федеральный университет
2017

THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Far Eastern Federal University
UNESCO Chair in Marine Ecology



FAR EASTERN SEAS AND THEIR BASINS: BIODIVERSITY, RESOURCES, ENVIRONMENTAL PROBLEMS

*The Second All-Russian Conference with International Participation,
Dedicated to the Ecology Year in Russia*

Vladivostok, 3-4 October, 2017

Proceedings

Vladivostok
Far Eastern Federal University
2017

УДК 574
ББК 28.08
Д15

Научные редакторы:
Христофорова Н.К., д.б.н., проф.
Цыганков В.Ю., к.б.н.
Журавель Е.В., к.б.н., доцент

Дальневосточные моря и их бассейны: биоразнообразие, ресурсы, экологические проблемы : Вторая Всероссийская конференция с международным участием, приуроченная к году экологии в России (Владивосток, 3-4 октября 2017 г.) : сборник материалов / [науч. ред.: Н.К. Христофорова, В.Ю. Цыганков, Е.В. Журавель]. – Владивосток : Дальневост. федерал. ун-т, 2017. – 116 с.
ISBN 978-5-7444-4106-7.

Сборник включает материалы докладов, представленных на Второй всероссийской конференции с международным участием, приуроченной к году экологии в России. Сборник предназначен для образовательных, научных и общественных организаций, широкого круга специалистов (экологов, токсикологов, гидробиологов, ихтиологов, зоологов и др.), интересующихся биологией и экологией дальневосточных морей России.

Конференция организована при поддержке Шимадзу Европа ГмбХ

При подготовке материалов к публикации сохранен авторский стиль изложения с минимальными редакционными правками, в основном пунктуации и орфографии. Ответственность за научное содержание материалов несут авторы.

УДК 574
ББК 28.08

Editorial board:
Nadezhda K. Khristoforova, Sc.D., Professor
Vasiliy Yu. Tsygankov, Ph.D.
Elena V. Zhuravel, Ph.D., Associate professor

The Far Eastern Seas and Their Basins: Biodiversity, Resources, Environmental Problems : Proceedings of The Second All-Russian Conference with International Participation, Dedicated to the Ecology Year in Russia (Vladivostok, 3-4 October, 2017) – Vladivostok : Far Eastern Federal University, 2017. – 116 p.
ISBN 978-5-7444-4106-7.

Proceedings includes the materials of the reports which were presented at the Second All-Russian Conference with international participation dedicated to the ecology year in Russia. Proceedings is intended for educational, scientific, public organizations, and wide range of researchers (ecologists, toxicologists, hydrobiologists, ichthyologists, zoologists, etc.) which are interested in biology and ecology of the Far Eastern seas of Russia.

The conference is organized with the support of Shimadzu Europa GmbH

ISBN 978-5-7444-4106-7.

© Дальневосточный федеральный университет, 2017

ПРОГРАММНЫЙ КОММИТЕТ

Председатель:

Адрианов А.В., д.б.н., и.о. директора Школы естественных наук (ШЕН) ДВФУ, директор Национального научного центра морской биологии (ННЦМБ) ДВО РАН, академик РАН.

Члены комитета:

Бакланов П.Я., д.г.н., академик РАН, научный консультант Тихоокеанского института географии (ТИГ) ДВО РАН, заведующий кафедрой географии и устойчивого развития ШЕН ДВФУ;

Воронов Б.А., д.б.н., член-корреспондент РАН, директор Института водных и экологических проблем (ИВЭП) ДВО РАН;

Качур А.Н., к.г.н., заместитель директора по научной работе ТИГ ДВО РАН;

Кондратьева Л.М., д.б.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии и гидрогеологии Института водных и экологических проблем (ИВЭП) ДВО РАН;

Лобанов В.Б., к.г.н., директор Тихоокеанского океанологического института (ТОИ) ДВО РАН;

Лукиянова О.Н., д.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории промысловой океанографии Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра (ТИНРО-центр), профессор кафедры экологии ШЕН ДВФУ;

Приходько Ю.В., д.т.н., профессор, директор Департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины (ШБМ) ДВФУ, руководитель Испытательного центра «Океан» Инженерной школы (ИШ) ДВФУ;

Христофорова Н.К., д.б.н., профессор, заведующая международной кафедрой ЮНЕСКО «Морская экология» ШЕН ДВФУ, профессор кафедры экологии ШЕН ДВФУ;

Челомин В.П., д.б.н., заместитель директора по научной работе ТОИ ДВО РАН, профессор кафедры экологии ШЕН ДВФУ;

Шулькин В.М., д.г.н., заведующий лабораторией геохимии ТИГ ДВО РАН, эксперт рабочей группы NOWRAP;

Шунтов В.П., д.б.н., профессор, главный научный сотрудник ТИНРО-центра.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель:

Адрианов А.В., д.б.н., и.о. директора ШЕН ДВФУ, директор Национального научного центра морской биологии (ННЦМБ) ДВО РАН, академик РАН;

Сопредседатели:

Бакланов П.Я., д.г.н., академик РАН, научный консультант ТИГ ДВО РАН, заведующий кафедрой географии и устойчивого развития ШЕН ДВФУ;

Христофорова Н.К., д.б.н., профессор, заведующая международной кафедрой ЮНЕСКО «Морская экология» ШЕН ДВФУ, профессор кафедры экологии ШЕН ДВФУ;

Голохваст К.С., д.б.н., проректор по научной работе ДВФУ

Члены комитета:

Боярова М.Д., к.б.н., заместитель руководителя Испытательного центра «Океан» Инженерной школы (ИШ) ДВФУ, доцент Департамента пищевых наук и технологий ШБМ ДВФУ;

Гальшева Ю.А., к.б.н., доцент, заведующая кафедрой экологии ШЕН ДВФУ;

Гридасов А.В., к.т.н., заместитель директора по учебно-воспитательной работе ШЕН ДВФУ, ученый секретарь Ученого совета ДВФУ;

Журавель Е.В., к.б.н., доцент, доцент кафедры экологии ШЕН ДВФУ;

Ковековдова Л.Т., д.б.н., с.н.с., ведущий научный сотрудник Аналитического научно-испытательного центра ТИНРО-центра, профессор кафедры экологии ШЕН ДВФУ;

Красицкая С.Г., к.х.н., начальник научно-организационного управления ШЕН, доцент кафедры общей, неорганической и элементоорганической химии ШЕН ДВФУ;

Лобанов В.Б., к.г.н., директор Тихоокеанского океанологического института (ТОИ) ДВО РАН;

Сергиевич А.А., к.м.н., заместитель проректора по научной работе ДВФУ;

Холодов А.С., заместитель начальника управления развития ИШ ДВФУ;

Цыганков В.Ю., к.б.н., заведующий лабораторией, доцент Департамента пищевых наук и технологий ШБМ ДВФУ;

Чернова Е.Н., к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории геохимии ТИГ ДВО РАН, доцент базовой химических и ресурсосберегающих технологий ШЕН ДВФУ.

РАБОЧАЯ ГРУППА

Руководитель:

Цыганков В.Ю., к.б.н., заведующий лабораторией, доцент Департамента пищевых наук и технологий ШБМ ДВФУ.

Члены группы:

Маринина О.И., ведущий инженер кафедры физической и аналитической химии ШЕН ДВФУ;

Корсков В.В., к.и.н., доцент международной кафедры ЮНЕСКО «Морская экология» ШЕН ДВФУ;

Кобзарь А.Д., старший преподаватель кафедры экологии ШЕН ДВФУ;

Журавель Е.В., к.б.н., доцент, доцент кафедры экологии ШЕН ДВФУ.

СОДЕРЖАНИЕ

БИОРЕСУРСЫ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ И ИХ БАССЕЙНОВ

<i>Асеева Н.Л., Новиков Р.Н., Галеев А.И.</i> Современное состояние ресурсов черного палтуса (<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>) в Охотском море	8
<i>Афейчук Л.С.</i> Динамика ресурсов промысловых скоплений анадары Броутона (<i>Anadara broughtonii</i>) залива Петра Великого (Японское море).....	9
<i>Бадаев О.З.</i> Резервы сырьевой базы для тралово-снюрреводных промыслов в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне	11
<i>Баштовой А.Н., Валова В.Н., Тимчишина Г.Н., Ярочкин А.П., Павловский А.М., Павел К.Г.</i> Разработка стартовых кормов для молоди лососевых	13
<i>Блищак Н.М., Филатов В.Н.</i> Некоторые различия реакции рыбы на искусственные источники света различного типа и особенности сбора данных поведения тихоокеанской сайры (<i>Cololabis saira</i>) из уловов отечественного промышленного флота в 2014 и 2015 годах.....	16
<i>Борисовец Е.Э., Мокрин Н.М., Чумакова Н.В.</i> Командорский кальмар <i>Beryteuthis magister</i> (Berry, 1913) залива Петра Великого: распределение и размерный состав.....	18
<i>Бусарова О.Ю., Коваль М.В.</i> О разнообразии паразитов камчатского хариуса (<i>Thymallus arcticus mertensii</i>) реки Пенжина, бассейн Охотского моря	20
<i>Валова В.Н.</i> Реакция крови старшего ремонта сахалинского осетра на условия выращивания на Анейском ОРЗ	22
<i>Василенко Л.Н.</i> Радиолярии среднего миоцена-раннего плиоцена и их значение для стратиграфии подводного хребта Витязь (островной склон Курило-Камчатского желоба).....	24
<i>Вдовин А.Н., Борисовец Е.Э., Дозорец М.И.</i> Распределение и оценки обилия щитоносного ската <i>Bathyraja parmitifera</i> в российских водах Японского моря.....	26
<i>Голованец В.А.</i> О рациональном использовании рыбных ресурсов	28
<i>Жильцова Л.В., Приходченко А.В.</i> Межгодовая динамика некоторых модельных видов организмов в пласте анфельции пролива Старка (залив Петра Великого, Японское море).....	29
<i>Каплуненко В.А., Иванков В.Н., Борисовец Е.Э., Большаков С.Г.</i> Внутривидовая географическая изменчивость структуры чешуи у дальневосточной крупночешуйной красноперки <i>Tribolodon hakonensis</i> (Teleostei: Cyprinidae).....	31
<i>Ким А.Г., Пономаренко С.Ю., Полещук Д.В.</i> Способы сохранения качества трепанга, выращенного в аквакультуре	34
<i>Корчагин В.П.</i> Биоконверсия морских объектов для производства биоэтанола	35
<i>Кравченко Д.Г., Измятинский Д.В.</i> Анализ промысла водных биологических ресурсов в подзоне «приморье» южнее мыса Золотой в 2015 году	36
<i>Лукьянова О.Н.</i> Стоимость услуг морских экосистем: регулирование климата.....	38
<i>Милованкина А.А., Фадеева Н.П.</i> Распределение мейобентоса в эстуарии реки Киевка (бухта Киевка, Японское море)	40
<i>Незамутдинова Ю.О., Власенко Р.В.</i> Возрастные изменения формы раковины серрипеса гренландского (<i>Serripes groenlandicus</i>) в заливе Петра Великого (Японское море).....	42
<i>Новикова О.В.</i> Современное состояние запасов трески <i>Gadus macrocephalus</i> (Til.) и наваги (<i>Eleginus gracilis</i> (Til.)) в восточной части Охотского моря	44
<i>Панина Е.Г., Степанов В.Г.</i> Находка неизвестного вида голотурии рода <i>Cucumaria</i> (Holothuroidea: Dendrochirotida: Cucumariidae) в Карагинском заливе Берингова моря.....	46

<i>Паренский В.А., Левченко Е.В.</i> Рекуррентный многошаговый подход к моделированию межгодовой динамики сообществ диатомовых водорослей эпифитона.....	48
<i>Сницкая Е.В.</i> Ранний онтогенез <i>Aptocyclus ventricosus</i> (Pallas) в условиях океанариума	51
<i>Соломатов С.Ф.</i> Состав и многолетняя динамика камбал Амурского залива (зал. Петра Великого, Японское море)	52
<i>Хайдаров М.Р.</i> Культивирование сцифоидных и гидроидных медуз для экспонирования и научных целей.....	53
<i>Chinh N.N., Ngo H.D., Aseeva N.L.</i> <i>Myxosporea</i> (Myxozoa) parasites of mullets (<i>Mugiliformes: Mugilidae</i>) from the west Pacific	55

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ И ИХ БАССЕЙНОВ

<i>Барабанчиков Ю.А., Тищенко П.Я., Волкова Т.И., Марьяш А.А., Михайлик Т.А., Павлова Г.Ю., Семкин П.Ю., Сагалаев С.Г., Тищенко П.П., Ходоренко Н.Д., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М.</i> Диагенез органического вещества в донных осадках бухты Воевода и Амурского залива (Японское море).....	57
<i>Барышева В.С.</i> Гидрохимические и микробиологические параметры залива Восток в 2016 году..	59
<i>Барышева В.С., Чернова Е.Н., Патрушева О.В.</i> Загрязнение органическими веществами залива находка в 2013-2015 гг	61
<i>Блиновская Я.Ю., Говорушко С.М., Голиков С.Ю., Майоров И.С., Петухов В.И., Овсянников В.В.</i> Экологические основы акваториального планирования морских побережий Дальнего Востока....	63
<i>Данченков М.А., Глубоков Н.В.</i> Океанография бухты Золотой Рог.....	65
<i>Дзюбенко Е.В., Истомина А.А., Бельчева Н.Н.</i> Обычная и синхронная спектрофлуориметрия желчи рыбы как показатель загрязнения морской среды полициклическими ароматическими углеводородами.....	67
<i>Довженко Н.В., Слободскова В.В., Сеченова О.М.</i> Роль пластика в жизнедеятельности гидробионтов прибрежных акваторий	69
<i>Ерофеева Н.И., Боярова М.Д., Цыганков В.Ю.</i> Основные инструментальные методы в мониторинге экосистем: микроэлементный анализ	71
<i>Жадько Е.А., Чусовитина С.В., Стеблевская Н.И., Полякова Н.В.</i> Микроэлементы в тканях сеголеток мидии тихоокеанской и гребешка приморского бухты Северная, залив Петра Великого (Японское море)	73
<i>Катайкина О.И., Симоконь М.В., Матвеев В.И., Ковековдова Л.Т.</i> Оценка качества воды озера Ханка по содержанию металлов и мышьяка	74
<i>Кобзарь А.Д., Греднева В.В.</i> Тяжелые металлы в бурых водорослях-макрофитах б. Рудной.....	77
<i>Кулепанов В.Н., Соколенко Д.А.</i> Подводная фото- и видеосъемка при проведении ресурсных исследований макрофитов и беспозвоночных в Приморье.....	79
<i>Левченко Е.В., Чернова Е.Н.</i> Использование первичных продуцентов для оценки качества водной среды морских прибрежных акваторий по содержанию тяжелых металлов.....	81
<i>Мазур А.А., Журавель Е.В., Слободскова В.В., Кукла С.П.</i> Генотоксический эффект ионов цинка и наночастиц оксида цинка при воздействии на плоского морского ежа <i>Scaphechinus mirabilis</i> (Agassiz, 1864)	84
<i>Мазур М.А., Журавель Е.В., Ковековдова Л.Т., Черняев А.П.</i> Интегральная экологическая оценка загрязнения донных осадков залива Восток (Японское море).....	86

<i>Маркина Ж.В.</i> Использование проточной цитометрии для оценки состояния фотосинтетического аппарата микроводорослей при токсических воздействиях.....	88
<i>Мощенко А.В., Белан Т.А., Борисов Б.М., Лишавская Т.С., Севастьянов А.В.</i> Макрозообентос рыхлых грунтов залива Петра Великого и химическое загрязнение среды.....	90
<i>Попик А.Ю., Бондаренко Д.В., Гамаюнов Е.Л., Вознесенский С.С.</i> Температурная измерительная камера оптоволоконного погружаемого спектрометра.....	93
<i>Попик А.Ю., Вознесенский С.С., Гамаюнов Е.Л., Е.Л., Маркина Ж.В., Орлова Т.Ю.</i> Температурные кривые флуоресценции «отпечатки пальцев» микроводорослей	94
<i>Тихонова О.А., Христофорова Н.К.</i> Индикация и мониторинг загрязнения тяжелыми металлами прибрежных вод бухт Козьмина и Врангеля (зал. Петра Великого, Японское море) с использованием макрофитов.....	96
<i>Христофорова Н.К., Бойченко Т.В., Косьяненко А.А., Белоногов В.В.</i> Микробная индикация состояния прибрежных вод залива Петра Великого (Японское море).....	98
<i>Христофорова Н.К., Литвиненко А.В., Цыганков В.Ю., Ковальчук М.В., Ерофеева Н.И.</i> Микроэлементы в горбуше сахалино-курильского региона	102
<i>Цыганков В.Ю., Боярова М.Д., Ерофеева Н.И., Лукьянова О.Н.</i> Основные инструментальные методы в мониторинге экосистем: хлорорганические загрязняющие вещества.....	104
<i>Черкашин С.А., Пряжеская Т.С.</i> Биотестирование на ракообразных как метод изучения последствий загрязнения морских вод	106
<i>Чернова Е.Н., Шулькин В.М.</i> Особенности биомониторинга металлов с помощью гидробионтов в местообитаниях с фоновыми характеристиками водной среды	108
<i>Чусовитина С.В., Жадько Е.А., Стеблевская Н.И., Полякова Н.В.</i> Содержание микроэлементов в органах южной палтусовидной и остроголовой камбал залива Петра Великого (Японское море).....	110
<i>Шулькин В.М., Качур А.Н., Коженкова С.И.</i> Разработка экологических целевых показателей и индикаторов качества среды морей и прибрежных зон северо-западной Пацифики.....	112

БИОРЕСУРСЫ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ И ИХ БАССЕЙНОВ

УДК 639.2.053.7(265.53)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ ЧЕРНОГО ПАЛТУСА (*REINHARDTIUS HIPPOGLOSSOIDES*) В ОХОТСКОМ МОРЕ

Асеева Н.Л.¹, Новиков Р.Н.², Галеев А.И.¹

¹Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

²Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский

CURRENT STATE OF GREENLAND HALIBUT (*REINHARDTIUS HIPPOGLOSSOIDES*) STOCK IN THE OKHOTSK SEA

Aseeva N.L.¹, Novikov R.N.², Galeev A.I.¹

¹Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

²Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky

In the Sea of Okhotsk, 70 to 90% of the Greenland halibut *Reinhardtius hippoglossoides* is harvested from the total catch of the species in the Far East. The main area of fishing for black halibut is the waters adjacent to the south-west coast of Kamchatka. At present, greenland halibut is mined in all subzones, but the distribution of fishing efforts around the Okhotsk Sea is uneven. Basically, during the pre-spawning and spawning periods, most of the fleet is deployed in traditional sites of concentrations of sexually mature individuals – clones of the TINRO cavity and the Cygnus gutter, into the feeding zone – along the paths to them. The production of greenland halibut is almost all-the-year-round. The main tool for catching greenland halibut in the Sea of Okhotsk is the bottom layer. Based on the results of the research, the causes and losses of halibut caught in different types of fisheries were identified. It should be noted that the value of net catches currently depends strongly on the activity of killer whales. The size and age structure of the greenland halibut is approximately the same throughout the Okhotsk Sea and is represented by individuals ranging in length from 40 to 112 cm with an average length of 65-71 cm. Data from the latest surveys confirm that the stocks of greenland halibut in the Sea of Okhotsk were at an average level with a stable trend of growth in recent years.

Keywords: The Sea of Okhotsk, greenland halibut, *Orca orcinus*

В Охотском море промысел черного палтуса ведется с 1970-х гг. прошлого столетия. Добывали его сначала японские, а позже в промысел включились отечественные рыбаки. В 2000 г был рекордный вылов около 20 тыс. т, в настоящее время в Охотском море добывается 70-90 % суммарного вылова этого вида на Дальнем Востоке. После 2000 г ежегодный вылов в Охотском море начал снижаться, достигнув к 2009 г в Северо-Охотоморской и Западно-Камчатской подзонах минимального уровня – 3,7 и 1,8 тыс. т, соответственно. В Камчатско-Курильской подзоне эта тенденция проявилась в 2004 г, и в последующее десятилетие вылов сохранялся на низком уровне (не превышая 2,5 тыс. т), сократившись к 2016 г до 1,5 тыс. т.

В преднерестовый и нерестовый периоды большая часть флота дислоцируется в традиционных местах скопления половозрелых особей – склонах впадины ТИНРО и желоба Лебеда, в нагульный – на путях следования к ним.

Сетной и ярусный промысел черного палтуса, активно развивавшийся в 1990-е гг. XX века, позволил более полно эксплуатировать запасы этого вида. Основным орудием лова черного палтуса в Охотском море, как и в других районах его добычи в водах Дальнего Востока, является донный ярус. В 2000-2016 гг. вылов палтуса ярусными судами достигал 70% общего годового вылова по всем подзонам. Вторым по значимости, после ярусного лова, и особенно в Камчатско-Курильской подзоне, является сетной – 20-30% вылова, а доля тралового улова в последние годы сократилась до минимума. Добыча черного палтуса ведется практически до круглый год. При благоприятной ледовой обстановке лов начинается в январе. Тем не менее, возросший пресс нападений косаток вынуждает рыбаков

переходить на другие объекты до наступления наиболее благоприятного периода промысла (апрель-май).

После стабилизации к 2006 г запасов палтуса на низком уровне в северо-восточной части Охотского моря, в последующие годы проявилась тенденция роста промысловых показателей. Согласно промысловой статистике в 2007-2016 гг. в Северо-Охотоморской подзоне добывалось от 3,7 до 5,9 тыс. т, в Западно-Камчатской – от 1,9 до 2,7 тыс. т, в Камчатско-Курильской – от 1,5 до 2,9 тыс. т черного палтуса, при суммарном вылове, равном 8,1-10,8 тыс. т. В 2016 г ОДУ вида в Северо-Охотоморской подзоне составлял 6,9 тыс. т, в Западно-Камчатской – 3,9 тыс. т, в Камчатско-Курильской – 2,3 тыс. т, а добыто 5,9, 2,7 и 1,5 тыс. т, соответственно.

Уловы палтуса на усилии у судов пассивными орудиями лова в 2007-2016 гг. были выше, чем отраженные в промыслово-статистических данных. Это обусловлено выеданием части улова косатками, которые зачастую полностью опустошают сети или яруса при выборке, с повреждением самих орудий лова. Это вносит существенные коррективы в итоговую промысловую статистику.

По результатам исследований специалистами дальневосточных институтов были выявлены причины и определены объемы потерь улова палтуса при разных видах промысла. При сетном промысле, величина потерь напрямую зависит от длительности застоя порядков. Максимальные неучтенные потери (более половины улова) наблюдались в Северо-Охотоморской подзоне при выдержке порядков более 5 суток (Семенов, Смирнов 2004, 2009; Николенко 2010; Корнев и др. 2014).

При ярусном промысле, доля палтуса, поврежденного бокоплавами и непригодного для обработки, в среднем, составляет 3,9 % от биомассы улова (Nikolenko, 2005). Более ощутимые потери приносят косатки, активность которых возросла после 2007 г, когда ими выедалось до четверти улова (Николенко 2010). Судя по устным сообщениям рыбаков, в настоящее время негативное влияние этих животных существенно возросло во всех районах.

По данным последних учетных траловых съемок 2009, 2010 и 2013 гг., размерно-возрастная структура черного палтуса Охотского моря претерпевала значительные изменения и при общей направленности процессов, в каждом из районов имелись свои особенности. В 2009 г средний размер палтуса составил 56,6 см, т.е. было учтено существенно больше молодежи (доля 2-6-летних рыб составила 21,5%).

В съемках 2010 и 2013 гг., в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах практически не отличалась от данных, полученных в Северо-Охотоморской подзоне. Изменилась лишь доля разных размерно-возрастных групп в уловах, что наиболее хорошо проявилось в южной части рассматриваемого района – Камчатско-Курильской подзоне в 2013 г. Основу уловов, как и прежде, составляли среднеразмерные рыбы и особенно в Камчатско-Курильской подзоне, возросла доля молодежи, но при этом уменьшилась доля старшевозрастных рыб Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзон. В промысловых сетных и ярусных уловах 2000-2016 гг. в Охотском море черный палтус был представлен особями длиной от 40 до 112 см, при средней длине 65-71 см.

Таким образом, анализ размерно-возрастного состава черного палтуса в северо-восточной части Охотского моря, по данным донных траловых съемок и в промысловых уловах, показал, что в последнее десятилетие его изменение было обусловлено чередованием поколений раз-

ной мощности, которые обеспечивали стабильность состояния популяции черного палтуса в этом районе.

В северо-восточной части Охотского моря для расчета биомассы промыслового запаса традиционно использовалась величина, равная биомассе палтуса, обитающего на материковом склоне глубже 300-метровой изобаты. Объясняется это тем, что палтус, по мере роста и созревания, постепенно смещается на глубину по материковому склону.

Результаты последних съемок подтверждают, что запасы черного палтуса в Охотском море находились на среднем уровне с сохранением устойчивого тренда прироста численности в последние годы.

Список литературы

Корнев С.И., Белонович О.А., Никулин С.В. Косатки (*Orcinus orca*) и промысел черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*) в Охотском море // сб. научн. Тр. исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана, 2014. Вып. 34. С. 597-153.

Николенко Л.П. 2010. Сверхстатистические потери черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*), равношипого краба (*Lithodes aequispina*) и краба-стригуна (*Chionoecetes angulatus*) при глубоководном сетном и ярусном промыслах в Охотском море // Вопр. рыболовства. 2010. Т. 11. № 3 (43). С. 592-600.

Семенов Ю.К., Смирнов А.А. О негативном влиянии косаток (*Orcinus orca*) на промысел черного палтуса в Охотском море / Сб. науч. Трудов МагаданНИРО, 2004. Вып. 2. С. 400-408.

Семенов Ю.К., Смирнов А.А. Состояние и перспективы промысла черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*) в северной части Охотского моря // Вопр. рыболовства. 2009. Т. 10. № 2 (38). С. 227-237.

УДК 639.27.053.7(265.54)

ДИНАМИКА РЕСУРСОВ ПРОМЫСЛОВЫХ СКОПЛЕНИЙ АНАДАРЫ БРОУТОНА (*ANADARA BROUGHTONII*) ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Афейчук Л.С.

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток.

RESOURCES DYNAMICS OF ANADARA BROUGHTONII COMMERCIAL AGGREGATIONS IN THE PETER THE GREAT BAY (THE SEA OF JAPAN)

Afeychuk L.S.

Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

On the data of the anadara aggregations surveys in Peter the Great Bay in 2010-2016, the total number of this species in 2 aggregations with summary area 130 km² is estimated as 64·10⁶ ind., with about 75 % of them in the Amur Bay. The total stock of anadara is estimated in 12000 t, the total commercial stock – 8000 t. However, the stock is exploited only partially, and the summary biomass of anadara in the exploited part of the aggregations does not exceed 5,500 t. State of the settlements is considered as relatively stable during the whole period of investigations.

Keywords: anadara, abundance, stock, Amur Bay, Ussuri Bay

Мониторинг состояния скоплений зарывающегося моллюска анадары Броутона (*Anadara broughtonii*) в Приморье ведут с начала 1990-х гг. прошлого столетия. В промышленных масштабах анадару добывают с 2000-х гг. из скоплений, расположенных в кутовых частях Уссурий-

ского и Амурского заливов (рис. 1). В меньшем по величине и ресурсам промысловом скоплении анадары Уссурийского залива поддерживался промысловый запрет (2005-2010 гг.). Основной объем добычи моллюсков, начиная с 2010 г. осуществляли в скоплении Амурского

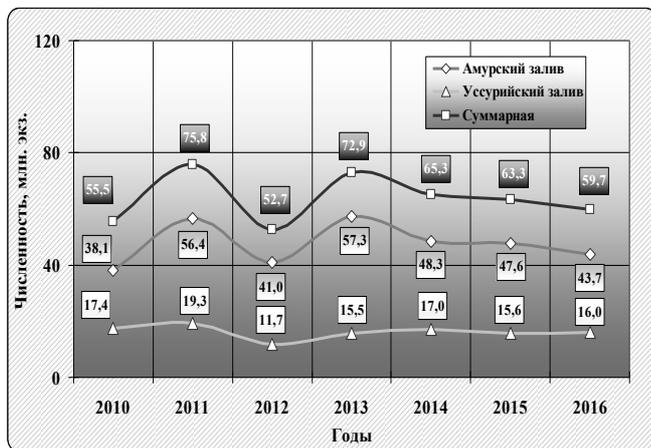


Рис. 3. Численность анадары в скоплениях Амурского и Уссурийского заливов

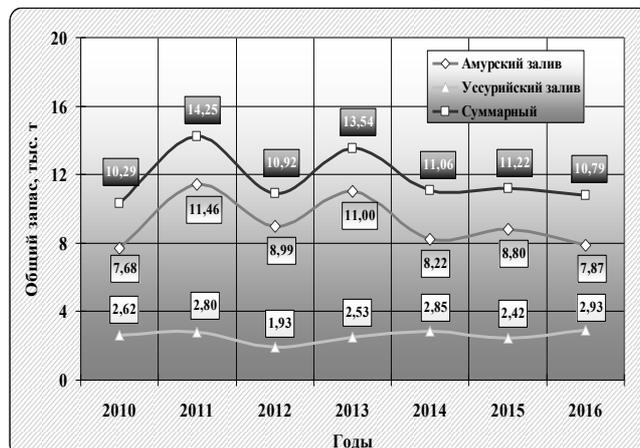


Рис. 4. Общий запас анадары в скоплениях Амурского и Уссурийского заливов

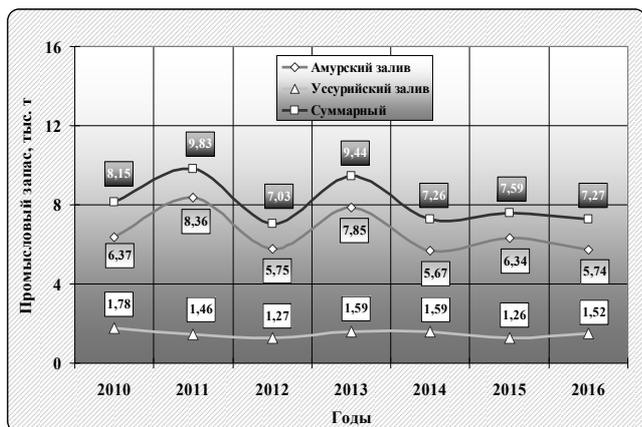


Рис. 5. Промысловый запас анадары в скоплениях Амурского и Уссурийского заливов

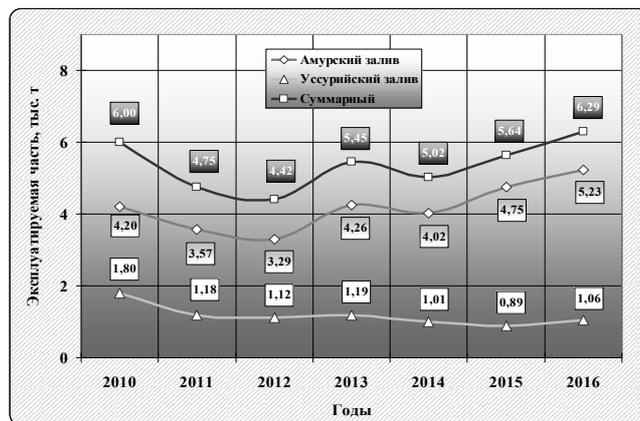


Рис. 6. Эксплуатируемая часть скопления анадары Амурского и Уссурийского заливов

Таблица 1. Параметры промысловых скопления анадары в период 2010-2016 гг.

Параметры	Амурский залив	Уссурийский залив	Суммарное значение
Численность, млн. экз.	47,50 (74,7 %)	16,10 (23,3 %)	63,60 (100 %)
Общий запас, тыс. т	9,10 (77,8 %)	2,60 (22,2 %)	11,70 (100 %)
Промысловый запас, тыс. т	6,60 (81,5 %)	1,50 (18,5 %)	8,10 (100%)
Эксплуатируемая часть, тыс. т	4,19 (78,0 %)	1,18 (22,0 %)	5,37 (100%)

УДК 639.2.05

РЕЗЕРВЫ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДЛЯ ТРАЛОВО-СНЮРРЕВОДНЫХ ПРОМЫСЛОВ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ

Бадаев О.З.

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток.

RESERVES OF RAW MATERIALS FOR TRAWL AND SNURRY FISHING IN THE FAR EASTERN FISHERIES BASIN

Badayev O.Z.

Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

Comparison of official statistics and scientific observations of bottom and pelagic trawl fisheries as well as snurrevaad shows that there is a significant discrepancy in the estimation of actual catch of aquatic biological resources in the Far Eastern fishing basin. The reserve for the fishing industry from involvement in processing of all meaningful catch can reach more than 1 million tons per year.

Keywords: fishing, discard, Far Eastern seas

Данные официальной статистики уловов значительно отличаются от таковых, полученных научными

наблюдателями непосредственно на промыслах (Дударев, Ермаков, 2010; Бадаев, 2011; Fox, Starr, 1996; Kelleher,

2005; McBride, 1996; Matsuoka, 2008). Постоянные изменения количественных характеристик и порядка доминирования видов в ихтиоценозах дальневосточных морей, прежде всего, вызваны климато-океанологическими и космофизическими факторами, но в некоторых случаях, особенно для донных сообществ, отмечается влияние промысла на численность и распределение разных видов рыб (Борец, 1997; Шунтов, 1986; Laevatsu, Larkins, 1981).

Цель работы – оценить сырьевую базу уловов на основных рыбных промыслах в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне России и выявить резерв. Объект исследований – структура улова на тралово-снюрреводных промыслах в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне.

Материалом послужили данные суточных судовых донесений из ОСМ водных биологических ресурсов (ВБР) (1019714 судо-суток) и промысловая информация, собранная наблюдателями ТИНРО на промысловых судах, проводивших лов ВБР донными и разноглубинными тралами, а также снюрреводами (23480 промысловых операций) за период с 1993 по 2016 гг. по промысловым зонам Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна России.

В каждой зоне определяли видовой состав уловов ВБР по данным ССД и по данным наблюдателей по исследуемым периодам и принадлежности к тоннажной группе судов. Затем по количеству промысловых операций, в которых встречался промысловый объект, определяли частоту его встречаемости (n_i) по отношению к общему числу промысловых операций в этой зоне в данный период на данном виде промысла. Рассчитывали долю (d) в общем улове, исходя из общей массы улова в этой зоне в данный период на данном виде промысла. Определяли разницу Δn_i и Δd между данными ССД рыбодобывающих судов и данными, которые получены наблюдателями, путем вычитания показателя встречаемости и доли в улове в зоне по периодам. Полученный результат дает представление о разнице между официальными статистическими данными и фактическим положением дел.

Добыча в Дальневосточном рыбопромысловом бассейне ведется различными орудиями лова, среди которых четверку лидеров по объему добычи (около 97%) составляют разноглубинный и донный тралы, а также снюрреводы и бортовые ловушки. Вероятно, эта структура может претерпеть изменения с увеличением запасов сардины, которую в прошлый период ее подъема численности в российских водах промысливали кошельковыми неводами, и скумбрии.

Структура флота на Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне по тоннажным группам, при некотором снижении численности, остается приблизительно одинаковой. В межгодовом плане не претерпевает резкие, скачкообразные изменения структура специализированных промыслов при добыче разноглубинными и донными тралами, а также снюрреводами. Это связано, прежде всего, с определенной стабильностью биомассы ВБР, на которые ориентированы исследуемые орудия лова. Многие значительно флюктуирующие виды, такие как лососи, сайра, тихоокеанский кальмар и т.д., добываются другими орудиями лова (ставными неводами, бортовыми ловушками и джиггерами). Кроме того, для переоснащения добывающего флота требуются значительные финансовые и временные ресурсы.

Положительная динамика в легализации уловов наблюдается для ценных массовых промысловых объектов. На промысле донными тралами в Западно-Берингоморской зоне – это белокорый и черный палтусы, камбалы, макрурусы, треска и бычки, а в Северо-Курильской зоне – терпуги, морские окуни и треска. На промысле разноглубинными тралами официальная статистика стала больше фиксировать в Западно-Берингоморской зоне вылов мойвы, а в Восточно-Камчатской зоне и зоне Охотского моря – минтая. На добыче снюрреводами в зоне Японского моря чаще стали подавать в ССД терпугов, треску и навагу. Улучшение не принципиальное, тем не менее, тренд устойчиво положительный. В ряде случаев мы констатируем, что рыбаки в своей отчетности показывают даже больше ценного прилова, чем зафиксировано научными наблюдателями. Однако признание рыбаками факта вылова малоценных видов остается, как и прежде, на низком уровне, а по некоторым промысловым объектам наблюдается ухудшение положения. Отрицательная динамика с включением в официальную статистику отмечается на промысле донными тралами в Западно-Берингоморской зоне для бычков, минтая, трески, в Северо-Курильской зоне – камбал, командорского кальмара, терпугов, макрурусов, трески, минтая и стрелозубых палтусов. На промысле разноглубинными тралами ухудшение по легализации прилова, в зависимости от промыслового района и тоннажа судна, наблюдается для сельди в зонах Восточно-Камчатской и Охотского моря, трески в Восточно-Камчатской зоне и минтая в Западно-Берингоморской. По сравнению с наблюдаемыми данными меньше стали подавать в ССД бычков на промысле снюрреводами в зоне Японское море.

В целом сырьевая база Дальневосточного рыбопромыслового бассейна в настоящее время и на ближайшую перспективу сможет обеспечить эффективную работу отечественных рыбодобывающих организаций при условии более рационального освоения традиционных объектов промысла, использования промыслом более широкого, чем в настоящее время, видового разнообразия и более полного освоения недостаточно используемых объектов.

Резерв – разница рекомендованного вылова (научно обоснованная величина) минус фактический вылов – составляет значительный объем. Например, в 2015 г. ВБР, являющихся объектами промысла донными и разноглубинными тралами, а также снюрреводами в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне, было 520 тыс. т. Основной резерв сырьевой базы составляют промысловые объекты, обладающие значительными стабильными запасами – кальмары, минтай, терпуги, анчоус, треска, камбалы, бычки, макрурусы, скумбрия, навага, лемонема, мойва и др., в том числе сардина-иваси и скумбрия, увеличивающие свою численность в последние годы.

Однако до сих пор еще не оценен резерв, который может быть вовлечен в логистический процесс, в случае более полного использования, поднятого на борт добывающего судна улова и исключение масштабных выбросов. По результатам исследований неучтенный вылов может составлять более 1 млн. тонн в год (табл. 1).

Сравнение баз данных ОСМ «Рыболовство» и наблюдений за промыслами научными сотрудниками показывает, что принятые меры регулирования рыболовства в виде закрепления долей квот за предприятиями и разре-

шенной доли (49%) прилова видов, на которые не устанавливается ОДУ, не возымели ожидаемого эффекта (Бадаев, 2016).

Жесткая рыночная конкуренция и погоня за сверхприбылями вынуждает рыбаков выбрасывать рыбу с низкой рыночной стоимостью. Среди других причин можно назвать существенные пробелы рыбного законодательства и несовершенство действующих правил рыболовства (Титова, 2005; Tingley et al, 2000).

Объемы выбросов дают основание утверждать, что на сегодняшний день не решена задача создания надежной промысловой статистики. Это делает невозможным переход на оценку запасов и управление рыболовством, опираясь только на данные промысловой статистики без привлечения данных учетных съемок и всеобъемлющего охвата наблюдениями хотя бы основных видов промысла.

Таблица 1. Среднемноголетний (2004-2016 гг) неучтенный вылов ВБР на тралово-снюрреводном промысле в достаточно охваченных наблюдениями зонах, тонн

Зона и орудия лова	Среднемноголетний неучтенный вылов
Западно-Беринговоморская, донный трал	50147
Северо-Курильская, донный трал	45442
Западно-Беринговоморская, разноглубинный трал	82938
Восточно-Камчатская, разноглубинный трал	31888
Охотское море, разноглубинный трал	989163
Японское море, снюрревод	25772
Всего	1225350

Список литературы

Бадаев О.З. Нерациональное использование водных биоресурсов на примере некоторых видов промыслов // Вопр. рыболовства. 2011. № 1(45). С. 162-174.

Бадаев О.З. Оценка эффективности управления рыболовством в отношении прилова. Концептуальный подход к мерам регулирования. Ярусный лов в Дальневосточном рыбопромысловом бассейне. 2016. Арх. ТИНРО. № 28034. 101 с.

Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-Центр, 1997. 217 с.

Дударев В.А., Ермаков Ю.К. Биологические основы многовидового рыболовства в дальневосточных морях России // Вопр. рыболовства. 2010. Т. 3(43). С. 545-564.

Титова Г.Д. Рыболовство и морские экосистемы в тисках финансовой фантазмории // Рыбное хозяйство. 2005. № 2. С. 12-14.

Шунтов В.П. Состояние изученности многолетних циклических изменений численности рыб дальневосточных морей // Биол. моря. 1986. № 3. С. 3-14.

Kelleher K. Discards in the world's marine fisheries. An update. FAO Fisheries Technical Paper. No. 470. Rome, FAO. 2005. 131p.

Fox D.S., Starr R.M. Comparison of commercial fishery and research catch data // Can. J. Fish. and Aquat. Sei. №12. 1996. С. 2681-2694.

Laevatsu T., Larkins H.A. Marine fisheries ecosystem. Its quantitative evaluation and management. Farnham: Fishing News Books Ltd., 1981. 162 p.

Matsuoka T. A Review of Bycatch and Discard Issue Toward Solution // Fisheries for Global Welfare and Environment, 5th World Fisheries Congress 2008, pp. 169-180.

McBride M.M. Estimation of unreported catch in a commercial trawl fishery // J. Northwest Atlant. Fish. Sei. 1996. С. 31-41.

Tingley D., Erzini K., Golding I. Final report: Evaluation of the state of knowledge regarding discarding practices in European fisheries. Final Report, Portugal, September, 2000; DG Fisheries European Commission // Режим доступа URL: <http://www.megapesca.com/acrobat/finalreport32.pdf> (Дата обращения 15.06.2016 г.).

УДК 597.44:639.71

РАЗРАБОТКА СТАРТОВЫХ КОРМОВ ДЛЯ МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ

Баштовой А.Н., Валова В.Н., Тимчишина Г.Н., Ярочкин А.П., Павловский А.М., Павел К.Г.

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток.

DEVELOPMENT OF FEED FOR YOUNG SALMONIDS

Bashtovoy A.N., Valova V.N., Timchishina G.N., Yarochkin A.P., Pavlovsky A.M., Pavel K.G.

Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

Formulations of starting feeds for plant breeding of salmonids (*Oncorhynchus keta*) containing 6% and 10% dry fermentolizate from pollock were developed. The peculiarity of the chemical composition of the starting feed is:

- lower content of the protein component – 38-42% and lipids (4,5-5,0%). The content of PUFA is 29-30%, the ratio n3/n6 – 1;
- higher content of carbohydrate compounds (38-40 %).

The feed of AllerAqua and Dalcom Ltd. caused the development of severe pathomorphological changes in the digestive system of fish, which prevent the juvenile from reaching the state of smoltification. The addition of dry fermentolizate in an

amount of 6 and 10% significantly affects the biological value of the feed in the positive direction. Fish tests showed advantages in feed coefficients (KK) of experimental variants of feed (KK = 0.76) in comparison with the Danish "AllerAqua" (KK = 1.00) and DalKorm (KK = 1.44).

Keywords: starter feed, salmon young, dry fermentolysate, pollock, recipe

Учитывая растущий спрос на аквакультуру, через несколько лет, потребность в качественных комбикормах для рыб может увеличиться в несколько раз. По данным Рыбодов, потребность в сухих стартовых кормах для лососевых в последние годы составляет порядка 150-170 т.

В настоящее время на рыбноводных хозяйствах России основные поставки стартовых кормов осуществляются преимущественно датской фирмой «Аллер Аква» и рядом других зарубежных фирм (БиоМар, Провими, Крафт Футер, Рехурайсио).

Отечественные стартовые комбикорма на нашем рынке практически отсутствуют, так импортируется более 90 % стартовых кормов. Развитие аквакультуры призвано ускорить процесс импортозамещения в рыбной отрасли, поэтому разработка новых отечественных эффективных стартовых кормов является актуальной.

Целью работы явилась разработка стартовых кормов для выращивания молоди лососевых (кеты) с использованием сухого ферментализата.

Сырьем для получения сухого ферментализата являлся минтай неразделанный.

ТИНРО-Центр и другие НИИ за прошлые десятилетия разработали ряд сухих гранулированных комбикормов прошедших производственную проверку.

Наиболее эффективным из них оказался рецепт корма МКС-1-86 «СТАРТ», разработанный в ТИНРО-Центре (Пат. № 1713537), который послужил прототипом для разработки экспериментальных кормов с введением высокобелкового сухого ферментализата.

На оборудовании кормоцеха ТИНРО-Центра изготовлено два варианта кормов с добавлением 6% и 10% сухого ферментализата из минтая. Технология изготовления сухого ферментализата предусматривает ферментацию сырья протосубтилином, с последующим отделением плотной костной части, центрифугированием жидкой части и ее высушиванием. Выход сухого ферментализата из минтая составлял 11%. Сухой ферментализат является продуктом с высоким (до 72,5%) содержанием белка и низким (около 8,0%) содержанием минеральных веществ.

Основным этапом разработки явились работы по кормлению молоди кеты экспериментальными и контрольными кормами на ЛРЗ «Вербное» (ООО «Фурманово», Ольгинский район Приморского края) с целью обоснования соответствия разрабатываемых кормов кормовым потребностям молоди лососевых в основных питательных веществах (табл. 1).

Таблица 1. Варианты кормов, испытанные на ЛРЗ «Вербное»

Контрольный	«Аллер Аква», Дания
Контрольный	«Далькорм», ООО НПК «Далькорм», Владивосток
Вариант 1	с 6 % сухого ферментализата и 7 % растительного масла
Вариант 2	с 6 % сухого ферментализата и 7 % рыбного жира
Вариант 3	с 10 % сухого ферментализата и 7 % растительного масла
Вариант 4	с 10 % сухого ферментализата и 7% рыбного жира

Эксперимент продолжался 40 сут., после чего молодь была выпущена в естественную среду обитания. Параметры эксперимента соответствовали биотехническим нормативам подращивания молоди кеты на лососевых заводах Приморского края.

Основными показателями **продуктивности корма** являются **кормовой коэффициент (КК) и средняя скорость прироста рыбы**. Эти показатели взаимосвязаны и

зависят как от питательной ценности корма, так от условий водной среды и методики кормления рыбы.

Так, согласно полученным данным (табл. 2), наиболее интенсивный рост наблюдался у молоди в варианте с кормом В-1-6% М, особенно в сравнении с кормом датского производства и кормом от «Далькорм». Об этом также свидетельствует коэффициент упитанности по Фультону (зависимость длины и массы).

Таблица 2. Результаты эксперимента по испытанию сухих гранулированных кормов при выращивании молоди кеты

Показатели	В-1-6% М	В-1-6% Ж	В-2-10% М	В-2-10% Ж	«Аллер Аква»	«Далькорм»
Средняя начальная масса, г	0,30	0,37	0,37	0,35	0,37	0,32
Средняя конечная масса, г	0,71	0,76	0,76	0,67	0,55	0,54
Абсолютный прирост, г	0,40	0,39	0,39	0,32	0,18	0,22
Среднесуточный прирост, %	1,91	1,77	1,77	1,61	0,9	1,31
Коэффициент упитанности по Фультону	0,85	0,87	0,82	0,81	0,74	0,75
Отход, %	0,5	0,5	0,4	0,7	0,7	0,6
Кормовой коэффициент, г корма / г прироста	0,76	0,64	0,66	0,86	1,00	1,44

КК в экспериментальных кормах был на 25-35 % ниже, чем в контроле. Отход рыбы составил 0,4-0,5 %, что

является очень хорошим результатом. На контрольных образцах корма отход был выше.

При проведении гистологического анализа молоди кеты, выращенной на корме датского производства «Aller Aqua» и «Далькорм», выявлено наличие патоморфологических изменений (липоидная дегенерация печени), в наименьшей степени они отмечены на корме с 6% сухого ферментализата.

Таким образом, по совокупности показателей, наилучший результат был получен, при кормлении кормом В-1-6%.

Очевидно, что первостепенное значение имеет не только компонентный, но и химический состав кормов, не говоря уже об условиях содержания рыб.

Анализ химического состава экспериментальных кормов показал, что доля белка составляет 40%, в Датском корме «Aller Aqua» – около 63%, а от «Далькорм» – 46 %. Доля жира в разработанных образцах кормов и от «Далькорм» сопоставимо равна и составляет 11,2-13,7%, в корме «Aller Aqua» доля жира в 2-2,5 раза ниже. Такая разница в содержании жира объясняется тем, что в соответствии с литературными данными, для обогащения кормов полиненасыщенными жирными кислотами рекомендуется перед кормлением молоди кеты вводить в корма 7% рыбного жира (Ж) или растительного масла (М) с добавлением витамина С и Е. Исключение составил корм «Aller Aqua». Углеводная составляющая в экспериментальных кормах на $\frac{1}{3}$ выше, чем в «Далькорм» и в 2,8 раза выше, чем в Датском корме.

Столь заметные различия в общем химическом составе экспериментальных и контрольных кормах объясняются различным исходным компонентным составом.

Общее количество незаменимых аминокислот во всех образцах находится на одном уровне 42,7-46,2 г/100 г белка.

На эффективность применения корма, также оказали условия содержания рыб. Известно, что при низких температурах воды рыбе требуется меньшее количество белка (Щербина, Гамыгин, 2006). Основную энергию организм рыбы берет из углеводов корма, она же идет на переваривание пищи, в то время как белок идет на пластический обмен.

В связи с тем, что ферментная система рыб на ранних этапах онтогенеза еще недостаточно сформирована, использование в составе стартовых кормов легкоусваиваемых источников протеина, к которым можно отнести сухой ферментализат, несомненно, является оправданным решением.

Анализ экспериментальных кормов показал, что они содержат необходимые питательные вещества для полноценного развития молоди лососевых и по своему качественному составу не уступают уже существующим на рынке кормам. По показателям качества и безопасности, разработанные корма соответствуют Единым ветеринарным требованиям ТС и могут храниться при комнатной температуре до 2,5 мес. без добавления антиокислителей.

Таким образом, при испытании комбикормов в заводских условиях выявлены преимущества сухих гранулированных стартовых кормов, разработанных ТИПРО-Центром в сравнении с широко применяемыми стартовыми кормами датского и отечественного производства. Добавление сухого ферментализата в количестве 6 и 10% заметно влияет на биологическую ценность кормов в положительную сторону. Расчеты экономической эффективности производства стартового и продукционного кормов показали, что окупаемость проекта составляет 4 года, а производительность 250 кг/ч позволяет закрыть потребности ДВ-региона в стартовых кормах для лососевых.

Список литературы

Единые ветеринарно-санитарные требования (Единые ветеринарные требования), предъявляемые к товарам, подлежащим ветеринарному контролю (надзору), с изм. от 02 марта 2011 г. Утв. Решением комиссии Таможенного союза от 18 июня 2010 г., № 317 (с изм. от 24.12.14, № 244).

Патент № 1713537. Способ получения корма для молоди лососевых рыб / Щербина М.А., Валова В.Н., Крупянко Н.И., Скирин В.И. // БИ. 1992. № 7.

Щербина, М.А., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. 360 с.

УДК 597.593.8-151:639.2.081.8

НЕКОТОРЫЕ РАЗЛИЧИЯ РЕАКЦИИ РЫБЫ НА ИСКУССТВЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА РАЗЛИЧНОГО ТИПА И ОСОБЕННОСТИ СБОРА ДАННЫХ ПОВЕДЕНИЯ ТИХООКЕАНСКОЙ САЙРЫ (*COLOLABIS SAIRA*) ИЗ УЛОВОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ФЛОТА В 2014 И 2015 ГОДАХ

Блищак Н.М., Филатов В.Н.

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток.

REACTIONS OF FISH TO ARTIFICIAL LIGHT SOURCES OF VARIOUS TYPES AND COLLECTION OF DATA ON THE BEHAVIOR OF THE PACIFIC SAURY (*COLOLABIS SAIRA*) FROM CATCHES OF FISHING VESSELS IN 2014 AND 2015

Blishchak N. M., Filatov V. N.

Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

The Pacific saury (*Cololabis saira*) is one of the most important commercial species in the Russian Federation. The saury is fished by attracting the shoal to the ship with artificial light sources and catching with specialized airborne or stern pick-ups. We during the period of expedition studies 2014-2015. Some differences in the reaction of fish to artificial light sources of various types were noted. At the same time, data were recorded on an ordinary Russian mining vessel with traditional incandescent lamps and data from a specialized Japanese-built ship equipped with LED light-emitting diodes. On the basis of the results obtained, recommendations were prepared for the captains of fishing vessels on identification and catching shoals of various types. Since fish catching can begin with an accumulation density index of 2 points out of 5. Correspondingly, the behavior of fish in jams with different density may differ, which requires different measures for catching jams with a certain density.

Keywords: Pacific saury, artificial light, differences in the reaction

Тихоокеанская сайра (*Cololabis saira*) является одним из важнейших стратегических промысловых видов в Российской Федерации. Ее ресурс огромен и имеет квот. Рекомендованный вылов в российских водах дальневосточного бассейна составляет около 200 тыс. т (193 тыс. в 2016 г.) Лов сайры ведется путем привлечения косяка к судну искусственными источниками света и облова специализированными бортовыми, или кормовыми подхватами. Кроме российских флотилий лов сайры ведут Япония, Республика Корея, Республика Тайвань (Китай) и КНР. Наибольшее количество сайры вылавливается рыбаками Японии, что обусловлено традиционностью лова сайры для Японии (начиная с XVII века), большим вниманием со стороны правительства и мощным научно-информационным обеспечением промысловой экспедиции. Промысловые суда специализированы, быстроходны, имеют хорошую устойчивость, мощное световое оснащение. Российские суда, работающие на сайровом промысле, многофункциональны и не имеют тех возможностей, которые есть у японских судов, в первую очередь, это касается малой мощности дизель-генераторов. Соответственно, при совместном облове скоплений часты случаи, когда японские суда, используя свое более мощное световое вооружение, переманивают косяк, ранее обнаруженный российским судном. Однако, не всегда мощное освещение способно привести к положительным результатам.

Несмотря на некоторые технические недостатки, российские суда способны эффективно вести лов сайры. Важно, чтобы судно было оснащено хорошей гидроакустической станцией, регулируемым светотехническим оснащением, включающего прожекторы, люстры и световую гирлянду, а также средствами измерения поверхностной температуры. С ростом расхода электроэнергии на судах, занятых ловом сайры на электрический свет, назрела необходимость уделить больше внимания рациональному использованию светового оборудования (Сидельников, 1966). Кроме решения технических и организационных проблем, увеличение эффективности лова сайры может

быть достигнуто изучением путей миграции и поведения сайровых косяков под воздействием светового поля.

Установлено, что биологической основой путинного прогноза являются данные о текущем состоянии ресурсов сайры, структуре и динамике пространственного распределения ее косяков в зависимости от ожидаемых синоптических, гидрологических и других фоновых условий в течение промыслового периода (Старцев, 2011). Нами в период экспедиционных исследований 2014-2015 гг. отмечены некоторые различия реакции рыбы на искусственные источники света различного типа (рис. 1,2,3). При этом фиксировались данные на обычном российском добывающем судне с традиционными лампами накаливания и данные со специализированного судна японской постройки, оснащенного люстрами со светодиодными источниками света технологии LED. В период работы на российском судне фиксировалось изменение реакции на яркость света, изменяемой с помощью регулятора. На тайваньском пароходе регулятора яркости света нет в виду особенностей строения электрики. Однако фиксировались изменения поведения на цвет ламп. Также учитывались размеры косяков, их биомасса, степень упитанности рыбы, стадии зрелости половых продуктов рыбы и степень жирности. По части поведения, также фиксировались некоторые «стабильные» показатели, названные нами «моделями поведения косяка».

На основе полученных результатов подготовлены рекомендации для промысловых судов по идентификации и облову косяков различных типов. Облов рыбы может начинаться с показателя плотности скопления в 2 балла из 5. Поведение рыбы в косяках с различной плотностью может отличаться, что требует разных мероприятий по отлову. В научном отчете отмечены такие факты, как: плотность скопления сайры и их реакция, максимальные уловы, количественный вылов на ловушку, размерность рыбы, средние значения морфометрии и биологических показателей. Также, в экспедициях указаны места прилова

кальмара, скумбрии и сардины-иваси. Более подробной информации с данными по поведению рыбы нет.

Опираясь на дальнейший анализ наполнения желудков сайры, можно делать заключения об эвтрофикации

районов, что может сыграть роль в поиске крупных скоплений тихоокеанской сайры.

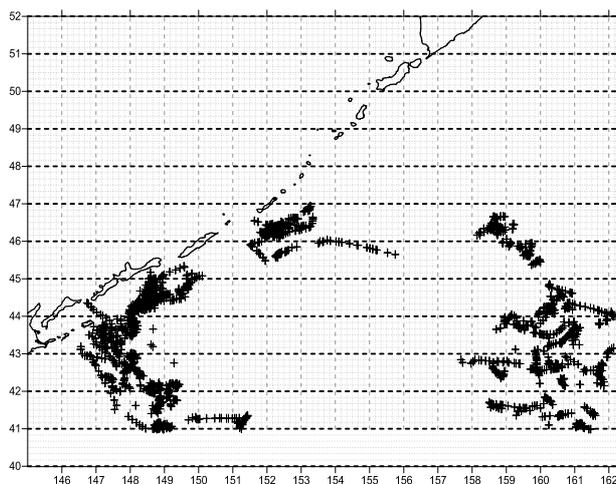


Рис. 1. Карта-схема районов учетных работ на РШ «НИКА 101» в СЗТО в июне-ноябре 2015 г.

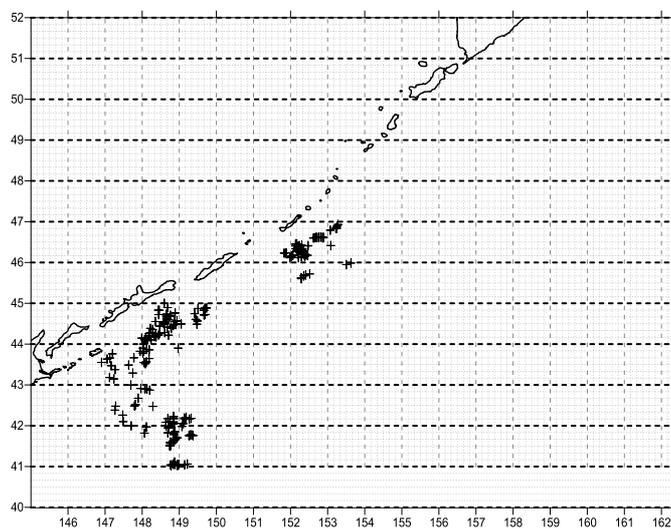


Рис. 2. Световые станции в Южно-Курильском районе, сделанные РШ "НИКА-101" за путину 2015 г.

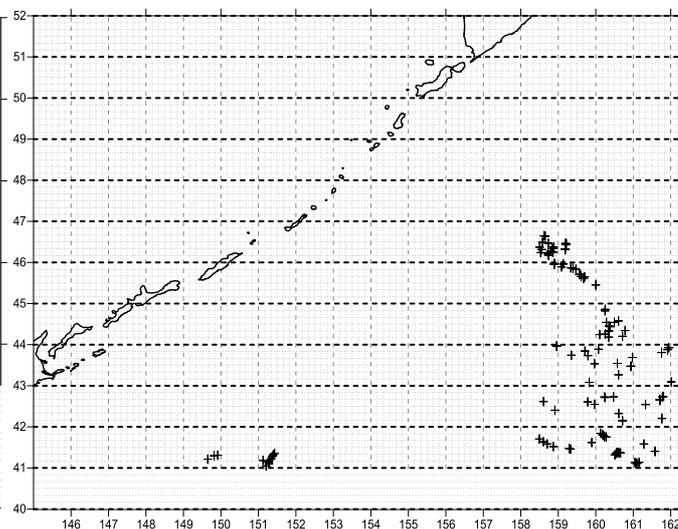


Рис. 3. Световые станции в открытых водах, сделанные РШ "НИКА-101" за путину 2015 г.

Таким образом, совмещая разные данные по поведению и биологии сайры, можно не только исследовать биологию вида, но и более подробно изучить особенности миграций. И главное, изучить суточные миграции, чтобы повысить эффективность промысла. Необходимо обратить внимание на такие немаловажные части промысла, как реакция рыбы на свет, классификации моделей поведения косяков и выяснение причин реакций. Также научиться определять стадии зрелости и наполнения желудков не вскрывая рыбу, с дальнейшим созданием методик, с целью помощи добывающим судам. Это касается «калянусной сайры», продукцию из которой требуется хранить особым способом, чтобы рыба не теряла товарный вид. В дальнейшем планируется совершенствовать методики ведения поиска и станций.

Список литературы

Сидельников И.И. О рациональном использовании светового оборудования на судах, занятым ловом сайры // Труды всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО). 1966. Т. 61. 191-196 с.

Старцев А.В. Условия формирования миграционных потоков сайры в тихоокеанских водах южных Курильских островов и биологические основы путинного сайрового прогноза // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Астрахань. 2011. С. 19.

УДК 594.5

КОМАНДОРСКИЙ КАЛЬМАР *BERRYTEUTHIS MAGISTER* (BERRY, 1913) ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И РАЗМЕРНЫЙ СОСТАВ

Борисовец Е.Э.^{1,2}, Мокрин Н.М.¹, Чумакова Н.В.²

¹Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

²Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

THE SCHOOLMASTER GONATE SQUID OF PETER THE GREAT BAY: DISTRIBUTION AND DIMENSIONAL COMPOSITION

Borisovets E.E.^{1,2}, Mokrin N.M.¹, Chumakova N.V.²

¹Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

²Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

The schoolmaster gonate squid *Berryteuthis magister* wide-spread in the North Pacific Ocean. *B. magister* is the only commercially important species of the family Gonatidae, whose total catch by Russian fishery reach more than 90 thousand metric tons. Schoolmaster gonate squid is abundant in the Japan Sea, but its commercial fisheries absent. The distribution and size composition of *B. magister* from area off Peter the Great Bay (Japan Sea) discusses, based on the analysis data collected in 9 scientific trips in 2010-2016. For this period *B. magister* was met in 197 from 633 bottom hauls, the average frequency of occurrence was 31,12%. It was observed near the bottom on the low shelf to the continental slope in a depth range from 121 to 735 m. The dorsal mantle length of *B. magister* in catches ranged from 24 to 280 mm in spring-autumn. Year by year the middle size squid, modal size 130-140, 140-150 and 160-170 mm, dominated in catches in April-May. In July-August were two modal groups 160-170 and 180-210 mm. In October size composition was also multimodal: modal groups were 110-130, 150-180 and 190-200 mm. Small juveniles were observed in spring and summer.

Keywords: *Berryteuthis magister*, schoolmaster gonate squid, the Peter the Great Bay

Командорский кальмар (*Berryteuthis magister*) широко распространен в северной части Тихого океана. Это единственный вид сем. *Gonatidae*, который является важным объектом промысла, в первую очередь российского, чья годовая добыча в прежние годы превышала уровень в 90 тыс. т (Nesis, 1998; Katugin et al., 2013). Основным промысловым районом являются тихоокеанские воды северных Курильских о-ов, хотя промысел также ведется у побережья юго-восточной Камчатки и в северо-западной части Берингова моря. Несмотря на то, что в Японском море скопления командорского кальмара отмечены на свале глубин у берегов южного Приморья, юго-западной части о-ва Сахалин и на банке Кита-Ямато, промысел его не развит (Шевцов, Мокрин, 1998; Катугин и др., 2012; Nesis, 1998). Наибольшей изученностью характеризуются кальмары из промысловых и перспективных для промысла районов. Что касается Японского моря, то это его центральная часть (район банки Кита-Ямато) и Татарский пролив (Katugin et al., 2013).

Цель работы – охарактеризовать распределение и размерный состав командорского кальмара в водах, прилегающих к заливу Петра Великого (Японское море).

В основу работы вошли материалы, собранные в 9 научно-исследовательских рейсах. Работы выполнялись на НИС «Бухоро» в 2010-2016 гг. Сбор материала осуществлялся донным тралом ДТ 27.1. Скорость траления изменялась от 2,5 до 2,9 узлов (в среднем – 2,8 узла). Время траления, в зависимости от глубины, рельефа дна и погодных условий составляло от 5 до 30 мин. (в среднем – 20 мин.). Уловы в штучном выражении пересчитывались на плотность (экз./км²). При этом использовались принятые в ТИНРО-Центре дифференцированные по размерам особой коэффициенты уловистости (Шунтов и др., 2014). Измерения дорсальной длины мантии проводились с точностью до 1 мм по стандартной методике (Филиппова, 1983). Всего, в ходе работ выполнено 633 траления, промерено 3450 особей командорского кальмара.

Схема траловых станций и локализация скоплений *B. magister* в 2010-2016 гг., представлена на рис. 1.

Следует заметить, что за весь период исследований командорский кальмар встречался исключительно за пределами географической границы залива Петра Великого – линии, соединяющей устье реки Туманной и мыс Поворотный. Его поимки отмечались в диапазоне глубин 121-735 метров (табл. 1). Частота встречаемости в уловах изменялась в широких пределах: от 17,21% в июле-августе 2014 г. до 79,41% в октябре 2010 г. За весь период работ *B. magister* был отмечен в 197 тралениях, частота встречаемости в среднем составила 31,12%. Практически все поимки командорского кальмара наблюдались за пределами материковой отмели, на материковом склоне, где средне-многолетняя встречаемость данного вида составила более 75% (табл. 1).

Отметим, что нижняя батиметрическая граница учетов данного вида всегда совпадала с наибольшими обследованными глубинами во время съемок. Можно предположить, что в водах, прилегающих к заливу Петра Великого, командорский кальмар обитает и глубже указанной выше глубины 735 м, поскольку известно, что в Японском море он встречается и на более низких горизонтах до 1000 м и более, образуя наибольшие концентрации в диапазоне глубин 300-500 м (Katugin et al., 2013).

Оценки плотностей изменялись в широких пределах, в среднем составляя порядка 20 тыс. экз./км². В 2013-2014 гг. было выполнено две съемки в год – весной и летом, что позволило выявить сезонные различия в обилии вида в два смежных года. Оказалось, что в апреле-мае 2013-2014 гг. плотность кальмаров не превышала 4 тыс. экз./км², тогда как в июле-августе она возросла более, чем в 6 раз (табл. 1). Однако в последующие два года (2015-2016 гг.), как и два предыдущих (2010-2011 гг.) обилие кальмаров в весенний период было близко к среднемуголетнему значению.

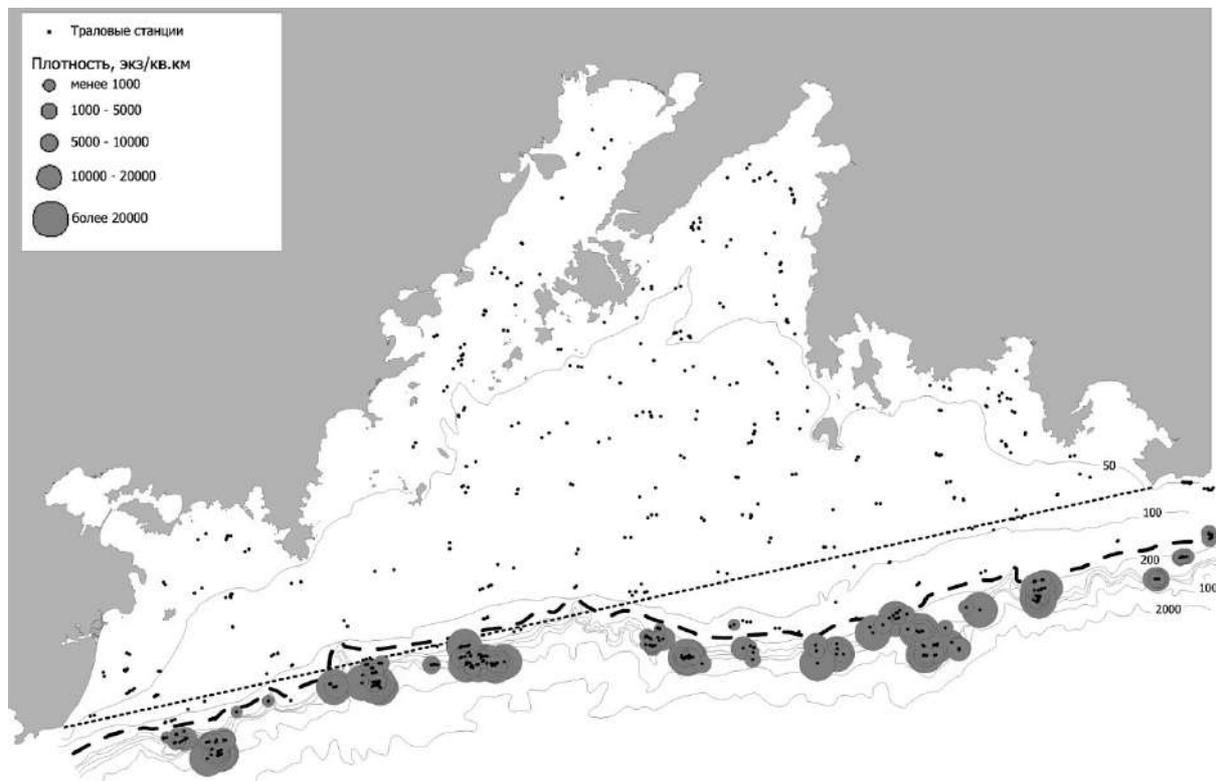


Рис. 1. Локализация скоплений командорского кальмара (2010-2016 гг.). Пунктирная линия – граница залива Петра Великого, штриховая – бровка шельфа.

Таблица 1. Глубины поймок, частоты встречаемости и оценки плотности *B. magister*

Период работ	Глубины, м	Частота встреч, %		Плотность, экз./км ²	
		в съемке	на склоне	среднее	пределы
06.10-19.10.2010	214-665	79,41	87,10	20257	250-92816
08.05-20.05.2011	214-733	33,33	68,75	24933	1035-148996
14.05-30.05.2012	226-653	27,85	57,89	18622	388-246387
06.07-08.08.2013	150-652	24,37	90,63	34785	402-413219
27.04-12.05.2013	121-550	35,29	67,74	3944	388-16555
02.07-03.08.2014	218-645	17,21	72,41	22765	259-322111
25.04-30.04.2014	130-316	30,00	100,00	3506	1207-7760
01.04-17.04.2015	153-717	42,37	86,21	12075	375-63399
02.04-23.05.2016	172-735	31,58	75,00	28756	388-235232
2010-2016	121-735	31,12	75,39	20757	250-413219

Общий размерный ряд командорского кальмара в уловах варьировал от 24 до 280 мм. Как следует из наших данных, размерный состав скоплений командорского кальмара определяется в первую очередь сезоном сбора материала. В апреле-мае, как правило, преобладали средние по размеру особи. Модальные классы в разные годы формировали особи с длиной мантии 130-140, 140-150 и 160-170 мм. При этом диапазон размерного состава был весьма широк. Наряду со взрослыми особями в уловах отмечалась молодь. В июле-августе размерная структура была относительно проста: в уловах доминировали кальмары с длиной мантии 180-210 и 160-170 мм, что, по-видимому, соответствует самкам и самцам. Кроме того, в июле-августе по-прежнему присутствовали мелкоразмерные особи. В октябре размерный ряд был также полимодальным, выделялись группировки: 110-130 мм, 150-180 мм и 190-200 мм. Сравнение литературных данных по сезонной динамике размерного состава командорского кальмара из центральной части Японского моря (Katugin et al.,

2013) с нашими материалами позволяет сделать вывод, о сходстве изменчивости размерного состава уловов вида в указанных районах.

Список литературы

- Катугин О.Н., Млынар Е.В., Шевцов Г.А. Головоногие моллюски северной части Японского моря: видовой состав, экология и промысел // Вопросы рыболовства. 2012. Т. 13. №3(51). С. 652-662.
- Филитпова Ю.А. Рекомендации по изучению головоногих моллюсков. М.: Изд-во ВНИРО, 1983. 34 с.
- Шевцов Г.А., Мокрин Н.М. Фауна головоногих моллюсков зоны России Японского моря в летне-осенний период // Известия ТИНРО. 1998. Т. 123. С. 191-206.
- Шунтов В.П., Волвенко И.В., Кулик В.В., Бочаров Л.Н. Макрофауна бентали залива Петра Великого (Японское море): таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1978-2009. Владивосток: Изд-во ТИНРО, 2014. 307 с.

Katugin O.N., Shevtsov G.A., Zuev M.A., Didenko V.D., Kulik V.V., et al. *Berryteuthis magister*, Schoolmaster Gonate Squid. // Advances in Squid Biology and Fisheries. Part II – Oegopsid Squids. Nova Science Publishers, Inc., 2013. P. 1-48.

Nesis K.N. The gonatid squid *Berryteuthis magister* (Berry, 1913): distribution, biology, ecological connections, and fisheries. // Contributed Papers to International Symposium on Large Pelagic Squids, JAMARC, Tokyo, 1998. P. 233-249.

УДК 591.69-7

О РАЗНООБРАЗИИ ПАРАЗИТОВ КАМЧАТСКОГО ХАРИУСА (*THYMALLUS ARCTICUS MERTENSII*) РЕКИ ПЕНЖИНА, БАСЕЙН ОХОТСКОГО МОРЯ

Бусарова О.Ю., Коваль М.В.

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (ДАЛЬРЫБВТУЗ), г. Владивосток

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский

DIVERSITY PARASITES OF *THYMALLUS ARCTICUS MERTENSII* OF THE PENZHINA RIVER, THE SEA OF OKHOTSK BASIN

Busarova O.Yu., Koval M.V.

Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky Far Eastern State Technical Fisheries University (FESTFU), Vladivostok

The data on the parasites fauna of the Penzhina River (Kamchatka) *Thymallus arcticus mertensii* is presented. 10 species of parasites from 5 classes were found: *Chloromyxum tuberculatum*, *Myxobolus* spp., *Diplostomum* sp., *Triaenophorus nodulosus*, *Salmonema ephemeridarum*, *Cystidicola farionis*, *Pseudocapillaria salvelini*, *Echinorhynchus cotti*.

Keywords: parasite fauna, fish ecology, freshwater fish, Salmoniformes, Kamchatka

Камчатский хариус распространен от бассейна р. Камчатки и далее на север, по ареалу встречается мозаично и нуждается в охране (Атлас..., 2015). В р. Пенжина эти рыбы многочисленны и являются значимым объектом потребительского и спортивно-любительского рыболовства (Коваль и др., 2015). Сведения о разнообразии их паразитов имеют важное практическое и теоретическое значение. С одной стороны, паразиты рыб могут быть опасными для человека, либо же влиять на качество рыбного сырья, а с другой стороны, паразиты, как полноправные сочлены любого биоценоза, трансмигрируя по трофическим цепям довольно четко могут отражать особенности экологии рыб. В связи с этим, цель работы состояла в описании разнообразия паразитов камчатского хариуса реки Пенжина.

Река Пенжина расположена на северо-западе Камчатки и впадает в Охотское море. По площади водосбора (73 500 км²) р. Пенжина является самой крупной рекой Камчатского края, ее воды принимает Пенжинская губа. Эстуарию р. Пенжина характерны экстремально высокие приливы (до 13 м) (Горин и др., 2015). Ихтиофауна реки насчитывает 25 видов, многие из которых имеют важное промысловое значение (Коваль и др., 2015).

Материалом для работы послужили сборы паразитов с 27 экз. хариуса. Рыб отлавливали в августе 2015 г. жаберными сетями в 25 км от устья реки Пенжина. Рыбы были заморожены, и их дальнейшая обработка проводилась в лабораторных условиях. Паразитологическое вскрытие рыб проводили по общепринятой методике (Быховская-Павловская, 1985) с учетом специфики работы с замороженным материалом. Рыб не обследовали на наличие простейших в мускулатуре, на поверхности тела, плавниках и жабрах. Видовую принадлежность паразитов устанавливали по «Определителю паразитов пресноводных рыб СССР» (Определитель..., 1984, 1987).

Нами исследована молодь камчатского хариуса. Средняя длина рыб составляла 149 мм (75,0-254,0), средняя масса – 54,3 г (4,1-120,9).

Всего у камчатского хариуса р. Пенжина нами обнаружено 10 видов паразитов, относящихся к 5 классам: *Myxosporea*, *Trematoda*, *Cestoda*, *Nematoda* и *Acantocephala*.

У камчатского хариуса в желчном пузыре единично отмечены споры миксоспоридии *Chloromyxum tuberculatum* Konovalov, 1966. В ткани продолговатого мозга рыб присутствовали два типа спор миксоспоридий рода *Myxobolus* Butschli, 1882. По морфологическим признакам эти споры отличны как между собой, так и от широко распространенных на Дальнем Востоке паразитов, локализующихся в мозгу рыб – *M. arcticus* Pugatshev et Khokhlov, 1979 и *M. neurobius* Schuberg et Schroder, 1905. Жизненный цикл миксоспоридий протекает при участии дефинитивных хозяев – кольчатых червей (и возможно других групп беспозвоночных) и промежуточных хозяев – рыб (реже других позвоночных) (Okamura et al., 2015).

Во внутренней среде глаз камчатского хариуса локализовались метацеркарии трематод рода *Diplostomum* Nordmann, 1832. Их видовая принадлежность нами не установлена. Во внутренней среде глаз рыб Камчатки и Чукотки зарегистрированы 5 видов диплостомид – *D. repandum* Dubois et Raush, 1950, *D. gasterostei* Williams, 1966, *D. pungiti* Shigin, 1965, *D. volvens* Nordmann, 1832, *D. spathaceum* (Rudolphi, 1819) (Шедько, 2001). Первые промежуточные хозяева диплостомид – моллюски рода *Lymnaea*, окончательные хозяева – рыбацкие птицы (Судариков, 1971).

Цисты, содержащие плероцеркоиды *Triaenophorus nodulosus* (Pallas 1781) локализовались на печени у камчатского хариуса. Основным хозяином этого паразита – щука, промежуточный хозяин – различные виды веслоногих

рачков *Cyclopoidea* и *Calanoida*, дополнительный хозяин – многие виды рыб (Куперман, 1973). *T. nodulosus* оказывает на рыб весьма патогенное влияние (Пронина, Пронин, 1988).

Нематоды в наших сборах представлены 4 видами: *Salmonema ephemeridarum* Linstow, 1872, *Cystidicola farionis* Fisher, 1798, *Pseudocapillaria (Ichthyocapillaria) salvelini* Polyansky, 1952. Для *S. ephemeridarum* лососевые рыбы являются основными хозяевами, промежуточные хозяева – личинки и нимфы поденок, паратенические хозяева – нехищные рыбы, постциклические хозяева – хищные рыбы (Пугачев, 2004). Дефинитивные хозяева *C. farionis* – преимущественно лососевые рыбы (Пугачев, 2004), промежуточные хозяева – гаммарусы (Black, Lankester, 1980). Паразит живет в рыбе не менее двух лет (Black, Lankester, 1980) и способен накапливаться у них в течение жизни (Knudsen, Klemetsen, 1994). *P. salvelini* встречалась в кишечнике камчатского хариуса. Биология вида до конца не ясна, вероятно, олигохеты выступают в качестве паратенических хозяев, дефинитивные хозяева, вероятно, многие виды рыб, преимущественно лососеобразных (Пугачев, 2004).

Скребни в наших сборах представлены одним видом — *Echinorhynchus cotti* Yamaguti, 1939. Жизненный цикл этого вида остается не изученным. Вероятно, его промежуточные хозяева – амфиподы, дефинитивные хозяева – различные виды рыб.

Ранее паразитофауна камчатского хариуса была изучена С.М. Коноваловым (1971). По сведениям С.М. Коновалова у камчатского хариуса р. Пенжина встречаются еще 11 видов паразитов: *Hexamita salmonis*, *Tripartiella incise*, *Muxobolus neurobius*, *Henneguya zschokkei*, *Tetraonchus borealis*, *Gyrodactylus thymalli*, *G. magnus*, *Crepidostomum farionis*, *C. metoecus*, *Proteocephalus longicollis*, *Salmincola thymalli*. Однако, автор не указывает для этих рыб диплостомид, *Cystidicola farionis* и *Echinorhynchus cotti*, обнаруженные нами. Таким образом, список паразитов камчатского хариуса р. Пенжина с учетом литературных данных насчитывает 20 видов.

В количественном отношении зараженность хариуса паразитами является довольно низкой. По нашим данным наиболее сильно эти рыбы инвазированы скребнем *Echinorhynchus cotti* (ИО=33,0), по данным С.М. Коновалова (1971) – моногенеей *Tetraonchus borealis* (ИО=6,6). Такая низкая зараженность хариуса паразитами вполне характерна для речных рыб отряда *Salmoniformes*.

Список литературы

Атлас-определитель рыб Камчатки и сопредельных территорий / под ред. Есина Е.В. М.: Изд-во ВНИРО, 2015. 144 с.

Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.

Горин С.Л., Коваль М.В., Сазонов А.А., Терский П.Н. Современный гидрологический режим нижнего течения реки Пенжины и первые сведения о гидрологических процессах в ее эстуарии (По результатам экспедиции 2014 г.) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2015. Вып. 37. С. 33-52.

Коваль М.В., Есин Е.В., Бугаев А.В., Карась В.А., Горин С.Л., и др. Пресноводная ихтиофауна рек Пенжина и Таловка (Северо-Западная Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2015. Вып. 37. С. 53-145.

Коновалов С.М. Дифференциация локальных стад нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum). Л.: Наука, 1971. 229 с.

Куперман Б.И. Ленточные черви рода *Triaenophorus* – паразиты рыб. Л.: Наука, 1973. 207 с.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 1. Паразитические простейшие. Л.: Наука, 1984. 428 с.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3. Паразитические многоклеточные (2-я часть). Л.: Наука, 1987. 583 с.

Пронина С.В., Пронин Н.М. Взаимоотношения в системах гельминты-рыбы (на тканевом, органном и органном уровне). М.: Наука, 1988. 176 с.

Пугачев О.Н. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. Нематоды, скребни, пиявки, моллюски, ракообразные, клещи. СПб.: Тр. Зоол. ин-та РАН, 2004. Т. 304. 250 с.

Шедько М.Б. Трематоды отряда *Strigeidida* в биоценозах бассейна оз. Азабачьего // Мат. II науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2001. С. 109-111.

Судариков В.Е. Отряд *Strigeidida* (La Rue, 1926) Sudarikov, 1959. Подотряд *Strigeata* La Rue, 1926 // Трематоды животных и человека. М.: Наука, 1971. Т. 24. С. 71-272.

Black G.A., Lankester M.W. Migration and development of swim-bladder nematodes, *Cystidicola* spp. (Habronematodea), in their definitive hosts // Canadian Journal of Zoology. 1980. V. 58(11). P. 1997-2005.

Knudsen R., Klemetsen A. Infections of *Diphyllobothrium dendriticum*, *D. ditremum* (Cestoda), and *Cystidicola farionis* (Nematoda) in a north Norwegian population of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) during winter // Canadian Journal of Zoology. 1994. V. 72(11): P. 1922-1930.

Okamura B., Gruhl A., Bartholomew J.L. Muxozoan evolution, ecology and development. Springer, 2015. 441 p.

УДК 597.423:639.3.04

РЕАКЦИЯ КРОВИ СТАРШЕГО РЕМОНТА САХАЛИНСКОГО ОСЕТРА НА УСЛОВИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ НА АНЮЙСКОМ ОРЗ

Валова В.Н.

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток.

GREEN STURGEON OLDER NEW-SPAWNER BLOOD REACTION ON THE ANUIY STURGEON HATCHERY REARING CONDITIONS

Valova V.N.

Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

In 2015, data were obtained on reaction of blood of the older repair Sakhalin sturgeon grown in the Anui sturgeon hatchery from fertilized eggs obtained at fish point on the river Tumnin from wild spawners. The paper presents characteristics of erythron and quantitative indicators of the white blood cells. According to the results of the physiological status of the older repair Sakhalin sturgeon grown on artificial feeds in terms of Anui sturgeon hatchery at the vegetation period can be considered satisfactory.

Keywords: *Acipenser mikadoi*, erythrocyte, hematocrit, hemoglobin, thrombocyte, leucocyte, physiological status, erythron

Сахалинский осетр (*Acipenser mikadoi*) в настоящее время является самым малочисленным видом осетровых рыб в Российской Федерации, вследствие чего занесен в Красную Книгу России (как находящийся под угрозой исчезновения), в международную Красную книгу (IUCN Red List of Threatened Species, 2014), а также в Приложение II Конвенции о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимся под угрозой уничтожения (СИТЕС – CITES). В связи с этим исследование многих показателей жизнедеятельности этого вида в естественной среде обитания практически невозможно. Однако эту проблему можно разрешить с помощью искусственного разведения, когда часть показателей физиологического состояния рыб (гематологические показатели) можно получить прижизненным путем и на их основании можно нивелировать часть проблем, возникающих при выращивании молоди в заводских условиях.

Цель работы – оценить реакцию крови старшего ремонта сахалинского осетра на условия выращивания на Анюйском ОРЗ.

Материал для исследования был собран в летне-осенний период 2015 г. на Анюйском осетровом рыбноводном заводе (Анюйский ОРЗ) ФГБУ «Амуррыбвод» (Хабаровский край). Объектом исследования служил старший ремонт сахалинского осетра в возрасте более 8, выращенный из оплодотворенной икры, полученной от диких производителей в 2007 г на рыбноводном пункте, расположенном в 16 км вверх по течению от устья р. Тумнин. Все исследованные особи имели магнитные метки (чипы) имплантированные в спинные мышцы.

Забор крови проводился из хвостовой вены одновременно с определением стадии зрелости гонад с помощью аппарата УЗИ и взвешиванием рыбы. Анализ полученных образцов крови, проводился согласно общепринятым методикам (Иванова, 1983; Бяловский и др., 1999; Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб, 1998). Физиологическое состояние рыб оценивалось по состоянию эритрона и количественным и качественным показателям белой крови. Также на мазках крови выявлялось наличие патоморфологически измененных клеток красной и белой крови, свидетельствующих о развитии различного рода заболеваний.

Полученные результаты представлены в табл. 1.

Согласно полученным в ходе исследований данным у всех исследованных особей наблюдалось снижение общего числа эритроцитов в конце июля одновременно со снижением общего количества гемоглобина в крови на фоне почти двух кратного увеличения значений СОЭ.

При этом наблюдалось снижение значения гематокрита на 27,46% по сравнению с таковым в первой декаде июня 2015 г. и как следствие этого уменьшение значений MCV, что свидетельствовало о развитии анемии. В то же время концентрация гемоглобина в одном эритроците (MCHC) была достаточно низкой. При усиленном эритропоэзе, о котором свидетельствует преобладание юных форм эритроцитов, количественный рост эритроцитов нередко опережает синтез гемоглобина и поэтому часто возникает картина ложной анемии. Для нее характерно недостаточное насыщение эритроцита гемоглобином, при этом на мазке крови молоди наблюдается анизохромазия эритроцитов. В тоже время на мазках крови отмечалось присутствие гипохромных и ортохромных эритроцитов, а также эритроцитов с вакуолизированной цитоплазмой. Такая картина крови свидетельствует о том, что в период высоких температур у старшей возрастной молоди сахалинского осетра наблюдается развитие патоморфологических изменений во внутренних органах и это подтверждается высокими значениями СОЭ (скорость оседания эритроцитов). При этом наблюдается большая вариативность в значениях количественных показателей эритрона. Но, из-за того, что норма этого показателя для осетровых рыб пока не установлена, делать, какие-либо выводы в отношении этого показателя мы не правомочны, несмотря на то, что низкие значения объема эритроцитов могут быть обусловлены развитием диффузных поражений печени и микроцитарной анемии. В ходе исследований было выявлено наличие у всей исследованной молоди патоморфологических изменений клеток красной крови. Наиболее часто встречаемой патологией была гипохромазия и ортохромазия эритроцитов, также довольно большую долю составляли эритроциты с вакуолизированной цитоплазмой. У многих рыб наблюдалась адгезия эритроцитов, так называемые «монетные столбики», сопровождавшаяся агрегацией тромбоцитов. Также часто встречались анизоцитоз, пойкилоцитоз и гемолиз эритроцитов.

Таблица 1. Количественные показатели крови старшего ремонта сахалинского осетра при заводском выращивании

Показатели	Сахалинский осетр, 8+		
	05.06.2015 г.	30.07.2015 г.	30.09.2015 г.
Общее число эритроцитов, млн/мкл	$1,149 \pm 0,07$ 0,68–1,42	$0,893 \pm 0,05$ 0,67–1,19	$1,187 \pm 0,400$ 1,000–1,650
Гемоглобин, г/л	$89,40 \pm 0,23$ 63,00–139,00	$*61,00 \pm 4,07$ 36,00 – 88,00	$81,85 \pm 4,54$ 59,00–139,00
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), мм/час	$9,6 \pm 2,24$ 2,00–25,00	$*16,33 \pm 3,39$ 2,00–50,00	$11,10 \pm 1,82$ 3,00–27,00
Гематокрит, об/%	$29,17 \pm 2,63$ 14,29–39,60	$*21,16 \pm 1,89$ 9,33–30,26	$29,24 \pm 2,45$ 12,00–58,33
Содержание гемоглобина в 1 эритроците (MCH), пг	$79,71 \pm 6,12$ 55,63–122,73	$*68,87 \pm 3,67$ 46,15–88,87	$89,39 \pm 3,37$ 45,45–106,11
Средний объем 1 эритроцита и (MCV), мкм ³	$263,04 \pm 30,94$ 144,79–453,97	$*241,53 \pm 23,67$ 106,02–387,00	$254,45 \pm 23,10$ 96,00–456,8
Концентрация гемоглобина в 1 эритроците (MCHC), г %	$32,56 \pm 3,02$ 22,35–52,54	$32,48 \pm 4,33$ 14,05–67,52	$32,65 \pm 4,37$ 17,66–102,50
Цветной показатель (Color Index)	$2,39 \pm 0,18$ 1,67–3,68	$2,07 \pm 0,11$ 1,38–2,67	$2,08 \pm 0,10$ 1,36–3,18
Общее число лейкоцитов, тыс./мкл	$42,00 \pm 0,84$ 35,00–44,00	$*35,33 \pm 1,22$ 31,00–44,00	$41,30 \pm 0,70$ 35,00–45,00
Общее число тромбоцитов, тыс./мкл	$107,2 \pm 2,31$ 96,00–118,00	$119,33 \pm 2,31$ 100,00–128,00	$119,60 \pm 1,6$ 101,00–129,00

*Достоверные отличия при $P < 0,5$. В числителе – среднее значение и стандартное отклонение, в знаменателе – диапазон значений

Белая кровь у старшего ремонта сахалинского осетра носила достаточно ярко выраженный лимфоидный характер. Доля эозинофилов приближалась к норме (6-8% для каспийских осетровых рыб) и составляла 5,65%, Доля нейтрофилов в периферической крови у старшего ремонта сахалинского осетра находилась в пределах нормы. в пределах нормы и варьировала от 11,4% (минимум) до

25,35% (максимум). Довольно частым явлением было появление пенистых клеток, у некоторых особей число пенистых клеток явно превышало число оставшихся клеток крови (рис. 1).

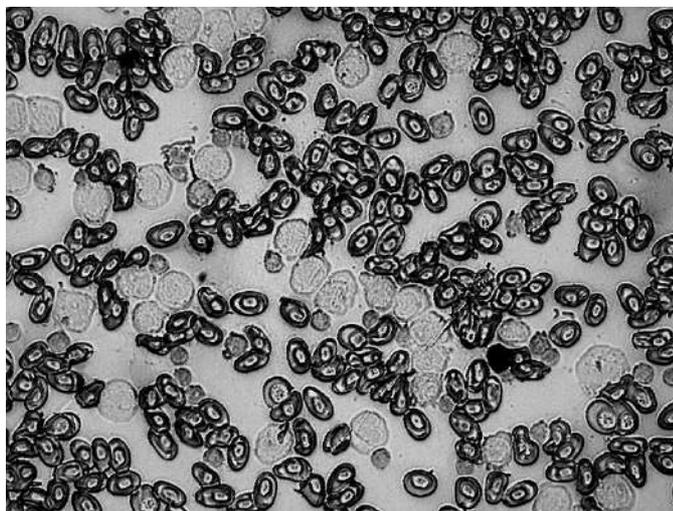


Рис. 1. Патоморфологические изменения в клетках красной и белой крови

Таким образом, можно сделать следующий вывод: Несмотря на выявленные признаки патоморфологических процессов в организме рыб (микроцитарная анемия, пойкилоцитоз, анизоцитоз, адгезия эритроцитов, гипохроматозия, появление пенистых клеток и др.) условия содержания на Анюйском ОРЗ не оказали значительного влияния на физиологический статус старшего ремонта сахалинского осетра, который в течение вегетационного периода находился на довольно высоком уровне.

Список литературы

- Бяловский Ю.Ю., Глобин В.И., Шустова С.А. Анализ гемограмм, теория и практика (учебное пособие). Рязань: Медуниверситет, 1999. 84 с.
- Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 184 с.
- Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. В 2-х ч. М.: Отд. Маркетинга АМБ-агро, 1998. ч. 1. 310 с., ч. 2. 234 с.

УДК 563.14(265.2)

РАДИОЛЯРИИ СРЕДНЕГО МИОЦЕНА-РАННЕГО ПЛИОЦЕНА И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СТРАТИГРАФИИ ПОДВОДНОГО ХРЕБТА ВИТЯЗЬ (ОСТРОВНОЙ СКЛОН КУРИЛО-КАМЧАТСКОГО ЖЕЛОБА)

Василенко Л.Н.

Тихоокеанский океанологический институт им. Ильичева (ТОИ) ДВО РАН, г. Владивосток

MIDDLE MIOCENE-EARLY PLIOCENE RADIOLARIANS AND THEIR VALUE FOR THE STRATIGRAPHY OF THE SUBMARINE VITYAZ RIDGE (ISLAND SLOPE OF THE KURIL-KAMCHATKA TRENCH)

Vasilenko L.N.

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute (POI) FEB RAS, Vladivostok

The author studied radiolarians from the sediments of the southern plateau of the underwater Vityaz ridge (island slope of the Kuril-Kamchatka Trench). As a result, 3 complexes of radiolarians of the Middle Miocene-Early Pliocene were established. The mixing of radiolarians of the Early Miocene and Late Miocene-Early Pliocene age at station Lv37-36 was revealed. On base radiolarian analysis results we suggest erosion of Early Miocene sediments of southern plateau of the Vityaz ridge during the Early Pliocene.

Keywords: radiolarians, Miocene, Pliocene, Vityaz ridge.

Геолого-геофизические исследования Курильской островной дуги проводились с 1973 г. В результате установлены образования кайнозойского возраста, представленные 5 толщами: палеоценовой, эоцен-нижнемиоценовой, среднемиоценовой, верхнемиоцен-нижнеплиоценовой и верхнеплиоцен-плейстоценовой (Васильев, 1988). Радиоларии впервые были изучены на островном склоне Курило-Камчатского желоба (ККЖ) из эоцен-нижнемиоценовой толщи (Точилина, 1985), а позднее в морских разрезах о-вов Итуруп и Кунашир (Большая Курильская гряда) из среднемиоценовой и верхнемиоцен-нижнеплиоценовой толщ (Витухин и др., 1996; Рунова, Ушко, 1984).

В последнее время возрос интерес к истории развития районов, приуроченных к сейсмоактивной зоне. Одним из таких районов является подводный хребет Витязь, расположенный с тихоокеанской стороны островного склона ККЖ. Грабеном Буссоль он подразделяется на южное и северное плато (Васильев, 1988). Начиная с 2005 г. в этом районе выполнены геолого-геофизические работы в 37 и 52 рейсах НИС «Академик М.А. Лаврентьев». В результате были выделены 4 литолого-стратиграфических комплекса: верхнемеловой-нижнепалеоценовый, палеоцен-эоценовый, олигоцен-среднемиоценовый и плиоцен-плейстоценовый (Кулинич и др., 2007; Терехов и др., 2013). На северном плато выявлен размыв олигоцен-раннемиоценовых отложений в раннем плиоцене. Радиоларии изучались из верхнемелового-нижнепалеоценового и олигоцен-среднемиоценового комплексов (Смирнова, 2007; Василенко, 2015).

Задача настоящей работы определить возраст отложений в районе южного плато хребта Витязь и провести корреляцию с Япономорской областью.

Материал представлен пробами драгирования, поднятыми на 2-х станциях с глубины 2300-1800 м в 37 и 52 рейсах НИС «Академик М.А. Лаврентьев». Изучение даже небольшого количества проб драгирования имеет важное значение для выявления стратиграфической последовательности отдельных слоев, осадочного чехла, сформированных в разное время. Методика радиолариевого анализа приведена в работе (Точилина, 1985).

В результате изучения радиоларий выявлены био-стратиграфические комплексы, содержащие виды-индексы радиолариевых зон, выделенных ранее в северо-западной части Тихого океана (рис. 1). Определение возраста комплексов стало возможным только благодаря шкале, разработанной по материалам глубоководного бурения островного склона Японского желоба (скв. 438А) и гайота Детройт (скв. 884В) (Точилина, 2013, 2015). Корреляция с диатомовыми зонами, осуществлялась по данным (Терехов и др., 2013).

Наиболее древний олигоценовый вид *Haliomma nobile* Ehrenberg встречен в средне-верхнемиоценовом комплексе (обр. Lv52-12-3). Этот вид-индекс характеризует одноименную зону, выделенную в отложениях гайота Детройт (Точилина, 2015). Кроме этого, наблюдается смешанный состав раннемиоценовых и позднемиоцен-плиоценовых радиоларий (обр. Lv37-36-1). По диатомовому анализу, отложения станции Lv37-36 отнесены к олигоцен-среднемиоценовому комплексу зона *Thalassiosira praeфрага* – 24,0-20,3 млн. лет. В результате применения радиолариевого анализа, в приведенном образце, наряду с олигоцен-раннемиоценовыми радиолариями (*Dorylonchidium* sp., *Spirotunica polyacantha* (Campbell et Clark), *Cyrtocapsella isopera* Chen, *Botryopera triloba* Ehrenberg и др.), встречены редкие таксоны раннеплиоценового возраста.

Комплекс с *Lychnocanoma nipponica magnacornuta* – *Theocorys redondoensis* соответствует комплексам одноименных зон, выделенных в Япономорской области (Funayama, 1988; Reynolds, 1980). Численность радиоларий составляет 3040 экз./г. Раковины имеют, преимущественно, хорошую сохранность. Содержание представителей *Spumellaria* и *Nassellaria* почти равное (40,4%). Виды-индексы занимают: *Theocorys redondoensis* Campbell et Clark – 8,5%, *Lychnocanoma nipponica magnacornuta* Sakai – 2,1%. Таксономический состав представлен: *Stylosphaera sulcata* Ehrenberg – 2,1%, *Lithatractus* aff. *pierinae* Clark et Campbell – 2,1%, *Spongopyle setosa* Dreyer – 2,1%, *Cornutella hexagona* Haeckel – 6,4%, *Cyrtopera la-guncula* Haeckel – 4,3% и др.

Отдел	Подотдел	Гайот Детройт (схв. 884В)		Острова Итуруп и Кунашир (Большая Курильская гряда)		Подводный хребет Витязь (островной склон ККЖ)		Диатомовые зоны и возраст, млн. лет (Гладенков, 2007)							
		Радиоляриевые зоны и возраст, млн. лет (Точилина, 2015)		(Рунёва, Ушко, 1984)	Комплексы Radiolaria (Витухин, 1996)	(наст. раб.)	Номера образцов								
Миоцен	верхний	3.5	<i>Clathrocyclas bicornis</i>	<i>Spongotrochus glacialis</i>		<i>Spurioclathrocyclas bicornis</i>	Lv37-36-1	Neodenticula kamschatica	3.9-						
			<i>Ariadnella numerosa</i>								4.0				
		6.1	<i>Lithocampe radicula</i>												
		6.5	<i>Stichocorys delmontensis</i>												
		7.5	<i>Lychnocanium parallelipes</i>						<i>Thecosphaera japonica</i>				7.3-		
		9.88	<i>Eucyrtidium inflatum</i>												7.4
			<i>Theocorys redondoensis</i>												
		12.7	<i>Lychnocanium nipponicum</i>						<i>Lychnocanium nipponicum</i>	<i>Lychnocanium nipponicum</i>	<i>Theocorys redondoensis</i> - <i>L. nipponicum</i>	<i>Lv52-12-3</i>	<i>Denticulopsis praedimorpha</i>	11.5	
		14.8								<i>magnacornutum</i>	<i>magnacornutum</i>			12.9	

Рис. 1. Корреляционная схема радиоляриевых зон, выделенных в отложениях гайота Детройт и комплексов с радиоляриями, прослеженных на о-вах Итуруп и Кунашир, а также на подводном хребте Витязь

Приведенные таксоны широко распространены в Японском море и на островном склоне Японского желоба. Присутствие видов-индексов позволяет определить возраст комплекса концом среднего-поздним миоценом. Диатомеи соответствуют зоне *Denticulopsis praedimorpha* (12,9-11,5 млн лет).

Комплекс с *Ariadnella numerosa* соответствует одноименной зоне, выделенной на островном склоне Японского желоба (Точилина, 2013). Численность радиолярий составляет 2500 экз./г. Раковины имеют хорошую сохранность. На представителей *Spumellaria* приходится 82,4%: *Stylosphaera angelina* Campbell et Clark – 2,9%, *Hexacantium subtile* Carnevale – 5,9%, *Hexalonche aristarchi* Haeckel

– 2,9%, *Heliodiscus* sp. – 2,9%, *Spirotunica irregularis* (Dreyer) – 8,8% и др. *Nassellaria* представлены: *Lychnocanium parallelipes* Motoyama – 2,9%, *Lithocampe radicula* Ehrenberg – 2,9%, *Ariadnella numerosa* Tochilina – 8,8% и *Stichocorys delmontensis* Campbell et Clark – 2,9% и др. Доминирование вида-индекса зоны *Ariadnella numerosa* установлено на уровне 6,1 млн лет. Присутствие видов-индексов *Lychnocanium parallelipes* и *Lithocampe radicula* позволяет предположить участие этих зон в формировании изучаемых отложений (рис. 2). По определениям И.Б. Цой (устное сообщение), диатомеи относятся к зоне *Neodenticula kamschatica* (7,4-7,3 – 4,0-3,9 млн лет), согласно шкале А.Ю. Гладенкова (2007).

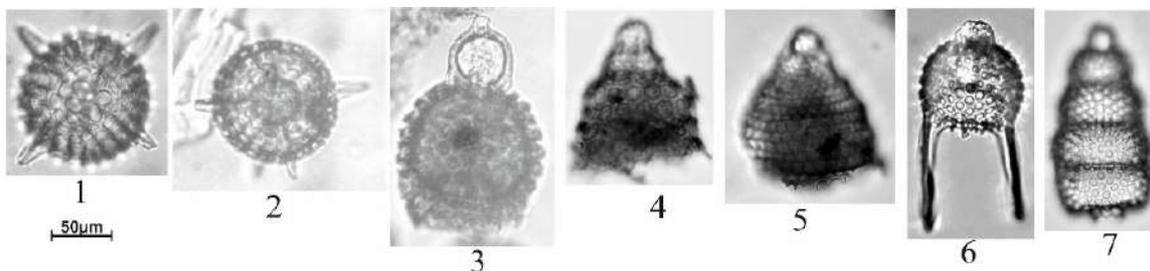


Рис. 2. Позднемиоценовые-плиоценовые радиолярии хребта Витязь: 1 – *Hexalonche aristarchi* Haeckel, 2 – *Hexacantium subtile* Carnevale, 3 – *Theocorys redondoensis* Campbell et Clark, 4 – *Spurioclathrocyclas bicornis* (Hays), 5 – *Theocalyptra bicornis spongothorax* Chen, 6 – *Lychnocanium parallelipes* Motoyama, 7 – *Ariadnella numerosa* Tochilina

Комплекс с *Spurioclathrocyclas bicornis*. Раковины имеют удовлетворительную сохранность. Таксономический состав представлен: *Cromyechinus* sp., *Spirotunica irregularis* (Dreyer), *Spurioclathrocyclas bicornis* (Hays), *Theocalyptra bicornis spongothorax* Chen. Рассматриваемый комплекс условно отнесен к зоне *Clathrocyclas* (= *Spurioclathrocyclas*) *bicornis* по присутствию вида-индекса, родовая принадлежность которого уточнена в работе (Точилина, Василенко, 2017). Основание зоны датируется от 6,2/6,0 до 3,5/3,2 млн. лет (Точилина, 1985; 2015). Вид-индекс доминирует в плиоцене-плейстоцене.

Выводы. В районе южного плато подводного хребта Витязь установлены комплексы радиолярий среднего миоцена-раннего плиоцена. Наблюдается смешение разновозрастных комплексов радиолярий позднего олигоцена и среднего миоцена, а также раннего миоцена и раннего плиоцена. Одной из причин этого, могли быть

активные гидродинамические процессы, способствовавшие размыву олигоценовых отложений в среднем-позднем миоцене, а позднее раннемиоценовых отложений в раннем плиоцене. Таксономическое разнообразие комплексов радиолярий среднего миоцена-плиоцена, прослеженных в отложениях хребта Витязь и их общая численность снижены, по сравнению с таковыми из Филиппинского и Японского морей.

Автор благодарит к.г.-м.н. С.В. Точилину за конструктивные замечания и помощь в работе. Работа выполнена по программе ФНИ ТОИ ДВО РАН (тема № 7) и, частично, по программе Дальний Восток №15-1-1-004о.

Список литературы

Васильев Б.И. Основные черты геологического строения северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. 192 с.

Витухин Д.И., Орешкина Т.В., Пуцаровский Ю.М., Цуканов Н.В. Новые данные по геологии острова Итуруп (Курильская островная дуга) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1996. Т. 4. №6. С. 61-74.

Кулинич Р.Г., Карп Б.Я., Баранов Б.В., Леликов Е.П., Карнаух В.Н. и др. О структурно-геологической характеристике «сейсмической брешы» в центральной части Курильской островной дуги // Тихоокеанская геология. 2007. Т. 6. № 1. С. 5-19.

Рулева Н.П., Ушко К.А. Неогеновые радиолярии Большой Курильской гряды и их стратиграфическое значение // Микрофауна нефтегазоносных районов СССР. Л.: ВНИГРИ, 1984. С. 94-101.

Терехов Е.П., Цой И.Б., Можеровский А.В. Леликов Е.П., Ващенко Н.Г. и др. Стратиграфия подводного хребта Витязя (внешняя дуга Курильской островодужной системы) // Океанологические исследования дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2013. Кн. 2. С. 111-119.

Точилина С.В. Биостратиграфия кайнозоя северо-западной части Тихого океана. М.: Наука, 1985. 134 с.

Точилина С.В. Стратиграфия кайнозоя севера Императорского хребта (горы Детройт, Мейджи по материалам глубоководного бурения) // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири: матер. 2-й научно-практической конференции (г. Новосибирск, 21-24 апреля 2015 г.). Новосибирск: СНИИГГиМС, 2015. Т. 1. С. 105-106.

УДК 597.58.591.9

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ОЦЕНКИ ОБИЛИЯ ЩИТОНОСНОГО СКАТА *BATHYRAJA PARMIFERA* В РОССИЙСКИХ ВОДАХ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Вдовин А.Н.¹, Борисовец Е.Э.^{1,2}, Дозорец М.И.²

¹Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

²Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF ARMORED SKATE *BATHYRAJA PARMIFERA* IN THE RUSSIAN WATERS OF THE SEA OF JAPAN

Vdovin A.N.¹, Borisovets E.E.^{1,2}, Dozorets M.I.²

¹Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

²Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

It is shown that the main concentrations of the scapular ramp are located on the continental slope in the zone of low positive temperatures. The ravine tends to the mainland coast, where there is no influence of the warm Tsushima Current. The highest proportion of sexually mature individuals was recorded in the cold waters of the Tatar Strait.

Keywords: Armored skate *Bathyrāja parmifera*, distribution, depth, temperature

Щитоносный скат *Bathyrāja parmifera* является самым массовым среди скатов дальневосточных морей. Вместе с тем, опубликованные сведения по распространению и биологии данного вида крайне скудны (Тупоногов, 2004; Антоненко и др., 2007).

Цель работы – представить актуальную информацию по распределению и ресурсам *Bathyrāja parmifera*.

В основу работы положены данные по 17174 траловым станциям, выполненным на научно-исследовательских судах в 1985-2016 гг. В диапазоне глубин, где обитает щитоносный скат, сделано 10914 тралений, из них целевой объект встречен в 1645 тралениях (рис. 1). На обследованной акватории выделено пять районов: 1. залив Петра Великого (ЗПВ), 2. северное Приморье (СП), 3. северо-западная часть Татарского пролива (ЗТП), 4. южный Сахалин (ЮС), 5. северо-восточная часть Татарского пролива (ВТП). При оценке запасов использовали коэффициент уловистости (k), равный 0,2.

По нашим данным батиметрический диапазон обитания щитоносного ската составил 25-940 м. В.Н. Тупоногов (2004) приводит более широкий размах глубин: 23-1105 м. Известна весенняя поимка ската в заливе Петра Великого ставным неводом, установленным на глубинах 5-15 м (Измятинский, 2003). В непосредственной близости от берега, до изобаты 50 м, регистрируются только одиночные уловы особей длиной более 57 см. Такому размеру должен

соответствовать возраст 4-6 лет (Долганов, 2005). Севернее 50-й параллели северной широты в Японском море щитоносный скат не встречается (рис. 1). Это относительно мелководная, сильно опресненная шельфовая часть Татарского пролива. Изогалина 29‰ проходит южнее 51° с.ш. (Погодин, 1975). Основные концентрации ската в Российском секторе Японского моря расположены за пределами шельфа, на континентальном склоне между изобатами 300-750 м. Указанный диапазон глубин круглый год занят промежуточной водной массой, которая относительно других водных масс (исключая эстуарные воды с соленостью меньше 31‰) характеризуется низкой температурой и соленостью, но самым высоким содержанием кислорода (Зуенко, 2008). Здесь находки ската регистрировались в узком температурном диапазоне от 0,4 до 0,8°C.

Плотность концентраций щитоносного ската у приморского побережья выше, чем у сахалинского в 2,4 раза в штучном выражении и в 2 раза по массе (табл. 1). Соответственно и основная доля учтенного запаса щитоносного ската сосредоточена у материкового побережья: 73% в штучном выражении и 66% в весовом (табл.). Иначе говоря, соответствующие оценки запаса различаются в 2,7 и 1,9 раза. Составляющая площади в оценках запаса имеет меньшее значение: приморская акватория только в 1,4 раза больше сахалинской.

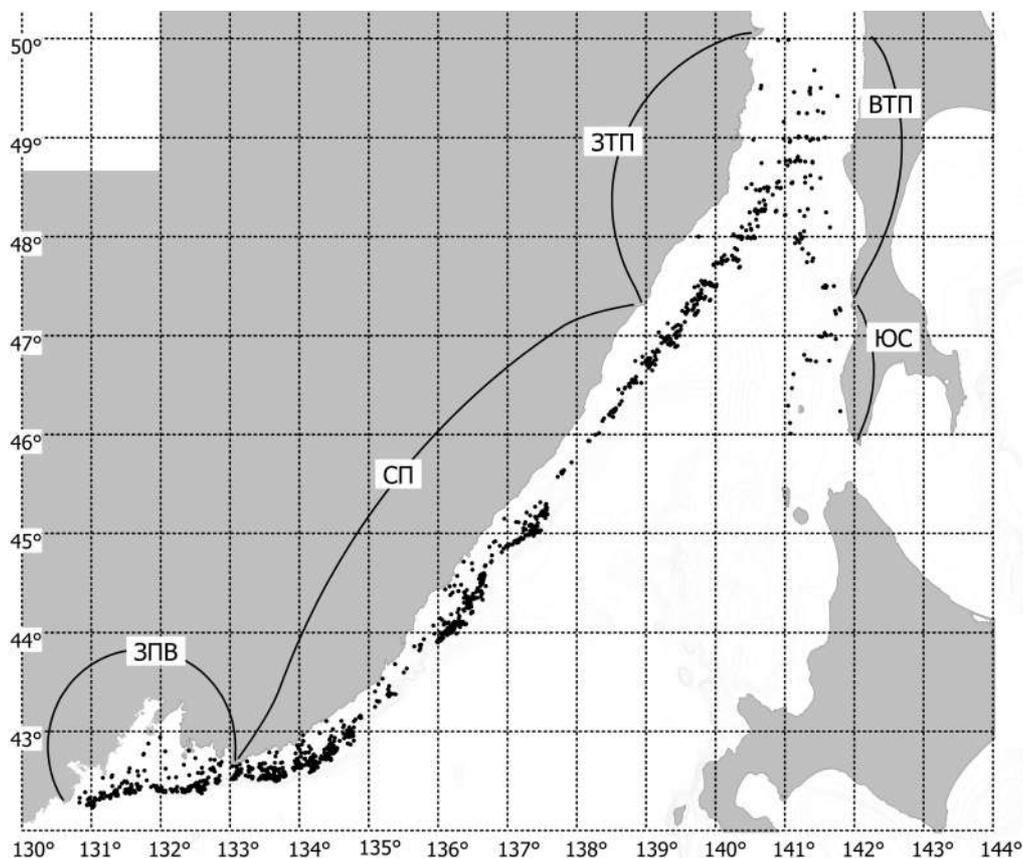


Рис. 1. Карта-схема поимок щитоносного ската в российских водах Японского моря в 1985-2016 гг.

Таблица 1. Оценки обилия и средние размеры щитоносного ската в разных районах российских вод Японского моря

Район*	Площадь, тыс. км ²	Обилие		Оцененные ресурсы		Средний вес, кг	Средняя длина, см
		шт/км ²	кг/км ²	млн.шт.	тыс. т		
ЗПВ	7,08	23,7	79,157	0,839	2,804	3,343	68,1
СП	31,54	18,5	58,178	2,917	9,176	3,146	67,2
ЗТП	10,34	17,2	85,108	0,892	4,402	4,935	77,3
ЮС	9,93	4,9	15,416	0,242	0,765	3,159	66,5
ВТП	25,03	11,7	60,389	1,468	7,557	5,145	78,1
Итого	83,92	15,2	58,875	6,358	24,704	3,885	68,0

*Аббревиатура районов представлена в тексте

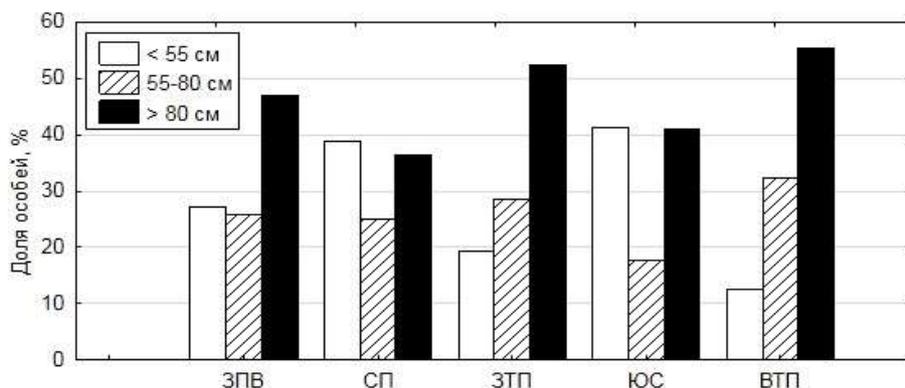


Рис. 2. Размерный состав щитоносного ската в разных районах российских вод Японского моря

В размерных составах ската разных районов прослеживается интересная закономерность – повышение средней величины рыб с юга на север. Следует отметить, что в самом южном районе – заливе Петра Великого рыбы даже немного крупнее, чем в северном Приморье (табл. 1, рис. 2). Но в наиболее северных акваториях доля крупных рыб заметно выше, чем в районах южнее мыса Золотой (рис.

2). Таким образом, в пределах северо-западной части Японского моря прослеживается тяготение крупных особей щитоносного ската (больше 80 см и ориентировочно старше семи лет) к самой северной, не опресненной части Японского моря. Этот район является и самым холодным со специфической водной массой – холодным подстилающим слоем (ХПС) (Зуенко, 2008).

Таким образом, можно заключить, что щитонотный скат является эврибатным и стенотермным видом. Вероятно, по мере взросления у рыб увеличивается эврибатность и уменьшается эвритермность. Основные поимки данного вида сосредоточены в диапазоне глубин 300-750 м в зоне низких положительных температур, характерных для промежуточной водной массы. В мелководной и опресненной северной части Татарского пролива скат не встречается. *B. parmifera* тяготеет к материковому побережью, куда не доходит теплое Цусимское течение. Взрослые особи преобладают в самой холодной северной части Татарского пролива.

Список литературы

Антоненко Д.В., Пуцина О.И., Соломатов С.Ф. Распределение и некоторые черты биологии щитонотного ската *Bathyraja parmifera* (Rajidae, Rajiformes) в северо-западной части Японского моря // Вопросы ихтиологии. 2007. Т. 47. № 3. С. 311-319.

Долганов В.Н. Размеры, возраст и рост скатов семейства Rajidae дальневосточных морей России // Известия ТИНРО. 2005. Т. 143. С. 84-89.

Зуенко Ю.И. Промысловая океанология Японского моря. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008. 227 с.

Измятинский Д.В. Ихтиофауна верхней сублиторали залива Петра Великого (Японское море). Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ ДВО РАН, 2003. 24 с.

Погодин А.Г. Распределение планктона в северной части Татарского пролива летом 1973 года // Известия ТИНРО. 1975. Т. 115. С. 8-15.

Тупоногов В.Н. Скаты Японского моря // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 8. Японское море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы биологической продуктивности. СПб.: Гидрометеоздат, 2004. С. 238-244.

УДК 664.0

О РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЫБНЫХ РЕСУРСОВ

Голованец В.А.

Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

ON THE RATIONAL USE OF FISH RESOURCES

Golovanets V.A.

Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

It provides information on the process of modernization of fishmeal and fish oil production from raw material.

Keywords: process, plant modernization, fishmeal, fish oil

Известно, что окраинные моря России: Берингово, Охотское, Японское, играют основополагающую роль в обеспечении сырьем рыбную отрасль Дальневосточного региона. Считают, что на долю Дальнего Востока приходится около 2.62 млн. т (до 69%) от всего российского вылова из них боле 1.6 млн. т минтая (до 64 %).

В процессе хозяйственной деятельности и рыбообрабатывающих предприятий, эксплуатирующих устаревшие технологии, не удается организовать комплексное безотходное использования сырья.

Увеличение выпуска пищевой продукции неизбежно ведет к росту в объеме отходов разделки, которые большей частью сбрасываются в море, доля которых может составлять от 25% до 75% от объема обрабатываемого сырья, что лишает сельское хозяйство и промышленность таких ценных продуктов как рыбная мука и жир, резко ухудшает экологическую обстановку и приносит убытки предприятиям в виде недополученной прибыли и штрафов. Ориентировочно, в условиях одного судна типа БАТМ за путину на 10000т выловленного минтая за счет сниженного выхода муки теряется 18-20 млн руб., на жире 8,0 млн руб.

Проблему использования отходов как сырья традиционно решали, направляя их в переработку на жиромучные установки пресово-сушильного типа, недостатками которых было выделение из сырья большого объема (до 70%) подпрессовых бульонов, содержащих белки и жир, утилизацию которых в должной мере не удается организовать.

Использование дорогостоящих современных установок для переработки отходов и их грамотная эксплуатация возможно не для всех предприятий, при этом в России такие установки перестали выпускать, а приобретение дешевых установок в основном китайского производства недостаточно высокого качества часто создают проблемы при эксплуатации.

Решение задач, связанных с утилизацией отходов разделки рыбы возможно по пути создания новых приемов переработки, а также за счет модернизации существующих технологий.

В связи с этим на основе результатов, ранее выполненных поисковых и конструкторских работ в лаборатории «процессы и аппараты прикладной биотехнологии» Дальрыбвтуза, на предприятиях рыбной промышленности (р/к Островной, ОАО «ТУРНИФ», НБАМР, ОАО «Дальреммаш», ООО «НПФ «ИНЖИР», ООО «Рыбхолодторг») в целях модернизации жиромучных установок пресово-сушильного типа, был изготовлен, установлен и испытан комплект оборудования и интенсифицированы процессы: измельчения, гидромеханического отделения жиросодержащих частей тела рыб, центрифугирования, термообработки, испарения и конденсации влаги при сушке, утилизации тепла конденсата греющего пара.

При испытании были использованы отходы разделки сельди и минтая наиболее масштабных объектов промысла, имеющих жирность от 15% до 5,3 %, соответственно. Для получения муки с жирностью до 10% умень-

шили жирность исходного сырья за счет удаления жиродержащих частей из отходов разделки. В частности, после обработки отходы разделки минтая (без печени) имели состав (%): влаги 79,0, жира 1,05, белка 15,4, золы 4,5.

В результате получен выход рыбной муки до 19% от массы сырья вместо традиционных 14%, и промышленная партия рыбного жира повышенного качества, с длительным сроком хранения; созданы аппараты для утилизации пыле-паро-газовых выбросов, подпрессового бульона, осуществлено использование тепла конденсата греющего пара.

Анализ полученной информации, проведенных в лаборатории «экологически чистых технологий глубокой переработки органического и неорганического сырья» ка-

федры ЮНЕСКО «Морская экология» ШЕН ДВФУ позволил сделать вывод о возможности создания, и некоторой доработки элементов оборудования, новой экологически чистой, ресурсосберегающей установки для переработки отходов разделки рыб.

Список литературы

Биологические ресурсы океана: монография / под ред. Моисеев П.А. М.: Агропромиздат, 1985. 288 с.

Новиков В.М. Справочник технолога рыбной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1972. 488 с.

Справочник по химическому составу и технологическим свойствам морских и океанических рыб / Под ред. Быкова В.П. М.: Изд-во ВНИРО, 1998. 224с.

УДК 582.273(265.54)

МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА НЕКОТОРЫХ МОДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ОРГАНИЗМОВ В ПЛАСТЕ АНФЕЛЬЦИИ ПРОЛИВА СТАРКА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Жильцова Л.В.¹, Приходченко А.В.²

¹Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

²Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ), г. Владивосток

THE INTERANNUAL DYNAMICS OF CERTAIN TYPES OF FIELD ANHFELTIA TOBUCHIENSIS IN THE STARK STRAIT (JAPAN SEA)

Zhiltsova L.V.¹, Prihodchenko A.V.²

¹Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

²Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

For a full-scale thorough study of marine communities and their resistance to environmental factors long-term data is necessary. This work is based on the results of observations of the Ahnfeltia bed in the Stark Strait (monitoring site) for the period from 2000 to 2015. The available data made it possible to analyze the multi-annual dynamics of certain model species by number, frequency of occurrence and projective surface coverage of the Ahnfeltia layer.

Keywords: dynamics, ahnfeltia, model species, consortium

Сообщества неприкрепленной *Ahnfeltia tobuchiensis*, ограниченные границей присутствия водоросли, в заливе Петра Великого являются относительно самостоятельной структурной и функциональной единицей экосистемы. Их отличительной особенностью является то, что они представлены отдельными долгоживущими пластами, свободно лежащими в толще воды. Долгоживучесть пластов и огромнейшая относительная поверхность определяют их функциональную роль, как субстрата для обитания множества различных организмов (Лавин, Чернышев, 1997). Высокое таксономическое разнообразие сообщества анфельции обусловлено фоном, создаваемым руководящим видом – анфельцией. Большая степень обрастания водоросли наряду с задерживающейся в пласте органикой создают для обитателей пласта благоприятные кормовые условия, а спутанные между собой талломы являются надежным укрытием от хищников на ранних стадиях развития.

Цель данной работы – оценить межгодовые изменения численности, частоты встречаемости, проективного покрытия некоторых модельных видов пласта анфельции в проливе Старка

В проливе Старка пласт анфельции располагается на глубинах от 3,5-4 до 18 м на песчаных и илисто-песчаных

грунтах. В его толще и на поверхности обитает большое количество организмов, принадлежащих к различным таксономическим группам: порядка 67 видов водорослей, множество животных, представленных в основном молодью, многочисленные представители мейофауны (таксономический состав насчитывал 12 групп) с высокой плотностью. Большинство организмов образуют с анфельцией – детерминантом консорции, которые являются связующим звеном между фито-и зооценозом (Петров, 2008). Виды, присутствующие в пласте анфельции, по характеру их пространственного распределения мы условно разделили на группы:

- **массовые**, с частотой встречаемости 40-87%. В их распределении главную роль играют случайные факторы и ветровое перемешивание. В небольших количествах (чаще единично) они встречаются по всему пласту. Характер их распределения не повторяется из года в год;

- **сезонные** виды, присутствующие в определенный сезон, их распределение определяется биологическими особенностями видов и сгонно-нагонными ветрами. По полю встречаются на небольших участках, причем их расположение и конфигурация могут меняться;

- случайные виды: попадают в пласт в период планктонной фазы под действием подповерхностных течений; являются пищевыми мигрантами; заносятся штормами;
- виды, которые попадают в пласт в поисках убежищ;
- виды, образующие плотные скопления, приуроченные к конкретным участкам поля. Их расположение определяется наличием устойчивых круговоротов водных масс. Границы таких участков характеризуются «временной подвижностью» в пределах плотного «ядра» скоплений. Однако, сходство пространственного распределения в разные годы выражено достаточно четко. Это позволяет предположить, что их распределение связано с экологическими условиями в различных частях пласта.

Немаловажной особенностью сообщества анфельции является длительность его развития, что необходимо учитывать при анализе материалов, которые зачастую неоднородны. Анализ комплектарных видов в пластах анфельции позволил нам выделить группу видов, общих для всех

полей. К категории модельных (или константных видов) изучаемого сообщества мы относим порядка 30 таксонов (не включая представителей мейофауны), на протяжении многих лет имеющих высокую частоту встречаемости в пласте (от 40 до 63%) и долю в общей биомассе (до 10% при биомассе доминанта – анфельции порядка 80%) (Жильцова, 2012). Результаты анализа также показали, что в отдельные периоды доля какого-либо вида может быть достаточно велика при высоком постоянстве встречаемости – 100% – доминанта (анфельции), в другие характеризуется слабой сохранностью. При этом для одних видов прослеживается цикличность (или периодичность) этих событий, а для других они происходят стохастически. Так с 10-11-летней периодичностью на поле пролива Старка наблюдаются годы с высокой численностью молоди трепанга *Apostichopus japonicus* (рис. 1) на локальных скоплениях.

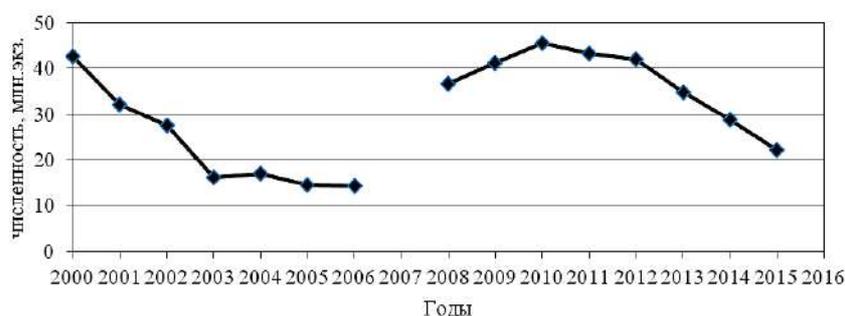


Рис. 1. Динамика численности молоди дальневосточного трепанга на поле анфельции пролива Старка

При этом между периодами падения (3-4 года) и нарастания (3-4 года) численности наблюдаются стабильные периоды (3-4 года) с относительно низкой (10-20 млн. экз.) и высокой (40-50 млн. экз.) численностью. Изменений площади скоплений не отмечается.

Морские ежи в сообществе анфельции представлены видом *Strongylocentrotus intermedius*. Этот вид, как и трепанг дальневосточный, относится к видам, образующим плотные скопления на определенных участках поля. Формирование таких скоплений обусловлено сложением комплекса благоприятных условий для подроста организмов до жизнестойкой стадии, среди которых обязательным является наличие антициклональной ротации водных масс, препятствующее выносу личинок за пределы таких участков и способствующее высокой степени обрастания талломов анфельции и оседания взвеси. Плотное поселение молоди серого морского ежа (размеры от 5 до 24 мм) наблюдалось поверх пласта анфельции в «горле» пролива Старка. В динамике период уменьшения – увеличения частоты встречаемости этого вида составил 1 год (рис. 2).

Из сопутствующих водорослей только неприкрепленный *Sargassum pallidum* образует плотное скопление поверх пласта анфельции в районе мыса Иванцова (рис. 3).

На данном этапе работы мы проследили колебания (по отдельным параметрам – численности, частоте встречаемости, проективному покрытию пласта анфельции) лишь 3 (из 30) модельных таксонов сообщества анфельции: трепанга, серого морского ежа, саргассума. Обнаруженная нами цикличность для молоди трепанга и серого морского ежа позволяет накапливать информацию о сходных ситуациях для изучаемых объектов в данном районе, которая может быть использована при прогнозировании динамики компонентов сообщества анфельции. В практических целях эта информация найдет применение при постановке коллекторов для сбора личинок этих видов в маркультурных целях и при организации промысла анфельции.

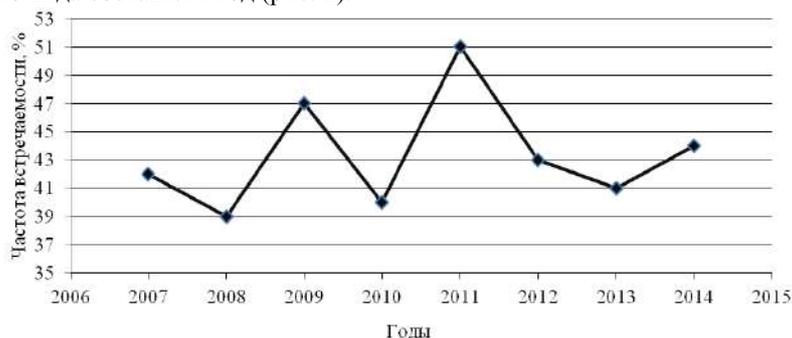


Рис. 2. Частота встречаемости молоди серого морского ежа в пласте анфельции пролива Старка

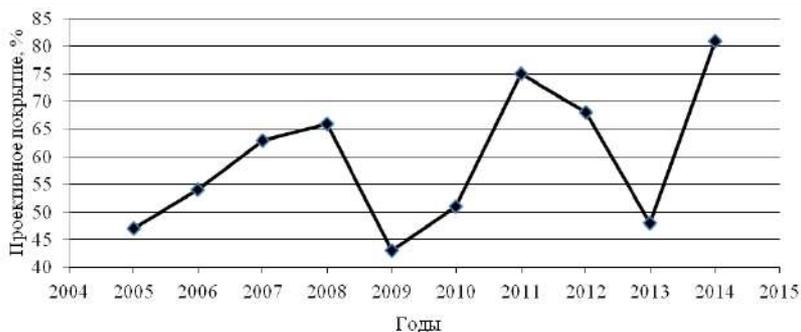


Рис. 3. Проектное покрытие пласта анфельдии саргассумом бледным в проливе Старка

Список литературы

Жильцова Л. В. К вопросу сохранения видового состава сообщества анфельдии тобучинской в условиях промысла (залив Петра Великого, Японское море) // Тез. докл. Второй междунар. научно-практ. конф. «Биоразнообразие и устойчивое развитие». Симферополь, 2012. С. 362-364.

Лавин П. И., Чернышев В. Д. Расчеты скорости фотосинтеза морской промысловой водоросли *Ahnfeltia*

tobuchiensis // Оперативные информационные материалы. Иркутск, 1977. С. 28-29.

Петров К. М. Основные положения морской фитоценологии // Мат-лы междунар. науч. конф. и VII школы по мор. биологии. Ростов-на Дону: Изд. ЮНЦ РАН, 2008. С. 274-276.

УДК 597.554

ВНУТРИВИДОВАЯ ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТРУКТУРЫ ЧЕШУИ У ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ КРУПНОЧЕШУЙНОЙ КРАСНОПЕРКИ *TRIBOLODON HAKONENSIS* (TELEOSTEI: CYPRINIDAE)

Каплуненко В.А.^{1,2}, Иванков В.Н.², Борисовец Е.Э.^{1,2}, Большаков С.Г.¹

¹Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

²Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

INTRASPECIFIC GEOGRAPHICAL VARIABILITY OF THE SCALES STRUCTURE IN FAR EASTERN LARGE-SCALE REDFIN *TRIBOLODON HAKONENSIS* (TELEOSTEI: CYPRINIDAE)

Kaplunenko V.A.^{1,2}, Ivankov V.N.², Borisovets E.E.^{1,2}, Bolshakov S.G.¹

¹Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

²Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

Differences in the structure of scales in different populations of the Far Eastern large-scale redfin *Tribolodon hakonensis* were found. These differences are explained by the peculiarities of the ecology of fish in different parts of the species range.

Keywords: Far Eastern redfins, genus *Tribolodon*, the structure of the scales, the local population

Дальневосточные краснопёрки рода *Tribolodon* – широко распространенные представители проходных карповых рыб, обитающих преимущественно в прибрежных водах Японского и Охотского морей и размножающихся в реках и озерах Приморского и Хабаровского краев, острова Сахалин, южных Курил, Японии и Кореи. В российских водах обитают три вида этого рода: крупночешуйная *Tribolodon hakonensis*, мелкочешуйная *T. brandti* и сахалинская *T. sachalinensis*.

Биология этих видов сравнительно хорошо изучена (Гавренков, Иванков, 1979; Гавренков, Свиридов, 2001; Гриценко, 2002; Свиридов, Иванков, 2003; Большаков, 2014; Nakamura, 1969; и др.). В последнее время, в связи с необходимостью оптимального ведения промысла, возник вопрос о внутривидовой популяционной организации у дальневосточных краснопёрок. Проведенные в этом направлении исследования позволили установить, что дальневосточные краснопёрки не образуют единых панмиксных популяций, а подразделяются на относи-

тельно изолированные локальные популяции, различающиеся рядом биологических показателей (возрастом полового созревания, закономерностями роста, возрастным и размерным составом и другими признаками (Большаков, 2014). Кроме того, был проведен анализ межвидовой и внутривидовой морфологической изменчивости дальневосточных краснопёрок, в результате которого выяснено, что морфологические различия между видами заметно меньше различий между внутривидовыми локальными популяциями. Эти различия объясняются особенностями экологии популяций краснопёрок в различных частях видового ареала (Иванков и др., 2016а).

Дальнейший анализ показал наличие межвидовых различий в строении чешуи краснопёрок, что позволяет определить их видовую принадлежность не только у половозрелых, но и у молодых особей (Иванков и др., 2016б). Интересно также было выяснить, имеются ли внутривидовые (межпопуляционные) различия в структуре чешуи у рыб, размножающихся в различных частях видового ареала. В качестве модельного объекта выбрана

крупночешуйная красноперка. Проанализировано строение чешуйных пластинок у рыб различных рек, впадающих в воды северо-западной части Японского моря (реки Раздольная, Киевка, Аввакумовка, Серебрянка, Самарга, Тумнин). Чешуя рыб взята под спинным плавником (Иванков и др., 2016 б). У каждой особи проанализировано по 5-11 чешуй. На каждой чешуйной пластинке измеряли малый (d_1) и большой (d_2) диаметры, подсчитывали число ребер (радиальных каналов) – x_r . Всего было исследовано 557 чешуй от 70 экз. рыб.

Известно (Иванков и др., 2017), что виды дальневосточных красноперок различаются по форме чешуи и числу радиальных каналов. На рисунках представлено распределение выборок крупночешуйной красноперки по характеристикам структуры чешуи. По оси абсцисс отложено отношение малого и большого диаметров (d_1/d_2) в процентах, по оси ординат – отношение числа радиальных каналов к малому диаметру чешуи (x_r/d_1). Как следует из этих рисунков, выборки крупночешуйной красноперки в пространстве указанных выше признаков формируют единое облако точек. При этом разные пробы занимают различные участки в этом облаке. На рис. 1 изображено расположения чешуй рыб из двух самых южных изученных нами рек (р. Киевка и р. Раздольная). Заметно, что в верхней и срединной частях общего скопления существенно преобладают чешуи красноперок р. Раздольная, в нижней части – рыб р. Киевка.

На рис. 2 представлены данные по чешуям красноперок из четырех более северных рек (реки Аввакумовка, Серебрянка, Самарга, Тумнин). Здесь сверху и слева существенно преобладают чешуи рыб из бассейнов самых северных рек – Тумнин и Самарга. Справа и ниже располагаются чешуи из бассейнов более южных рек – Самарга и Аввакумовка. Следует также отметить, что выраженность различий в строении чешуи красноперок из бассейнов проанализированных рек далеко не одинакова.

Наряду с этим заметно, что в наиболее крупных и северных реках (Тумнин и Самарга) на чешуях рыб отмечается, как правило, большее количество ребер (радиальных лучей), и чешуя менее округлая в сравнении с этими показателями у рыб из менее крупных и относительно более южных рек – Серебрянки и Аввакумовки (рис. 2). Следует также сказать, что наибольшим относительным числом ребер характеризуются особи реки Раздольной, крупной и самой южной из изученных нами (рис. 1).

На рис. 2 представлены данные по чешуям красноперок из четырех более северных рек (реки Аввакумовка, Серебрянка, Самарга, Тумнин). Здесь сверху и слева существенно преобладают чешуи рыб из бассейнов самых северных рек – Тумнин и Самарга. Справа и ниже располагаются чешуи из бассейнов более южных рек – Самарга и Аввакумовка. Следует также отметить, что выраженность различий в строении чешуи красноперок из бассейнов проанализированных рек далеко не одинакова. Наряду с этим заметно, что в наиболее крупных и северных реках (Тумнин и Самарга) на чешуях рыб отмечается, как правило, большее количество ребер (радиальных лучей), и чешуя менее округлая в сравнении с этими показателями у рыб из менее крупных и относительно более южных рек – Серебрянки и Аввакумовки (рис. 2). Следует также сказать, что наибольшим относительным числом ребер характеризуются особи реки Раздольной, крупной и самой южной из изученных нами (рис. 1). Наиболее широкой изменчивостью параметров чешуи характеризуются особи из реки Киевка (рис. 1). Отношение диаметров в этой выборке лежит в диапазоне 72-97%, относительное число ребер колеблется в пределах 0,88-9,09. Весьма широкая изменчивость по данным параметрам присуща и особям из реки Раздольная (рис. 1).

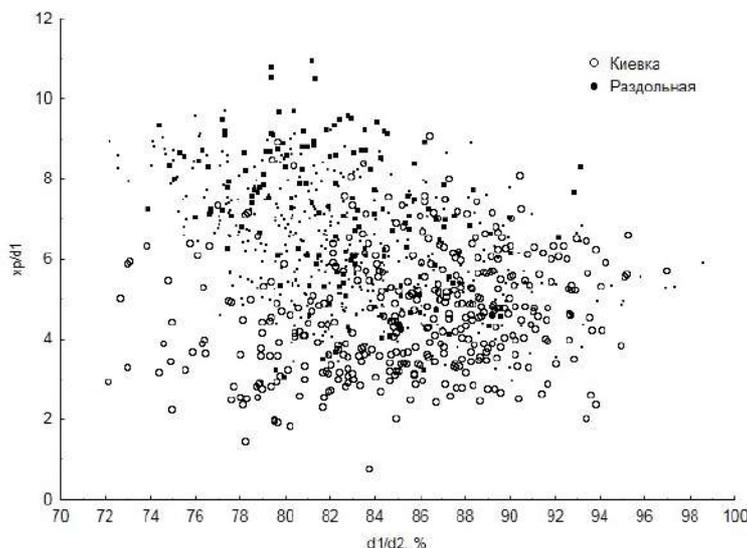


Рис. 1. Распределение чешуй *T. hakonensis* из рек Киевка и Раздольная по отношению диаметров (ось абсцисс) и относительному числу радиальных каналов (ось ординат). Маленькими точками представлены чешуи особей из других рек

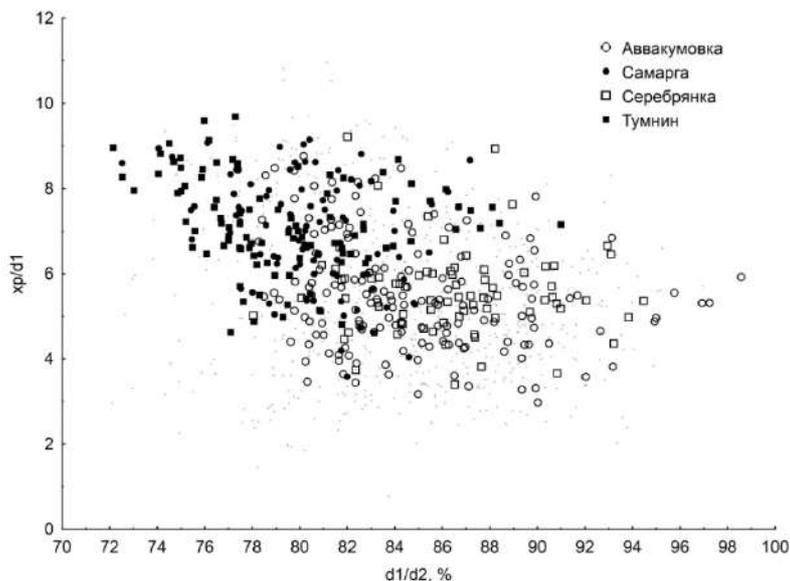


Рис. 2. Распределение чешуй *T. hakonensis* из рек Аввакумовка, Самарга, Серебрянка и Тумнин по отношению диаметров (ось абсцисс) и относительному числу радиальных каналов (ось ординат). Маленькими точками представлены чешуи особей из других рек

Таким образом, различия в структуре чешуи обусловлены особенностями экологии не только у разных видов дальневосточных красноперок, как это было отмечено ранее (Иванков и др., 2017), но и у локальных популяций внутри вида. Не исключено, что более тщательный анализ структуры чешуи у различных популяций рыб рода *Tribolodon* позволит достаточно успешно диагностировать популяции внутри видов в различных районах их видового ареала.

Список литературы

Большаков С.Г. Некоторые черты биологии и географическая изменчивость дальневосточных красноперок и пиленгаса Южного Приморья. Автореф. дисс... канд. биол. наук. Владивосток, 2014. 24с.

Гавренков Ю.И., Иванков В.Н. Таксономический статус и биология дальневосточных красноперок рода *Tribolodon* южного Приморья // Вопр. ихтиол. 1979. Т. 19. Вып. 6. С. 1014-1023.

Гавренков Ю.И., Свиридов В.В. Экология размножения дальневосточных красноперок рода *Tribolodon* в бассейнах рек Приморья // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток, 2001. Вып. 1. С. 296-304.

Гриценко О.Ф. Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел). М.: Изд-во ВНИРО, 2002. 248 с.

Иванков В.Н., Борисовец Е.Э., Большаков С.Г. Анализ межпопуляционных и межвидовых морфологических различий дальневосточных красноперок рода *Tribolodon* (Teleostei: Cyprinidae) // Биол. моря. 2016. Т. 42. №1. С. 3-12.

Иванков В.Н., Каплуненко В.А., Борисовец Е.Э. Диагностика морфологически близких видов дальневосточных красноперок рода *Tribolodon* (Osteichthyes: Cyprinidae) по структуре чешуи // Биол. моря. 2016. Т. 42. №5. С. 343-348.

Иванков В.Н., Каплуненко В.А., Борисовец Е.Э., Золотова А.О. Таксономическая дифференциация и экологическая обусловленность структуры чешуи трех морфологически близких видов дальневосточных красноперок рода *Tribolodon* (Teleostei: Cyprinidae) // Биол. моря. 2017. Т. 43. С. 209-215.

Свиридов В.В., Иванков В.Н. Морфологическая дивергенция дальневосточных красноперок рода *Tribolodon* // Изв. ТИНРО. 2003. Т. 132. С. 82-111.

Nakamura M. Cyprinid fishes of Japan/ Tokio: Special Publications of Research Institute for Natural Resources, 1969. 455 p.

УДК 664.953+621.58

СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА ТРЕПАНГА, ВЫРАЩЕННОГО В АКВАКУЛЬТУРЕ

Ким А.Г., Пономаренко С.Ю., Полещук Д.В.

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (ДАЛЬРЫБВТУЗ), г. Владивосток

THE DIFFERENT WAYS OF PRESERVATION AQUACULTURED SEA CUCUMBER

Kim A.G., Ponomarenko S.Yu., Poleschuk D.V.

Far Eastern State Technical Fisheries University (FESTFU), Vladivostok

The ways of preserving the native properties of sea cucumber, increasing biological value and yield during its cooling are considered. Two cooling methods using a combination of sea water and solid carbon dioxide were justified, using ice obtained from an aqueous solution of biopolymers.

Keywords: Sea cucumber, biological value, weight loss, cooling, dry ice

Дальневосточный трепанг (*Stichopus japonicus*) занимает особенное место среди водных биологических ресурсов, населяющих водоемы Дальнего Востока. Данный биоресурс получил достаточно широкое распространение как объект искусственного разведения в прибрежных водах Приморского края. Одним из ведущих предприятий по разведению трепанга является Научно-производственный департамент марикультуры ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Дальневосточный трепанг обладает высокой биологической ценностью, уникальным химическим составом, обуславливающим лечебные свойства этого объекта. Биологическую ценность трепанга определяет наличие в нем тритерпеновых гликозидов и аминокислот, которые обладают противоопухолевой, цитостатической, иммуномодулирующей, гемолитической и антигрибковой активностью и применяются при лечении сердечно-сосудистых заболеваний и злокачественных образований (Аминин и др., 1981; Shiguo Chen et al., 2011).

Известно, что охлаждение как способ консервирования сырья позволяет максимально сохранить его нативные свойства. Однако при изменении условий внешней среды трепангу свойственно проявление эвисцерации – выброса внутренностей в окружающую среду. Потери массы при этом могут достигать до 20 %.

С учетом этой биологической особенности трепанга и его уникального состава актуальным и целесообразным является разработка и использование новых технологических приемов, позволяющих сохранить его исходные свойства.

Цель работы – обосновать способы охлаждения трепанга, позволяющие сохранить его высокую биологическую ценность, увеличить выход и продлить сроки хранения в охлажденном виде.

В исследованиях использовался живой трепанг, выловленный в бухте Северная Хасанского района Приморского края. Вся выборка разделялась на 2 группы: трепанг

до эвисцерации и трепанг после эвисцерации. В работе использовали стандартные и общепринятые органолептические, физические, химические, биологические и микробиологические методы исследования.

Для первой группы животных обосновали способ охлаждения, позволяющий сохранить целостность объекта. Для этого применяли комбинацию морской воды с сухим льдом (твердой двуокисью углерода). По изменению продолжительности и с учетом экономических затрат определили рациональное соотношение морской воды и сухого льда, а также охлаждающей среды и охлаждаемого объекта. В результате экспериментальных исследований как рациональное соотношение морской воды и сухого льда выбрано 3:1 в осенний и весенний периоды и 2:1 – в летний период. При этом экспериментально установленное массово-объемное соотношение трепанга и охлаждающей среды составило 1:3 (Максимова и др., 2016).

Для охлаждения трепанга после эвисцерации применяли лед, полученный на основе раствора комплекса хитозана и альгината натрия при соотношении сополимеров 1:1 и концентрации – 3%. (Максимова и др., 2017).

Использование модифицированного льда из растворов биополимеров позволило продлить срок хранения в 2 раза (по сравнению с использованием водного льда) при сохранении высоких органолептических показателей охлажденного трепанга.

Микробиологические показатели образцов охлажденного трепанга в динамике при хранении представлены в табл. 1. Путем биотестирования с использованием в качестве объекта *Tetrahymena pyriformis* установлено, что относительная биологическая ценность трепанга колеблется от 70% в живом и до 80% в охлажденном виде.

Полученные результаты дают основание рекомендовать обоснованные способы охлаждения в холодильной технологии трепанга.

Таблица 1. Изменение КМАФАнМ при хранении охлажденного трепанга, КОЕ/г

Состав охлаждающей среды	Продолжительность хранения, сутки							
	0	2	5	8	11	14	17	20
Морская вода и водный лед (контроль)	$2,6 \cdot 10^3$	$4,7 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^4$	$7,1 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^5$	$7,6 \cdot 10^5$
Морская вода и сухой лед	$2,0 \cdot 10^1$	$8,1 \cdot 10^1$	$2,4 \cdot 10^2$	$6,5 \cdot 10^2$	$4,7 \cdot 10^3$	$8,3 \cdot 10^3$	$2,7 \cdot 10^4$	$7,8 \cdot 10^4$
Хитозан-альгинатный лед	-	-	-	Ед.	$1,5 \cdot 10^2$	$9,2 \cdot 10^2$	$5,3 \cdot 10^3$	$6,3 \cdot 10^4$

Список литературы

Аминин Д.Л., Шевцова Е.Б., Анисимов М.М., Кузнецова Т.А. Спектрофотометрическое определение стихопозиды А из голотурии *Stichopus Japonicus* S. // Антибиотики. 1981. Т. 26. № 8. С. 585-588.

Максимова С.Н., Пономаренко С.Ю., Полещук Д.В., Суворцева Е.В. Лед на основе полиэлектролитных комплексов хитозана как перспективная охлаждающая среда водных биологических ресурсов // IV Международный балтийский форум. Калининград: КГТУ, 2016. С.1405-1410.

Максимова С.Н., Слуцкая Т.Н., Ким А.Г., Федосеева Е.В., Полещук Д.В. Экспериментальное обоснование холодильной технологии трепанга // Известия КГТУ, 2017. № 44. С.133-142.

Shiguo Chen., Changhu Xue et. al. Comparison of structures and anticoagulant activities of fucosylated chondroitin sulfates from different sea cucumbers // Carbohydrate Polymers. V. 83. P. 688–696.

УДК 634.0.861

БИОКОНВЕРСИЯ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОЭТАНОЛА

Корчагин В.П.

Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

THE BIOCONVERSION OF MARINE OBJECTS FOR BIOETHANOL PRODUCTION

Korchagin V.P.

Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

Bioconversion is the recycling of industrial waste and some pollutants to useful products. Bioconversion of marine brown algae ashore for bioethanol production using internal digestive organs of marine organisms is described. Storm emissions of *Laminaria* and *Sargassum* algae were used as raw materials. Homogenates of internal digestive organs of marine invertebrates was obtained from echinoderms: *Strongylocentrotus intermedius* and *Cucumaria japonica*, gastropods: *Chlorostoma lischkei* and *Littorina squalid* were used for fermentation. The greatest amount of reducing sugars was formed from extracts of fresh *Laminaria* and dry *Sargassum* by fermenting with homogenate of *L. squalida* (from 3.5 to 4% of the total volume). These samples were easily fermented with alcohol yeast for the ethanol formation, its concentration in fermented material ranged from 1,2 to 1,4%. At the same time, total consumption of reducing sugars was observed.

Keywords: bioconversion, bioethanol, seaweeds, saccharification, digestive organs of marine invertebrates

Основная цель биоконверсии – это переработка отходов промышленного производства и объектов, загрязняющих окружающую среду, в полезные для использования продукты. Особенно важно, чтобы биоконверсия осуществлялась комплексно, с использованием различных по происхождению компонентов, а ее итогом была безотходная технология. Данная работа направлена на исследование возможности использования в качестве объектов биоконверсии штормовых выбросов морских бурых водорослей на берег и внутренних пищеварительных органов морских гидробионтов для получения биоэтанола. Актуальность комплексной переработки морского сырья, прежде всего, связана с экологией: непищевые части морских животных, растений, рыб выбрасываются за борт при переработке и загрязняют окружающую среду. С другой стороны, исследования биохимических свойств так называемых отходов при разделке рыб и беспозвоночных показали, что они являются уникальными источниками биологически активных соединений (Тутельян, 1996), которые могут быть использованы в переработке других отходов производства.

В мировом океане ежегодно продуцируется более 550 млрд. тонн сырой массы морских водорослей. Ламинариевые, выброшенные штормом на берег, образуют мощные валы, в которых биомасса достигает 3-8 т на 10 м берега. Такие валы могут тянуться на десятки километров вдоль берега. Промышленный сбор штормовых выбросов морских водорослей может осуществляться с помощью мореходного специального средства. Бурые водоросли использовались в качестве сырья, богатого полисахаридами, с целью их дальнейшего превращения в редуцирующие

сахара, из которых в дальнейшем путем брожения может быть получен этанол. Основными полисахаридами являются ламинараны, легкогидролизуемые ферментом ламинариазой до глюкозы (Звягинцева и др., 1995).

В качестве второго типа объектов для комплексной биоконверсии были опробованы отходы переработки морских гидробионтов: рыб и морских беспозвоночных. Они использовались для гидролиза полисахаридов. Их внутренние пищеварительные органы богаты гидролитическими ферментами. Объем этих отходов в ряде случаев превышает объем извлекаемой для переработки части объекта марикультуры.

Конечным продуктом биоконверсии выбросов бурых водорослей является биоэтанол. Биоэтанол – это альтернативный источник энергии из возобновляемого растительного сырья, используемый в качестве топлива в бензиновых двигателях. Для получения биоэтанола обычно используются традиционные источники на основе сахара и крахмалосодержащего сельскохозяйственного сырья. Водоросли уже давно рассматриваются в качестве альтернативного сырья для получения биотоплива. В морской среде морские водоросли являются первичными продуцентами биомассы, причем некоторые содержат существенное количество сахаров, которые могут быть использованы как субстраты для производства биоэтанола. Биомасса водорослей значительно выше биомассы сельскохозяйственного сырья и запасов нефти на земле. Производство биоэтанола из морских водорослей можно разделить на два основных этапа: первый – осахаривание полисахаридов до низкомолекулярных редуцирующих сахаров, способных к брожению; второй – брожение полученных

сахаров дрожжами или продуцирующими этанол бактериями, например, *Microcystis aeruginosa* (Khan et al., 2016).

Сбор материала осуществлялся на побережье залива Петра Великого Японского моря. Из водорослевого материала использовали штормовые выбросы ламинарии и саргассовых водорослей. Гомогенат внутренних пищеварительных органов морских беспозвоночных получали из иглокожих: *Strongylocentrotus intermedius* и *Cucumaria japonica*, брюхоногих моллюсков: *Chlorostoma lischkei* и *Littorina squalida*. Материал хранился в холодильнике в замороженном или сухом виде до использования. Предобработка материала производилась путем экстрагирования, высушивания и гомогенизации. Гомогенаты водорослей и внутренних органов гидробионтов смешивали в соотношении 20:1, гидромодуль 1:4. Степень превращения полисахаридов в редуцирующие сахара оценивалась спектрофотометрически по методу Нельсона (Nelson, 1944). Брожение образовавшихся редуцирующих сахаров проводили спиртовыми дрожжами расы XII, при 37°C в течение 3 часов. Определение содержания спирта в сброженном материале осуществляли путем отгона и дальнейшего анализа бихроматоидометрическим методом (Савина, Шашурина, 2011) Высушенные ламинариевые препараты не дали положительного результата вследствие высокой степени гелеобразования гомогенизованного материала, обладающего высокой вязкостью. Наибольшее количество редуцирующих сахаров образовывалось из экстрактов свежих ламинариевых и высушенных препаратов саргассовых водорослей при ферментировании гомогенатом внутренних пищеварительных органов *Littorina squalida* (от 3,5 до 4 от общего объема смеси). Эти же образцы легко подвергались брожению спиртовыми дрожжами с образованием этанола, концентрация которого в

сброженном материале варьировала от 1,2 до 1,4%. При этом наблюдалось полное потребление редуцирующих сахаров. Однако при промышленном производстве биоэтанола оптимальное содержание спирта в зрелом продукте должно быть не менее 8%. Достичь такой концентрации спирта нам не удалось, поскольку при увеличении экстрактивности материала возрастает ионная сила и дрожжи перестают работать. Выход из создавшегося положения следует искать в разработке штаммов дрожжей или продуцирующих спирт эвригалинных бактерий, резистентных к высокой солености сбраживаемого материала.

Список литературы

Звягинцева Т.Н., Елякова Л.А., Исаков В.В. Ферментативное превращение ламинаранов в 1-3; 1-6-р-0-глюканы, обладающие иммуностимулирующим действием // Биоорганическая химия. 1995. Т. 21. № 3. С. 218-225.

Савина О.В., Шашурина Е.А. Учебное пособие для лабораторных работ по основам биотехнологии переработки сельхозпродукции. Рязань, 2011. 77 с.

Тутельян В.А. Стратегия развития, применения и оценки эффективности биологически активных добавок к пище // Вопросы питания. 1996. № 6. С. 3-11.

Khan M.I., Lee M.G., Seo H.J., Shin J.H., Shin T.S. et al. Enhancing the Feasibility of *Microcystis aeruginosa* as a Feedstock for Bioethanol Production under the Influence of Various Factors // BioMed Research International. 2016. V. 2016. P. 1-9.

Nelson N. A photometric adaptation of the Somogyi method of determination of glucose // J. Biol. Chem. 1944. V. 153. P. 375-381.

УДК 639.2.053(265.54)

АНАЛИЗ ПРОМЫСЛА ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ПОДЗОНЕ «ПРИМОРЬЕ» ЮЖНЕЕ МЫСА ЗОЛОТОЙ В 2015 ГОДУ

Кравченко Д.Г., Измятинский Д.В.

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

ANALYSIS OF FISHERY OF WATER BIOLOGICAL RESOURCES IN SUZONE "PRIMORYE" SOUTHERNER THE CAPE ZOLOTROY

Kravchenko D.G., Izmyatinsky D.V.

Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

92 vessels concerning to medium and small fleet conducted fishery in subzone "Primorye" to the south of the cape "Zolotoy" in 2015. 4 objects predominated among caught fishery objects: Flounder (24,2% in total caught), Tanner Crab *Opilio* (15,6%), Walleye Pollock (14,8%) and Northern Shrimp (12,6%). Fish gave the most share of the annual catch – 9,9 thousand tons (or 51,9%). Crab and Shrimp were caught far less but their catch may be considered as a dominating – 3,5 thousand tons of crab (18,4%) and 3,2 thousand tons of Shrimp (17,1%). A catch of majority of fishery objects equaled less than 60 tons per year.

Keywords: Fishery, Catch, Fish, Invertebrate, Vessel.

По результатам промысла в 2015 г. в подзоне «Приморье» южнее мыса Золотого было добыто 18,865 тыс. т водных биологических ресурсов (ВБР). Среди добытых объектов доминировали по вылову четыре, на каждый из которых пришлось более 10% общего вылова. Из них на первом месте по вылову находились камбалы дальневосточные (24,2% от общего вылова), на втором – краб-стригун опилио (15,6%), на третьем – минтай (14,8%) и на чет-

вертом – северная креветка (12,6%). По приведенным данным видно, что вылов каждого из этих объектов превысил 2,3 тыс. т, а вылов камбал составил более 4,5 тыс. т. За ними по вылову следовали пять объектов, внесших в общий вылов от 0,5 до 1,0 тыс. т (или от 2,7 до 5,3%). В их число, в порядке уменьшения вылова, вошли терпуг, бычки, гребенчатая креветка, серый морской еж и навага. Кроме того, определенное значение в промысле 2015 г. имели спизула, краб-стригун красный, черный морской

еж, мерцанария Стивсона, анадара и синий краб, чьи доли в общем вылове находились в пределах 0,7-2,5% или 0,140-0,475 тыс. т. Вылов остальных 33 объектов в 2015 г. мы считаем несущественным, поскольку каждого из них было добыто менее 0,06 тыс. т. В целом, вылов ВБР в 2015 г. включал в себя 48 объектов промысла, из которых в существенных количествах (более 100 т) было добыто 15 объектов, а в промышленных масштабах (более 500 т) – только 9. При этом можно однозначно говорить, что к главным объектам промысла в подзоне «Приморье» южнее мыса Золотого в 2015 г. относились пять самых массовых.

Согласно общим подсчетам, в 2015 г. на промысле ВБР работало 92 промысловых судна, относящихся к среднетоннажному и малотоннажному флоту. При этом соотношение количества среднетоннажных и малотоннажных судов было примерно равным: среднетоннажных – 47%, малотоннажных – 53%. Больше всего судов базировались на промысле камбал – 22 судна, из которых наибольший вклад в добычу камбал (более 300 т за год) внесли РС «Дуброво», РС «Белокорец» и МРС-079. Свой промысел преимущественно строили на добыче краба-стригуна опилио 15 судов. Из них лидерами по вылову данного объекта (более 300 т за год) были 4 (РШ «Алтай», ЯМС «Восток-3», СРТМ «Нагорск» и СРТМ «Артык»). Минтай был основным объектом промысла у 9 судов. Большинство судов выловили минтая в количестве около 200 т или меньше. Но однозначным лидером по вылову минтая в 2015 г. был МКРТМ «Гиляк», добывший самостоятельно 1240,4 т этого вида. Десять судов вели главным образом добычу северной креветки. В списке последних особенно высоким выловом креветки (более 400 т за год) отличились СРТМ «Вулканный» и СКТР «Асанда». Терпуг в 2015 г. не был главным объектом промысла для каких-либо судов. Он ловился попутно с камбалами и минтаем. Тем не менее, можно выделить лидеров в вылове терпуга (более 100 т за год). Это РС «Олимп», МРС-225-294 и РС «Дивный».

Анализируя вылов рыбодобывающих организаций по объектам, по добыче каждого из основных объектов промысла, можно выделить явных лидеров. Главный вклад в суммарный вылов камбал внесли ООО «Акватехнологии» (38,1%) и ООО РПК «Рыбацкий путь» (22,5%); в вылов краба-стригуна – ООО «Атлантика» (44,0%) и ООО «ДВ Акваресурс» (37,6%); минтая – ООО «Бриз» (44,3%), АО «РК «Новый Мир» (13,9%) и ООО «Зарубинская база флота» (13,4%); северной креветки – ООО «Далькреветка» (31,5%), ООО «Промфлот» (22,3%) и ООО «Магаданрыба» (17,7%), терпуга – ООО РПК «Рыбацкий путь» (43,9%), ООО «Акватехнологии» (17,9%) и ООО «Бринер» (12,9%).

Особенностью современного промысла в подзоне «Приморье» является высокое разнообразие объектов промысла. Так, судя по официальной отчетности, у разных судов на первом месте по вылову за 2015 г. было 17 различных промысловых объектов. Кроме упомянутых выше пяти основных, приоритетными для конкретных судов (на первом месте по вылову) были такие объекты, как бычки, навага, краб-стригун красный, синий краб, креветка гребенчатая, креветка равнолапая японская, осьминог песчаный, плоские ежи, серый морской еж, спизула, мерцанария Стивсона, анадара и ламинария.

Таким образом, в подзоне «Приморье» южнее мыса Золотого объекты промысла относятся к различным таксономическим группам животных и растений. Анализ вылова по таксономическим группам показал, что в 2015 г. наибольший вклад в общий вылов внесли рыбы – 9,9 тыс. т (или 51,9%). Крабов и креветок было добыто гораздо меньше, но их вылов также можно считать доминирующим – крабов добыто 3,5 тыс. т (18,4%), а креветок – 3,2 тыс. т (17,1%). Кроме этих таксономических групп, в вылове 2015 г. также были значительны доли иглокожих (1,2 тыс. т или 6,3%) и двустворчатых моллюсков (1,0 тыс. т или 5,3%). Вклад каждой из остальных таксономических групп в общий вылов составил менее 0,3%.

По объектам промысла суда были разделены нами на 3 типа – добывающие рыб; добывающие беспозвоночных; а также добывающие как рыб, так и беспозвоночных. Из судов, осуществлявших промысел в 2015 г., больше всего было судов, добывающих беспозвоночных – 48. Значительным было и количество судов, ведущих промысел рыб – 33. Суда, интересующиеся в одинаковой степени как беспозвоночными, так и рыбами, были представлены 10 единицами. Более ориентированными на конкретные промысловые объекты были суда, ведущие промысел беспозвоночных. Так, среди них 34% судов вели добычу креветок (северной, гребенчатой и равнолапой японской), 32% судов – добычу крабов-стригунов (опилио и красного), по 9% судов – добычу синего краба и морских ежей и 8% судов – добычу моллюсков (головноногих и двустворчатых).

Распределение объектов промысла по вылову в 2015 г. на акватории подзоны «Приморье» южнее мыса Золотого не совсем совпало с распределением квот на их вылов в данном году в этой зоне (Байталюк и др., 2016). В частности, здесь наибольшая квота (89,1 тыс. т) была выписана на добычу тихоокеанского кальмара, вылов которого составил всего около 40 т. При этом интересно отметить, что ни для одного судна кальмар не был приоритетным объектом промысла в 2015 г. Освоение выделенных квот не было высоким и в целом. Так, освоение квот ни одним из 5 главных объектов промысла не превысило 74%. Однако для большинства из них был взят 50-процентный рубеж освоения рекомендованного вылова: квота краба-стригуна опилио была освоена на 73,5%, северной креветки – на 70,0% и минтая – на 63,9%. Но камбалы были освоены лишь на 36,5%, терпуг – на 17,0%. Самый высокий процент освоения выделенных квот в 2015 г. имел место при промысле анадара (97,5% из 0,3 тыс. т), морских ежей (87,1% из 1,343 тыс. т), гребенчатой креветки (81,8% из 1,005 тыс. т) и спизулы (79,2% из 0,6 тыс. т). Освоение квот большинства объектов промысла в рассматриваемой зоне доставалось на уровне менее 50% и даже менее 20%.

В общем, исходя из осваиваемых объемов, приоритетной группой животных для промысла в подзоне «Приморье» южнее мыса Золотого были рыбы. Как показано выше, из них самую большую долю в вылове дают камбалы. Но это может быть связано с тем, что на камбал выделяется самый большой объем квот. Если брать процент освоения, то последний намного выше у второго объекта из рыб по объему вылова – у минтая. Квота на вылов минтая была в 3 раза ниже, чем на вылов камбал (4,38 против 12,5 тыс. т), но добыто минтая было только в 1,5 раза меньше, чем камбал (2,80 против 4,56 тыс. т). Кроме того, камбалы – это многовидовой объект промысла, минтай –

моновидовой. Таким образом, на акватории рассматриваемой зоны среди отдельных видов рыб самым приоритетным для промысла в 2015 г. был минтай.

По конкретным месяцам года вылов распределялся неравномерно. По общему вылову (всех ВБР) в 2015 г. выделялось 3 пика вылова (рис. 1): первый – в марте (17,26% годового вылова) и апреле (10,11%), второй – в августе (15,11%) и третий (самый значительный) – в ноябре

(29,71%). В остальные месяцы вылов всех ВБР составлял от 0,7 до 7,2% их годового вылова. Видимо, вылов по месяцам определялся особенностями биологии конкретных промысловых объектов, а пики нереста в марте-апреле и ноябре были обусловлены общими тенденциями, связанными с вынужденными межсезонными перемещениями промысловых животных и образованием ими (в связи с этим) особо плотных скоплений.

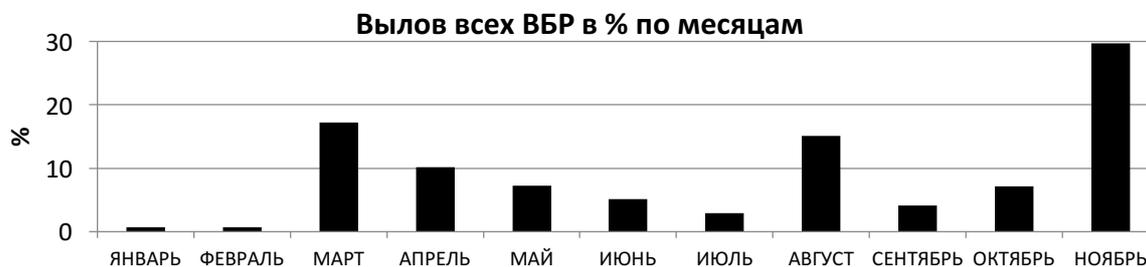


Рис 1. Вылов ВБР в процентах по месяцам

Особенности биологии конкретных промысловых объектов способствовали тому, что у минтая основной вылов наблюдался в апреле и осенью (примерно 82% вылова за эти 4 месяца), у камбал – с марта по июнь (87,6%), у краба-стригуна опилио – в августе (53,8%), у северной креветки – в марте (86,6%), у терпуга – в марте (28,3%), мае (29,5%) и октябре (23,8%). В октябре терпуг образовывал плотные скопления в связи с нерестом, в марте и мае – его плотные концентрации формировались в процессе весенних миграций данного вида из районов зимовки в места летнего нагула и поиска обильной пищи.

Список литературы

Байталюк А.А., Болдырев В.З., Солодовников С.А., Дударев С.П. Состояние промысловых ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2016. 121 с.

УДК 574.24

СТОИМОСТЬ УСЛУГ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ: РЕГУЛИРОВАНИЕ КЛИМАТА

Лукьянова О.Н.^{1,2}

¹Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

²Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

THE VALUE OF MARINE ECOSYSTEM SERVICES: CLIMATE REGULATION

Lukyanova O.N.^{1,2}

¹Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

²Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

Marine ecosystem services refer to benefits that people obtain from marine ecosystem. Understanding temporal evolution of these services is a fundamental challenge of natural resource management in marine ecosystems. Methods for ecosystem services evaluating on gas regulation and climate regulation are described.

Keywords: the value of ecosystem services, climate and gas regulation

Услуги морских экосистем – это те выгоды, которые люди получают от существования и использования этих экосистем. Для рационального природопользования необходимо оценивать стоимость этих услуг в денежном эквиваленте. Услуги экосистем классифицируют как обеспечивающие (*provisioning services*), регулирующие (*regulating services*), поддерживающие (*supporting services*) и культурные (*cultural services*). Культурные услуги включают рекреацию и туризм, образовательные, эстетические и некоторые другие (Costanza et al., 1997, 2014). Изменение климата, загрязнение и другие негативные процессы сокращают объемы экосистемных услуг и, соответственно, увеличивают их стоимость.

Концепция денежной оценки услуг экосистем сложилась в конце 20 в. и в настоящее время активно развивается экспертами многих стран. Большинство услуг нематериальны и не имеют рыночной стоимости в современном обществе. Методы оценки стоимости экосистемных услуг различны и имеют большую долю допущений, однако к настоящему времени уже получены экспертные оценки стоимости как для всего мира, так и отдельных экосистем, в том числе морских. Экономическая оценка этих услуг количественно может быть проведена очень приблизительно, тем не менее это уже позволяет проводить сравнительный анализ. Все услуги экосистем сгруп-

пированы в 17 категорий, с учетом специфики биомов. Согласно данной схеме, морские экосистемы обеспечивают такие услуги, как, например, контроль климата, поддержание газового состава атмосферы, восстановление нарушений, круговорот биогенных элементов, биологический контроль, поддержание биоразнообразия, создание убежищ, выработка пищевой продукции, технологическое сырье, рекреационный и культурный досуг.

Оценка стоимости пищевой продукции или технологического сырья морского происхождения традиционно рассчитывается, исходя из объемов промыслового запаса, объемов выловов, объемов добытого сырья и цены за одну тонну продукции на мировом рынке (Лукьянова и др., 2010, 2016). Полученная величина стоимости используется при расчете величины ущерба морским экосистемам при хозяйственной деятельности и размеров выплат при компенсационных мероприятиях. Для оценки других услуг используются часто не прямые параметры, выявленные в ходе социологических исследований и опросов людей об их готовности платить за то или иное благо (например, туризм), или получить компенсацию.

Одними из возможных подходов являются так называемые заместительные, или эквивалентные методы, когда для расчетов используется цена на сходную продукцию, существующая на мировом рынке. Для примера приведем способ расчета стоимости услуги морских экосистем по регулированию климата (Wang et al., 2016).

Регулирование климата:

$$Q_{RC} = Q_{PP} \cdot S \cdot 365 \cdot 10^{-3} + Q_{LAC} + Q_{SC}$$

Q_{RC} – количественное значение объема услуг по регулированию климата, т/год;

Q_{PP} – первичная продукция микроводорослей $\text{мг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$; S – площадь акватории, км^2 ;

Q_{LAC} – углерод, связанный макроводорослями, т/год;

Q_{SC} – углерод, связанный морскими животными (т/год).

$$Q_{LAC} = 0,44 \cdot Q_{LA}$$

Q_{LA} – продукция макроводорослей (сухой вес, т/год).

$$Q_{SC} = Q_{MS} + Q_{NS}$$

Q_{MS} – продукция аквакультуры;

Q_{NS} – продукция морских животных природных популяций.

Стоимость экосистемной услуги по регулированию климата:

$$V_{RC} = Q_{RC} \cdot P_C$$

Q_{RC} – количество услуги по регулированию климата, т/год;

P_C – цена углерода (угля) на мировом рынке, \$/т.

Этим способом была рассчитана стоимость регулирования климата в экосистеме Желтого моря (Yellow Sea). На основании данных о первичной продукции, продукции макроводорослей, аквакультуры и природных морских животных было рассчитано, что стоимость этой услуги возросла с $5,7 \cdot 10^9$ до $13,9 \cdot 10^9$ юаней с 1984 по 2010 год, в основном за счет увеличения объема как первичной продукции, так и объема продукции аквакультуры.

Регулирование газового состава. Производство кислорода:

$$Q_{O_2} = Q_{PP} \cdot S \cdot 365 \cdot 10^{-3} \cdot 32/12 + Q_{LA} \cdot 0,44 \cdot 32/12$$

Q_{O_2} – количество кислорода, производимого морскими экосистемами (т/год);

Q_{PP} – первичная продукция микроводорослей $\text{мг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$; S – площадь акватории, км^2 ;

Q_{LA} – продукция микроводорослей (сухой вес, т/год).

Производство углекислого газа:

$$Q_{CO_2} = Q_{PP} \cdot S \cdot 365 \cdot 10^{-3} \cdot 44/12 + Q_{LA} \cdot 0,44 \cdot 44/12$$

Стоимость регуляции газов:

$$V = Q_{O_2} \cdot P_{O_2}$$

Подобные способы расчетов могут быть применены при определении стоимости регулирующих услуг (*regulating services*) как морей в целом, так и отдельных заливов, бухт и эстуариев.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, соглашение № 14-50-00034.

Список литературы

Лукьянова О.Н., Нигматулина Л.В., Головащенко Е.В. Оценка потенциальной стоимости экосистемных услуг залива Петра Великого (Японское море) // Рыбное хозяйство. 2010. Т. 6. С.34-38.

Лукьянова О.Н., Волвенко И.В., Огородникова А.А., Анферова Е.Н. Оценка стоимости биоресурсов и экосистемных услуг Охотского моря // Известия ТИНРО. 2016. Т. 184. С. 85-92.

Costanza R., d'Agre R., de Groot R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital // Nature. 1997. V. 387. P. 253-260.

Costanza R., Groot R., Sutton P. et al. Changes in the global value of ecosystem services // Global Environ. Change. 2014. V. 26. P. 152-158.

Wang Q., Song J., Zhou J., Zhao W., Liu H., Tang X. Temporal evolution of the Yellow Sea ecosystem services (1980-2010) // Heliyon. 2016. V. 2.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00084>

УДК 574.587

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЙОБЕНТОСА В ЭСТУАРИИ РЕКИ КИЕВКА (БУХТА КИЕВКА, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Милованкина А.А., Фадеева Н.П.

Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

MEIOBENTHIC DISTRIBUTION IN THE KIEVKA RIVER ESTUARY (KIEVKA BAY, SEA OF JAPAN)

Milovankina A.A., Fadeeva N.P.

Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

Based on the results of the benthic surveys of Kievka River estuary (the Sea of Japan, Kievka Bay) the distribution of meiobenthos were studied along the salinity gradient. Meiobenthos was comprised by 9 taxonomic groups with the dominance of nematodes. In general, the density of meiobenthos in estuaries of the Kievka River increased with growth of salinity and temperature in surface and at bottom.

Keywords: Meiobentos, Kievka River's estuary, free-living nematodes

Эстуарные экосистемы, находящиеся в зоне контакта морских и пресных вод, характеризуются градиентом солености. Соленостный режим является одним из ключевых факторов, определяющих все важнейшие характеристики эстуарных сообществ (McLusky, 1981; Coull, 1999; Удалов и др. 2004; Fonseca, Netto, 2015).

Исследования в реке и бухте Киевка были посвящены различным гидрохимическим характеристикам бухты (Зуенко, Рачков, 2003), исследована нематофауна (Фадеева, 1991), макробентос (Кожевникова, Гальшева, 2006), а в самом эстуарии исследованы, макрофиты, зоопланктон и антропогенное воздействие (Барабанщиков, Колпаков, 2012; Колпаков, 2013; Колпаков, 2016). Подробные исследования различных таксонов мейофауны не проводились.

Работы проведены 6 августа 2016 года в эстуарии р. Киевка (бухта Киевка, Японского моря). Материал отобрали на 12 станциях на глубине от 0,35 м до 0,4 м (рис. 1). Пробы собирали трубчатым пробоотборником. Соленость, температура, глубина измерялись с помощью гидрологического зонда. В основном соленость вод относилась к олигогалинному типу вод (0,5-5‰). На некоторых станциях вода была мезогалинной (5-18‰) (табл.1). Выделение мейобентосных организмов из грунта производили по стандартной методике с использованием сит с размером ячеек 1000 и 32 мкм и фиксировали 4% забуференным формальдегидом. Биомассу каждой группы мейобентоса вычисляли умножением плотности поселения на среднюю массу представителей. Сырую массу животных рассчитывали с помощью формулы: $W = V\rho$, где W – масса, мкг, V – объем организмов, нл, ρ – удельная масса, равная для

брюхоногих и двустворчатых моллюсков 1.5 мг/м^3 , для остальных таксономических групп – $1,13 \text{ мг/м}^3$ (Warwick, Price, 1979). Корреляционные анализы Спирмена, Кендалла и Гамма проведены в программе StatSoft Statistica 10. Карты построены в MapInfo Professional 12.5.

В эстуарии реки Киевка было представлено 9 таксономических групп: Amphipoda, Chironomidae, Copepoda, Nematoda, Oligochaeta, Ostracoda, Polychaeta, Tardigrada, Turbellaria. Нематоды доминировали по численности на всех станциях.

Основной вклад в численность внесли нематоды и копеподы (табл. 2). Максимальные значения численности и биомассы мейобентосных организмов зафиксированы на станции 1 в нижней части эстуария, на песчаном грунте с изменением солености от пресной до олигогалинной (0,04-1,81‰) и составляли 509 тыс. экз/м² и 3253 мкг/м² (табл. 1, 2). Минимальная численность и биомасса зафиксированы на станции 12 в сублиторали, на крупном песке в мезогалинной зоне на поверхности и пресной в придонном слое (0,27-11,77‰) со значениями 2,5 тыс. экз/м² и 120 мкг/м². Проведенный корреляционный анализ (Гамма-корреляция, ранговые коэффициенты корреляции Спирмена и Кендалла) выявили совместное изменение следующих параметров при $p < 0,05$: отрицательная связь биомассы нематод с температурой и соленостью в поверхностном слое и в придонном слое. У численности нематод была отрицательная связь с температурой в придонном слое. Численность мейобентосных организмов имела отрицательный коэффициент с температурой в придонном слое.

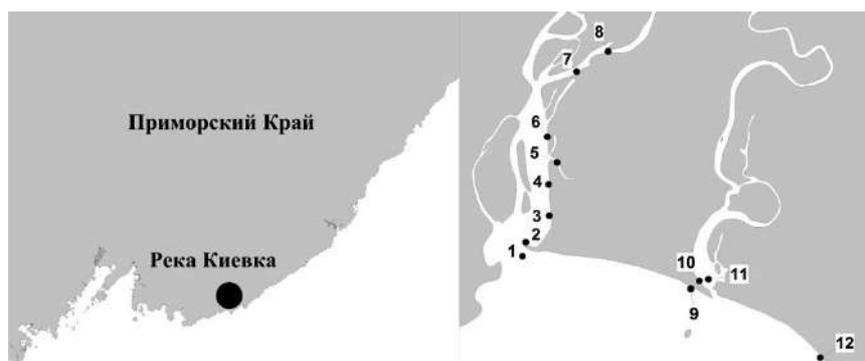


Рис. 1. Карта-схема района работ в эстуарии реки Киевка в 2016 г.

Таблица 1. Некоторые гидрологические характеристики эстуария реки Киевка

Станция	Температура по- верхность, °С	Температура дно, °С	Соленость по- верхность, ‰	Соленость дно, ‰
1	26,10	22,40	1,81	0,04
2	23,28	23,23	0,74	0,74
3	24,32	24,22	0,01	0,42
4	24,23	22,62	1,14	0,02
5	25,07	24,90	0,69	0,02
6	24,71	24,57	0,2	0,02
7	24,79	22,18	0,54	0,02
8	23,85	23,73	0,42	0,02
9	23,13	22,94	9,20	0,08
10	25,97	25,15	1,55	0,03
11	27,93	22,90	0,27	0,26
12	23,19	24,62	11,77	0,27

Таблица 2. Распределение биомассы (мкг/м²) и численности (1000 экз/м²) мейобентосных организмов в эстуарии реки Киевка в 2016 г.

Ст.	Chiron.	Copepoda	Nematoda	Olig.	Polych.	Проч.	Итого
1	183 / 6	351 / 49	2419 / 413	209 / 34.5	91 / 1.5	- / 5	3253 / 509
2	- / 27.5	1094 / 55	1000 / 385	107 / 12	-	- / 10	2201 / 489.5
3	- / 15	54 / 5	861 / 192	53 / 11	-	1 / 1	969 / 224
4	- / 20	19 / 2	69 / 21.5	9 / 1	67 / 0.5	- / 1.5	164 / 46.5
5	- / 8.5	93 / 10	751 / 340.5	134 / 1	-	- / 0	978 / 360
6	- / 2	163 / 24	488 / 132.5	16 / 0.5	-	- / 2.5	667 / 161.5
7	276 / 5.5	394 / 86	272 / 234.5	35 / 1.5	1511 / 7.5	16 / 5	2504 / 340
8	1315 / 25	605 / 28	459 / 262	13 / 1.5	468 / 3.5	- / 0.5	2860 / 320.5
9	-	5 / 6.5	236 / 78.5	-	24 / 3	38 / 9.5	303 / 97.5
10	- / 23	170 / 27.5	572 / 243.5	22 / 4	10 / 3	17 / 31.5	791 / 332.5
11	- / 6.5	56 / 6	843 / 382	-	259 / 29	- / 16	1158 / 439.5
12	-	-	11 / 5	-	71 / 8	38 / 12.5	120 / 25.5

Примечание: Ст. – станция, Chiron. – Chironomidae, Olig. – Oligochaeta, Polych. – Polychaeta, Проч. – Прочие. В Столбец «прочие» входят следующие таксономические группы: Tardigrada, Amphipoda, Turbellaria, Ostracoda.

Авторы выражают благодарность Милованкину П.Г. и Сердюк У.И. за помощь при сборе материала, д.г.н. Зуенко Ю.И. за предоставленный гидрологический зонд. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-29-02736) и гранта Российского научного фонда соглашение №14-50-00034.

Список литературы

Барбанищев Е.И., Колпаков Н.В. Состав, распределение, динамика и продукция зоопланктона эстуариев Приморья // Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление: мат-лы Всерос. науч. конф. 2012. С. 448-460.

Зуенко Ю.И., Рачков В.И. Основные черты гидрологического и гидрохимического режима вод бухты Киевка (Японское море) // Известия ТИНРО. 2003. Т. 133. С. 303-312.

Кожевникова, С.И., Гальшева Ю.А. Сведения о макробентосе литорали и верхней sublиторали бухты Киевка (Японское море) // Географические и геоэкологические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток, 2006. Вып. 2. С. 126-140.

Колпаков Н.В. Антропогенное загрязнение эстуариев южного Приморья: обзор // Известия ТИНРО. 2016. Т. 187. С. 3-18.

Колпаков Н.В. Продукция макрофитов в эстуариях рек Приморья // Известия ТИНРО. 2013. Т. 174. С. 135-148.

Удалов А.А., Бурковский И.В., Мокиевский В.О., Столяров А.П., Мазей Ю.А., и др. Изменение основных характеристик микро-, мейо- и макробентоса по градиенту солености в эстуарии Белого моря // Океанология. Т. 44. № 4. 2004. С. 549-560.

Фадеева Н.П. Распределение свободноживущих нематод в районе бухты Киевка // Биологические исследования бентоса и обрастания в Японском море. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. С. 66-84.

Coull C.B. Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats // Australian Journal of Ecology. 1999. №24. P. 327-343.

Fonseca G., Netto S. Macroecological Patterns of Estuarine Nematodes // Estuaries and Coasts. 2015. V. 38. P. 612-619.

McLusky D.S. The estuarine ecosystem. London: Blackie, 1981. 150 p.

Warwick R.M., Price R. Ecological and metabolic studies on free-living nematodes from an estuarine mud-flat // Estuar. cstl mar. Sci. 1979. V. 9. P. 257-271.

УДК 574.5

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ РАКОВИНЫ СЕРРИПЕСА ГРЕНЛАНДСКОГО (*SERRIPES GROENLANDICUS*) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Незамутдинова Ю.О.¹, Власенко Р.В.²¹ Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток² Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

AGE CHANGES OF SHELL FORM *SERRIPES GROENLANDICUS* FROM THE PETER THE GREAT BAY (THE SEA OF JAPAN)

Nezamutdinova Yu.O.¹, Vlasenko R.V.²¹ Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok² Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

The shell's length/height ratio of bivalve *Serripes groenlandicus* was studied. The mollusks were collected in September 2016 at depth of 48-60 m southeastward from Russkiy Island (the Peter the Great Bay, Sea of Japan). The highest growth rate is detected for the first six years of the mollusk life, and then it began decrease and became minimal after nine years, when mean size length and height of shell – 79 and 67 mm. The period of isometric growth of different mollusks continue five-nine years and then it ceases. The equation of linear regression in the period of isometric growth be of the form: $H = -0,0629 + 0,8755L$. The height of shell is about 88% of its length, when isometric growth at end. Isometric growth was not detected in 6 (11,1%) individuals – the length/height ratio of shell often is change.

Keywords: *Serripes groenlandicus*, growth, the length/height ratio of shell

Для многих организмов характерны сравнительно высокие темпы роста в начальный период жизни и последовательное уменьшение величины приростов, как правило, при наступлении половой зрелости. Период медленного роста в зрелой стадии может продолжаться до конца жизни, что свойственно большинству двустворчатых моллюсков. Соотношения между морфометрическими показателями животных характеризуют форму тела, и зачастую связаны с адаптациями к определенным условиям среды (Золотарев, 1989). В настоящей работе рассматривается взаимосвязь длины и высоты раковины серрипеса гренландского *Serripes groenlandicus* (Mohr, 1786) в процессе его роста.

В основу работы положен материал, собранный из дражных уловов в сентябре 2016 года. Драгирования выполняли на глубинах 48-60 метров на илисто-песчаных грунтах в зал. Петра Великого на юго-востоке от острова

Русский. Возраст и темпы роста изучены у 54 живых особей. В качестве возрастных меток использовали характерные скульптурные элементы наружной поверхности раковины и соответствующие им зоны задержки роста, различимые на радиальном спице в наружном слое створки (Kilada et al., 2007; Явнов, Игнатъев, 2009). Измеряли длину (L) и высоту (H) раковины в местах выхода каждой годовой метки с точностью до 0,1 мм.

Оценивая общие тенденции возрастных изменений размеров раковины серрипеса отметим, что наиболее интенсивно моллюски растут в первые шесть лет жизни, достигая максимальных приростов длины (в среднем до 11 мм) и высоты (в среднем до 10 мм) раковины на 4-5-м году жизни (рис. 1). В последующие годы величины приростов постепенно уменьшаются, и по достижении девятилетнего возраста, в котором средние размеры раковины составляют 79 и 67 мм, соответственно по длине и высоте, они не превышают 3 мм в длину и 2 мм в высоту.

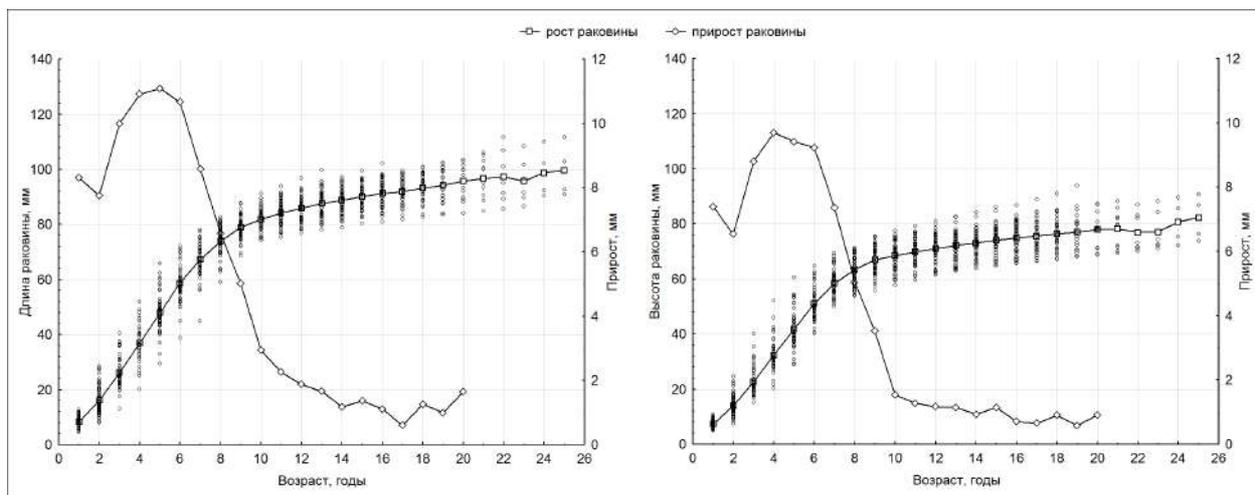


Рис. 1. Обобщенные кривые роста и приростов *S. groenlandicus* по длине и высоте раковины в зал. Петра Великого

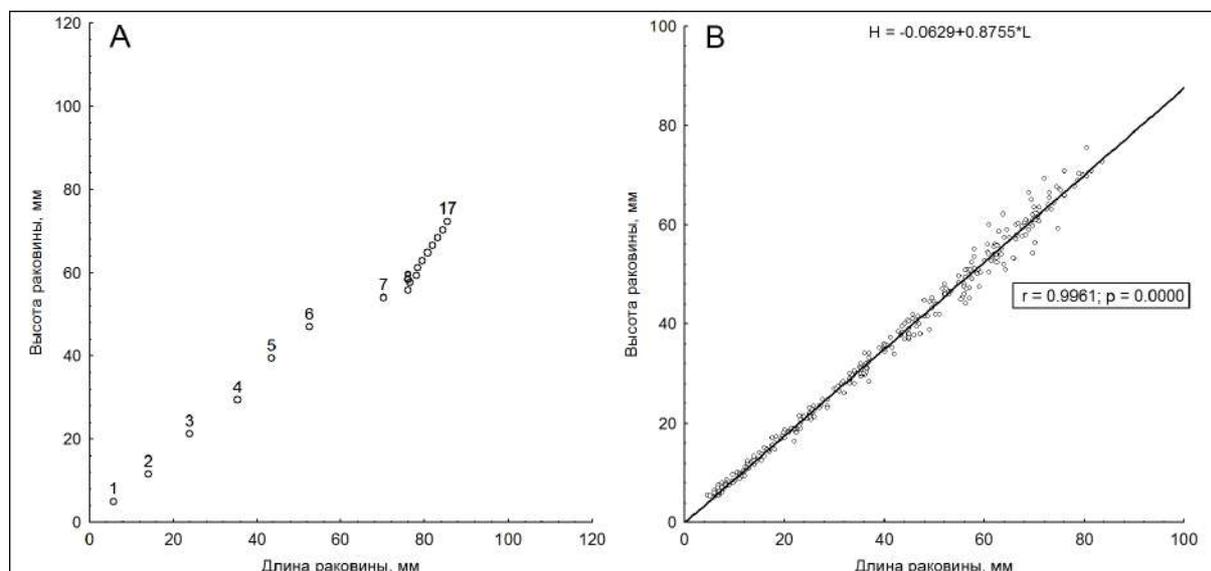


Рис. 2. Взаимосвязь длина-высота раковины для отдельной особи (А) и по всей выборке (В) *S. groenlandicus* в зал. Петра Великого

Для изучения вопроса о возможном сохранении пропорций длина-высота раковины в течение жизни у *S. groenlandicus* построены индивидуальные графики для каждой особи, где по абсциссе откладывалась длина, а по ординате высота моллюска за каждый год. Пример такого графика приведен на рис. 2а. Как видно на этом рисунке, точки, соответствующие первым шести годам жизни, ложатся на прямую линию. Следовательно, в этот период пропорции раковины по длине и высоте у данной особи оставались неизменными. В возрасте 7-8 лет отмечено замедление прироста раковины в высоту на фоне относительно интенсивных приростов длины. Далее приросты раковины по длине заметно снижаются, и наблюдается более интенсивный рост в высоту.

Изучив подобные графики для каждой особи, мы выяснили, что у большинства моллюсков в начальный период жизни пропорции длина-высота сохраняются. Продолжительность периода изометрического роста у отдельных моллюсков различна и длится от 5 до 9 лет. Далее соотношение длина-высота перестает выдерживаться и может наблюдаться как замедление роста длины раковины и относительное увеличение ее в высоту, так и наоборот, более заметный рост длины, чем высоты. Отметим, что для некоторых животных на соответствующих индивидуальных графиках не удалось выявить участков изометрического роста, т.е. пропорции раковины в течение жизни постоянно менялись. Таких моллюсков в нашей выборке оказалось 6 штук, что составило 11,1%. Не исключено, что данный феномен объясняется индивидуальными особенностями отдельного организма и/или микроусловиями конкретного местообитания.

Рассмотрим соотношение «длина-высота раковины» для всей выборки. Для получения обобщенной зависимости отобраны данные по участкам изометрического роста для всех моллюсков, у которых этот период наблюдался. Уравнение линейной регрессии имеет вид:

$$H = -0,0629 + 0,8755L$$

Свободным членом, в силу его малости вполне можно пренебречь. Статистическое обоснование данной процедуры выходит за рамки настоящего сообщения и здесь обсуждаться не будет. Таким образом, на начальных этапах, в первые пять-девять лет жизни моллюска высота раковины составляет порядка 88% от ее длины. Является ли такое соотношение видовым признаком, или характерно только для поселения зал. Петра Великого предстоит выяснить в дальнейшем.

Список литературы

- Золотарев В.Н. Склерохронология морских двустворчатых моллюсков / АН УССР. Ин-т биологии юж. Морей им. А.О. Ковалевского. Киев: Наук. думка, 1989. 112 с.
- Явнов С.В., Игнатьев А.В. Выделение годовых слоев и рост закапывающихся моллюсков серрипеса *Seripes groenlandicus* и сердцевидки *Clinocardium californiense* // Известия ТИНРО. 2009. Т. 158. С. 187-194.
- Kilada R.W., Roddick D., Mombourquette K. Age determination, validation, growth and minimum size of sexual maturity of the Greenland smoothcockle (*Serripes groenlandicus*, Bruguere, 1789) in eastern Canada // J. Shellfish Research. 2007. V. 26. №. 2. P. 443-450.

УДК 597.562

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ТРЕСКИ *GADUS MACROCEPHALUS (TIL.)* И НАВАГИ (*ELEGINUS GRACILIS (TIL.)*) В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

Новикова О.В.

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский

THE MODERN STOCK STATUS OF PACIFIC *GADUS MACROCEPHALUS (TIL.)* AND SAFFRON COD (*ELEGINUS GRACILIS (TIL.)*) IN THE EASTERN PART OF THE SEA OF OKHOTSK

Novikova O.V.

Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky

Changing the ratio between two principle species – Pacific and saffron cod has been revealed for nowadays as an important aspect of quantitative transformation of bottom fish community the composition on shelf of West Kamchatka. If assessment of stock abundance dynamics of gadids (without valleye pollack) was earlier based on the state of Pacific cod only, it can be seen now changing the dominants, first time ever for the history of observation. An increase in the total biomass of saffron cod sustainably exsceeding the biomass of Pacific cod has been observed seen in the eastern part of the Okhotsk Sea since 2003. In the other words the average biomass of Pacific cod from 2007 to 2016 is 81,8 thousand tons, and of saffron cod – 137,2 thousand tons. In this way, the recent decade can be characterized as a period of consequent decrease of cod stock to critical level (26,8 thousand tons) and quick increase of safron cod biomass (217,7 thousand tons).

Keywords: The Sea of Okhotsk, Pacific cod, saffron cod, biomass, density

Треска и навага являются важными компонентами прибрежного биоценоза, сосуществуя с другими промысловыми видами. Мониторинг состояния их запасов в восточной части Охотского моря был начат во второй половине 1950-х годов в связи с проведением ТИНРО крупномасштабных донных траловых съемок, материалы которых послужили основой для оценки состояния запасов и прогнозирования ОДУ (Шунтов, 1985; Борец, 1997). Вклад тресковых (треска и навага) в общую биомассу донных рыб значительно снизился со второй половины 1990-х гг., главным образом, за счет снижения запасов трески вследствие глобальных изменений климато-океанологических условий в северной части Тихого океана (Шунтов и др., 1998; Винников, 2008; Золотов и др., 2013).

В настоящей работе, на основе данных многолетних донных траловых съемок, проведен анализ динамики биомасс одной из доминантных групп в донном ихтиоценозе западной Камчатки – тресковых (трески и наваги).

Расчеты биомасс были выполнены по данным летних траловых съемок с помощью ГИС «КартМастер» (Бизиков и др., 2007). Обработаны результаты 50 съемок и 8373 тралений с 1960 по 2016 гг.

За 56-летний период в восточной части Охотского моря величины общей биомассы семейства тресковых (трески и наваги) изменялись от 16,1 до 466,7 тыс. т, составив, в среднем, 152,3 тыс. т. После пика ее количества в середине 1980-х годов и вплоть до настоящего времени общая биомасса значительно снизилась, однако превышает среднемноголетний уровень в два раза (рис. 1).

Общая биомасса трески за исследуемый период изменялась от 14,9 до 452,4 тыс. т. Среднемноголетний показатель составил 102,1 тыс. т. Можно отметить, что кульминация ее биомассы в этом районе пришлась на середину 1980-х годов, превысив 450 тыс. т. С начала 1990-х годов XX в. сохраняется тенденция к снижению общей биомассы трески. Только в 2001–2003 гг. отмечен незначительный рост биомассы за счет появления относительно урожайных поколений (Винников, 2008). Далее, в 2008,

2011 и 2014 гг. наблюдалось увеличение биомассы трески до уровня, превышающего 100 т. Однако в последующие годы биомасса трески сократилась в пять раз, составив в 2016 г. только 26,8 тыс. т (рис.1).

В исследуемые годы, по результатам съемок, доля западнокамчатской наваги в общей учтенной биомассе донных и придонных рыб, в среднем, составляла не более 8% (Терентьев, 1998; Савин и др., 2011; Асева, 2012; Золотов и др., 2013). Однако в последние годы ее доля в траловых уловах значительно увеличилась, составив в 2015 г., в среднем, по западнокамчатскому шельфу около 25% (табл. 1). За весь период исследований (1960–2016 гг.) уровень динамики биомассы наваги был значительно ниже таковой у трески – с 3,4 по 217,7 тыс. т, в среднем 55,9 тыс. т. После ее максимальной величины в 1995 г. (162,1 тыс. т) отмечалось постепенное снижение биомассы. Однако, начиная с 2003 г., на западнокамчатском шельфе происходит рост биомассы наваги, стабильно превышающей биомассу трески (за исключением 2008 и 2011 гг.). Результаты проведенной в 2015 г. траловой съемки показали увеличение биомассы наваги до аномально высокого значения (217,7 тыс. т) (рис.1).

В последнее десятилетие биомасса наваги, по сравнению с периодом ее максимальной величины в 1990-х гг., увеличилась почти в 1,5 раза. Так, средняя биомасса трески в период с 2007 по 2016 гг. составила 81,8 тыс. т, наваги – 137,2 тыс. т. В последние два года – 2015 и 2016 – биомасса наваги была выше биомассы трески в 3 и 7 раза, соответственно. При этом среднее значение плотности распределения наваги на шельфе более чем в два раза превышало плотность распределения трески (табл. 1). Возможно, рост биомассы наваги связан с периодом теплых лет у западного побережья Камчатки (Коломейцев, 2016), которые создали оптимальные условия для выживания икры и личинок наваги и формирования ее урожайных поколений, но в то же время были выше температурных условий, благоприятных для развития трески.



Рис. 1. Динамика учетной биомассы трески и наваги у западной Камчатки в 1960-2016 гг., тыс. т (средне многолетнее значение биомассы трески и наваги – 152,3 тыс. т)

Таблица 1. Биомасса, доля (%) и плотность по биомассе трески и наваги на западнокамчатском шельфе по данным донных траловых съемок в 2007-2016 гг.

Год	Треска			Навага		
	Биомасса, тыс. т	Доля, %	Плотность, кг/км ²	Биомасса, тыс. т	Доля, %	Плотность, кг/км ²
2007	88,7	6,2	1213,8	169,9	11,4	5131,7
2008	219,8	3,2	3276,9	129,8	2,6	2677,8
2009	41,2	1,4	666,5	60,0	2,1	675,0
2010	31,9	4,0	659,1	37,8	6,3	1034,9
2011	110,6	3,2	849,6	70,0	4,0	1774,2
2012	52,0	5,3	436,0	92,0	9,7	691,0
2013	36,0	3,6	360,0	186,0	18,4	1434,0
2014	131,7	7,0	973,0	168,1	11,9	982,0
2015	79,9	4,3	1049,5	217,7	24,8	1666,0
2016	26,8	2,9	566,8	191,1	20,6	4099,2
Среднее	81,8	4,1	951,1	137,2	11,3	2048,3

Следует отметить, что такое соотношение биомасс наблюдается на фоне значительного недоиспользования ресурсов трески и почти 100%-го изъятия промыслом наваги.

Таким образом, в современный период наметилась существенная перестройка количественного состава донного ихтиоценоза западнокамчатского шельфа – изменение соотношения двух важных видов – трески и наваги. Если ранее динамика биомассы тресковых (без минтая) определялась только состоянием биомассы трески, то за всю историю наблюдений, впервые можем наблюдать смену доминант. Последнее десятилетие характеризуется постепенным снижением запасов трески до критического уровня и резким увеличением биомассы наваги.

Список литературы

Асеева Н.Л. Перестройка структуры донного ихтиоценоза западнокамчатского шельфа в связи с изменениями температуры воды // Вопросы промысловой океанологии. 2012. Вып. 9 № 1. С. 77-88.

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. Географическая информационная система «Картмастер» // Рыбное хозяйство. 2007. №1. С.96-99.

Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение // Тихоокеан. Науч.-исслед. Рыбохоз. Центр. Владивосток: ТИНРО-центр, 1997. 216 с.

Винников А.В. Тихоокеанская треска западной камчатки: биология, динамика численности, промысел // Автореф. Дис. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский, 2008. 14 с.

Золотов А.О., Терентьев Д.А., Новикова О.В., Ильин О.И. Многолетняя динамика запасов донных рыб на шельфе Западной Камчатки // Известия ТИНРО. 2013. Т. 173. С. 30-45.

Коломейцев В.В. Типизация зимних гидрологических условий для всего охотского моря и для района у западной камчатки по данным спутникового мониторинга // Исслед. биол. и динамики числ. промысл. рыб камч. шельфа. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2016. Вып. 41. С. 81-88.

Савин А.Б., Ильинский Е.И., Асеева Н.Л. Многолетняя динамика в составе донных и придонных рыб на западнокамчатском шельфе в 1982-2010 гг. // Изв. ТИНРО. 2011. Т. 166. С. 149-165.

Терентьев Д.А. Состав и биомасса донных рыб у западного побережья Камчатки по результатам учетной траловой съемки летом 1996 года // Исслед. биол. и динамики числ. промысл. рыб камч. шельфа. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 1998. Вып. IV. С.28-32.

Шунтов В.П. Биологические ресурсы Охотского моря // М.: Агропромиздат, 1985. С. 126-127.

Шунтов В.П., Волвенко И.В., Волков А.Ф., Горбатенко К.М., Шершенков С.Ю., Старовойтов А.Н. Новые данные о состоянии пелагических экосистем Охотского и Японского морей // Изв. ТИНРО. 1998. Т. 124. С. 139-177.

УДК 593.96

**НАХОДКА НЕИЗВЕСТНОГО ВИДА ГОЛОТУРИИ РОДА *CUCUMARIA*
(HOLOTHUROIDEA: DENDROCHIROTIDA: CUCUMARIIDAE) В КАРАГИНСКОМ
ЗАЛИВЕ БЕРИНГОВА МОРЯ**

Панина Е.Г., Степанов В.Г.

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии (КФ ТИГ) ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

**UNKNOWN HOLOTHURIA SPECIES OF GENUS *CUCUMARIA* (HOLOTHUROIDEA:
DENDROCHIROTIDA: CUCUMARIIDAE) FROM KARAGINSKY BAY OF THE BERING
SEA**

Panina E.G., Stepanov V.G.

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute (KBPGI) FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky

Unusual species of *Cucumaria* reaching trade size was found in the material from Karaginsky Bay (Bering Sea) collected in 2016. This species significantly differs from other species of the genus *Cucumaria* by the shape of spicules of the body and podia. Currently only four species of *Cucumaria* reaching trade size: *C. djakonovi*, *C. japonica*, *C. okhotensis* and *C. savelijevae*, are known from Far-East Seas of Russia, only *C. japonica* and *C. okhotensis* are fished.

Keywords: Holothuroidea, Dendrochirota, Cucumariidae, *Cucumaria*, sea cucumber, Karaginsky Bay, Bering Sea

При определении голотурий из сборов экспедиции Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра в 2016 году в Карагинском заливе (Берингово море) была обнаружена голотурия рода *Cucumaria*, достигающая промысловых размеров и сильно отличающаяся от других видов рода формой спикул кожи тела и ножек. На сегодняшний день в дальневосточных морях России известно четыре вида крупных кукумарий имеющих промысловое значение: *C. djakonovi*, *C. japonica*, *C. okhotensis* и *C. savelijevae*, из них добывается два вида – *C. japonica* и *C. okhotensis*.

Материал был получен в экспедиции Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра в 2016 году в Карагинском заливе (Берингово море): 23.06.2016, ТИНРО-Центр, Берингово море, СТР «Потапово», трал 174, 59°02'–59°03,6' с.ш., 163°29,3'–163°30,5' в.д., гл. 34–31 м, сборщик П.А. Федотов (1 экз.).

Голотурия была зафиксирована в 70% спирту. Препараты спикул готовили по общепринятой методике: образцы тканей растворяли в пробирках с «Белизной» (гипохлорит натрия NaClO); осевшие на дно пробирки спикулы промывали водой, размещали на предметном стекле и после подсыхания заключали в канадский бальзам.

Обнаруженный нами экземпляр кукумарии длиной 140 мм. Пол – самка. Кожа тела толстая. Окраска кожи и щупалец темно-коричневая. Амбулакральные ножки оранжевые, очень крупные, частично невтяжные; на тривиуме собраны в три продольные полосы, поперечный ряд которых содержит по три ножки; на бивиуме ножки расположены двумя продольными полосами по две ножки в поперечном ряду, небольшое их число разбросано в дорсальных интеррадиусах. 10 щупалец, одно из них редуцировано. Диаметр ротового диска 35 мм. Мышцы-ретракторы широкие (до 1 см в расширенной части), их длина на фиксированном материале до 3 см, они прикрепляются к стенке тела на расстоянии примерно 9 см от переднего конца. Продольные мышцы шириной до 8 мм. Каменистый канал один, ярко-красного цвета. Мадрепорит утерян. Полиев пузырь один, очень длинный (16,5 см) и узкий (ширина не превышает 5 мм), отходит от дорсальной стороны кольцевого амбулакрального сосуда. Гонады развиты умеренно, их окраска на фиксированном материале

ярко-оранжевая. Окраска водных легких светло-коричневая.

Известковое околوجلочное кольцо массивное (рис. 1). Радиальные пластинки высотой около 20 мм, имеют широкое основание с очень глубокой и широкой выемкой по заднему краю, расширением в передней части и сужением посередине. Интеррадиальные пластинки высокие, узкие, мечевидные, с небольшой выемкой по заднему краю; достигают длины 16–18 мм при ширине 2–3 мм в расширенной части.

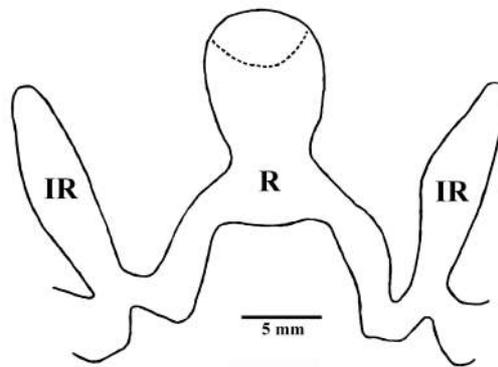


Рис. 1. Сегменты известкового околوجلочного кольца кукумарии обнаруженной в Карагинском заливе Берингова моря (R – радиальный сегмент, IR – интеррадиальные сегменты)

В коже спинной стороны тела преобладают крупные рассеченные с 2–4 лопастями и удлиненные пластинки с одной стороны, которых, край более гладкий и отверстия округлые, а с противоположенной – отверстия более вытянутые и край несет острые шипы (некоторые вытянутые пластинки имеют посередине утолщение или перетяжку); поверхность пластинок с множеством отверстий и бугорков (рис. 2А). Кроме того, имеются лопастные пластинки с гладким краем и множеством отверстий, размер которых уменьшается от центра к периферии; объемные палочковидные спикулы со щелевидными отверстиями или без них и крестики.

В коже брюшной стороны тела, также, как и в коже спинной стороны, встречаются рассеченные с 2-4 лопастями и удлиненные пластинки с одной стороны которых, край более гладкий, а с противоположенной – несет острые шипы; поверхность пластинок с множеством отверстий и бугорков (рис. 2Б); объемные палочковидные спикулы со щелевидными отверстиями или без них и крестики. Кроме того, имеются толстые перфорированные пластинки без бугорков, с гладким краем, крупными отверстиями в центре и более мелкими к периферии, ажурные перфорированные пластинки без бугорков и крупными отверстиями неправильной формы и разветвленные палочки.

Наиболее характерные спикулы амбулакральных ножек – крупные звездчатые пластинки с 5-10 лучами, множеством отверстий и бугорков; в центре пластинок отверстия крупные, а на лучах более мелкие (рис. 2В). Помимо

этого, встречаются спикулы сходные с таковыми из кожи тела (рис. 2Г); в меньшей степени встречаются тонкие перфорированные пластинки с большими отверстиями неправильной формы без бугорков и крестики.

Согласно базе «Word Register of Marine Species» на 2016 год в Мировом океане обитает 45 видов голотурий рода *Cucumaria*. Смирнов (2013) считает, что вид *Cucumaria diligens* следует относить к роду *Stereoderma*. Вид *Cucumaria sachalinica*, по нашему мнению, и мнению других авторов, следует относить к роду *Leptopentacta* (Смирнов, 2013; Stepanov, Panina, 2016 и др.). Виды *Cucumaria fallax*, *C. koreaensis* and *C. pusilla* следует относить к роду *Pseudocnus* (Смирнов, 2013; Panning, 1949; Stepanov, Panina, 2016). Таким образом, Мировая фауна голотурий рода *Cucumaria* на данный момент составляет 40 видов.

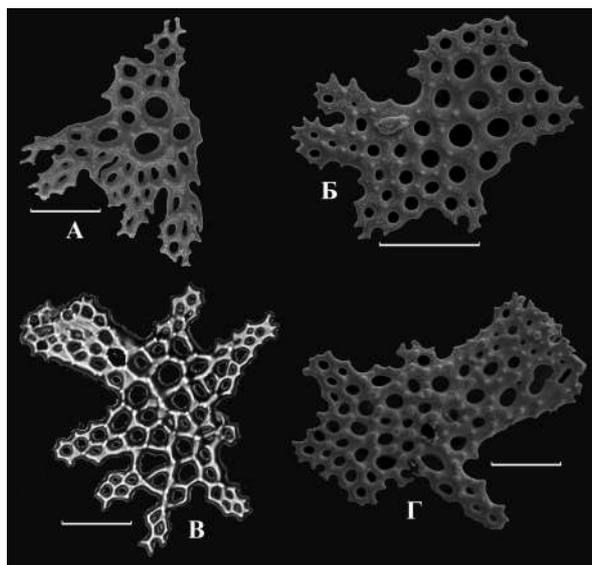


Рис. 2. Спикулы кукумарии обнаруженной в Карагинском заливе Берингова моря. А – лопастная пластинка спинной стороны тела, Б – лопастная пластинка брюшной стороны тела, В – звездчатая пластинка ножек, Г – лопастная пластинка ножек

Обнаруженная нами кукумария отличается от всех других видов рода *Cucumaria* формой спикул кожи тела и ножек. Некоторые спикулы кожи тела найденного экземпляра кукумарии сходны с таковыми у *C. okhotensis* Levin & Stepanov 2003, но у *C. okhotensis* отсутствуют сильно рассеченные спикулы, и, кроме того, в ножках отсутствуют звездчатые пластинки. Крупные рассеченные перфорированные пластинки в коже тела встречаются также у видов *C. frondosa* (Gunnerus 1767) и *C. levini* Stepanov & Pilganchuk 2002, однако края этих пластинок не несут острых шипов и в отличие от обнаруженной нами кукумарии в ножках отсутствуют крупные сильно рассеченные звездчатые пластинки с острыми шипами по краю.

Авторы считают приятным долгом выразить искреннюю признательность Федотову П.А. (ТИНРО-Центр) за предоставленные материалы, использованные в работе.

Список литературы

- Левин В.С. *Cucumaria okhotensis* (Echinodermata: Holothuroidea) – новый вид голотурий из Охотского моря // Биол. моря. 2003. Т. 29, № 3. С. 202–205.
- Смирнов А.В. Class Holothuroidea // Список видов свободноживущих беспозвоночных дальневосточных морей России. Исследования фауны морей. Спб.: ЗИН РАН, 2013. Вып. 75 (83). 197-199 с.
- Panning A. Versuch einer Neuordnung der Familie Cucumariidae (Holothuroidea, Dendrochirota) // Zool. Jahrb. Abt. f. Syst., V.78, no. 4. P. 404-470.
- Stepanov V.G., Panina E.G. A check-list of the holothurians of the far eastern seas of Russia // SPC Beche-de-mer Information Bulletin. 2016. V. 36. P. 24-35.

УДК 574.34:581.526.323 + 574.587:51

РЕКУРРЕНТНЫЙ МНОГОШАГОВЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ МЕЖГОДОВОЙ ДИНАМИКИ СООБЩЕСТВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ЭПИФИТОНА

Паренский В.А., Левченко Е.В.

Национальный научный центр морской биологии (ННЦМБ) ДВО РАН, г. Владивосток

A RECURRENT MULTI-STEP APPROACH TO MODELING THE INTERANNUAL DYNAMICS OF EPIPHYTIC DIATOM COMMUNITIES

Parensky V.A., Levchenko E.V.

National Scientific Center of Marine Biology (NSCMB) FEB RAS, Vladivostok

The similar features in interannual dynamics of the number of diatoms in epiphytic communities of the macrophyte *Ulva lactuca* Linnaeus, sampled from three different areas of coastal waters in Peter the Great Bay, northwestern Sea of Japan, are considered in this work. A multi-step recurrent model is proposed, in which the relative number of organisms in the studied communities is controlled by the density regulation of vital resources. The model implies an extrapensation of unrestrained exponential growth of the number of organisms in communities by the first limiting factor (vital resource) and a subsequent compensation by the second limiting factor. The reproductive ability of the studied communities in three coastal water areas is various. According to the model, in all parts of Peter the Great Bay the communities of epiphytic diatoms demonstrate a pseudo-chaotic pattern of the dynamics.

Keywords: epiphytic diatoms, interannual dynamics, density regulations, multi-step recurrent model.

Сообщества диатомовых водорослей эпифитона размножаются сезонно. Максимальные плотности поселения на макрофитах наблюдаются в середине летнего периода, а минимальные – в зимний период. Такая дискретность позволяет нам использовать аппарат разностных (рекуррентных) уравнений для проверки концепции плотностной регуляции в динамике численности диатомовых водорослей эпифитона. В настоящей работе мы рассматриваем общие черты в характере межгодовой динамики плотности поселения диатомовых водорослей в эпифитоне макрофита-базифита *Ulva lactuca* Linnaeus из разных прибрежных акваторий залива Петра Великого Японского моря: пролив Старка, бухты Патрокл, Соболь и Тихая в Уссурийском заливе, а также бухта Кирпичного завода и бухты около мыса Красного и между мысами Грозным и Фирсова в Амурском заливе.

При анализе первичных данных (табл. 1) использовали рекуррентный подход – когда состояние системы в предшествующий момент времени определяет ее состояние в текущий момент времени (Ricker, 1954). Данные о численности диатомовых водорослей в эпифитоне *Ulva lactuca* Linnaeus по семи исследованным акваториям сгруппировали таким образом, чтобы численность в предшествующем году (X) была поставлена в соответствие с численностью в текущем году (Y).

Основные свойства рекуррентных моделей рассмотрены на примере одношаговых моделей (Ricker, 1954; May, 1975; May, Oster, 1976; Свиричев, Логофет, 1978; Шапиро, Луппов, 1983). Многошаговый подход был предложен Paulick (1973) и был применен к исследованию динамики численности лососевых рыб, в частности, горбуши (Паренский, 2003).

Описание многошаговой модели. Пусть несдерживаемый степенной рост численности (плотности) (рис. 1 А):

$$Y_1 = (X/A)^B$$

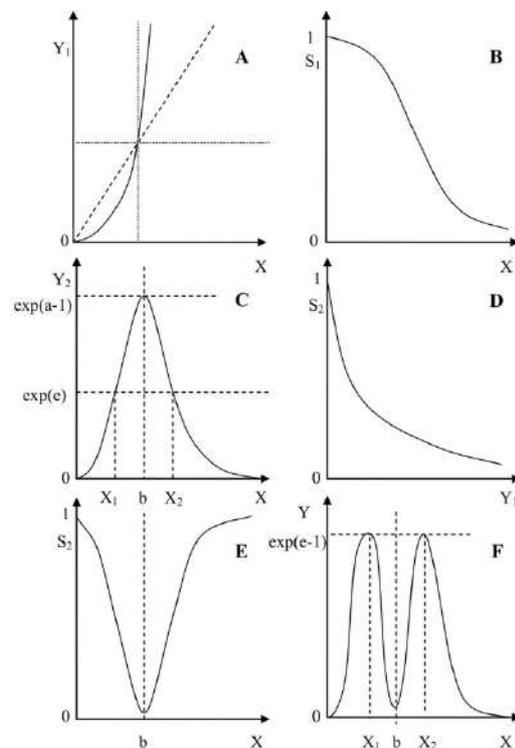


Рис. 1. Схема формирования модели плотностной регуляции численности диатомовых водорослей эпифитона: А – несдерживаемый степенной рост численности; В – выживание при ограничении роста численности I лимитирующим фактором; С – численность диатомовых эпифитона, ограниченная I лимитирующим фактором; D – выживание при ограничении роста численности II лимитирующим фактором относительно достигнутой численности сообщества на предшествующем этапе; E – выживание при ограничении II лимитирующим фактором в связи с величиной сообщества диатомовых эпифитона в предшествующий год; F – многошаговая модель плотностной регуляции численности диатомовых водорослей эпифитона (на рис. 2 для разных акваторий)

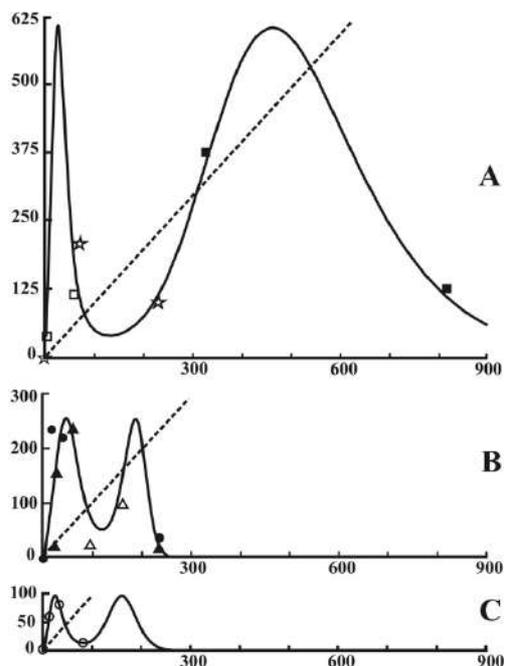


Рис. 2. Многошаговые модели плотности регуляции численности (обилия) диатомовых водорослей эпифитона: А – Амурский залив, В – Уссурийский залив, С – пролив Старка (X – сообщество диатомовых в предшествующем году, Y – сообщество диатомовых в текущем году). Обозначения: \circ – пролив Старка, \bullet – бухта Патрокл, Δ – бухта Соболев, \blacktriangle – бухта Тихая, \square – бухта около мыса Красного, \blacksquare – бухта между мысами Грозным и Фирсова, \star – бухта Кирпичного завода.

Численность народившихся диатомей, ограниченная первым лимитирующим фактором (ресурсом) (рис. 1 В):

$$Y_2 = Y_1 \cdot S_1 = Y_1 \cdot \exp(-(Y_1/C)^D) = (X/A)^B \cdot \exp(-(X/A)^B/C^D)$$

После нескольких преобразований и подстановки новых коэффициентов

$$(Y_{2\max} = C/(D \cdot \exp(1))^{1/D}, b = A \cdot (C/D^{1/D})^{1/B}, c = B \cdot D, d = B)$$

получим (рис. 1 С):

$$Y_2 = Y_{2\max} \cdot ((X/b)^c \cdot \exp(1 - (X/b)^c))^{d/c}$$

Y – численность Y_2 , ограниченная вторым лимитирующим фактором (численность (плотность) диатомей в текущем году) (рис. 1 D):

$$Y = Y_2 \cdot S_2 = Y_2 \cdot \exp(-Y_2/E)$$

$S_2 = \exp(-Y_2/E)$ – функция выживания народившихся диатомей в связи с количеством доступного ресурса (E). Эта же

функция выживания, представленная в зависимости от X , изображена на рис. 1, Е. Таким образом, численность (плотность) диатомей в текущем году (рис. 1 F):

$$Y = Y_{2\max} \cdot (X/b)^d \cdot \exp(d/c - (d/c) \cdot (X/b)^c) - Y_{2\max} \cdot (X/b)^d \cdot \exp(d/c - e - (d/c) \cdot (X/b)^c) = (X/b)^d \cdot \exp(a - (d/c) \cdot (X/b)^c) - (X/b)^d \cdot \exp(a - e - (d/c) \cdot (X/b)^c)$$

где $e = \ln(E)$, $Y_{\max} = \exp(e-1)$, $a = d/c + \ln(Y_{2\max})$

Результаты моделирования. Рассмотренный выше алгоритм был применен к данным о численности диатомовых водорослей эпифитона на макрофите-базифите *Ulva lactuca* в разных акваториях: Амурский залив, Уссурийский залив и пролив Старка (табл. 2, 3, 4, рис. 2).

Ни одна из полученных моделей ни противоречит первичным данным. Показатель детерминации R^2 во всех случаях больше 62%. Подобранные коэффициенты моделей характеризуются достаточно небольшими относительными ошибками – менее 11% (не меняющими знаки коэффициентов на противоположные).

Моделирование временной динамики относительной численности сообществ в изученных акваториях (от нижней критической численности) на 200 лет вперед в целом показывает псевдо хаотичный (May, Oster, 1976; Свиричев, Логофет, 1978; Шапиро, Луппов, 1983) характер. Только хаотичный характер динамики свойственен сообществам диатомей в Уссурийском заливе. В сообществах из пролива Старка изменения относительной численности в виде двух- и четырехлетних циклов перемежаются периодами псевдо хаотичной динамики. В сообществах диатомей из Амурского залива наблюдается чередование периодов изменения численности с четырехлетней и восьми-летней цикличностью.

Предложенная модель подразумевает плотностную регуляцию численности диатомовых водорослей эпифитона в связи с лимитированием жизненно важными ресурсами. Предлагаемая многошаговая рекуррентная модель не противоречит первичным данным. Каждое из полученных описаний для разных акваторий имеет свой характер динамики. Воспроизводительная способность сообщества диатомовых водорослей эпифитона в проливе Старка наименьшая. Отметим, что от пролива Старка к Уссурийскому заливу и от Уссурийского залива к Амурскому заливу воспроизводительная способность сообществ диатомовых водорослей эпифитона возрастает пропорционально $\exp(1) \approx 2,72$. Наивысший уровень воспроизводительной способности в Амурском заливе. Временная динамика сообществ на всех трех акваториях имеет псевдо хаотичный характер.

Таблица 1. Количество клеток* диатомовых эпифитона на 1 г сухого веса макрофита-базифита *Ulva lactuca*

Акватория		Год					
		2009	2010	2012	2013	2014	2015
пролив Старка				32666	82229	12910	59882
Амурский залив	бухта Кирпичного завода	3645	38720	55640	113870		
	бухта между мысами Грозным и Фирсова	324461	377191	809795	133166		
	бухта около мыса Красного	63277	177179	228483	101942		
Уссурийский залив	бухта Патрокл			14664	234551	37850	219629
	бухта Соболев			57149	234990	16414	17345
	бухта Тихая			21943	157277	97005	19810

Примечание: * – среднее трех оценок, среднеквадратичное отклонение не более 5%.

Таблица 2. Амурский залив. Оценки параметров модели и проверка их значимости

$$Y = \left(\frac{X}{b}\right)^{\exp(c)} * \exp\left(\frac{\exp(c)}{c} + a - \frac{\exp(c)}{c} * \left(\frac{X}{b}\right)^c - \left(\frac{X}{b}\right)^{\exp(c)} * \exp\left(\frac{\exp(c)}{c} + a - e - \frac{\exp(c)}{c} * \left(\frac{X}{b}\right)^c\right)\right)$$

Коэффициенты	Расчетное значение	Стандартная ошибка	95% доверительные границы		Стандартная ошибка, %
			нижняя	верхняя	
<i>b</i>	129131,315	9715,936	98210,869	160051,762	7,524
<i>c</i>	0,731	0,076	0,488	0,974	10,397
<i>a</i>	15,993	0,595	14,100	17,886	3,720
<i>e</i>	14,312	0,360	13,166	15,458	2,515
Средняя относительная ошибка коэффициентов по модели, %					6,039
Результаты дисперсионного анализа модели					
Источник вариации	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Средний квадрат отклонений	Критериальная статистика F	Сила влияния R ²
Общая	0,923444 · 10 ¹¹	6	-	-	1,000
Регрессия	0,812208 · 10 ¹¹	3	0,270736 · 10 ¹¹	7,302	0,880
Остаток	0,111236 · 10 ¹¹	3	0,037079 · 10 ¹¹	-	0,120

Таблица 3. Уссурийский залив. Оценки параметров модели и проверка их значимости

$$Y = \left(\frac{X}{b}\right)^c * \exp\left(\frac{1}{c} + a - \frac{1}{c} * \left(\frac{X}{b}\right)^c - \left(\frac{X}{b}\right)^c * \exp\left(\frac{1}{c} + a - e - \frac{1}{c} * \left(\frac{X}{b}\right)^c\right)\right)$$

Коэффициенты	Расчетное значение	Стандартная ошибка	95% доверительные границы		Стандартная ошибка, %
			нижняя	верхняя	
<i>b</i>	118298,217	9661,641	94657,033	141939,400	8,167
<i>c</i>	1,914	0,194	1,441	2,388	10,136
<i>a</i>	14,993	0,422	13,961	16,024	2,815
<i>e</i>	13,455	0,212	12,936	13,974	1,576
Средняя относительная ошибка коэффициентов по модели, %					5,674
Результаты дисперсионного анализа модели					
Источник вариации	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Средний квадрат отклонений	Критериальная статистика F	Сила влияния R ²
Общая	0,879169 · 10 ¹¹	9	-	-	1,000
Регрессия	0,552848 · 10 ¹¹	3	0,183283 · 10 ¹¹	3,370	0,629
Остаток	0,326321 · 10 ¹¹	6	0,054387 · 10 ¹¹	-	0,371

Таблица 4. Пролив Старка. Оценки параметров модели и проверка их значимости

$$Y = (X/b)^2 * \exp(1 + a - (X/b)^2) - (X/b)^2 * \exp(1 + a - e - (X/b)^2)$$

Коэффициенты	Расчетное значение	Стандартная ошибка	95% доверительные границы		Стандартная ошибка, %
			нижняя	верхняя	
<i>b</i>	80921,077	0,229	80919,170	80923,983	2,830 · 10 ⁻⁴
<i>a</i>	14,003	0	14,003	14,003	0
<i>e</i>	12,490	0	12,490	12,490	0
Средняя относительная ошибка коэффициентов по модели, %					0
Результаты дисперсионного анализа модели					
Источник вариации	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Средний квадрат отклонений	Критериальная статистика F	Сила влияния R ²
Общая	0,450625 · 10 ¹¹	3	-	-	1,000
Регрессия	0,450625 · 10 ¹¹	2	0,225313 · 10 ¹¹	5,63328 · 10 ¹²	1,000
Остаток	0,004	1	0,004	-	0,000

Список литературы

Паренский В. А. Описание динамики численности и промысла горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Вопросы ихтиологии. 2003. Т. 43. № 3. С. 352-360.
 Свирежнев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. М.: Наука, 1978. 352 с.
 Шапиро А.П., Луннов С.П. Рекуррентные уравнения в теории популяционной биологии. М.: Наука, 1983. 133 с.
 May R. M. Biological population obeying difference equations: stable points, stable cycles and chaos // Journal Theoretical Biology. 1975. V. 51. P. 511-524.

May R. M., Oster G. F. Bifurcations and dynamic complexity in simple ecological models // American Naturalist. 1976. V. 110. P. 573-599.
 Paulick G. J. Studies of possible form of the stock-recruitment curve. Fish stock and recruitment // Rapports et procès-verbaux des réunions / Conseil permanent international pour l'exploration de la mer. 1973. V.164. P. 302-315.
 Ricker W. E. Stock and recruitment // Journal Fishery Research Board Canada. 1954. V. 11. № 5. P. 559-623.

УДК 639.3.034.1

РАННИЙ ОНТОГЕНЕЗ *APTOCYCLUS VENTRICOSUS* (PALLAS) В УСЛОВИЯХ ОКЕАНАРИУМА

Сницкая Е.В.^{1,2}

¹ Приморский океанариум – Филиал Национального научного центра морской биологии (ННЦМБ) ДВО РАН, г. Владивосток

² Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (ДАЛЬРЫБВТУЗ), г. Владивосток

EARLY ONTOGENESIS OF *APTOCYCLUS VENTRICOSUS* (PALLAS) IN THE CONDITIONS OF THE OCEANARIUM

Snitskaya E.V.^{1,2}

¹ Primorsky Aquarium – Branch of National Scientific Center of Marine Biology (NSCMB) FEB RAS, Vladivostok

² Far Eastern State Technical Fisheries University (FASTFU), Vladivostok

The study of caviar and whitebait marine fish is potentially very important for assessing the stability of the generation, determining the mechanisms of environmental factors, clarifying phylogeny of taxa and their structure. This research is one of a series of experiments on the breeding of marine fish, dealing with the biology and morphology of the early period of life of *Aptocyclus ventricosus* (Pallas, 1769).

Keywords: ontogenesis, caviar, whitebait, *Aptocyclus ventricosus*

Изучение икры и молоди морских рыб потенциально весьма важно для оценки устойчивости поколения, определения механизмов воздействия факторов среды, уточнения филогении таксонов и их структуры.

Настоящее исследование – одно из серии экспериментов по разведению морских рыб, касается биологии и морфологии раннего периода жизни рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus* (Pallas, 1769).

A. ventricosus – широкобореальный тихоокеанский представитель сем. *Cyclopteridae*, эндемик северной части Тихого океана. Она занимает важное место в трофических цепях, так как является пищей для некоторых морских млекопитающих. Известно, что рассматриваемый вид мигрирует для нереста к побережьям (Орлов, Токранов, 2008). У приморских берегов рыба-лягушка встречается только с февраля по май во время нереста и охраны кладки (Новиков и др., 2002). Существует мнение, что после нереста самки умирают, а самцы остаются охранять кладку (Виноградов, 1950).

В марте 2017 г. в бухте Тихая Заводь (зал. Восток залива Петра Великого Японского) моря ловушкой были пойманы 3 половозрелые особи рыбы-лягушки. В течение нескольких дней рыбы были доставлены в Научно-адапционный корпус «Приморского океанариума».

Через 28 дней после вылова естественным путем была получена икра рыбы-лягушки в условиях океанариума.

Нерест произошел в аквариуме объемом 300 л, при температуре воды 3,4°C, солености – 35‰, pH – 7,7. Подача воды в аквариумы осуществляется непосредственно напрямую из зал. Петра Великого, с глубины 20 м, в отличие от других экспериментов, поставленных японскими учеными с фиксированным температурным диапазоном (Kyushin, 1975; Kim, et al., 1987). За время развития икры температурный диапазон составил 3,4-8,4°C; соленость варьировала 35-36‰.

Кладка икры заранее была отсажена от взрослых особей в пустой аквариум. Выклев молоди начался на 38-й день, при этом активное вылупление отмечено на 39-й день после нереста. Всего было получено около 300 маль-

ков. Температурный режим во время развития молоди менялся с изменением температуры воды в зал. Петра Великого, от 8,4°C до 12,1°C.

Молодь получала обильную пищу каждый день со 2-ого дня после выклева, в рацион входили науплии артемии *Artemia salina*.

К берегам Приморья (Японское море) рыба-лягушка подходит для размножения и ловится рыбаками с января по май. Предполагается, что в районе приморского побережья данный вид размножается с февраля по май (Новиков и др., 2002). В популяции во время нереста самки крупнее самцов и их основной цвет отчетливо черно-синий, а самцов – тускло-коричневый (Kyushin, 1975). Таким образом, пол взрослых рыб можно определить по внешним признакам. Как подчеркивал Kobayashi (1962), наиболее явное морфометрическое отличие между полами – размер диска-присоски: у самцов диск значительно больше, чем у самок.

Икра рыбы-лягушки погружается на каменистое дно и прилипает к поверхности. Нет существенного отличия эмбрионального развития данного вида от такового у других костистых рыб, кроме быстрого развития головы, тела и их сильной пигментации на поздней стадии эмбриогенеза рыбы-лягушки (Kyushin, 1975). Самые заметные особенности только что вылупившихся мальков – это голова-стикоподобное тело и хорошо развитый диск-присоска (рис. 1).

Молодь, в основном, ведет прикрепленный образ жизни, используя диск-присоску, кроме коротких быстрых рывков для питания, старается держаться в тени.

На данный момент прошло 63 дня после вылупления. В ходе исследования раннего онтогенеза, отмечено, что выживаемость нормальной молоди составила приблизительно 23-25%. При этом мальки достигли средней длины тела в 0,9-12 мм против 5,5-6,5 мм при выклеве. Молодь активно питается науплиями артемии *A. salina*, также в рацион добавляются эфиры, мелко порезанный мотыль и сухие корма.

Что касается взрослых особей, самец до последнего охранял кладку, затем на протяжении 11 недель ничем не

питался, и спустя длительное время началось активное питание (рыба, кальмар), но через 2 недели он погиб. Самка, отметавшая икру, не питалась после нереста на протяжении 14 недель, после чего началось активное питание, гибель не наступила, несмотря на существующее мнение о гибели производителей после нереста (Виноградов, 1950).

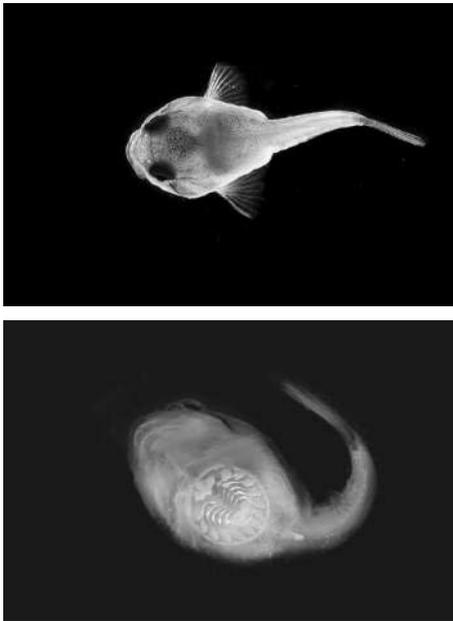


Рис. 1. Молодь на 8-й неделе после вылупления

В ходе исследования было показано, что рыба-лягушка является полициклическим видом, не все самки по-

гибают после нереста. Самцы охраняют свою кладку. Отмечены особенности только, что вылупившихся мальков – это головастикоподобное тело и хорошо развитый диск-присоска.

Список литературы

- Виноградов К.А. К биологии тихоокеанского пинагора в камчатских водах // Природа. 1950. №3. С. 387-394.
- Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы Приморья. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. 552 с.
- Орлов А.М., Токранов А.М. Особенности распределения, некоторые черты биологии и динамика уловов рыба-лягушки *Aptocyclus ventricosus* (Cyclopteridae) в прикурильских и прикамчатских водах Тихого океана // Вопросы ихтиологии. 2008. Т. 48. №1. С. 86-101.
- Фадеев Н.С. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-центр, 2005. 336 с.
- Kim Y.-U., Park Y.-S., Myoung J.-G. Development of eggs, larvae and juveniles of smooth lumpsucker, *Aptocyclus ventricosus* (Pallas) // Bull. Korean Fish. Soc. 1987. V. 20. №2. P. 157-165.
- Kobayashi K. Larvae of the smooth lumpsucker, *Aptocyclus ventricosus* (Pallas), with discussion on revision of the taxonomy of the species // Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 1962. V. 8. №3. P. 153-164.
- Kyushin K. The embryonic and larval development, growth, survival and changes in body form, and the effect of temperature on these characteristics of the smooth lumpsucker, *Aptocyclus ventricosus* (Pallas) // Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 1975. V. 26, №1. P. 49-72.

УДК 597.585.4.574.34

СОСТАВ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА КАМБАЛ АМУРСКОГО ЗАЛИВА (ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Соломатов С.Ф.

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

COMPOSITION AND LONG-TERM DYNAMICS OF FLOUNDER IN THE AMUR BAY (PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN)

Solomatov S.F.

Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

The values of the flounder's biomass in the Amur Bay are obtained. The species composition of the family was studied. The dominant species are determined. Marbled flounder prevailed in the catches. The highest biomass of flounders was in 2012.

Keywords: flounder, stock, long-term dynamics, Amur Bay

Амурский залив расположен в северо-западной части залива Петра Великого. Он отличается мелководностью (преобладающие глубины менее 20 м), закрытостью, обильным речным стоком (в основном за счет р. Раздольная) и высокой плотностью населения побережья, приводящей к антропогенному загрязнению вод. Все это сказывается на составе ихтиофауны залива. Здесь большую долю имеют полупроходные виды, такие как красноперки и корюшки. Также многочисленна навага, для которой Амурский залив является одним из основных мест нереста и последующего нагула молоди. Одним из основных составляющих биомассы семейств рыб являются камбалы.

ТИНРО-Центр регулярно проводит ежегодные донные траловые съемки по оценке обилия и биологического состояния рыб и беспозвоночных в заливе Петра Великого и в том числе в Амурском заливе в летний период. В последние годы для этих работ использовался мотобот РПР 3098 с мощностью силовой установки 54,5 кВт длиной 14 м и донный оттер-трал 14,61/6,0 м вооруженный мягким грунтопом, 10 мм вставкой в кутце. Запасы определялись методом площадей.

В наших уловах в 2016 г в Амурском заливе было отмечено 9 видов камбал (рис. 1). По результатам съемки самым массовым видом была японская камбала

Pseudopleuronectes yokohamae, доля которой составляла 29% (591 т). В основном этот вид предпочитал диапазон глубин 5-20 м, как и находящаяся на втором месте по биомассе звездчатая камбала *Platichthys stellatus*. Ее доля в уловах составила 19% (400 т). На третьем месте по биомассе находилась желтополосая камбала *Ps. herzensteini* – 16% (339 т).

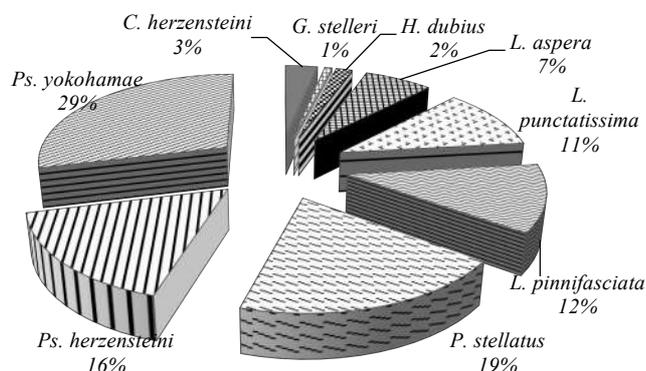
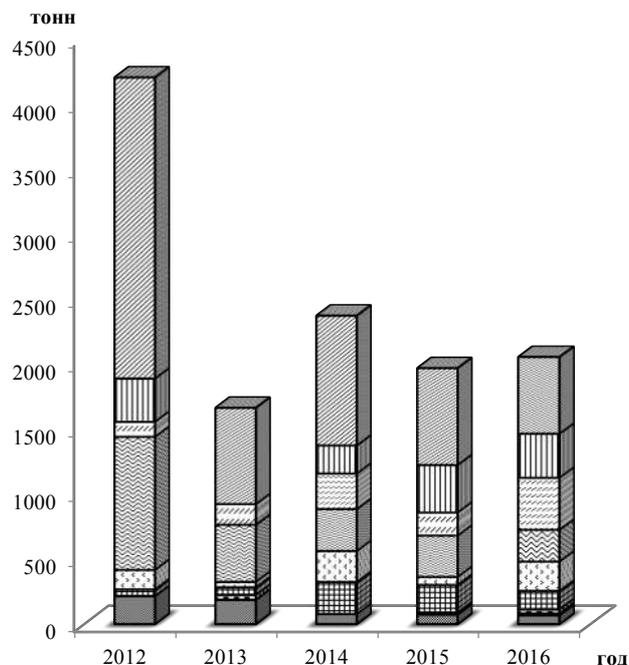


Рис. 1. Доля камбал (по биомассе) в Амурском заливе летом 2016 г.

Общая биомасса камбал была оценена в 2,1 тыс. т. Это почти на треть ниже, чем в соседнем Уссурийском заливе, где биомасса камбал достигала 3,2 тыс. т.

В многолетнем плане динамика камбал Амурского залива колеблется в районе 1,5-2 тыс. т (рис. 2). Из общего ряда выбивается 2012 г, когда весьма значительной была биомасса японской и полосатой *Liopsetta pinnifasciata* камбал. Учитывая, что камбалы характеризуются продолжительным периодом жизни и незначительной флюктуацией численности, по всей видимости, высокие значения биомасс были обусловлены перераспределением этих видов. В отдельные годы в Амурском заливе не отмечались малоротая *Glyptocephalus stelleri* и палтусовидная *Hippoglossoides dubius* камбалы, а колючая *Acanthopsetta nadeshnyi* не встречалась совсем. В то же время, в остальной части залива Петра Великого эти виды являются довольно массовыми. Отсутствие объясняется предпочтением этими видами больших глубин.



- *Pseudopleuronectes yokohamae*
- *Pseudopleuronectes herzensteini*
- *Platichthys stellatus*
- *Liopsetta pinnifasciata*
- *Limanda punctatissima*
- *Limanda aspera*
- *Hippoglossoides dubius*
- *Glyptocephalus stelleri*
- *Cleisthenes herzensteini*

Рис. 2. Доля и общая биомасса камбал в Амурском заливе в 2012-2016 гг.

Амурский залив закрыт для промысла рыболовными судами. В основном камбал добывают в зимний период с помощью ставных орудий лова, а также при любительском рыболовстве. Основным видом при этом является полосатая камбала, образующая скопления на мелководье залива, подо льдом.

УДК 57.082.2

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ СЦИФОИДНЫХ И ГИДРОИДНЫХ МЕДУЗ ДЛЯ ЭКСПОНИРОВАНИЯ И НАУЧНЫХ ЦЕЛЕЙ

Хайдаров М.Р.

Приморский океанариум – Филиал Национального научного центра морской биологии (ННЦМБ) ДВО РАН, г. Владивосток

SCYPHOZOAN AND HYDROZOAN JELLYFISH CULTURING FOR THE EXHIBITION AND RESEARCH

Khaidarov M.R.

Primorsky Aquarium – Branch of National Scientific Center of Marine Biology (NSCMB) FEB RAS, Vladivostok

"Primorsky aquarium" was originally planned as a scientific and educational complex and is represented by two main buildings: the exhibition building with dolphinarium and the Scientific and Adaptation facility (SAF). In SAF, hydrobionts be under quarantine before they be placed into the exhibition aquariums. Furthermore, SAF's capacity enable for the cultivation of some hydrobionts, including jellyfish. In the exhibition building jellyfish are represented in 12 aquariums and for their constant maintenance jellyfish are cultivated in SAF, and also exhibition has renewed by seasonal catch of jellyfish. At the moment, there are cultivating the next species: Moon jellyfish (*Aurelia aurita*), Lion's mane jellyfish (*Cyanea capillata*), Upside-down jellyfish

(*Cassiopea andromeda*) and Clinging-jellyfish (*Gonionemus vertens*). *Aurelia aurita* is cultivated both for purposes of exhibition and as a feed object for *Cyanea capillata*. Year-round cultivation of jellyfish provides unlimited opportunities for studying the stages of their life cycle.

Keywords: Jellyfish cultivation, *Aurelia aurita*, *Gonionemus vertens*, *Cyanea capillata*, life cycle

Изучение и содержание гидроидных и сцифоидных медуз всегда было сопряжено с рядом трудностей: создания для них благоприятных условий и сезонностью их появления. Нетривиальной задачей было создание аквариума, в котором бы медуза всегда находилась в толще воды и не опускалась на дно. Эту задачу удалось решить Гриву (Greve 1968, 1970, 1975), который создал первый plankton-kreisel (с нем. волчок) – аквариум для содержания планктонных организмов, в котором благодаря специальному току воды гидробионты всегда находятся в толще воды. В дальнейшем его идеи были развиты и переработаны при создании plankton-kreisel – аквариумов для научных судов (Hamner, 1990) и для экспозиционных аквариумов (Sommer 1992, 1993).

«Приморский океанариум» изначально был запланирован как научно-образовательный комплекс и представлен двумя основными строениями: Экспозиционным корпусом и Научно-адаптационным корпусом (НАК). В НАКе гидробионты проходят карантинирование перед их попаданием в Экспозиционный корпус. Помимо этого, в НАКе созданы условия для культивирования гидробионтов, в том числе и медуз. В экспозиционном корпусе медузы демонстрируются в 12 аквариумах и для их постоянного поддержания медузы культивируются в НАКе, а также производится сезонный отлов медуз. На данный момент производится культивирование таких видов медуз как аурелия ушастая (*Aurelia aurita*), цианея волосатая (*Cyanea capillata*), кассиопея андромеда (*Cassiopea andromeda*) и медуза-крестовик (*Gonionemus vertens*). Причем аурелия культивируется как для экспонирования, так и в качестве кормового объекта для медузы цианеи.

Для содержания медуз в НАКе используются 2 типа аквариумов: вытянутый kreisel и круглый kreisel (рис. 1.).

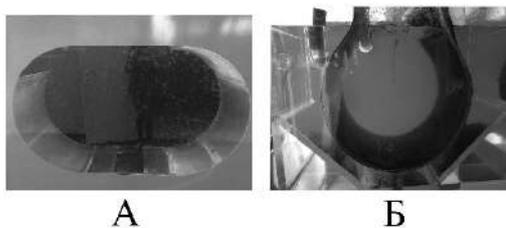


Рис.1. Типы аквариумов для медуз: А-вытянутый kreisel; Б — круглый kreisel

Вытянутые kreisel аквариумы объемом 1000 л используются для содержания взрослых особей или массового подращивания большого количества молоди. Круглые kreisel аквариумы объемом 100 л применяются для подращивания ювенильных особей (диаметр купола от 1 см до 2 см), аквариумы такого же типа, но объемом 50 л для подращивания эфир (диаметр купола от 3 мм до 1 см). Для содержания полипов используются обычные аэрируемые аквариумы различного объема. Кормление медуз осуществляется науплиями *Artemia salina*, а также их взрослыми особями. Инкубирование артемии, а также ее подращивание осуществляется в специальных аэрируемых резервуарах (рис. 2.).

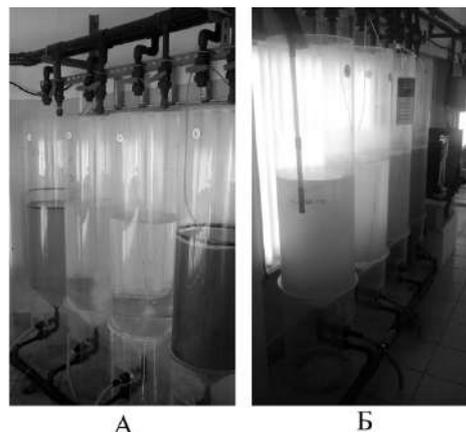


Рис. 2. Емкости для инкубирования артемии: А – емкости для выклева науплиев; Б – емкости для подращивания артемии на культуре микроводорослей.

Стробилиция сцифистом индуцируется постепенным понижением температуры, с последующим повышением. Например, для полипов аурелии чтобы инициировать стробилицию следует поднять температуру воды с 10 до 15°C (Holst, 2012). Для получения культуры полипов использовали отдельный аэрируемый резервуар объемом 12 тыс. литров, в который были отсажены 20 взрослых особей аурелии, пойманных в б. Улисс в 2015 году. На дно аквариума были помещены пластины (60 шт. 20x20 см) из ПВХ для оседания на них планул и превращения их в сцифистомы (рис. 3).

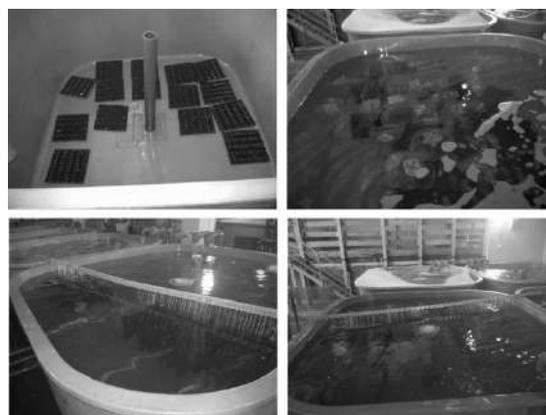


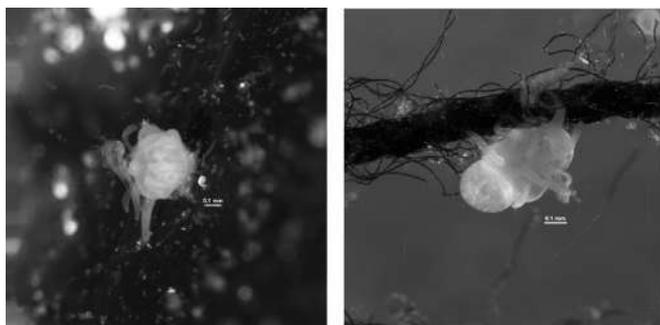
Рис. 3. Получение полипов аурелии путем оседания планул на ПВХ пластины

К концу недели на пластинах обнаружены молодые сцифистомы, и пластины подняты со дна и подвешены в толще воды. Культуры полипов таких видов как цианея и медуза-крестовик, получали таким же способом, но с использованием аквариумов меньшего размера.

В связи с тем, что аурелия для «Приморского океанариума» является не только экспонируемым видом, но и кормовым объектом для цианеи, было налажено ее массовое культивирование с получением эфир каждые 2-3 недели. В результате стробилиции, продолжающейся 4-5 дней, обычно получается порядка 5-6 тыс эфир, из которых до ювенильной стадии доживает порядка 500 особей. В результате около 100 наиболее презентативных особей

идет на пополнение экпозиции, а остальные используются в качестве корма для цианей. Кормление цианей осуществляется мелконарубленной мезоглеей аурелии, эфирами, или ювенильными особями.

Из культуры полипов (рис. 4.) медузы-крестовика были получены молодые медузы, которых удалось дорастить в течение месяца до половозрелых медуз. Следует отметить, что содержание *G. vertens* возможно и в обычных аквариумах, без создания определенной циркуляции (Микулич, 1974). Посаженная в морской аквариум морская трава (*Zostera*, *Phyllospadix*) служит субстратом для прикрепления медузы с помощью присосок на щупальцах.



А Б

Рис. 4. Полипы медузы — крестовика: А – полип, поймавший науплий артемии; Б – полип с медузойной почкой. Размер линейки 0,1 мм

Из культур полипов цианей волосатой и кассиопеи андромеды путем стробилиации были получены эфиры и ведется работа над их подращиванием до взрослых особей.

Круглогодичное культивирование аурелии и других видов медуз открывает невиданные до этого возможности для научно-образовательной деятельности. Уже в настоящее время студенты кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов ШЕН ДВФУ проходят курс НИРС в стенах НАК, изучая факторы индукции стробилиации, ведется совместная научная работа сотрудников Национального

научного центра морской биологии ДВО РАН и Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН над использованием светочувствительных пятен ропалий аурелии в качестве биосенсоров. В 2018 году начнется чтение курса для студентов кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов ШЕН ДВФУ «Культивирование морских беспозвоночных в лабораторных условиях» с практическими занятиями на базе «Приморского океанариума».

Список литературы

Микулич Л.В., Наумов Д.В. Ядовитая медуза «крестовик», ее систематическое положение, морфология, жизненный цикл, биология и распространение // Исследования ядовитой медузы «крестовик». Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1974. 63 с.

Greve W. Cultivation experiments on North Sea ctenophores // Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. – 1970. V. 20. №. 1. P. 304.

Greve W. The “Meteor Planktonküvette”: a device for the maintenance of macrozooplankton aboard ships // Aquaculture. 1975. V. 6. №. 1. P. 77-82.

Greve W. The “planktonkreisel”, a new device for culturing zooplankton // Marine Biology. 1968. V. 1. №. 3. P. 201-203.

Hamner W.M. Design developments in the planktonkreisel, a plankton aquarium for ships at sea // Journal of Plankton Research. 1990. V. 12. №. 2. P. 397-402.

Holst S. Effects of climate warming on strobilation and ephyra production of North Sea scyphozoan jellyfish // Hydrobiologia. 2012. V. 690. №. 1. P. 127-140.

Sommer F.A. Husbandry aspects of a jellyfish exhibit at the Monterey Bay Aquarium // American Association of Zoological Parks and Aquariums 1992 Annual Conference Proceedings. 1992. P. 362-369.

Sommer F.A. Jellyfish and beyond: husbandry of gelatinous zooplankton at the Monterey Bay Aquarium // Proceedings of the Third International Aquarium Congress, Boston, MA. 1993. P. 249-261.

УДК 576.8:597.2/.5:[639.2+639.32]

MYXOSPOREA (MYXOZOA) PARASITES OF MULLET (MUGILIFORMES: MUGILIDAE) FROM THE WEST PACIFIC

Chinh N.N.¹, Ngo H.D.¹, Aseeva N.L.²

¹ Institute of Ecology and Biological Resources, Vietnamese Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam

² Pacific Fisheries Research Center (TINRO-Center), Vladivostok, Russia

Fauna of myxosporean parasites of mullets (*Mugiliformes: Mugilidae*) from the Russian (Japan Sea) and Vietnamese waters of the Pacific is considered on the samples collected in 1997-2010 (Russia) and 2016 (Vietnam). In total, 10 species of myxosporeans are found, including 6 new species from Vietnamese mullets. The parasites of *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758), that is far-migrating cosmopolitan species, is common for both regions.

Key words: mullet, myxosporean, parasite, *Mugilidae*

Mullets (*Mugiliformes: Mugilidae*) is a big fish family that includes 72 species of 24 genera wide-spread in the tropical and moderate seas. One of them, *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) is a cosmopolitan species dwelling in coastal waters of Europe, Asia, Africa, Australia, America, and Oceania. The mullets are contaminated frequently by myxosporean parasites, which fauna depends on the hosts ecology and environmental conditions (Egusa et al., 1990; Lom, Dykova, 1992;

Yermolenko, 1992; Bahri, Marques, 1996; Aseeva, 1994, 2000). Studying of the parasitic fauna is a way to understand some aspects of the mullet biology. From the other hand, the information on parasites is practically important for development of the mullet artificial cultivation.

The present study is targeted on comparative analysis of the myxosporean fauna of mullets in the waters of Vietnam and Russian Far East.

Materials for the study were collected in parasitological researches of 6 species from the family *Mugilidae* caught in the coastal waters of the South-China Sea and Japan Sea. Sampling in the Vietnamese waters was conducted at Cat Ba Island in the Hai Phong Bay in 2016-2017, when 208 specimens of mullets belonged to 7 species were investigated including 5 species of the genus *Liza* (*L. aurata* Risso, 1810, *L. melinoptera* non Valenciennes, 1836, *L. macrolepsis* Smith, 1846, *L. haematocheila* Temminck & Schlegel, 1845 and *L. sp.*), 1 species of the genus *Mugil* (*M. cephalus* (Linnaeus), Cuvier, 1829), and 1 species of the genus *Chelon* (*Chelon melinopterus* Valenciennes, 1836). Sampling in the Russian waters was conducted at Primorye coast in 2003-2010, when 300 specimens of 2 mullet species (*M. cephalus* and *M. soiuy* Basilevsky, 1855) were investigated.

In total, 10 myxosporean species were found in these researches. There is concluded preliminary (before the genetic tests) that 6 of them are new for parasitological science, so they are subjected to detailed description and evaluation of their status taking into account the results of genetic tests. The genus *Myxobolus* is distinguished by the highest species diversity and includes 4 species: *M. episquamalis*, *M. exiguus*, *M. spinacurvatura* and the formerly unknown *M. sp.* Other 6 species belong to different genera: *Kudoa* (*K. iwatai*), *Ceratomyxa* (new species *C. sp.*), *Zschokkella* (new species *Z. sp.*), *Sphaerospora* (new species *S. sp.*), *Davisia* (new species *D. sp.*) and *Neoparvicapsula* (new species *N. sp.*).

In the Russian waters, 57 % of mullets were contaminated by myxosporeans; the most contaminated was *M. cephalus*, the most frequent parasites were *M. exiguus* and *M. spinacurvatura* (in both hosts) and *M. episquamalis* (in *M. cephalus*). In Vietnamese waters, only 28 % of mullets were contaminated by myxosporeans though with higher species diversity; the most contaminated was *M. cephalus*, too, the most frequent parasites were *K. iwatai* (in 16 % of *M. cephalus* specimens), *M. exiguus*, *M. spinacurvatura*, and *D. sp.* Other myxosporean species were found in single cases.

The most interesting, from scientific point of view, is the finding of the same fauna of myxosporean parasites for *Mugil cephalus* in the Russian and Vietnamese waters with principally different environments. In our samples, *Mugil cephalus* is contaminated by 3 myxosporean species: *M. exiguus*, *M. spinacurvatura* and *M. episquamalis*, though in Japanese studies the latter two species only were found (Egusa 1996; Maeno 1990). However, *M. exiguus* was found earlier in mullets from the Mediterranean and Black Seas. This wide range of habitat allows to suppose that *M. exiguus* is a composite species that means that possibly it is presented in different regions by morphologically similar but genetically different species.

Findings of several new species of Myxosporea in the Vietnamese waters is not surprising so far as this taxon is researched in the South-China Sea for the first time, and also taking into account that the mullets of the genera *Chelon* and *Liza* are non-migrating species, in opposite to *Mugil cephalus*. Note that the morphological forms of two new species, preliminary determined as *D. sp.* and *N. sp.*, are never described before and possibly belong to new genera different from *Davisia* and *Neoparvicapsula*.

The mullet's contamination by *Kudoa* parasites is practically important for fish industry and aquaculture because these parasites worsened the marketable conditions of fish. There are known the losses of mullet-cultivating marine farms in Israel caused by *K. iwatai* parasiting in *Mugil cephalus* (Yurakhno, Gorchanok, 2007).

This study was supported by the project of basic research, code VAST.DA47.12/16-19.

References

- Aseeva N.L. Finding of *Myxosoma acutum* (Fujita, 1912) from *Mugil soiuy* in the Japan Sea // *Izvestia TINRO*. 1994. V. 117. P. 157-158.
- Aseeva N.L. Myxosporeans of anadromous and marine coastal fishes in the northwestern Japan Sea // *Izvestia TINRO*. 2000. V. 127. P. 593-606.
- Bahri S., Marques A. Myxosporean parasites of the genus *Myxobolus* from *Mugil cephalus* in Ichkeul lagoon, Tunisia: description of two new species // *Dis. Aquat. Org.* 1996. V. 27. P. 115-122.
- Egusa S., Maeno Y., Sorimachi M. A new species of Myxozoa, *Myxobolus episquamalis* sp. n. infecting the scales of the mullet, *Mugil cephalus* L. // *Fish. Pathol.* 1990. V. 25. P. 87-91.
- Eiras J.C., Abreu P.C., Robaldo R., Junior J. P. *Myxobolus platanus* n. sp. (Myxosporea, Myxobolidae), a parasite of *Mugil platanus* Günther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae) from Lagoa dos Patos, RS, Brazil. // *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2007. V. 59. P. 895-898.
- Kent M.L., Andree K.B., Bartholomew J.L. et al. Recent advances in our knowledge of the Myxozoa. *J Eukaryot Microbiol.* 2001. V. 48. P. 395-413
- Lom J., Dyková I. Protozoan Parasites of Fishes // *Development in Aquaculture and Fisheries Science*. 1992. V. 26. P. 160-235.
- Yermolenko A.V. Parasites of fish in freshwater ponds in the continental part of the Japan Sea basin. Vladivostok: Far-Eastern branch of Russian Academy of Sciences. 1992. 237 p.
- Yurakhno V.M., Gorchanok N.V. New data about the oceanic fish cudoases // *Wiadomosci Parazytologiczne*. 2007. V. 53. P. 228.

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ И ИХ БАССЕЙНОВ

УДК 551.464:543.319

ДИАГЕНЕЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОСАДКАХ БУХТЫ ВОЕВОДА И АМУРСКОГО ЗАЛИВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Барабанщиков Ю.А., Тищенко П.Я., Волкова Т.И., Марьяш А.А., Михайлик Т.А.,
Павлова Г.Ю., Семкин П.Ю., Сагалаев С.Г., Тищенко П.П., Ходоренко Н.Д., Швецова М.Г.,
Шкирникова Е.М.

Тихоокеанский океанологический институт им. Ильичева (ТОИ) ДВО РАН, г. Владивосток

DIAGENESIS OF ORGANIC MATTER IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF THE VOEVODA BAY AND THE AMUR BAY (SEA OF JAPAN)

Barabanshchikov Yu.A., Tishchenko P.Ya., Volkova T.I., Maryash A.A., Mikhailik T.A.,
Pavlova G. Yu., Semkin P.Yu., Sagalaev S.G., Tishchenko P.P., Hodorenko N.D., Shvetsova M.G.,
Shkirknikova E.M.

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute (POI) FEB RAS, Vladivostok

In February, May, July, October 2014, complex seasonal studies of bottom sediments of the Voevoda Bay and the Amur Bay (Rechnoy Island) were carried out. For stations in the Voevoda Bay and in the Amur Bay, a sharp increase in biogenic elements (phosphates, silicates, nitrates, ammonium) in the range of 5-30 cm in pore water is observed in comparison with bottom seawater. The parameters of the carbonate system change in pore water in the same way: TA, DIC, pCO₂ increase in the depth of the sediment for all four seasons, and the pH_{in situ} decreases. The main reason for such changes is the course of the sulfate reduction process in the sediment (anaerobic decomposition of organic matter). This is confirmed by the observed decrease in the concentration of organic carbon in the solid phase of the sediment with a column depth in the Voevoda Bay from 6% to 2%, and in the Amur Bay below 2% for all four seasons.

Keywords: organic matter, early diagenesis, geochemistry of bottom sediments, carbonate system

Вопросам изучения продукционно-деструкционных процессов органического вещества, которые неразрывно связаны с экологическим состоянием акваторий, уделяется большое внимание. Высокая продукция органического вещества прибрежных акваторий формирует не только «мертвые зоны», но также залежи лечебных грязей, месторождения которых имеются в нескольких мелководных бухтах залива Петра Великого. Именно к таким бухтам относится бухта Воевода, расположенная в юго-западной части о-ва Русский. Как показывают наши исследования, отличительной особенностью донных осадков является высокое содержание в них органического вещества и протекания процесса сульфатредукции. (Барабанщиков и др., 2015).

Известно, что морские донные осадки являются хранилищем растворенного и взвешенного материала. После биологической и геохимической переработки в ходе седиментации этот материал поступает на морское дно, где происходит дальнейшее изменение его состава, которое наиболее заметно на ранней стадии постседиментационных процессов. Это процессы раннего диагенеза, идущие при обычных температурах под влиянием и при участии органического вещества, могут заметно изменять как среду осадков, так и их состав.

Цель работы – сравнительное изучение диагенеза органического вещества и параметров карбонатной системы в осадках бухты Воевода и Амурского залива (о. Речной).

В 2014 г. на геохимических станциях проведены комплексные сезонные исследования донных осадков. Пробы донных осадков отбирали с помощью прямооточной геологической трубки на двух станциях: в бухте Воевода

(42°59.978'с.ш., 131°47.659'в.д.), и в Амурском заливе (43°16.232'с.ш., 131°49.261'в.д.). Отобранные керны осадков представляли собой восстановленные илы темно-серого цвета с характерным запахом сероводорода (б. Воевода). Осадок в трубках был разбит с интервалом 10 см на 5-8 горизонтов в зависимости от длины взятого керна. После поднятия трубок были произведены измерения pH в осадках (Tishchenko et al., 2011; Tishchenko et al., 2010). После измерения pH, осадок каждого горизонта был отжат в прессе для получения поровой воды. В поровой воде измеряли следующие параметры: общую щелочность (TA – Total Alkalinity) (Павлова и др., 2008), главные биогенные элементы (фосфаты, силикаты, нитраты, нитриты и аммоний) (Grasshoff et al., 1983), концентрацию ионов основного солевого состава (Cl⁻, SO₄²⁻, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), гуминовые вещества (HS – Humic Substances), содержание органического углерода в твердой фазе осадка (C_{орг}) и растворенного органического углерода в поровой воде (DOC – Dissolved Organic Carbon). Из данных pH и TA рассчитывались значения pH_{in situ}, концентрации растворенного неорганического углерода (DIC – Dissolved Inorganic Carbon) и парциальное давление углекислого газа (pCO₂) (Тищенко и др., 2011).

Для глубоководных бассейнов (более 1000 м) 90% от общей биомассы органического вещества, синтезированного в фотическом слое, окисляется и лишь небольшая его доля достигает дна, где происходит захоронение с последующим разложением в отсутствии кислорода (Emerson and Hedges, 2003). Для шельфовых вод ситуация противоположная – 80-90% органического вещества, синтезированного в фотическом слое, достигает дна и обогащает собой осадки. В нашем случае, верхний слой осадков содержит

от 6% до 5% органического вещества (в пересчете на сухой вес) для б. Воевода, а в Амурском заливе ниже 2% для всех сезонов. Столь высокие величины содержания органического вещества в современных осадках бухты Воевода являются отражением не только весьма активных продукционных процессов в водной толще, но и определяются влиянием более спокойной гидродинамики замкнутой циркуляции, способствующей накоплению органических остатков.

Результаты анализа поровой воды на содержание биогенных веществ, параметров карбонатной системы и органического углерода получились очень интересными. На основе этого следует, что, во-первых, существенное увеличение концентрации силикатов по глубине колонок от 20 мкМ в придонной морской воде до 630 мкМ в осадке б. Воевода и до 320 мкМ в осадке Амурского залива указывает на то, что основным источником органического вещества является отмерший фитопланктон, основой которого в зал. Петра Великого являются диатомовые водоросли (Стоник, Орлова, 1998). Необходимо отметить, что скорость окисления многих органических веществ (лигнин, липиды и др.) в отсутствие кислорода снижается, но это не касается органического вещества диатомей (Emerson and Hedges, 2003). С увеличением концентрации силикатов также наблюдается увеличение фосфатов и ион аммония по глубине колонок. Концентрация фосфатов изменяется от 0-3 мкМ в придонной морской до 60 мкМ в осадке б. Воевода и до 11 мкМ в осадке Амурского залива. Концентрация аммония изменяется от 1,58 мкМ в придонной морской воде до 1400 мкМ в осадке бухты Воевода и до 700 мкМ в осадке Амурского залива для всех четырех сезонов.; во-вторых, концентрации биогенных веществ, как правило, возрастают с глубиной колонки во все сезоны, но интенсивность биогеохимических процессов выше в б. Воевода по сравнению с Амурским заливом. Подобным образом изменяются в поровой воде параметры карбонатной системы: ТА, DIC, pCO_2 возрастают по глубине осадка для всех четырех сезонов, а значения $pH_{in situ}$ уменьшаются. Главная причина таких изменений – протекание процесса сульфатредукции в осадке (анаэробное разложение органического вещества), поскольку именно этот процесс приводит к увеличению содержания ТА и DIC, а также к увеличению концентрации биогенных элементов (фосфатов, силикатов, нитратов, аммония). Это подтверждается наблюдаемым уменьшением концентрации органического углерода в твердой фазе осадка с глубиной колонки в б. Воевода от 6% до 2%, а в Амурском заливе ниже 2% для всех четырех сезонов.

Высокая продуктивность прибрежных акваторий формирует восстановленные осадки, обогащенные органическим веществом. В условиях дефицита кислорода

придонных вод (гипоксия, аноксия) переработка органического вещества на границе раздела вода/осадок и в верхнем слое донных отложений осуществляется по большей части некоторыми видами фитобентоса и микроорганизмами, для которых дефицит кислорода не является критичным условием для существования. Анаэробный путь разложения органического вещества создает высокие концентрации биогенных веществ в придонной воде, и особенно в верхнем слое осадков. По глубине осадка в 70-80 см, концентрации биогенных веществ, силикатов, фосфатов и аммония возрастают в 5, 10 и 20 раз, соответственно. Также наблюдаются аномально высокие значения щелочности, растворенного неорганического углерода, парциального давления углекислого газа и уменьшения $pH_{in situ}$ и органического углерода по глубине осадка.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-35-00091 мол_а.

Список литературы

- Барбанищikov Ю.А., Тищенко П.Я., Семкин П.Ю., Волкова Т.И., Звалинский В.И. и др. Сезонные гидролого-гидрохимические исследования бухты Воевода (Амурский залив, Японское море) // Известия ТИНРО. 2015. Т. 180. С. 161-178.
- Павлова Г.Ю., Тищенко П.Я., Волкова Т.И., Диксон А., Вальман К. Интеркалибрация метода Бруевича для определения общей щелочности в морской воде // Океанология. 2008. Т. 48. № 3. С. 477-483.
- Стоник И.В., Орлова Т.Ю. Летне-осенний фитопланктон в Амурском заливе Японского моря // Биология моря. 1998. Т. 24. № 4. С. 205-211.
- Тищенко П.П., Тищенко П.Я., Звалинский В.И., Сергеев А.Ф. Карбонатная система Амурского залива (Японское море) в условиях гипоксии // Океанология. 2011. Т. 51. №2. С. 246-257.
- Grasshoff K., Ehrhardt M., Kremling K. Methods of Seawater Analysis // Verlag Chemie. 1983. P. 419.
- Emerson S., Hedges J. Sediment Diagenesis and Benthic Flux // Treatise on Geochemistry. 2003. V. 6. P. 293-319.
- Tishchenko P.Ya., Kang D.-J., Chichkin R.V., Lazaryuk A.Yu., Wong C.S., Johnson W.K. Application of potentiometric method using a cell without liquid junction to underway pH Measurements in surface seawater // Deep-Sea Res. 2011. I. 58. P. 778-786.
- Tishchenko P.Ya., Pavlova G.Yu., Sagalaev S.G., Shvetsova M.G., Tishchenko P.P. Observations of carbonate system parameters in seawater using discrete samples, in surface waters by underway system and in sediments on a board of R/V Hakuho Maru at June-July 2010 // Preliminary Report of the R/V Hakuho Maru KH-10-2 Cruise CARINA Expedition – ASIAN GEOTRACES June 11, 2010 - July 23 2010. P. 98-120.

УДК 502/504

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗАЛИВА ВОСТОК В 2016 ГОДУ

Барышева В.С.^{1,2}

¹Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

²Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ПРИМГИДРОМЕТ), г. Владивосток

HYDROCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF THE VOSTOK BAY IN 2016

Barysheva V.S.

¹Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

²Primorsky Department on Hydrometeorology and Environment Monitoring (PRIMHYDROMET), Vladivostok

Microbiological and hydrochemical indicators were determined in the Vostok Bay in summer and autumn of 2016. It was established that the Bay waters are contaminated with organic pollutants. The excess of maximum concentration limit for oils, phenols and detergents was typical in 2016 and for the neighboring Nakhodka Bay.

Keywords: Vostok Bay, hydrochemical and microbiological inspection, organic matter pollution.

Залив Восток – залив второго порядка в заливе Петра Великого Японского моря, расположенный западнее залива Находка. Часть акватории залива занимает государственный природный комплексный морской заказник «Залив Восток» краевого значения, на территории которого находятся марикультурные плантации и зоны рекреации. Граница заказника проходит от мыса Пушина до мыса Елизарова.

В настоящее время на восточном берегу залива предполагается строительство нефтехимического комплекса Восточной нефтехимической компании, что может привести к изменению химического состава морской воды, и, соответственно, отрицательно сказаться на биоразнообразии залива. При этом в зал. Восток отсутствуют станции государственной службы наблюдений (ГСН). В связи с этим, становятся актуальными исследования по определению состояния воды зал. Восток до строительства и введения в эксплуатацию нефтехимического комплекса.

В рамках данного исследования проводился гидрохимический и микробиологический анализ проб морской воды, отобранных на двух станциях: вблизи м. Елизарова (ст. 1) и в б. Прозрачной (ст. 2) (рис. 1).

Среди гидрохимических показателей определялось содержание растворенного кислорода, биохимическое потребление кислорода (БПК₅), концентрации биогенных элементов (неорганических форм кремния, азота и фосфора), концентрации нефтяных углеводородов (НУ), фенолов и анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) стандартными методиками, принятыми в учреждениях Гидрометслужбы. Из микробиологических параметров исследовалось содержание сапрофитных, нефте- и фенолоксиляющих бактерий. Отбор проб осуществлялся летом (первая декада августа) и осенью (вторая половина сентября) 2016 г. на двух горизонтах: поверхностном и придонном.

В результате анализа полученных данных было установлено, что воды залива подвержены загрязнению органическими веществами. Отмечалось превышение ПДК по нефтепродуктам (0,05 мг/дм³ – (Приказ..., 2017)) в поверхностных горизонтах обеих точек в пробах, отобранных в летний период. Максимальное значение (3,4 ПДК) было зарегистрировано на первой станции в авгу-

сте. Загрязнение вод зал. Восток нефтепродуктами отмечалось и ранее (Журавель и др., 2012), что авторы объясняли движением судов и переносом загрязняющих веществ из залива Находка.

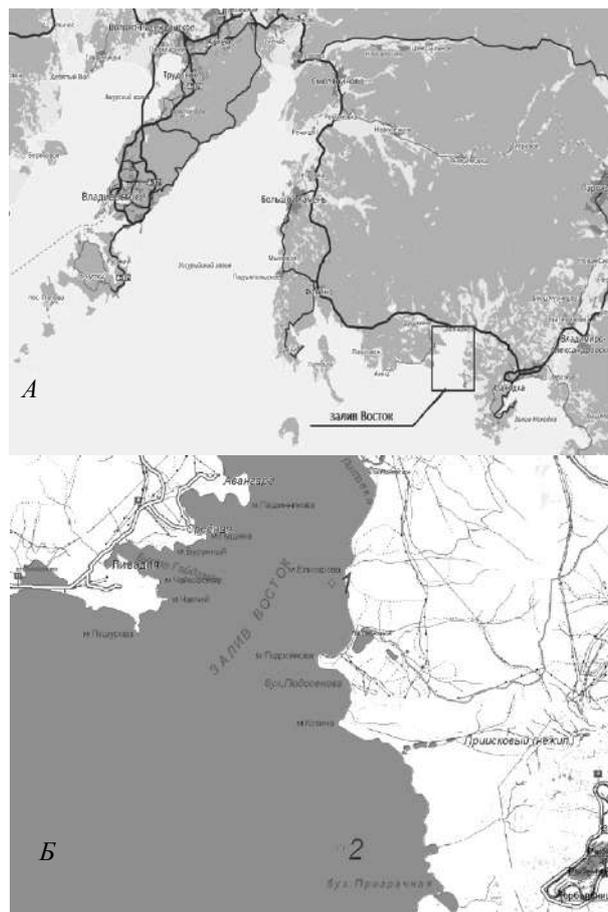


Рис. 1. А – карта расположения залива Восток в заливе Петра Великого; Б – карта расположения станций мониторинга в заливе Восток

Действительно, превышение ПДК по нефтепродуктам в 2016 году (1,2-4,0 ПДК) отмечалось также на ряде точек наблюдения ГСН из соседнего залива Находка (в 70% случаев при рассмотрении трех и двух горизонтов – в зависимости от глубины станции), что вызвано интенсивной хозяйственной деятельностью человека в данном районе (в том числе функционированием портов и судоремонтных заводов). Стоит также обратить внимание на то, что к осени наблюдается уменьшение содержания нефтепродуктов в обоих заливах, что может объясняться интенсификацией процессов разложения. При этом, если в зал. Восток концентрация нефтепродуктов к осени снижается до значений ниже ПДК, то в зал. Находка по-прежнему наблюдается превышение действующего норматива (до 2,0 ПДК в 33% случаев). В заливе Восток действуют собственные локальные источники загрязнения НУ, связанные с эксплуатацией прогулочных яхт и катеров в разгар летнего сезона. Осенью, после пляжного сезона, туристическая активность на воде снижается, и содержание НУ в заливе уменьшается до нормативного. Портовая же деятельность в зал. Находка осуществляется в течение всего года, в связи с чем загрязнение НУ от лета к осени хотя и снижается, но остается превышающей норматив. В связи с этим, поступление НУ из зал. Находка в зал. Восток следует подтвердить дополнительными исследованиями.

Концентрация фенолов летом 2016 г. в заливе Восток достигала значений ПДК ($0,001 \text{ мг/дм}^3$ – (Приказ..., 2017)) во время летнего отбора проб в поверхностном горизонте на м. Елизарова и в придонном – в бухте Прозрачной. Осенью же достижение величины ПДК по рассматриваемому показателю было зарегистрировано только в поверхностном горизонте в б. Прозрачной. При этом в заливе Находка отмечалось превышение норматива по данному показателю в рассматриваемый период (до 2,0 ПДК в 3% случаев). Сезонных закономерностей изменения содержания фенолов в воде залива выявлено не было.

Превышение ПДК АПАВ ($0,1 \text{ мг/дм}^3$ – (Приказ..., 2017)) наблюдалось в поверхностных горизонтах в обеих точках во все периоды наблюдения, что может быть вызвано сбросом хозяйственно-бытовых сточных вод. Максимальное значение (1,6 ПДК) было зарегистрировано на первой станции осенью. Однако в 2008-2009 годах превышения ПДК в заливе Восток по этому показателю не отмечалось (Журавель и др., 2012), что свидетельствует о повышении антропогенной нагрузки на воды залива. Стоит упомянуть, что в соседнем заливе Находка наблюдались более высокие концентрации АПАВ (до 4,0 ПДК в 53% случаев), чем в зал. Восток в рассматриваемый период.

Средние величины БПК₅, характеризующие загрязнение вод легко окисляемым органическим веществом, в зал. Восток невысоки и не превышают имеющийся норматив $3 \text{ мг/дм}^3 \text{O}_2$, за исключением придонного горизонта первой точки во время летнего отбора проб. В то же время в 2016 году на ряде станций ГСН (в 78% случаев) в зал. Находка отмечалось превышение норматива по данному показателю (до 2,9 норматива).

Содержание биогенных элементов составляло первые единицы и десятки мкг/дм^3 (по P-PO₄, N-NO₂, N-NO₃), десятки и первые сотни мкг/дм^3 (по N-NH₄), что не превышает ПДК данных веществ (Приказ..., 2016).

В ходе исследования микробиологических показателей в заливе Восток было установлено, что при общей численности микроорганизмов, достигающей максимального значения $1,63 \times 10^6$ кл/мл в поверхностном горизонте, количество сапрофитных бактерий составляло до 250000 кл/мл, нефтеокисляющих – до 2500 кл/мл, фенолоксиляющих – до 250 кл/мл. Это соответствует загрязненным α - β -мезосапробным, эвтрофным водам (ГОСТ..., 2000).

Таким образом, данные гидрохимического и микробиологического анализа свидетельствуют о загрязнении вод залива Восток летом и осенью 2016 г. органическими веществами органической природы на уровне до 3,4 ПДК по НУ, 1 ПДК – по фенолам, 1,6 ПДК – по АПАВ, что ниже показателей по зал. Находка.

Благодарности: с.н.с. ТИГ ДВО РАН, доценту ШЕН ДВФУ, к.б.н. Черновой Е.Н., доценту ШЕН ДВФУ, к.х.н. О. В. Патрушевой за методическую помощь и поддержку.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (соглашение № 14-50-00034).

Список литературы

Журавель Е.В., Христофорова Н.К., Дроздовская О.А., Токарчук Т.Н. Оценка состояния вод залива Восток (залив Петра Великого Японского моря) по гидрохимическим и микробиологическим показателям // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 1(9). С. 2325-2329.

ГОСТ 17.1.2.04-77 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2000, 21 с.

Приказ министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 552 от 13.12.2016 г. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. М., Введ. 13.01.2017, 126 с.

УДК 502:504.423:504.4.054

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ ЗАЛИВА НАХОДКА В 2013-2015 ГГ

Барышева В.С.^{1,2}, Чернова Е.Н.^{1,3}, Патрушева О.В.¹

¹Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

²Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ПРИМГИДРОМЕТ), г. Владивосток

³Тихоокеанский институт географии (ТИГ) ДВО РАН, г. Владивосток

POLLUTION OF ORGANIC COMPOUNDS OF NAKHODKA BAY IN 2013-2015

Barysheva V.S.^{1,2}, Chernova E.N.^{1,3}, Patrusheva O.V.¹

¹Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

²Primorsky Department on Hydrometeorology and Environment Monitoring (PRIMHYDROMET), Vladivostok

³Pacific Geographical Institute (PGI) FEB RAS, Vladivostok

Exceeding of norms concentrations of polluted organic matter, phenols and petroleum hydrocarbons have revealed in the Nakhodka Bay, the Sea Japan in 2013-2015. Most exceeding norms concentrations of petroleum hydrocarbons occurred in spring, of phenols – in autumn, BOD – nonperiodically. Encreasing of organic pollutants in the water in summer 2014 are connect with complex of factors, the major of it – abnormality increasing temperature and runoff from the land in spring and summer. The increasing of temperature provided the earlier beginning of recreation period and the earlier peak of phytoplankton and earlier beginning of organic matter degradation. The runoff from the land provided the removal of pollutants. Nakhodka Bay waters had most concentrations of anionic surfactants and least concentrations of petroleum hydrocarbons and phenols than neighborhood Vostok Bay.

Keywords: Nakhodka Bay, petroleum hydrocarbons, phenols, anionic surfactants, BOD₅

Залив Находка, расположенный в восточной части залива Петра Великого, подвержен сильной антропогенной нагрузке. На его западном побережье расположен город-порт Находка. На восточном побережье в б. Врангеля функционирует порт Восточный. В соседней бухте Козьмина заканчивается нефте- и газопровод Восточная Сибирь – Тихий океан, работает нефтеперезгрузочный терминал. Загрязняющие вещества попадают в воду залива вместе с хозяйственно-бытовыми стоками и водами впадающих рек (Партизанская, Каменка и др.) (Нигматулина и др., 2011). В связи с этим, Центром мониторинга загрязнения окружающей среды регулярно проводятся исследования гидрохимического состава вод залива, благодаря чему в настоящее время имеется возможность изучить динамику загрязнения акватории в весенне-летне-осенний период.

Целью работ являлся анализ загрязнения органическим веществом (по биохимическому потреблению кислорода – БПК₅), нефтеуглеводородами (НУ), фенолом, анионными поверхностно-активными веществами (АПАВ) вод зал. Находка в 2013-2015 гг.

Отбор проб морской воды производился на 12 станциях государственной системы наблюдения (ГСН) в поверхностном слое, на глубинах 10 м и в придонном слое Центром мониторинга окружающей среды (ЦМС) в мае, июле и сентябре 2013 – 2015 гг. В 2015 г. весенний отбор проб состоялся в июне. Карта расположения станций в заливе представлена на рисунке 1.

Методы исследования – стандартные, принятые в учреждениях Гидрометслужбы.

Станции мониторинга были разделены на четыре группы, для каждой были рассчитаны средние величины показателей и стандартное отклонение. К станциям открытой части залива были отнесены станции 12, 14, 15, 152 и 36 – группа 1. Группа 2 – станции, расположенные в б. Находка (1, 2, 7), группа 3 – в районе м. Сестринского (в месте впадения р. Партизанской (18)), группа 4 – в районе бухт Козьмина и Врангеля (25, 33, 35).



Рис. 1. Карта расположения станций государственной системы наблюдения в заливе Находка

Основными органическими загрязняющими веществами рассматриваемой акватории в 2013 г. были НУ, концентрации которых за исследуемый период превышали ПДК (0,05 мг/л – Приказ...2010) более чем в 80% проб. Среднегодовая концентрация НУ в воде зал. Находка в 2013 году (0,11 мг/л) превышала ПДК в 2,2 раза (Ежегодник качества...2014). В 2014 и 2015 г. наблюдается сокращение содержания НУ в заливе по сравнению с 2013 г. до 0,04 мг/л и 0,02 мг/л, соответственно. Постепенное уменьшение содержания НУ от весны к осени в заливе Находка (на всех группах станций) наблюдается в 2013 г., а также в открытой и восточной части залива в 2015 г. Выявленные закономерности связаны с интенсификацией процессов разложения данного класса загрязняющих веществ, в том числе микробиологических, по мере роста температуры. Сезонное уменьшение концентрации НУ наблюдалось ранее и для Уссурийского залива (Патрушева и др., 2015). В 2014 г. максимальные значения НУ в

б. Находка и в районе м. Сестринского отмечались в летний период.

В то же время, в зал. Находка, по сравнению с соседним зал. Восток (от 0,05 до 0,6 мг/л – Журавель и др., 2012), несмотря на его использование главным образом для рекреационных целей, отмечалось более низкое содержание НУ.

Если содержание углеводов в воде зал. Находка в 2013 и 2015 гг. в основном уменьшается от весны к осени, концентрация фенолов увеличивается, и в сентябре, как правило, превышает ПДК (1 мкг/л) в 1,1-2 раза, что, в свою очередь, может быть связано с процессами разложения НУ. В 2014 г. содержание фенолов в воде залива было выше, чем в 2013 и 2015 гг., максимальные значения, аналогично НУ – летом (2,2-5,7 ПДК).

Согласно Недоростковой (2001) воды зал. Петра Великого загрязнены фенолами. В частности, отмечается хронический и сезонный характер загрязнения фенолами вод южного участка морского заповедника (ДВГМБЗ), связанное с поступлением стока р. Туманной. Содержание фенолов в водах соседнего зал. Восток классифицируется как фоновый в начале 2000-х (Недоросткова, 2001), загрязненный до 15 ПДК – в 2008-2009 гг. (Журавель и др., 2012), что существенно выше, чем в зал. Находка в 2013-2015 гг.

Средние величины БПК₅ в зал. Находка в 2013 г. невысоки и не превышают имеющийся норматив 3 мг/л О₂. В летний период 2014 г., наряду с НУ и фенолами, в зал. Находка происходит заметное увеличение содержания биохимически разлагаемого ОВ (от 5 до 17 мг/л О₂, максимум – в районе м. Сестринского). В 2015 г. средние значения БПК₅ уменьшаются по сравнению с 2014 г., но при этом превышают соответствующие значения 2013 г. Максимальные значения БПК₅ в 2015 г. также были характерны для июля (2,3-3,4 мг/л О₂).

Содержание АПАВ в 2013 г. в водах зал. Находка составляет 60-75 мкг/л, что не превышает ПДК (100 мкг/л). Существенных закономерностей в распределении АПАВ по горизонтам и по сезонам выявлено не было. Содержание АПАВ в зал. Находка существенно выше, чем в зал. Восток (Журавель и др., 2012). За три года наблюдений наибольшая и наименьшая концентрация АПАВ (103 и 20 мкг/л) была отмечена в сентябре 2015 г.

Одновременное увеличение содержания биохимически разлагаемого ОВ, НУ и фенолов в летний период 2014 г. связано с комплексом условий: высокое содержание кремнекислоты, особенно в б. Находка и у м. Сестринского, повышенное опреснение у м. Сестринского свидетельствуют о повышенном поступлении терригенного стока, вместе с которым могли поступить и органические загрязняющие вещества с водосборов. Кроме того, более высокая, чем в 2013 и 2015 гг. Температура воды в мае-

июле 2014 г. (на 2°C), вероятно, способствовала более раннему началу рекреационного сезона, связанного с деятельностью прогулочных яхт и катеров, источников НУ. При их разложении также выделяются фенолы. Температурная аномалия могла вызвать сдвиг пика цветения фитопланктона на более ранний период. Его разложение также происходит с выделением фенолов.

Четких пространственных особенностей распределения загрязняющих веществ по заливу в исследуемый период не наблюдается.

Таким образом, было установлено, что в водах залива Находка наблюдается повышение нормативов НУ, наиболее сильное – весной, фенолами – осенью и легко окисляемым органическим веществом (по БПК₅) – непериодически. Повышение содержания НУ, фенолов и ОВ летом 2014 г. связано с комплексом факторов, основными из которых очевидно, является повышенная температура и терригенный сток. По сравнению с соседним зал. Восток, воды зал. Находка в 2013 – 2015 гг. Содержали более высокие концентрации АПАВ и более низкие концентрации НУ и фенолов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (соглашение № 14-50-00034).

Список литературы

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям (Японское море) за 2013 год. – Владивосток: ПУГМС. 2014. 248 с.

Журавель Е.В., Христофорова Н.К., Дроздовская О.А., Токарчук Т.Н. Оценка состояния вод залива Восток (залив Петра Великого Японского моря) по гидрохимическим и микробиологическим показателям // Известия Самарского научного центра РАН, 2012. Т. 14, № 1(9). С. 2325-2329.

Недоросткова И.Г. Фенолы в водах залива Петра Великого и их биологическое действие // Автореф. Канд. Биол. Наук. Владивосток, ДВФУ: 2001. 25 с.

Нигматулина, Л. В., Кику Д. П., Черняев А. П. Оценка воздействия антропогенной деятельности на залив Находка (залив Петра Великого, Японское море) // Известия ТИНРО. 2011. Т. 166. С. 219-230.

Патрушева О. В., Чернова Е. Н., Бабичева О.Н. Нефтеуглеводороды в водах Уссурийского залива // Новая наука: современное состояние и пути развития. 2015. Т. 6. С. 5-10.

Приказ федерального агентства по рыболовству № 20 от 18.01.2010 г. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения. – Введ. 09.02.2010. М.: ВНИРО. 2010. 153 с.

УДК 502.333: 502.335

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКВАТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МОРСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Блиновская Я.Ю.^{1,2}, Говорущко С.М.^{1,3}, Голиков С.Ю.¹, Майоров И.С.¹,
Петухов В.И.¹, Овсянников В.В.¹

¹Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

²Морской государственный университет (МГУ) им. адм. Г.И. Невельского, г. Владивосток

³Тихоокеанский институт географии (ТИГ) ДВО РАН, г. Владивосток

AQUATORIAL PLANNING OF THE MARINE COASTS OF THE FAR EAST: ENVIRONMENTAL FOUNDATIONS

Blinovskaya Ya.Yu.^{1,2}, Govorushko S.M.^{1,3}, Golikov S.Yu.¹, Mayorov I.S.¹,
Petukhov V.I.¹, Ovsyannikov V.V.¹

¹Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

²Admiral Nevelskoy Maritime State University (MSU), Vladivostok

³Pacific Geographical Institute (PGI) FEB RAS, Vladivostok

Application of the principles of the ecosystem approach allows to use marine and coastal areas more rationally, balancing the requirements of economic development with the need to protect the environment. To preserve the marine environment of the Far East, based on the principles of the ecosystem approach, specific actions through the development of the marine spatial planning (MSP) are proposed in the paper. Legally enshrined MSP will allow more rational management of maritime activities on the coasts of the Far East, take into account the natural properties of the coastal zone, the long-term needs of nature user's Long-term strategies for socio-economic development of seaside subjects, to improve the regulatory and legal basis for fishing. The paper gives a brief description of the environmental problems on the coasts of the Far East, which must be taken into account while preserving the marine environment. The development of MSP should take into account the economic instruments of sustainable development of the Far East regions, form an active environmental policy on the environment.

Keywords: ecology, ecosystem approach, sea coasts, Far East, nature users

В течение последних 10 лет развитие морского пространственного планирования (МПП) стало решающим шагом в создании природопользования, основанного на принципах экосистемного подхода (Тарханова, 2012). Применение этих принципов позволяет обеспечить более рациональное использование морского пространства и прибрежных территорий, сбалансировать требования экономического развития с необходимостью защиты окружающей среды.

Для сохранения морской среды Дальнего Востока РФ через применение экосистемного подхода предлагается предпринять следующие действия:

1) Использовать комбинационный (сочетающий североамериканский и европейский) подходы к управлению морской деятельностью на побережьях Дальнего Востока (Митягин, 2012). Такой подход является наиболее перспективным, поскольку позволяет учитывать наиболее сильные стороны каждого из них;

2) Осуществлять МПП на федеральном уровне при планировании видов морской деятельности на побережьях по экорегионам (морским частям бассейновых округов). Поскольку границы экорегионов выделены на основе физико-географического районирования (Тарханова, 2012), необходимо их согласовать с административными границами, примиряя конфликтующие способы использования территории и признавая непреходящую ценность биоразнообразия;

3) Доработать теоретические и правовые основы МПП в Российской Федерации с целью охвата всех проблемных вопросов, связанных с охраной окружающей среды при планировании природопользования на морских побережьях Дальнего Востока;

4) Оптимизировать морское природопользование путем размещения того или иного вида деятельности в рамках конкретной акватории, определенной на основе юридических, социально-экономических и экологических особенностей, так как в перспективе оно может способствовать подъему конкурентоспособности морского хозяйства, стимулировать экономический рост и создание новых рабочих мест;

5) Учитывать природные свойства прибрежной зоны при использовании морского пространственного планирования, которые могут либо способствовать, либо препятствовать деятельности того или иного природопользователя;

6) Учитывать перспективные потребности природопользователей в морских пространствах;

7) Осуществлять те или иные виды хозяйственной деятельности в зависимости от их воздействия на морскую среду с учетом районирования акватории и прибрежных участков суши, которые должны выделяться по совокупности различных природных, природно-ресурсных и антропогенных характеристик, а также по типу природопользования;

8) Проводить картографирование экологических характеристик, распределения видов и мест их обитания;

9) Осуществлять функциональное зонирование морских акваторий и прибрежных территорий по видам природопользования (Арзамасцев и др., 2010), расширять сети морских охраняемых территорий (консервация сегментов дикой природы), внедрять планы управления ресурсами в среднесрочные и долгосрочные стратегии социально-экономического развития приморских субъектов федерального округа;

10) Совершенствовать нормативно-правовую базу рыболовства (Юшкова, 2015), в части изъятия водных биоресурсов и их воспроизводства, в первую очередь, за счет сбора необходимой информации об океанографических, экологических и биологических факторах и процессах;

11) Организовать мониторинг потребления и восстановления возобновляемых ресурсов;

12) Внедрять на всей территории Дальнего Востока принципы экосистемного подхода, которыми должны руководствоваться все хозяйственные предприятия, а также граждане РФ при осуществлении хозяйственной, управленческой и любой иной деятельности.

Экологические проблемы на морских побережьях Дальнего Востока РФ, которые необходимо учитывать при сохранении морской среды (Майоров и др., 2007):

1) глобальные (изменение климата и изменение береговой линии);

2) антропогенные промышленные факторы (загрязнение внутренних вод и Мирового океана, загрязнение атмосферного воздуха, кислотные дожди и связанные с ними усыхание лесов, проблемы хранения и переработки отходов и т.д.), которые нарушают физические и химические параметры морской среды, приводят к загрязнению токсичными веществами;

3) антропогенные бытовые факторы (сточные воды, качество питьевой воды, почвенная и воздушная среда сельских зон как медико-географический фактор, транспортные шумы и загрязнения);

4) загрязнение прибрежных морских вод Дальнего Востока вызванное увеличением твердого стока рек и плоскостного смыва (заиление), увеличением выноса биогенных веществ с суши (эвтрофикация) в результате различной хозяйственной деятельности (Нигматулина, Черняев, 2015) в прибрежных районах, вредоносным цветением водорослей, которое приводит к тяжелейшим отравлениям людей и животных (Орлова, 2005), поступлении с объектов аквакультуры антибиотиков, гормонов, стимуляторов роста.

Необходимо организовать постоянный мониторинг состояния окружающей среды на побережьях Дальнего Востока РФ путем разработки законов субъектов РФ, учитывающих их природные и экономические особенности (Черняев, Нигматулина, 2013).

Морское пространственное планирование не может не учитывать экономические инструменты устойчивого развития регионов Дальнего Востока, которые включают в следующие моменты и положения:

1) развитие может считаться подлинно устойчивым лишь в том случае, если прогрессирует вся природно-антропогенная система, элементом которой является человек;

2) запас капитальных активов, которыми обладает каждый регион, должен оставаться неизменным или расти во времени и включать в себя, кроме материального и че-

ловеческого капиталов, экологический или природный капитал (экосистемы и их функции);

3) ограничение неэффективной конкуренции с целью вывода из конкурентной среды неэкологичных продуктов, технологий и оборудования, и развитие собственно рыночных механизмов (Говорушко, 2009): (экологическое страхование, оценка воздействия на окружающую среду, экологический аудит, экологическая экспертиза, торговля квотами различного рода в природопользовании и т.д.);

4) поддержка предприятий, внедряющих экологически чистые технологии и разрабатывающих политику экологизации, повышение налогов на предприятия, выпускающие экологически грязную продукцию с использованием природоемких технологий;

5) формирование активной экологической политики, под которой понимается политика «двойного выигрыша», позволяющая снизить негативное воздействие на окружающую среду и ресурсную составляющую в затратах на производство.

Список литературы

Арзамасцев И.С., Бакланов П.Я., Говорушко С.М. и др. Прибрежно-морское природопользование: теория, индикаторы, региональные особенности. Владивосток: Дальнаука, 2010. 308 с.

Говорушко С.М. Геоэкологическое проектирование и экспертиза: Учебное пособие для студентов ВУЗов. Владивосток: ДВГУ, 2009. 388 с.

Майоров И.С. Урусов В.М. Дальний Восток России: уроки эколого-экономических просчетов в контактной зоне глобального уровня // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. 2007. № 1. С. 75-91.

Митягин С.Д. Морское планирование – новое направление пространственной организации Российской Федерации // Вестник «Зодчий XXI век». 2012. №4 (45). С. 80-83.

Нигматулина Л.В., Черняев А.П. Загрязнение прибрежных вод залива Посёта (залив Петра Великого, Японское море) в условиях современной хозяйственной деятельности // Известия ТИНРО. 2015. Т. 182. С. 162-171.

Орлова Т.Ю. Красные приливы и токсические микроводоросли в дальневосточных морях России // Вестник ДВО РАН. 2005. № 1. С. 27-31.

Тарханова Л.Б. Морская деятельность как предмет междисциплинарного исследования // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. 2012. Т. 5. № 2. С. 43-57.

Черняев А.П., Нигматулина Л.В. Мониторинг качества прибрежных вод залива Петра Великого (Японское море) // Известия ТИНРО. 2013. Т. 173. С. 230-238.

Юшкова И.Е. Нормативно-правовая база рыболовства. Проблемы и пути развития // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2015. №1 (22). С. 100-103.

УДК 551.468 (265.54)

ОКЕАНОГРАФИЯ БУХТЫ ЗОЛОТОЙ РОГ

Данченков М.А., Глубоков Н.В.

Дальневосточный научно-исследовательский гидрометеорологический институт (ДВНИГМИ),
г. Владивосток

OCEANOGRAPHY OF THE GOLDEN HORN BAY

Danchenkov M.A., Glubokov N.V.

Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute (FERHRI), Vladivostok

Basic water characteristics of the Golden Horn bay were described.

Keywords: Temperature, salinity, sea current, bottom relief, the Golden Horn bay (Japan sea).

Золотой Рог – необычная бухта, а часть необычного города: зимой температура воздуха во Владивостоке ниже, чем в северных местах побережья моря (Danchenkov et al., 1996). В этой бухте накопилось нефтепродуктов (Гаврилевский и др., 1998) на 40 танкеров типа «Находка», затопление которого у берегов Японии вызвало продолжительные экспедиционные съемки и многочисленные публикации. В б. Золотой Рог до недавнего времени никаких съемок не проводилось и публикаций по его океанографии не было. Объем стоков вод в бухту (даже сток р. Объяснения не измерялся. Нет схемы расположения многочисленных сточных труб. До сих пор неизвестна толщина придонного слоя нефтепродуктов, нет схемы течений. Основные сведения о водах бухты были получены (Гомоюнов, Сокольников, 1930; Соловейчик, 1956) полвека назад. Эти статьи по разным причинам недоступны большинству ученых. Лишь недавно была опубликована (Лучин и др., 2012) первая за полвека содержательная статья с анализом температуры, солености и кислорода вод

бухты (по данным ПУГМС до 2001г). Анализ уникальной съемки ТОИ ДВО РАН (октябрь-ноябрь 2009) в б. Золотой Рог не опубликован до сих пор, хотя анализ измерений в заливе Босфор, выполненный в то же время, был представлен на первой конференции по заливу Петра Великого (ЗПВ) (Лобанов и др., 2012). Даже схемы рельефа дна бухты (например, Атлас залива Петра Великого, 2003) устарели (не отражают затопленные суда и иные объекты).

Нами рассмотрены особенности распределения параметров воды бухты (по измерениям ПУГМС в 1968-2015 гг), а также течения на буйковой станции.

Воды бухты неоднородны как по вертикали, так и на отдельных горизонтах. Летом от поверхности ко дну температура, соленость и плотность возрастают. Зимой вертикальное распределение параметров воды – иное: температура по вертикали почти однородна, а соленость и плотность растут (табл.1).

Таблица 1. Средние сезонные значения температуры (Т), солености (S) и плотности (sigma) на 5 горизонтах (z) по всем данным ГСНК. Слева- лето (июль, август, сентябрь), справа- зима (январь, февраль, март).

Z, m	T, C	S, psu	sigma		Z, m	T, C	S, psu	Sigma
0	20,10	30,65	21,42		0	0,49	33,35	26,75
5	18,47	31,65	22,60		5	-0,67	33,78	27,15
10	16,97	32,43	23,55		10	-1,08	34,02	27,36
15	15,90	32,71	24,01		15	-1,32	34,15	27,47
20	14,70	32,94	23,45		20	-0,74	34,23	27,52

С начала 1990-х годов прошлого века отмечается (по росту температуры (Т) и по понижению солености (S) на горизонте 20 м) непрерывное потепление вод бухты. Воды бухты обычно двухслойные. Характерные значения поверхностной Т воды и S летом составляет 20°C и 31-32‰, соответственно. Характерные значения Т и S придонной воды зимой составляют -1,5°C и 34,1‰, соответственно. Зимой поверхностные воды бухты отличаются по температуре от вод других районов ЗПВ. Максимальная соленость вод бухты зимой достигает 34,7‰. Плотность новой воды достигает больших значений (>27,7) (рис. 1).

В статье В.А. Лучина, С.И. Кисловой и А.А. Круца (2012) воды бухты разделены на три части: между точками с координатами 43,105 с.ш., 131,88 в.д.; 43,102 с.ш., 131,885 в.д. и по 131,91 в.д. По нашим схемам бухту логично разделить (по особенностям горизонтального распределения параметров воды на поверхности) на две части. Это деление сохраняется и на сезонных схемах и в отдельные месяцы. Восточная (восточнее 131,9 в.д.) часть отделена от западных сильных градиентов солености как летом, так и зимой. На 131,895 в.д. можно предположить

место выхода основной канализационной трубы в бухте. Западнее и восточнее этого места зональные градиенты характеристик повышены.

По схемам распределения плотности можно ожидать в западной части бухты течение южного направления. Восточная часть бухты, суда по распределению температуры, солености и плотности, малоподвижна.

Постоянный ток вод из бухты Золотой Рог изменяет направление в зависимости от фазы прилива. Кратковременные течения в бухте создаются ветром, приливами и стоком.

Приливо-отливные течения заметны лишь в устьях (в южной части бухты). Ветровые течения возникают при сильных устойчивых ветрах (обычных во Владивостоке лишь зимой). Стоковые течения должны быть заметны не только в устье реки, впадающей в бухту, но и в местах наиболее интенсивного сброса канализационных вод. Стоящие вдоль берегов бухты суда и корабли препятствуют прибрежным течениям и сколько-нибудь заметное зональное течение возможно только в центре бухты.

Без использования дрейфующих буев «предлагаемые схемы течений можно рассматривать лишь как первое приближение в решении вопроса» (Соловейчик, 1956). Новые измерения на заякоренных буях (Лобанов и др., 2012) вопрос «не решают».

Средняя скорость течения из бухты невелика. На горизонте 5 м средняя скорость движения воды (в направлении на 343° составила 4 см/с. На горизонте 10 м – 355° и 3 см/с.

Выделяются два 12-14-часовых интервала, в течение которых направления течения постоянны. Затем направление их меняется (рис. 2).

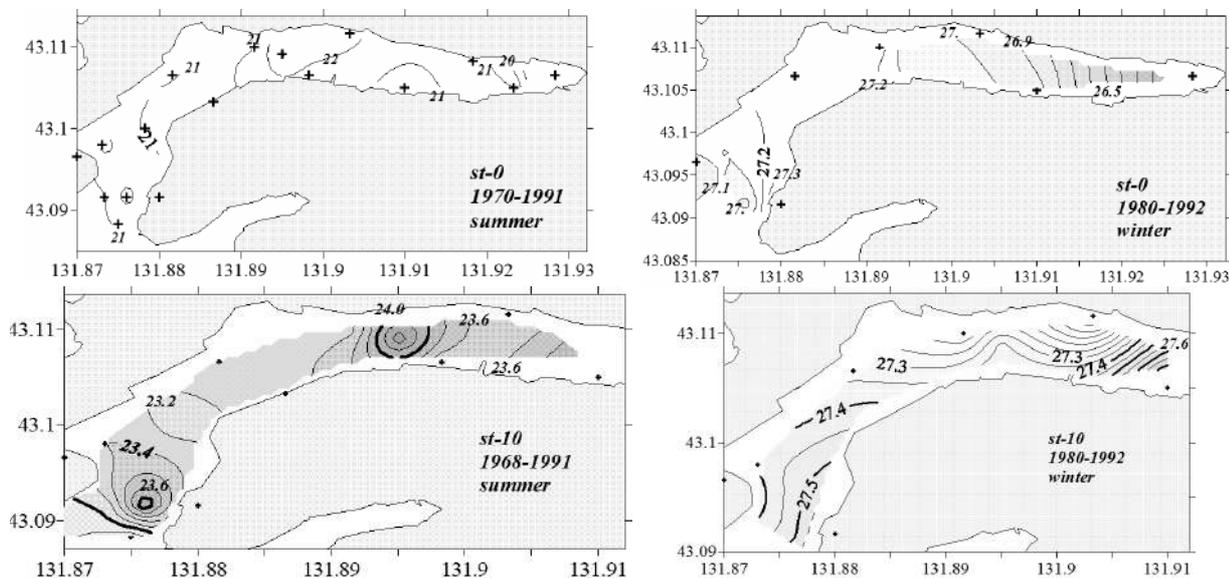


Рис. 1. Плотность вод (сверху – поверхностных, снизу – на горизонте 10 м) летом (июль-сентябрь) и зимой (январь-март)

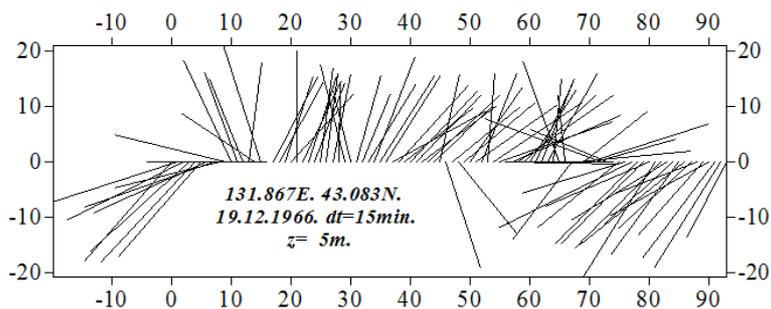


Рис. 2. Векторы течений на выходе из бухты на горизонте 5 м через 15 минутный интервал

Список литература

Атлас залива Петра Великого. Владивосток: ГС КТОФ, 2003. 50с.

Гаврилевский А.В., Гаврилова Т.А., Кочергин И.Е. Комплексная количественная оценка параметров источников загрязнения морской акватории, прилегающей к Владивостоку //Труды ДВНИГМИ. «Гидрометеорологические процессы на шельфе: оценка воздействия на морскую среду». Владивосток: ДВНИГМИ, 1998. С. 102-113.

Гомоюнов К.А., Сокольников Е.С. К вопросу о гидрологическом режиме бухты «Золотой Рог» // Труды ГДУ. 1930. Серия III. № 11. 26 с.

Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Гуленко Т.А., Горин И.И., Щербинин П.Е. Сезонное изменение водообмена через

пролив Босфор Восточный и изменение структуры вод Амурского залива //Океанография залива Петра Великого. Владивосток: ДВНИГМИ, 2012. С. 21-28.

Лучин В.А., Кислова С.И., Круц А.А. Тенденции долгопериодных изменений в водах залива Петра Великого // Экосистемные исследования прибрежных сообществ залива Петра Великого. Владивосток: ДВГУ, 2012. С. 33-75.

Соловейчик К.Н. Приливы и течения в основных портах дальневосточных морей. Порт Владивосток // Труды ДВНИГМИ. 1956. Вып. 5. С. 90-142.

Danchenkov M.A., Kim K., Goncharenko I.A. Extremal winters in the NW part of the East/Japan Sea by monthly air temperature // Proc.4-th CREAMS Workshop. Vladivostok. 1996. P. 7-16.

УДК 574.2

ОБЫЧНАЯ И СИНХРОННАЯ СПЕКТРОФЛУОРИМЕТРИЯ ЖЕЛЧИ РЫБЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИМИ АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ

Дзюбенко Е.В.^{1,2}, Истомина А.А.², Бельчева Н.Н.²

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (ДАЛЬРЫБВТУЗ), г. Владивосток

²Тихоокеанский океанологический институт им. Ильичева (ТОИ) ДВО РАН, г. Владивосток

FIXED WAVELENGTH AND SYNCHRONOUS FLUORESCENCE OF FISH BILE AS A MONITORING TOOL FOR POLYAROMATIC HYDROCARBON MARINE POLLUTION

Dzyubenko E.V.^{1,2}, Istomina A.A.², Belcheva N.N.²

¹Far Eastern State Technical Fisheries University (FESTFU), Vladivostok

²V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute (POI) FEB RAS, Vladivostok

In the present study fixed wavelength fluorescence (FF) and synchronous fluorescence spectrometry (SFS) of fish bile has been used to detect the presence of metabolites of PAHs in the bile of fish in laboratory experiment and in the field investigation. The study showed that this approach is well suited for monitoring PAH metabolites with 2-3, 4 and 5-6 aromatic rings in the structure. Because of low intensity of fluorescence of metabolites of PAH with 4 and 5-6 rings at synchronous scanning of samples of bile these metabolites have not been detected. Both methods of monitoring are simple, fast, economical in cost and reflect a real picture of pollution of the marine environment.

Keywords: fixed wavelength fluorescence, polycyclic aromatic hydrocarbons, fish bile, biomonitoring.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – распространенные загрязняющие вещества в морской среде. Многие виды ПАУ являются токсичными и канцерогенными для живых организмов, вследствие чего важно контролировать их биодоступность и содержание в морских организмах.

Метаболиты полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в желчи рыб используются как биохимические маркеры присутствия ПАУ в водной среде и позволяют провести быструю сравнительную оценку различных акваторий на присутствие ПАУ (Aas et al., 2000; Neves et al., 2007). В настоящей работе обычная и синхронная спектрофлуориметрия (ОС и СС) были использованы для определения присутствия метаболитов ПАУ в желчи рыб в лабораторном эксперименте и в полевых условиях.

В лабораторном эксперименте для определения метаболитов ПАУ в желчи пресноводному карпу (*Cyprinus carpio carpio*) внутривенно вводили нафталин и фенантрен (10 мг/кг), пирен (2,5 мг/кг) и бенз(а)пирен (5 мг/кг), имеющие в своих структурах 2, 3, 4 и 5 бензольных колец, соответственно. В полевых исследованиях была проанализирована желчь рыбы, из 191 особи рыб (4 вида), выловленных в 6 различных акваториях (1 чистая/контрольная и 5 – загрязненных).

Для измерения флуоресценции образцы желчи разводили 1:1000 в 48% этаноле (Neves et al., 2007). При обычной спектрофлуориметрии для определения метаболитов нафталина и фенантрена использовали длины волн возбуждения/эмиссии – 290/335 нм, для метаболитов пирена – 341/383 нм, для метаболитов бенз(а)пирена – 380/430 нм (Aas et al., 2000). Для синхронной спектрофлуориметрии была использована $\Delta\lambda = 37$ нм (Ariese et al., 1998).

Лабораторный эксперимент показал, что спектры ОС метаболитов для всех четырех ПАУ широки и могут иметь более одного пика: для метаболитов нафталина $\lambda_{\max} = 354$ нм, фенантрена (два пика с $\lambda_{\max 1} = 355$ нм и $\lambda_{\max 2} = 371$), пирена (три пика – $\lambda_{\max 1} = 382$ нм, $\lambda_{\max 2} = 403$ нм и $\lambda_{\max 3} =$

434 нм) и бенз(а)пирена (два пика – $\lambda_{\max 1} = 434$ нм и $\lambda_{\max 2} = 446$ нм). Синхронное сканирование образцов желчи значительно упростило спектры флуоресценции. Так, в спектрах фенантрена, пирена и бенз(а)пирена наблюдается уменьшение числа пиков, и эти спектры представлены единичными узкими пиками для индивидуальных ПАУ. Для метаболитов нафталина и фенантрена λ_{\max} пиков равны 328 нм, для пирена – 382 нм и бенз(а)пирена – 420 нм.

Результаты полевых исследований представлены в таблице 1 как интенсивность флуоресценции. В полевых исследованиях для метаболитов ПАУ с 2-3 кольцами в структуре метод ОС показал, что в желчи красноперки, выловленной у 44 и 30 причала, концентрация их метаболитов с высокой степенью достоверности выше, чем в желчи рыб, выловленных в чистом районе. Для метаболитов ПАУ с 4-мя кольцами в структуре при исследовании методом ОС наблюдается такая же картина. Для метаболитов ПАУ с 5-6 кольцами в структуре более высокое их содержание наблюдалось только на 44-м причале по сравнению с заливом Восток.

Для метаболитов ПАУ с 2-3 и 4 кольцами метод СС показал результаты подобные данным, полученным методом ОС: коэффициенты корреляций между показателями, полученными этими методами, равны 0,9859 и 0,9947, соответственно. Однако, методом СС из 191 образца желчи только в 81 были обнаружены метаболиты ПАУ с 4 кольцами в структуре. Из-за низкой интенсивности флуоресценции метаболитов ПАУ с 5-6 кольцами при синхронном сканировании образцов желчи они не были обнаружены.

По данным различных авторов по степени загрязнения, в том числе и нефтяными углеводородами, а также ПАУ, станции отлова вдоль побережья г. Владивостока можно расположить в следующий ряд: 44 причал > 30 причал > Моргородок > Чайка, Океанская (Качество..., 2013; Мишуков и др., 2009). Наши исследования показали, что уровень метаболитов ПАУ в желчи рыб, выловленных на этих станциях, также соответствует этому ряду.

Таблица 1. Интенсивность флуоресценции метаболитов полициклических ароматических углеводородов в желчи рыб из залива Восток и прибрежных вод г. Владивостока (Японское море)

Вид рыбы	Чистый район	Грязные районы (станции) у берегов г. Владивостока				
	залив Восток	Океанская	Чайка	Моргородок	30-й причал	44-й причал
Метаболиты ПАУ с 2-3 кольцами (290/335 нм)						
Красноперка	28,4±13,6 n=11	-	27,8±11,6 n=29	36,8±14,7 n=75	77,9±38,2 n=13	130,1±83,3 n=9
Камбала	-	30,7±14,4 n=12	-	40,2±17,3 n=3	-	-
Навага	-	36,8±19,9 n=11	-	60,1±25,1 n=11	-	-
Бычок	-	14,7 n=2	24,1±7,2 n=7	24,1±5 n=8	-	-
Метаболиты ПАУ с 4-мя кольцами (341/383 нм)						
Красноперка	3,1±0,7	-	4,4±3,6	4,9±2,7	8,3±4,3	18,3±13,8
Камбала	-	4,2±2,2	-	3,8±0,05	-	-
Навага	-	7,3±4,8	-	12±7,3	-	-
Бычок	-	0,7	0,7±0,6	2,6±1,2	-	-
Метаболиты ПАУ с 5-6 кольцами (380/430 нм)						
Красноперка	1,3±0,2	-	0,8±0,2	0,9±0,5	0,9±0,4	2,1±1,1
Камбала	-	1,8±1,1	-	1,9±0,3	-	-
Навага	-	1,7±0,9	-	1,9±1,2	-	-
Бычок	-	0,2	0,3±0,3	1,3±0,8	-	-

Результаты исследований показали, что содержание метаболитов ПАУ в желчи рыб можно определять как методом обычной спектрофлуориметрии, так и синхронной спектрофлуориметрии. Для метаболитов ПАУ с 2-3 и 4 кольцами в структуре оба метода показали варьирование максимумов эмиссии. Синхронное сканирование образцов желчи позволяет одновременно определять уровень метаболитов ПАУ с 2-3, 4 и 5-6 кольцами в структурах, однако в образцах желчи с низким содержанием метаболитов ПАУ с 4 и 5-6 кольцами в структуре методом синхронной флуоресценции эти метаболиты не обнаруживались. Наши исследования показали, что данные по содержанию метаболитов ПАУ в желчи рыб отражают реально существующую картину загрязнения в исследованных акваториях. Используемые в работе спектрофлуориметрические методы позволяют быстро определить присутствие ПАУ в большом количестве образцов желчи рыб, поэтому рационально применять эти методы в целях сравнительного мониторинга загрязнения морской среды полициклическими ароматическими углеводородами.

Список литературы

- Качество морских вод по гидрохимическим показателям-2013. Ежегодник-2013 / Под ред. А.Н. Коршенко. М.: Наука, 2014. 200 с.
- Мишуков В.Ф., Калинин В.В., Плотицкий В.В., Войццкий А.В. Влияние дампинга загрязненных грунтов на экологическое состояние прибрежных вод г. Владивосток // Известия ТИНРО. 2009. Т. 159. С. 243-256.
- Aas E., Beyer J., Goksoyr A. Fixed wavelength fluorescence (FF) of bile as a monitoring tool for polyaromatic hydrocarbon exposure in fish: an evaluation of compound specificity, inner filter effect and signal interpretation // Biomarkers. 2000. V. 5. №1. P. 9-23.
- Ariese F., Kok S.J., Verkaik M., Gooijer C., Velthorst N.H., Hofstraat J.W. Synchronous fluorescence spectrometry of fish bile: A rapid screening method for the biomonitoring of PAH exposure // Aquatic Toxicology. 1993. V. 26. P. 273-286.
- Neves R. L.S., Oliveira T.F., Ziulli R.L. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in fish bile (*Mugil liza*) as biomarkers for environmental monitoring in oil contaminated areas // Mar. Pollut. Bull. 2007. V. 54. P. 1813-1838.

УДК 574.24

РОЛЬ ПЛАСТИКА В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГИДРОБИОНТОВ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ

Довженко Н.В.^{1,2}, Слободскова В.В.^{1,2}, Сеченова О.М.²

¹Тихоокеанский океанологический институт им. Ильичева (ТОИ) ДВО РАН, г. Владивосток

²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (ДАЛЬРЫБВТУЗ), г. Владивосток

ROLE OF PLASTIC IN THE LIFE OF HYDROBIONTS OF COASTAL WATER AREAS

Dovzhenko N.V.^{1,2}, Slobodskova V.V.^{1,2}, Sechenova O.M.²

¹V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute (POI) FEB RAS, Vladivostok

²Far Eastern State Technical Fisheries University (FESTFU), Vladivostok

The effect of contaminated plastic fragments on the parameters of the antioxidant system (levels of reduced glutathione and integral antioxidant activity), the degree of DNA damage and the accumulation of LPO products in the digestive gland and gills of the Pacific mussel *Mytilus trossulus* are studied. The stomachs of *Liza haematocheilus* were caught in the coastal waters for the presence of plastic fragments. The changes revealed as a result of the studies, as well as the tissue differences in the antioxidant system of the examined mollusks.

Keywords: plastic, mussels, haarder, antioxidant system, DNA damage

Проблема загрязнения морских акваторий пластиковыми отходами объединила все регионы земного шара. По статистическим данным с 1950 по 2015 гг. в мире было произведено свыше 8 млрд тонн пластика, из которого на долю пластиковых отходов приходится 6,3 млрд тонн. При этом переработке подвергается только 9% пластикового мусора, 12% уничтожается, а 79% накапливается в окружающей среде, в частности в океане (Roland et al., 2017). По данным исследователей, в 2010 г. в Мировом океане находилось около 8 млн тонн пластика. Особо остро проблема проявляется в Тихоокеанско-Азиатском регионе, где основными поставщиками пластика являются Китай, США, Филиппины, Тайланд, Япония. Известные всем мусорные острова, расположенные в северной части Тихого океана между 135-155° западной долготы и 35-42° северной широты (Plastic..., 2011). Это массовые скопления пластика и других отходов, доставленных водами Северо-Тихоокеанской системы течений. На сегодняшний день обнаружили еще одно мусорное пятно в южной части Тихого океана, предположительная площадь которого миллион квадратных миль, что в 1,5 раза больше, чем штат Техас (Lindemann, 2017). Этот факт еще с большей силой всколыхнул научную общественность, и теперь ученые открывают проекты по отслеживанию и распространению пластика в океане. Встречающийся в Мировом океане пластик различается по составу, форме и размерам. Размеры пластика варьируют от нескольких сот сантиметров до микрометров. В морской агрессивной среде распад фрагментарного пластика в микропластик скоротечен. Микрочастицы пластика уже найдены во льдах Арктики, и, принимая во внимание тот факт, что население в этом регионе минимальное, предполагается, что микрочастицы свободно перемещаются с течениями по всей планете.

В отличие от европейских стран и стран АТР, до конца 90-х гг. XX столетия Россия являлась не самым активным «пользователем» изделий из пластика, тем самым оттягивая момент сегодняшнего пластикового «апокалипсиса». Однако настало время, когда прибрежные акватории Дальневосточного региона заполонил пластиковый мусор. Как результат жизнедеятельности современного человека в водах Амурского и Уссурийского залива, а

также в черте береговых линий наблюдается огромное количество пластиковых предметов, в основном пластиковые бутылки и фасовочные пластиковые пакеты, в меньшей степени фрагменты бытовых изделий. Медленно разлагаясь, пластик наносит серьезный вред окружающей среде, так как его переходные формы в морской воде представляют опасность для всех сообществ от крупных млекопитающих до планктонных организмов (сорбирование токсичных веществ, перенос токсичных веществ на расстояние, пассивное заглатывание фрагментов морскими млекопитающими, птицами, рыбами, переход по пищевой цепи и абсорбирование через желудочно-кишечный тракт, эффективное поглощение организмом). Мелкие частицы пластика употребляют в пищу многие виды рыб, пассивно заглатывая его вместе с планктоном. Наряду с токсичными химическими веществами, высвобождаемыми в результате распада пластика, они поглощают огромное количество токсинов вместе с заглатываемыми пластиковыми фрагментами. Таким образом, пластиковый мусор становится частью пищевой цепи. Являясь вершиной пищевой пирамиды, человек должен сделать выбор: принять данный факт, как данность, либо начинать активно действовать, чтобы предотвратить надвигающуюся экологическую катастрофу.

В настоящей работе объединены результаты работ нескольких направлений – визуализация пластика в морских организмах с помощью бинокля *Zeiss Stemi 2000 C* с камерой *Axio Cam IC3* и биохимического подхода, через призму которого показана роль пластика как переносчика токсичных веществ и его опосредованное влияние на гидробионтов. Объектами исследований стали гидробионты разных таксономических групп – дальневосточный пиленгас (*Liza haematocheilus*) и двустворчатый моллюск мидия тихоокеанская (*Mytilus trossulus*). Все объекты исследования объединяет одна проблема – влияние пластика на жизнедеятельность организма. Это и послужило целью исследования для настоящей работы.

В июле 2015 г. в бухте Федорова (Амурский залив, Японское море) были отловлены 6 экземпляры дальневосточного пелингаса *L. haematocheilus*. Было просмотрено содержимое шести желудков и отмечено, что все экземпляры рыб имели высокий индекс их наполнения – рыба

активно питалась. Основными компонентами пищевого комка были: в большом количестве спат мидии на стадии великонха, копеподы, изоподы, детрит, фрагменты водорослей разных видов. Однако, помимо традиционных объектов питания в желудках рыб были обнаружены частицы пластика разных размеров. Фрагменты имели разную форму, были прозрачные или светло-зеленого цвета. Размеры варьировали от 0,46 до 2,1 мм и встречались у четырех экземпляров рыб из шести (рис. 1). Мы предполагаем, что найденные фрагменты оказались в желудках рыб путем пассивного попадания вместе с основными объектами питания пелингаса.

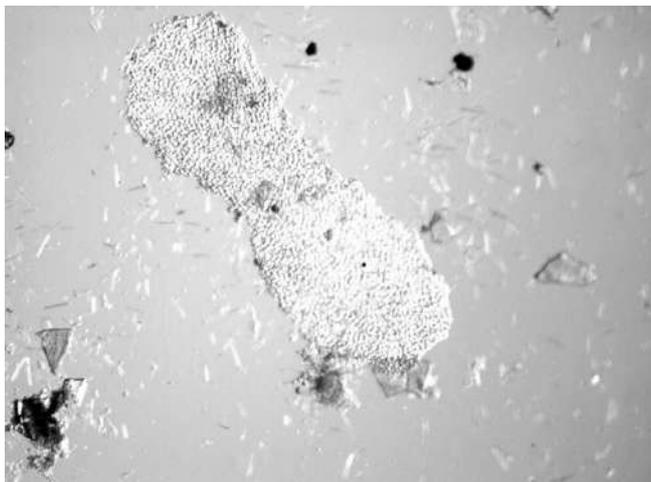


Рис. 1. Фрагмент пластика в желудке самки *L. haematocheilus* (размер фрагмента 3,15 мм)

В октябре 2016 г. проведен постановочный эксперимент с использованием мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus*, широко распространенной в зал. Петра Великого. Цель эксперимента – выявить краткосрочное (3 сут.) влияние фрагментов пластиковых пакетов, изъятых из акватории бухты Золотой Рог на состояние моллюсков. Изъятый из воды пластик имел характерный запах нефтепродуктов и разлагающейся органики, визуально просматривалась деградация по форме и состоянию, цвет фрагментов варьировал от светло- до темно-коричневого. В качестве маркеров состояния организма были выбраны следующие показатели: степень повреждения ДНК, отражающий степень генотоксичности влияющей субстанции; изменение активности антиоксидантной системы в клетках, содержание восстановленного глутатиона и накопление продуктов перекисной деструкции липидов (МДА) в клет-

ках жабр и пищеварительной железы моллюсков. Параллельно с загрязненным пластиком были поставлены аквариумы с чистыми (не использованными) пластиковыми пакетами.

Результаты исследований показали, что за весь экспериментальный период наблюдался отклик антиоксидантной системы на присутствие сорбированных пластиком веществ, как в жабрах, так и в пищеварительной железе моллюсков, однако наблюдался и тканеспецифичный ответ. Стоит отметить реакцию организма и на присутствие чистых пластиковых пакетов. Здесь также были обнаружены видимые изменения в содержании глутатиона и продуктов перекисного окисления липидов, снижение показателя антирадикальной активности (ИАА), повреждении ДНК в клетках жабр. В морской воде свойства пластика быстро меняются под воздействием ультрафиолета, сезонных изменений температур, химического состава самой воды, и в скором времени пластик становится гидрофильным, способным абсорбировать на своей поверхности все, что находится в морской среде, прежде всего органику и металлы. Но еще одним его «удивительным» свойством является быстрое высвобождение абсорбированных веществ после критической точки насыщения, либо в чистой среде. Таким образом показано, что фрагменты пластиковых пакетов, находившихся в акватории бухты Золотой Рог, десорбируют вещества (по нашему мнению, это были НУ) в воду, и те в свою очередь воздействуют на мидий. Но не стоит исключать тот факт, что под воздействием чистых пластиковых пакетов также происходили изменения в исследуемых тканях моллюсков, и, в частности, наблюдалось увеличение доли повреждения ДНК.

Таким образом, экспериментально показано, что пластик, который долгое время находится в морской среде, является переносчиком токсичных веществ, абсорбированных на его поверхности, также, как и компоненты, входящие в состав пластика, в морской воде являются токсичными и генотоксичными для моллюсков.

Список литературы

Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L. Production, use, and fate of all plastics ever made // Science Advances 2017. V. 3. № 7. e1700782. DOI: 10.1126/sciadv.1700782.

Plastic, the Great Garbage Patch, and international Misfires at a cure // The UCLA Journal of Environment Law and Policy. 2011. P. 331-363.

Lindemann K. Scientists confirm the existence of another ocean garbage patch (2017). <https://www.researchgate.net/blog/post/scientists-confirm-the-existence-of-another-ocean-garbage-patch>.

УДК 543.62

ОСНОВНЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В МОНИТОРИНГЕ ЭКОСИСТЕМ: МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ

Ерофеева Н.И., Боярова М.Д., Цыганков В.Ю.

Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

BASIC INSTRUMENTAL METHODS FOR ECOSYSTEM MONITORING: MICROELEMENT ANALYSIS

Erofeeva N.I., Boyarova M.D., Tsygankov V.Yu.

Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

Basic instrumental methods for analysis of microelements in ecosystem objects are presented: inversion voltammetry, atomic absorption spectrometry, energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry. The main principles, scope and other characteristics are described.

Keywords: microelements, inversion voltammetry, atomic absorption spectrometry, energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry

Инверсионно-вольтамперометрический анализ предназначен для высокочувствительных измерений содержания токсичных примесей в питьевых, природных, сточных водах, водных растворах проб почв, пищевых продуктов, продовольственного сырья, биологических объектов и других материалов. Анализаторы ориентированы на удобство проведения измерений в постоянном анализе с применением небольшого количества реактивов. Принцип действия – инверсионная вольтамперометрия с постоянно-токовой, ступенчатой, дифференциальной импульсной и квадратно-волновой разверткой поляризующего напряжения.

Вольтамперометрический анализатор может иметь одну электрохимическую ячейку или несколько. Также в состав анализаторов могут входить дополнительные устройства для обработки анализируемого раствора: источник ультрафиолетового излучения (УФ-лампа), система для подачи инертного газа в ячейку, система для подачи озона в ячейку.

Основным элементом вольтамперометрического анализатора является электрохимическая ячейка, состоящая из стаканчика с раствором анализируемой пробы и системы электродов. В систему электродов обязательно входят электрод сравнения и рабочий электрод. Рабочий электрод иногда называют индикаторным электродом и именно на его поверхности концентрируют определяемый элемент. Электрод сравнения может выполнять две функции: служить для подачи потенциала на рабочий электрод и служить точкой отсчета потенциала рабочего электрода (величина подаваемого на рабочий электрод потенциала задается относительно потенциала электрода сравнения). Так как потенциал рабочего электрода при этом сравнивается с потенциалом электрода сравнения, отсюда и его название – электрод сравнения. Если в состав электрохимической ячейки входят два электрода, ячейка считается двухэлектродной.

Иногда функцию подачи потенциала на рабочий электрод выполняет дополнительно вводимый в ячейку вспомогательный электрод. В этом случае электродная система состоит из трех электродов, и ячейка называется трехэлектродной. Трехэлектродная ячейка чаще всего используется при определении элементов, пики которых регистрируются при достаточно отрицательных потенциалах: марганца, цинка, кадмия, когда через электроды протекает относительно большой ток. В качестве электрода

сравнения наиболее часто применяют хлорсеребряный электрод (ХСЭ). Хлорсеребряный электрод представляет собой спираль из серебряной проволоки, покрытой хлоридом серебра и вставленной в корпус с полупроницаемой пробкой, заполненный раствором хлорида калия. ХСЭ является электродом второго рода и его потенциал зависит от концентрации раствора хлорида калия, которым он заполнен.

Атомно-абсорбционная спектрометрия (ААС) – распространенный в аналитической химии инструментальный метод количественного элементного анализа (современные методики атомно-абсорбционного определения позволяют определить содержание почти 70 элементов Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева) по атомным спектрам поглощения (абсорбции) для определения содержания металлов в растворах их солей: в природных и сточных водах, в растворах-минерализатах, технологических и прочих растворах.

Прибором для ААС служит атомно-абсорбционный спектрометр. Основными элементами данного устройства являются: источник света, излучающий характерную узкую спектральную линию анализируемого вещества; атомизатор для перевода данного вещества в атомный пар; спектральный прибор для выделения характерной аналитической линии вещества и электронная система, необходимая для детектирования, усиления и обработки аналитического сигнала поглощения.

Определение содержания элемента в пробе проводят с использованием экспериментально установленной функциональной зависимости между аналитическим сигналом (абсорбция, оптическая плотность) и концентрацией элемента в градуировочном растворе, они представляют собой прецизионные высокоавтоматизированные устройства, которые обеспечивают воспроизводимость условий измерений, автоматическое введение проб и регистрацию результатов измерения. Градуировочная функция может представлять собой либо математическую формулу, либо график.

Основными требованиями к источникам излучения, применяемым в атомно-абсорбционной спектрометрии, являются их узкополосность, высокая стабильность по частоте и интенсивности, высокая интенсивность резонансных линий, низкий уровень шумов, отсутствие сплошного фонового излучения, отсутствие спектральных наложе-

ний на резонансную линию и незначительное ее самопоглощение, минимальное время установления рабочего режима и минимальный размер тела свечения (для фокусировки прибора в узких аналитических зонах).

Существует несколько видов источников света. Наиболее часто применяют лампы с полым катодом, безэлектродные лампы и настраиваемые лазеры. Лампа с полым катодом состоит из полого катода цилиндрической формы, рядом с которым находится вольфрамовая проволока – анод. Сама лампа представляет собой цилиндрический стеклянный баллон, который наполнен инертным газом. Катод лампы изготовлен из определяемого в ходе анализа элемента или его сплава. Внутри безэлектродной лампы с помощью катушки, по которой проходит ток высокой частоты, создается сильное электромагнитное поле. В это поле помещается маленькая кварцевая ампула, содержащая летучее соединение определяемого вещества. Принцип действия аналогичен принципу лампы с полым катодом. Основной недостаток такого вида источника света – необходимость в дополнительном устройстве для питания – высокочастотном генераторе.

Настраиваемые лазеры в качестве источников излучения стали применять с 1974 года. Их применение позволяет обойтись без большого набора ламп, так как один такой лазер можно использовать для всех элементов, однако широкому его использованию препятствует дороговизна.

Важнейшей предпосылкой АА определений является перевод определяемого вещества в атомный пар. Для этого используется источник высокой температуры – атомизатор. Существуют два основных метода атомизации, широко применяемых на практике – пламенный и электротермический (непламенный).

Пламенная атомизация характеризуется тем, что источником высокой температуры служит пламя. Атомизатор представляет собой горелку, в которую непрерывно подаются горючие газы в смеси с окислителями. В атомизатор с помощью форсунки-распылителя подается анализируемый раствор. Наиболее распространенными в атомной абсорбции являются следующие составы смесей: светильный газ–воздух (пламя с температурой в интервале 1500-1800°C); ацетилен–воздух (пламя с температурой до 2200-2300°C (зависит от соотношения потоков ацетилен–воздух)); ацетилен–закись азота (высокотемпературное пламя до 2900°C).

Метод электротермической атомизации характеризуется тем, что источником высокой температуры служит непламенный атомизатор – графитовая ювета. Графитовая печь (трубка, длиной 50 мм и внутренним диаметром

4-5 мм), которая нагревается электрическим током большой силы. Анализируемое вещество вводится на торец графитового электрода, который после высушивания нанесенной капли подается в предварительно нагретую графитовую печь через коническое отверстие в ее стенке. В момент соприкосновения электрода с трубкой происходит дополнительный разогрев электрода мощным дуговым разрядом, зажигаемым между внешним концом введенного в печь электрода с пробой и вспомогательным электродом. В итоге внутри печи происходит эффективная атомизация вещества. Для того, чтобы предотвратить быстрое выгорание графита, трубку помещают в атмосферу инертного газа (аргона высокой чистоты).

Энергодисперсионные рентгенофлуоресцентные спектрометры. Данные приборы предназначены для контроля элементного состава твердых и жидких сред, порошков, пленок. Принцип работы спектрофотометров основан на измерении интенсивности флуоресцентного излучения, испускаемого атомами определяемых элементов, содержащихся в пробе, под воздействием рентгеновских лучей.

Для детектирования характеристического излучения используются полупроводниковые твердотельные детекторы, действие которых основано на ионизации внутри полупроводника. В полупроводниковом детекторе создается чувствительная область, в которой нет свободных носителей заряда. Попадая в эту область, заряженная частица вызывает ионизацию, соответственно в зоне проводимости появляются электроны, а в валентной зоне – дырки. Под действием напряжения, приложенного к напыленным на поверхность чувствительной зоны электродам, возникает движение электронов и дырок, формируется импульс тока. К полупроводниковому кристаллу прикладывается напряжение до нескольких кВ, обеспечивающее сбор всех зарядов, образованных частицей в объеме детектора. Начинается перемещение пар электрон-дырка к электродам. В результате этого перемещения возникает электрический импульс, который далее усиливается и регистрируется счетной электроникой. Полупроводниковый детектор изготавливается в основном из Si или Ge, обязательно охлаждение детектора во время анализа с помощью эффекта Пельтье или жидким азотом. Используют специальные фильтры, позволяющие увеличить соотношение сигнал/шум для отдельных элементов, и, соответственно, улучшить пределы обнаружения данных элементов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (соглашение № 14-50-00034).

УДК 557.170.49:594.11:577.118

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ТКАНЯХ СЕГОЛЕТОК МИДИИ ТИХООКЕАНСКОЙ И ГРЕБЕШКА ПРИМОРСКОГО БУХТЫ СЕВЕРНАЯ, ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Жадько Е.А.¹, Чусовитина С.В.¹, Стеблевская Н.И.^{1,2}, Полякова Н.В.²

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (ДАЛЬРЫБВТУЗ), г. Владивосток

²Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток

THE MICROELEMENT COMPOSITION OF TISSUES OF SPAT OF JAPANESE SCALLOP AND PACIFIC MUSSEL FROM THE NORTHERN BAY, THE PETER THE GREAT BAY (THE SEA OF JAPAN)

Zhadko E.A.¹, Chusovitina S.V.¹, Steblevskaya N.I.^{1,2}, Polyakova N.V.²

¹Far Eastern State Technical Fisheries University (FESTFU), Vladivostok

²Institute of Chemistry FEBRAS, Vladivostok

The microelement composition of tissues of spat of Japanese scallop and Pacific mussel in the Northern bay were studied. The iron, zinc, bromine and strontium prevail among the range of decrease of microelement concentration in tissues of cloak, gills and a liver-pancreas at spat of the Japanese scallop and Pacific mussel. The contents of toxic microelements are variable from 0,008 to 1,15mgm/g raw mass, that's considerably below maximum possible concentration. In both of species the content of lead, arsenic and rubidium have near values in the tissues of the cloak and gills. Unlike a Pacific mussel the cadmium found out in the liver-pancreas of Japanese scallop, that concentration in 5 times is higher, than in tissues of the cloak and gills.

Keywords: microelement, tissues, spat, Japanese scallop, Pacific mussel

К важнейшим экологическим проблемам современной марикультуры относится отсутствие научно-обоснованной оценки воздействия плантаций марикультуры на прибрежные морские акватории и обеспечение экологической безопасности выращиваемых объектов (Покусаев и др., 2008). В настоящее время остается неизученной степень негативного влияния марикультурных хозяйств на морские экосистемы. Информация о микроэлементном составе моллюсков – объектов промысла и марикультуры характеризует качество, пищевую ценность и безопасность данного морепродукта. Кроме того, двустворчатые моллюски успешно используются в качестве объектов-индикаторов для контроля за уровнем растворенных металлов в прибрежных водах. Содержание металлов в тканях этих гидробионтов позволяет оценить степень биодоступной антропогенной нагрузки на морскую экосистему (Шулькин, 2007).

Бухта Северная в составе Славянского залива по уровню загрязненности относится к классу умеренно загрязненных прибрежных полужамкнутых акваторий, в которых концентрации растворенных форм металлов повышены за счет увеличения нагрузки с суши (Шулькин, 2007; Бауло и др., 2013)

В марикультурном хозяйстве НПДМ б. Северная более десяти лет осуществляется товарное выращивание приморского гребешка подвесным способом. При получении молоди приморского гребешка зачастую вместе с личинками гребешка на коллектор оседают личинки мидии тихоокеанской. Известно, что высокому поражающему эффекту часто подвергаются мелкие виды и формы гидробионтов, а также организмы на стадиях эмбрионального и постэмбрионального развития (Покусаев и др., 2008). В этой связи представлялось интересным изучить микроэлементный состав тканей молоди приморского гребешка и мидии тихоокеанской.

Микроэлементный состав тканей сеголеток мидии тихоокеанской и приморского гребешка б. Северная исследовали в лаборатории института Химии ДВО РАН. Для

изучения использовали изолированные образцы гепато-панкреаса, а также образцы мягких тканей, содержащие одновременно фрагменты мантии и жабр. Всего анализу подвергнуто по 20 образцов тканей каждого вида. Пробоподготовка осуществлялась в соответствии с рекомендациями (Бок, 1984): образцы помещали в тefлоновые плотно закрываемые сосуды, добавляли смесь азотной и соляной кислоты (1:2) и разлагали в микроволновом реакторе Milestone UltraClave (Италия) 60 мин при 200 °С и давлении 60 атмосфер. Элементный анализ подготовленных растворов проб проводили рентгенофлуоресцентным методом с полным внешним отражением (TXRF) на приборе TXRF 8030 C (FEI Company, Germany). Пробу объемом 10 мкл наносили на подложку из полированного кварцевого стекла. Время измерения – 500 сек., источники возбуждения - MoK_α и WBr₃₅. Внутренний стандарт – раствор иттрия с концентрацией 50 мкг/мл. Предел обнаружения варьирует для различных элементов в пробах от 10⁻⁷ до 10⁻¹⁰%.

Изучен микроэлементный состав тканей сеголеток приморского гребешка и мидии тихоокеанской бухты Северная. Ряды убывания концентраций микроэлементов в тканях приморского гребешка и мидии тихоокеанской выглядят сходным образом:

Мантия+жабры

Fe > Br > Zn > Sr > Mn > As > Ni > Cu > Rb > Mo > Cd > Se > Pb – приморский гребешок

Fe > Br > Zn > Sr > Mn > Ni > Cu > As > Mo > Se > Rb > Pb – мидия тихоокеанская

Гепатопанкреас

Br > Zn > Sr > Mn > As > Ni > Cu > Rb > Cd > Mo > Se > Pb – приморский гребешок

Fe > Zn > Br > Sr > Mn > As > Ni > Mo > Cu > Se > Rb > Pb – мидия тихоокеанская

Группу преобладающих по концентрации микроэлементов в тканях обоих видов моллюсков составили железо, бром, цинк и стронций. В таблице 1 представлены

уровни содержания некоторых токсичных микроэлементов в тканях мантии, жабр и гепатопанкреаса молоди приморского гребешка и мидии тихоокеанской.

Таблица 1. Концентрация некоторых токсичных микроэлементов в тканях молоди гребешка приморского и мидии тихоокеанской, мкг/г сырой массы

Элементы	Мантия+жабры		Гепатопанкреас	
	гребешок	мидия	гребешок	мидия
As	0,34±0,11	0,34±0,13	0,83±0,1	1,12±0,78
Rb	0,17±0,008	0,15±0,06	0,62±0,05	0,33±0,13
Cd	0,096±0,04	-	0,51±0,08	-
Pb	0,18±0,02	0,032±0,2	0,09±0,02	0,008±0,002

«Гигиеническими требованиями к качеству и безопасности сырья и пищевых продуктов» регламентируют содержание свинца, кадмия, мышьяка, ртути, цезия-137, стронция-90 в тканях рыб, моллюсков, ракообразных, водорослей (СанПиН 2.3.2.10-78.01, 2002). Для тканей моллюсков и ракообразных считается допустимым следующий уровень содержания токсичных элементов (мкг/г сырой массы) не более: Pb – 10,0 мкг/г; Cd – 2,0 мкг/г; As – 5,0 мкг/г; Hg – 0,2 мкг/г

Во всех исследованных тканях молоди приморского гребешка и мидии тихоокеанской концентрации токсичных микроэлементов варьируют от 0,008 до 1,15 мкг/г сырой массы, что значительно ниже предельно допустимых значений. В тканях мантии и жабр молоди обоих видов моллюсков концентрации свинца, мышьяка и рубидия имеют близкие значения. В гепатопанкреасе этих видов уровень содержания мышьяка и рубидия в среднем в 2,5-3 раза выше, а свинца – в 2-4 раза ниже, чем в тканях мускула, мантии и жабр. В отличие от мидии тихоокеанской в гепатопанкреасе у приморского гребешка обнаружен кадмий, концентрация которого в 5 раз выше, чем в тканях мантии и жабр. Уровень содержания токсичных элементов в тканях гидробионтов зависит от целого ряда факторов: видовой принадлежности, возрастной изменчивости содержания микроэлементов, типа питания, геохимического фона среды (Морозов, 1983). В результате антропогенного воздействия, концентрации поллютантов, в том

числе и тяжелых металлов, в компонентах морской среды могут многократно возрастать. При повышении концентрации тяжелых металлов в морской воде, уровень их содержания увеличивается в органах, выполняющих барьерные функции – в жабрах, пищеварительном тракте, печени гидробионтов. При этом большинство токсичных элементов концентрируются в печени, которая выполняет депонирующую функцию по отношению к токсикантам. У моллюсков эту функцию выполняет пищеварительная железа или гепатопанкреас (Морозов, 1983; Христофорова и др., 1994).

Полученные данные дополняют имеющиеся сведения по микроэлементному составу тканей промысловых моллюсков в возрастном аспекте и могут быть использованы при проведении рыбохозяйственного и экологического мониторинга акватории б. Северная.

Список литературы

Бауло Е.Н., Кучеренко Л.В., Слабженникова И.М., Мухина С.Н. Возможности метода лазерной искровой спектроскопии в экологическом мониторинге водных акваторий марихозяйств // Научные труды Дальрыбвтуза. 2013. Т. 30. С. 3-14.

Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. М.: Химия, 1984. 432 с.

Гигиенические требования к качеству и безопасности сырья и пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.10-78.01). М.: Госкомэпиднадзор России, 2002. 156 с.

Морозов Н.П. Химические элементы в гидробионтах и пищевых цепях // Биогеохимия океана. М.: Наука, 1983. С. 127-16.

Покусаев М.Н., Зайцев В.Ф., Сокольский А.Ф., Осипова Л.А. Основы экологии и защита окружающей водной среды от техногенных загрязнений береговых предприятий рыбного хозяйства. М.: Колос, 2008. 304 с.

Христофорова Н.К., Шулькин В.М., Кавун В.Я., Чернова Е.Н. Тяжелые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого. Владивосток: Дальнаука, 1994. 296 с.

Шулькин В.М. Тяжелые металлы в речных и прибрежно-морских экосистемах: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Владивосток, 2007. 37 с.

УДК [556.555.8:546](282.257.583.1)

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ОЗЕРА ХАНКА ПО СОДЕРЖАНИЮ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА

Катайкина О.И., Симоконов М.В., Матвеев В.И. Ковековдова Л.Т.

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

EVALUATION OF THE QUALITY OF THE WATER OF KHANKA LAKE ON THE METALS AND ARSENIC CONTENT

Kataykina O.I., Simokon M.V., Matveev V.I. Kovekovdova L.T.

Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

Level of trace metal concentrations in the surface water layer of Hanka Lake was evaluated. Water samples were sampled in May 2017 on the 11 stations and concentrations of Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Hg were determined. Acquired data showed the pattern of spatial distribution of trace elements in the water of Hanka Lake and gave the information on probable sources of metal influx in the water body. It was concluded, that elevated concentrations of trace metals and arsenic in the lake

water were due to high load of terrigenous matter entering in the lake basin in the time of spring flood and the process of adsorption – desorption of elements from the particles surface.

Keywords: metals, arsenic, Khanka Lake, spatial distribution

Экологическая ситуация пресноводных водоемов России требует глубокого изучения. В результате антропогенной нагрузки на водоемы в них поступает большое количество загрязняющих веществ различной природы. Современные сведения об экологической ситуации в озере Ханка малочисленны. Практически отсутствуют данные о содержании токсичных элементов в воде и донных отложениях озера.

Озеро Ханка является самым большим пресноводным водоемом на Дальнем Востоке. Площадь зеркала непостоянна, она меняется в зависимости от климатических условий. В максимуме достигает 5010 км², в минимуме – 3940 км². Длина озера около 90 км, наибольшая ширина 67 км. В озеро Ханка впадает 24 реки, вытекает же только одна – Сунгача, которая соединяет его с рекой Уссури, а та в свою очередь – с Амуром. Озеро Ханка является мелким водоемом с средней глубиной 4,5 м и преобладающими глубинами 1-3 м, наибольшая глубина составляет 10,6 м. В среднем сток в озеро равен 1,94 км³ за год, из озера – около 1,85 км³ (Васьковский, 1978).

Озеро Ханка является рыбохозяйственной акваторией. В нем обитает 75 видов рыб, из них более 20 – промысловые. Микроэлементный состав гидробионтов находится в прямой зависимости от уровней содержания элементов в среде обитания.

Цель работы – оценка качества воды озера Ханка по содержанию металлов и мышьяка.

В задачи работы входило: определить содержание Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Hg в воде; показать распределение концентраций элементов в поверхностном слое воды; оценить качество воды по нормативным документам (ПДК).

Пробы поверхностной воды на определение содержания металлов и мышьяка в озере Ханка были отобраны в мае 2017 г. по ГОСТ 17.1.5.05-85 (Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков) на 11 из 15 гидрохимических станций – на станциях 1, 3, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15 (рис. 1).

Элементы Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb определяли масс-спектрометрическим методом на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7700x в соответствии с ГОСТ Р 56219-2014 (ИСО 17294-2:2003) «Определение содержания 62 элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой».

Диапазоны концентраций элементов в поверхностных водах озера Ханка, отобранных на 11 станциях, показаны в таблице 1.

Отмечено превышение ПДК Mn, Fe, Cu, Zn, Hg в воде озера на всех станциях наблюдения, Ni и Pb – на отдельных станциях. Максимальные значения превышения ПДК металлов составили: Mn – 81 ПДК; Fe – 23,5 ПДК; Cu – 49 ПДК; Zn – 11 ПДК; Hg – 5 ПДК.

Пространственное распределение концентраций элементов, превышающих ПДК в воде озера Ханка в мае 2017 г., показано на рисунке 2.

Повышенное содержание элементов в воде оз. Ханка в весенний период объясняется высоким содержанием в ней взвеси, которая попадает в озеро с речным стоком во время весеннего паводка. Процессы сорбции-десорбции элементов на поверхности взвешенных частиц в зависимости от гидрохимической ситуации обуславливают значительное увеличение их концентраций в воде.

Таблица 1. Концентрации элементов в поверхностной воде озера Ханка, мкг/л

Элемент	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg
Диапазон	1,29-3,62	140-870	798-2353	0,32-1,12	2,9-33,7	8,3-49,4	35-111	1,97-11,2	0,17-1,27	2,85-7,67	0,025-0,055
X _{ср} ±CO	2,06±0,64	348±228	1220±434	0,57±0,22	10±9,9	16,1±13,1	68,4±23,9	3,36±2,62	0,37±0,32	4,36±1,69	0,040±0,015
ПДК	70	10	100	10	10	1	10	50	5	6	0,01

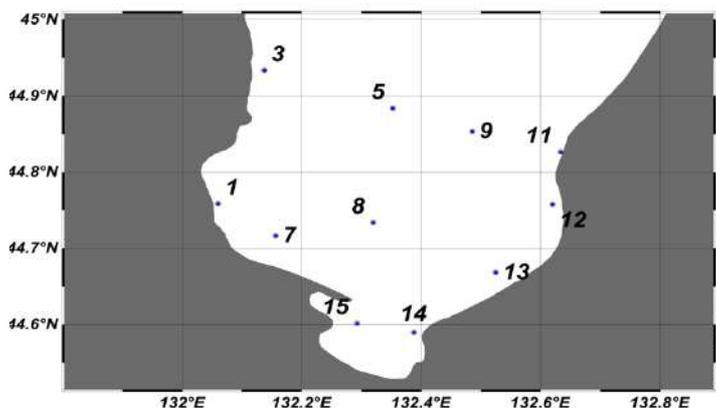


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб воды

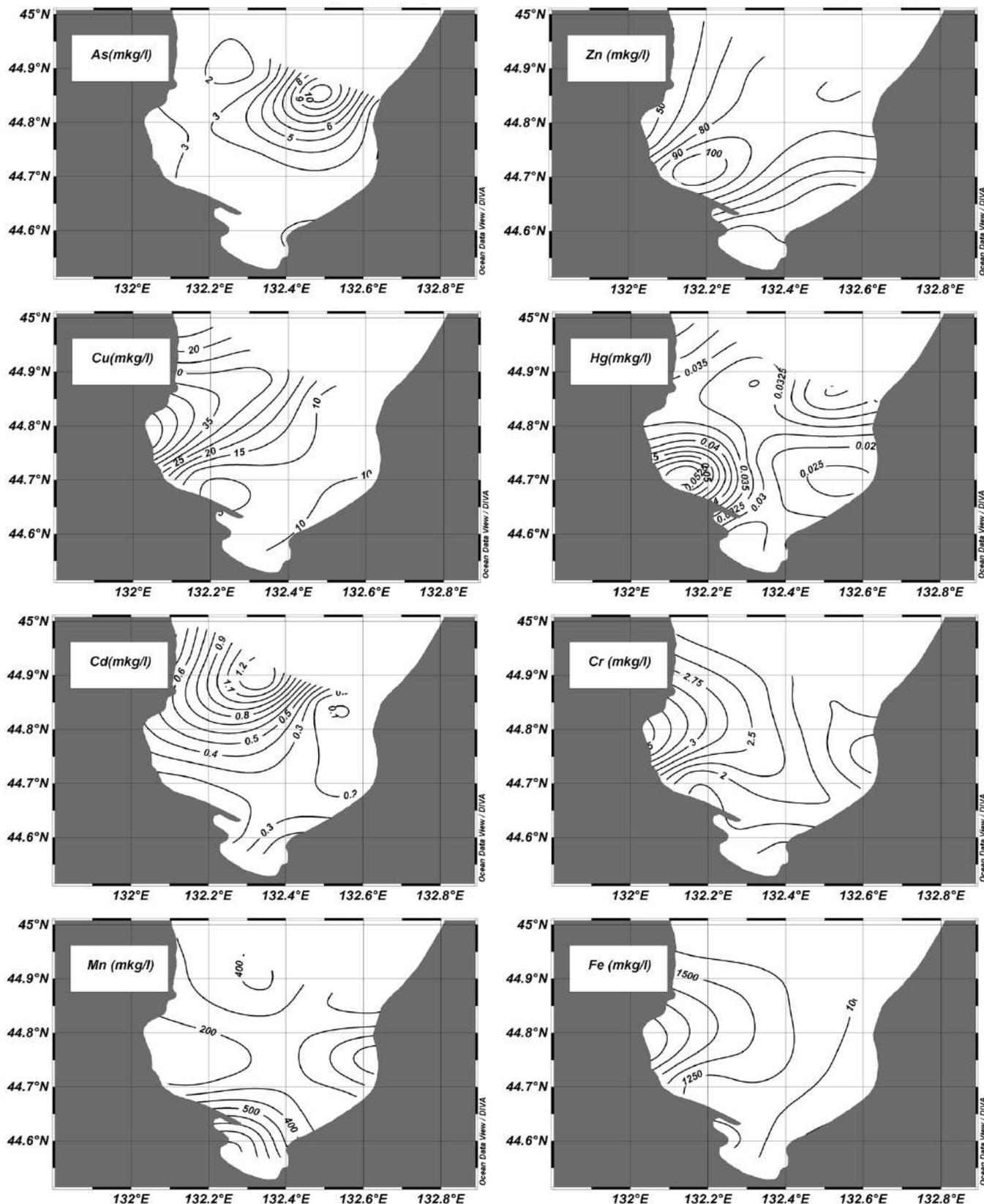


Рис. 2. Пространственное распределение концентраций Zn, Cu, As, Cd, Cr, Mn, Fe, Hg (мкг/л) в воде озера Ханка

Оценка пространственного распределения металлов в воде оз. Ханка позволяет выявить тренды изменения их концентраций. Так, концентрации Zn, Cu, Co, Cr, Fe, Hg были максимальными в юго-западной части водоема (ст. 1) и постепенно снижались в северо-восточном направлении. Концентрации же Cd и As были максимальными в открытой части (ст. 5 и 9, соответственно) и постепенно снижались по направлению к берегу. Никель в максимальных

концентрациях обнаруживался у северо-западной части района исследования, марганец концентрировался в южной части озера. Это свидетельствует о различных источниках поступления элементов в водоем и их перераспределении в зависимости от гидрохимической ситуации на момент исследования. Так, если поступление Zn, Cu, Co, Cr, Fe, Hg, а также Mn и Ni в акваторию можно объяснить в основном влиянием терригенного стока, то поведение

Cd и As, возможно, зависит от экологической ситуации в отдельных районах оз. Ханка.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о необходимости проведения дальнейших исследований с целью выявления, в первую очередь, сезонной динамики изменения концентраций металлов и мышьяка в воде оз. Ханка, выявления локальных источников загрязнения, прогноза экологической ситуации в этом важном рыбохозяйственном водоеме дальневосточного региона.

УДК 550.47:504.054:582.272

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В БУРЫХ ВОДОРΟΣЛЯХ-МАКРОФИТАХ Б. РУДНОЙ

Кобзарь А.Д., Греднева В.В.

Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

HEAVY METALS IN BROWN ALGAE-MACROPHYTES FROM THE RUDNAYA BAY

Kobzar A.D., Gredneva V.V.

Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

Content of zinc, copper, iron, cadmium, nickel and lead in *Scytosiphon lomentaria*, *Cystoseira crassipes* and *Fucus evanescens* thalli from the Rudnaya Bay and contiguous water areas was determined. It is shown that maximal concentrations of all heavy metals found in algae from the northern bench of the Rudnaya Bay and from the reefs near harbour «Scoop». Changes of trace element composition of seaweeds collected in 1979 - 2016 were determined. It is revealed that the level of lead concentrations has decreased at all sampling stations.

Keywords: the Rudnaya Bay, pollution, trace metals, bioindication

Бухта Рудная располагается на побережье Приморского края (рис. 1) и примыкает к Дальнегорскому полиметаллическому рудному полю. В течение длительного времени в морские прибрежные воды бухты Рудной поступало большое количество тяжелых металлов в связи с работой горноперерабатывающего предприятия в г. Дальнегорске и плавильного завода, расположенного вблизи пос. Рудная Пристань. Постепенно объемы выпускаемой продукции падали, а с 2009 года и по сегодняшний день плавильный завод не функционирует, но тем не менее в морской воде, грунтах и гидробионтах бухты Рудной содержание тяжелых металлов остается повышенным. Исследование микроэлементного состава макрофитов поможет оценить, как современное состояние бухты, так и выявить тенденции изменения концентрации тяжелых металлов во времени.

Пробы водорослей отбирались в июле 2016 г. со станций, отмеченных на рис. 1. При обработке водорослей, подготовке проб к анализу и атомно-абсорбционному анализу на спектрофотометре Shimadzu AA-6800 использовали известные подходы и приемы (Христофорова, 1989). Расчет среднего и стандартного отклонения осуществляли в программе Excel. В выявлении межгодовой динамики накопления тяжелых металлов макрофитами кроме собственных данных использованы опубликованные ранее сведения (Христофорова, 1989; Христофорова и др., 1990; Коженкова и др., 2000; Христофорова, Кобзарь, 2012; Шулькин и др., 2014). Пороговые значения концентраций металлов взяты из работы Черновой и Коженковой (2016). Результаты определения металлов в бурых водорослях приведены в табл. 1.

Пространственное распределение тяжелых металлов выглядит следующим образом: почти все металлы за исключением Ni, в максимальных концентрациях найдены в макрофитах, собранных у северного бенча бухты Рудная

Список литературы
Васьковский М.Г. Гидрологический режим озера Ханка. Л.: Гидрометиздат, 1978. 45 с.

ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность

Удод В.М., Писоренко В.И. Охрана водоемов от загрязнения сточными водами. Киев: Мир, 1990. 118 с.

и на рифах у ковша. На северном бенче находится эстакада, где осуществлялась погрузка свинцового и цинкового концентратов.

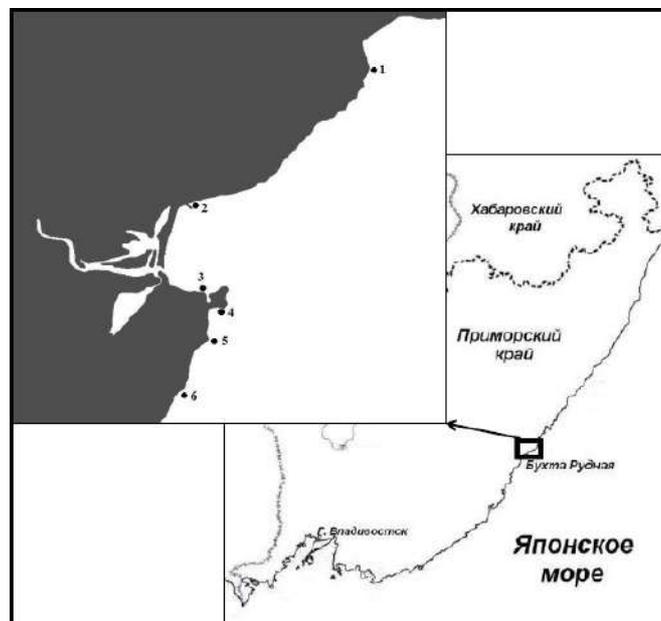


Рис. 1. Станции мест отбора водорослей в б. Рудной и сопредельных акваториях: 1 – южный бенч б. Лидовка, 2 – северный бенч б. Рудная, 3 – рифы у ковша, 4 – м. Бринера, 5 – скалы Два Брата, 6 – скала Монастырь

Повышенное содержание металлов в макрофитах, собранных в южной части б. Рудной и к югу от бухты обусловлено Приморским течением, направленным с севера на юг (Shulkin et al, 2002), а также речным стоком, идущим вдоль южного бенча бухты и выносящим в нее стоки из

реки и ковша, где в настоящее время производится погрузка концентратов. Сравнивая полученные значения содержания микроэлементов в водорослях с верхним пороговым уровнем концентраций, можно видеть, что превышение верхнего порога наблюдается для основного загрязнителя морской среды бухты Рудной – цинка. Превышение фонового уровня меди, железа и никеля характерно для *S. crassipes*, собранной на северном бенче бухты и на рифах у ковша. Концентрации кадмия в макрофитах на всех станциях сбора ниже верхнего порога фонового содержания.

За последние 25-30 лет интенсивность хозяйственной деятельности в долине р. Рудной значительно менялась. Расцвет производственной деятельности и максимальное воздействие на окружающую среду в конце 1980-х гг. сменились экономическим кризисом и спадом производства в

начале 1990-х гг. В последнее десятилетие производство частично возобновлено (работает горно-обогатительный комбинат в Дальнегорске, функционирует причал в южной части б.Рудной). На свинцово-плавильном заводе с конца 1990-х гг. произошла смена технологии выплавки свинца (использование вторичного сырья, выплавка в закрытой печи). Однако с 2009 г. завод остановлен и законсервирован. В связи с этими переменами представляло интерес сравнить содержание тяжелых металлов в макрофитах бухты Рудной, собранных в разные временные отрезки и выявить многолетние изменения в накоплении микроэлементов. На рис. 2 показано изменение содержания металлов в талломах *S. lomentaria*, собранных на одних и тех же станциях в разные годы.

Таблица 1. Среднее содержание тяжелых металлов (мкг/г) в талломах бурых водорослей, собранных в б. Рудной и сопредельных акваториях ($m \pm \sigma$)

Станция сбора	Вид водоросли	Cu	Fe	Zn	Cd	Ni	Pb
1	<i>S. lomentaria</i>	3,2±0,1	1313,6±34,1	50,3±0,7	1,3±0,1	6,4±0,2	2,2
	<i>C. crassipes</i>	1,2±0,0	80,3±5,0	36,8±4,9	1,9±0,3	3,9±0,6	-
2	<i>S. lomentaria</i>	7,5±0,9	1824,6±186,8	185,5±15,6	1,7±0,2	6,1±0,1	8,5
	<i>C. crassipes</i>	6,3±1,2	454,4±21,8	202,5±2,2	1,9±0,1	3,5±0,1	-
3	<i>S. lomentaria</i>	7,8±0,2	636,7±27,2	380,8±7,6	1,8±0,0	5,7±0,1	5,9
	<i>C. crassipes</i>	7,1±0,2	249,0±10,5	213,6±1,8	3,0±0,1	4,6±0,1	-
4	<i>S. lomentaria</i>	4,9±0,7	255,3±10,1	88,5±5,0	1,1±0,0	5,9±0,0	5,4
	<i>C. crassipes</i>	2,2±0,1	25,3±1,3	85,2±1,9	2,5±0,0	4,0±0,1	4,7
	<i>F. evanescens</i>	3,0±0,1	19,7±0,2	271,4±7,2	2,3±0,0	5,9±0,1	1,9
5	<i>S. lomentaria</i>	4,0±0,2	294,6±2,4	75,6±14,0	1,3±0,0	5,3±0,2	3,0
	<i>C. crassipes</i>	1,5±0,2	30,3±3,0	46,3±1,9	1,4±0,0	3,5±0,2	-
	<i>F. evanescens</i>	3,2±0,1	45,2±6,1	296,2±8,5	2,0±0,0	5,3±0,1	-
6	<i>S. lomentaria</i>	4,9±0,3	787,9±89,5	74,1±3,7	1,3±0,1	5,7±0,3	2,2
	<i>C. crassipes</i>	1,1±0,1	17,1±2,3	32,7±0,9	1,3±0,0	3,6±0,3	-
	<i>F. evanescens</i>	2,7±0,0	97,4±74,5	164,3±2,4	1,6±0,0	5,4±0,1	-
Верхняя пороговая концентрация для северо-западной части Японского моря*							
-	<i>F. evanescens</i>	4,1	100	80,0	3,1	-	-
-	<i>C. crassipes</i>	3,6	81	42,7	3,2	4,2	-

*Чернова, Коженкова, 2016

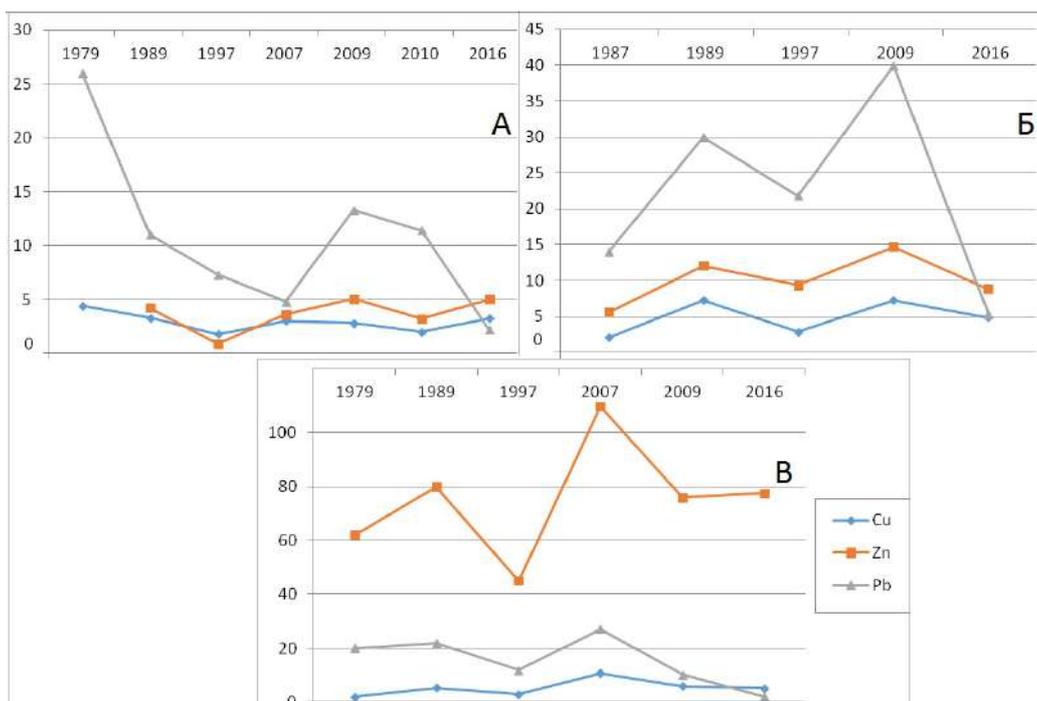


Рис. 2. Концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в талломах *Scytosiphon lomentaria*, собранных в разные годы: А – в б. Лидовка, Б – у м. Бринера, В – у ск. Монастырь

Как видно на рис. 2, динамика изменения концентраций тяжелых металлов в талломах *S. lomentaria* четко отражает изменения антропогенной нагрузки, происшедшие в последнее тридцатилетие: два пика концентраций, свидетельствующие об интенсивном производстве, наблюдались в 1989 и 2009 гг. К настоящему моменту произошло существенное уменьшение содержания свинца в *S. lomentaria*, что связано с сокращением выбросов металлов в атмосферу. Концентрации меди и цинка к настоящему моменту по сравнению с 1980-ми гг. снизились незначительно. Это свидетельствует о продолжающемся загрязнении б.Рудной этим металлом, поставляемым стоком реки Рудная и аэральными выпадениями. Данная закономерность отмечалась и ранее (Шулькин и др., 2014).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (соглашение № 14-50-00034).

Список литературы

Коженкова С. И., Христофорова Н. К., Чернова Е. Н. Долговременный мониторинг загрязнения морских вод северного Приморья тяжелыми металлами с помощью бурых водорослей // Экология. 2000. № 3. С. 233-237.

Христофорова Н. К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192 с.

Христофорова Н. К., Кобзарь А. Д. Бурые водоросли – макрофиты как индикаторы загрязнения вод бухты рудной тяжелыми металлами // Известия ТИНРО. 2012. Т. 168. С.220-231.

Христофорова Н. К., Чернова Е. Н., Кавун В. Я. Оценка состояния вод заповедных акваторий Приморья по микрэлементному составу биоиндикаторов // «Заповедники СССР – их настоящее и будущее». Новгород, 1990. Ч. 1. С. 371-373.

Чернова Е. Н., Коженкова С. И. Определение пороговых концентраций металлов в водорослях – индикаторах прибрежных вод северо-западной части Японского моря // Океанология. 2016. Т. 56. № 3. С. 393 – 402.

Шулькин В. М., Чернова Е. Н., Христофорова Н. К., Коженкова С. И. Влияние горнорудной деятельности на изменение химического состава компонентов водных экосистем // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2014. № 6. С. 483 – 494.

Shulkin V. M., Kozhenkova S. I., Chernova E. N., Khris-toforova N. K. Assessment of metal contamination in the coastal zone of Sikhote-Alinsky Biosphere Area // EABRN – 7, 2002. P. 132-137.

УДК 582.26.08

ПОДВОДНАЯ ФОТО- И ВИДЕОСЪЕМКА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕСУРСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАКРОФИТОВ И БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ПРИМОРЬЕ

Кулепанов В.Н.^{1,2}, Соколенко Д.А.¹

¹Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

²Морской государственный университет (МГУ) им. адм. Г.И. Невельского, г. Владивосток

RESOURCE RESEARCHES OF SEAWEEDS AND INVERTEBRATES BY MEANS OF THE DOCUMENTARY PHOTOGRAPH AND RECORDINGS IN THE COAST PRIMORYE

Kulepanov V.N.^{1,2}, Sokolenko D.A.¹

¹Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

²Admiral Nevelskoy Maritime State University (MSU), Vladivostok

Advantages, limitations and perspectives of self-organizing modeling and use of underwater photography in hydrobiological practice are discussed.

Keywords: Photographing, resource researches, databases

Оценка ресурсов морских беспозвоночных и водорослей ведется с использованием водолазного метода. В дополнение к информации, собираемой водолазом, в экспедициях при проведении ресурсных исследований использовалась подводная фотосъемка (рис. 1). Она является универсальным и производительным методом изучения морского дна.

Вместе с традиционными методами исследования шельфа фотография позволяет оперативно получать объективную и полную информацию о фактическом состоянии ландшафта, качественном составе, количестве, размере, окраске и взаимном расположении животных или растений в момент съемки (Обезьянов, 1982; Преображенский и др., 2000; Ткаченко, 2005). Совершенствование методов оценки запасов донных гидробионтов связывают с расширением использования массовых средств подводного наблюдения (Серебров, Тарасова, 1989).

Подводная съемка широко применяется в гидробиологических исследованиях. Так, например, фотоснимки позволяют оценить обилие и пространственное распределение некоторых видов и групп эпибентоса Новоземельского шельфа на значительной акватории (Погребов и др., 1994). Правда, при этом оговаривается, что для точности оценки необходим сбор проб драгирующими орудиями лова.

Положительным моментом подводного фотографирования является то, что с его использованием можно получить большой объем количественного материала, пригодного для статистического анализа и обследовать большую площадь морского дна, по сравнению с такими орудиями лова как дночерпатель (Погребов, Садкова, 1982; Погребов, Джус, 1987). К ограничениям относится то, что на фото- и видеосъемке не всегда удается определить гидробионтов до вида (Джус, 1982).

В ходе выполнения ресурсных исследований 2013-2016 гг. параллельно с водолазными спусками на 150 станциях проведена фото- и видеосъемка дна камерой GoPro Hero3. Визуальная информация имеет географическую привязку, что позволяет сопоставить серию снимков с

конкретным местом и количественными данными, по биомассе и видовому составу гидробионтов, собранных при водолазных работах.

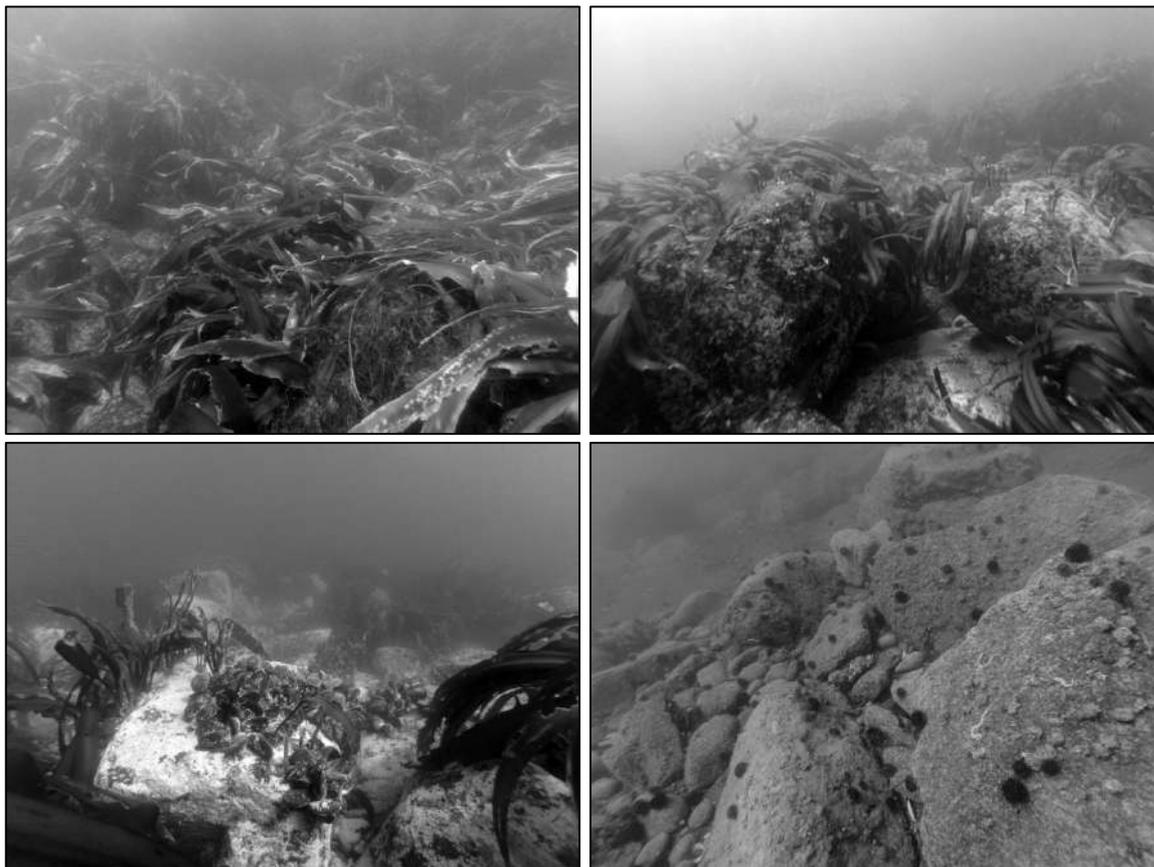


Рис. 1. Подводные фотографии макрофитов и беспозвоночных побережья Приморья

Фотографии и видеосъемки морского дна показывают характер распределения гидробионтов, дают возможность оперативно выделить донные сообщества и учесть границы смены характера грунтов.

Проективное покрытие дна водорослями водолазом оценивается субъективно, поэтому эта величина очень вариабельна. Используя достаточно большое количество фотоснимков с одной станции можно получить количественные характеристики этого показателя, оценить его ошибку и сравнить с данными водолазной съемки.

На основе подводных фотографий и видеосъемки в настоящее время формируется база данных, совмещенная с данными водолазных станций, позволяющая оценить состояние ресурсов макрофитов и беспозвоночных побережья Приморья и использовать ее для мониторинга прибрежной зоны.

Список литературы

Джус В.Е. Современный уровень применения подводных методов и перспективы их использования в биологических исследованиях // Подводные биологические исследования. Апатиты: Изд. КФАН СССР, 1982. С. 89-127.

Обезьянов К.Н., Казачков А.С. Использование подводной фотографии при обследовании обрастания якорных цепей в бухте Витязь Японского моря // Подводные

гидробиологические исследования. Владивосток: ИБМ ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 84-86.

Погребов В.Б., Гончарова Е.Г., Яковлев А.В. Анализ распределения макрозообентоса Новоземельского шельфа Баренцева моря методом самоорганизующегося моделирования на основе данных подводной фотосъемки // Океанология. 1994. Т. 34. № 6. С. 915-923.

Погребов В.Б., Джус В.Е. Статистические закономерности распределения массовых форм зообентоса Белого моря по результатам подводной стереофотосъемки // Океанология. 1987. Т. 27. Вып. 6. С. 997-1002.

Погребов В.Б., Садкова Л.С. Учет отдельных видов макрозообентоса с использованием стереоскопической гидрофотосъемки // Подводные биологические исследования. Апатиты: Изд. КФАН СССР, 1982. С. 18-21.

Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения (управление морскими экосистемами). Владивосток: Дальнаука, 2000. 352 с.

Серебров Л.И., Тарасова Г.П. О точности определения плотности и состава концентрации донных промысловых гидробионтов подводными методами // Подводные исследования в биоокеанологических и рыбохозяйственных целях. М.: ВНИРО, 1989. С. 26-38.

Ткаченко К.С. Использование видео- и фотоматериалов в гидробиологических исследованиях // Биология моря. 2005. Т. 31. № 2. С. 142-147.

УДК 556.114+574.21+574.633

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРВИЧНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ МОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Левченко Е.В.¹, Чернова Е.Н.^{2,3}

¹Национальный научный центр морской биологии (ННЦМБ) ДВО РАН, г. Владивосток

²Тихоокеанский институт географии (ТИГ) ДВО РАН, г. Владивосток

³Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

PRIMARY PRODUCERS USED FOR ASSESSING WATER QUALITY IN MARINE COASTAL AREAS BY THE CONTENT OF HEAVY METALS

Levchenko E.V.¹, Chernova E.N.^{2,3}

¹National Scientific Center of Marine Biology (NSCMB) FEB RAS, Vladivostok

²Pacific Geographical Institute (PGI) FEB RAS, Vladivostok

³Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

The concentration of metals was determined in macroalgae and epiphytic microalgae sampled from different areas of coastal waters in Amurski Bay and Ussurriiski Bay. Obtained data are compared with data of conditionally background area. Microelement composition of epiphytic microalgae reflects the heavy metal pollution level more authentically. Epiphytic microalgae possess high potential as cosmopolitan biomonitors for trace metals in coastal marine areas.

Keywords: biomonitoring, heavy metal, macroalgae, epiphytic microalgae.

Биотическая часть водной экосистемы организована в виде трофической пирамиды, основу которой составляют первичные продуценты, в основном, макро- и микроводоросли (Sladecsek, 1973). Каждое сообщество организмов в экосистеме как биологический индикатор имеет свои преимущества и недостатки, которые определяют границы его использования при решении тех или иных задач. Мы считаем, что основными требованиями к биологическим индикаторам для мониторинга содержания тяжелых металлов (ТМ) в морских прибрежных акваториях являются следующие: способность накапливать ТМ в высоких концентрациях, сохраняя жизнедеятельность и корреляцию между содержанием металлов в воде и в биоиндикаторе, прикрепленный или малоподвижный образ жизни, массовое и широкое распространение, доступный способ получения проб.

Макроводоросли уже более 40 лет используют для мониторинга загрязнения ТМ морской среды (Levine, 1984; Христофорова, 1989; Коженкова и др., 2006, Akcali, Kucuksezgin, 2011). Чаще для этой цели используют бурые водоросли (Bryan, Hummerstone, 1973; Коженкова и др., 2000, Khristoforova, Kozhenkova, 2002). Особенностью бурых макроводорослей является наличие в них природных полисахаридов-комплексобразователей, которые способны эффективно связывать металлы (Davis et al., 2003). Например, установлено, что фукоидан из бурой водоросли *Ascophyllum nodosum*, связывает двухвалентные катионы ТМ в следующей последовательности: Pb>Ba>Cd>Sr>Cu>Fe>Co>Zn>Mg>Mn>Cr>Ni>Hg>Ca (Elouali et al., 1993). Вместе с тем, исследователи отмечают следующие **недостатки использования макрофитов в целях мониторинга содержания ТМ в морской среде:** выраженная сезонная и возрастная изменчивость сообществ (особенно в умеренных широтах), способность разных макрофитов накапливать одни и те же ТМ в разных концентрациях (Denton, Burdon-Jones, 1986; Güven et al., 1992; Akcali, Kucuksezgin, 2011). Был сделан вывод, что для объективного мониторинга требуется проводить

комплексное исследование с использованием нескольких видов, учитывая их отклик на изменение содержания ТМ (Чернова и др., 2002).

Целью нашей работы было оценить качество морской среды по содержанию тяжелых металлов в испытывающих значительное антропогенное воздействие бухтах Амурского и Уссурийского заливов и в проливе Старка (условно фоновый район – УФР) в летний период 2012-15 гг., используя в качестве биоиндикаторов водоросли-макрофиты и микроводоросли эпифитона.

Для анализа использовали доминирующие в фитобентосе исследованных акваторий макроводоросли: зеленые – *Ulva spp.*, красные – *Tichocarpus crinitus*, *Chondrus pinnulatus* и *Ptilota filicina*, бурые – *Dictyota dichotoma*, *Stephanocystis crassipes*, *Sargassum miyabei* (Guiry & Guiry, 2017), а также обитающие на этих макрофитах микроводоросли эпифитона. Подготовку проб осуществляли путем тщательного смыва с талломов макрофитов микроводорослей эпифитона, с последующей фильтрацией и концентрированием их биомассы (Левченко, 2016).

Как видно из полученных данных, представленных на рисунке 1 и в таблице 1 содержание тяжелых металлов в микроводорослях эпифитона превышает содержание металлов в макроводорослях. В частности, при сравнении концентраций тяжелых металлов, выявлено следующее:

1) содержание Fe в микроводорослях эпифитона было выше, чем в макрофитах-базифитах *Tichocarpus crinitus* и *Chondrus pinnulatus* в 96 раз, содержание Pb – в 33 раза, содержание Zn – в 2 раза, содержание Cu – в 7 раз, содержание Ni – в 6,5 раз, содержание Cd – в 4 раза;

2) содержание Fe в микроводорослях эпифитона было выше, чем в макрофите-базифите *Ulva spp.* в 60 раз, содержание Pb – в 64 раза, содержание Zn – в 25,5 раз, содержание Cu, Ni и Cd – в 6 раз;

3) содержание Fe в микроводорослях эпифитона выше, чем в макрофите-базифите *Ptilota filicina* в 16 раз, содержание Pb – в 11 раз, содержание Zn – в 3 раза, содержание Cu – в 5 раз, содержание Ni и Cd – в 6 раз.

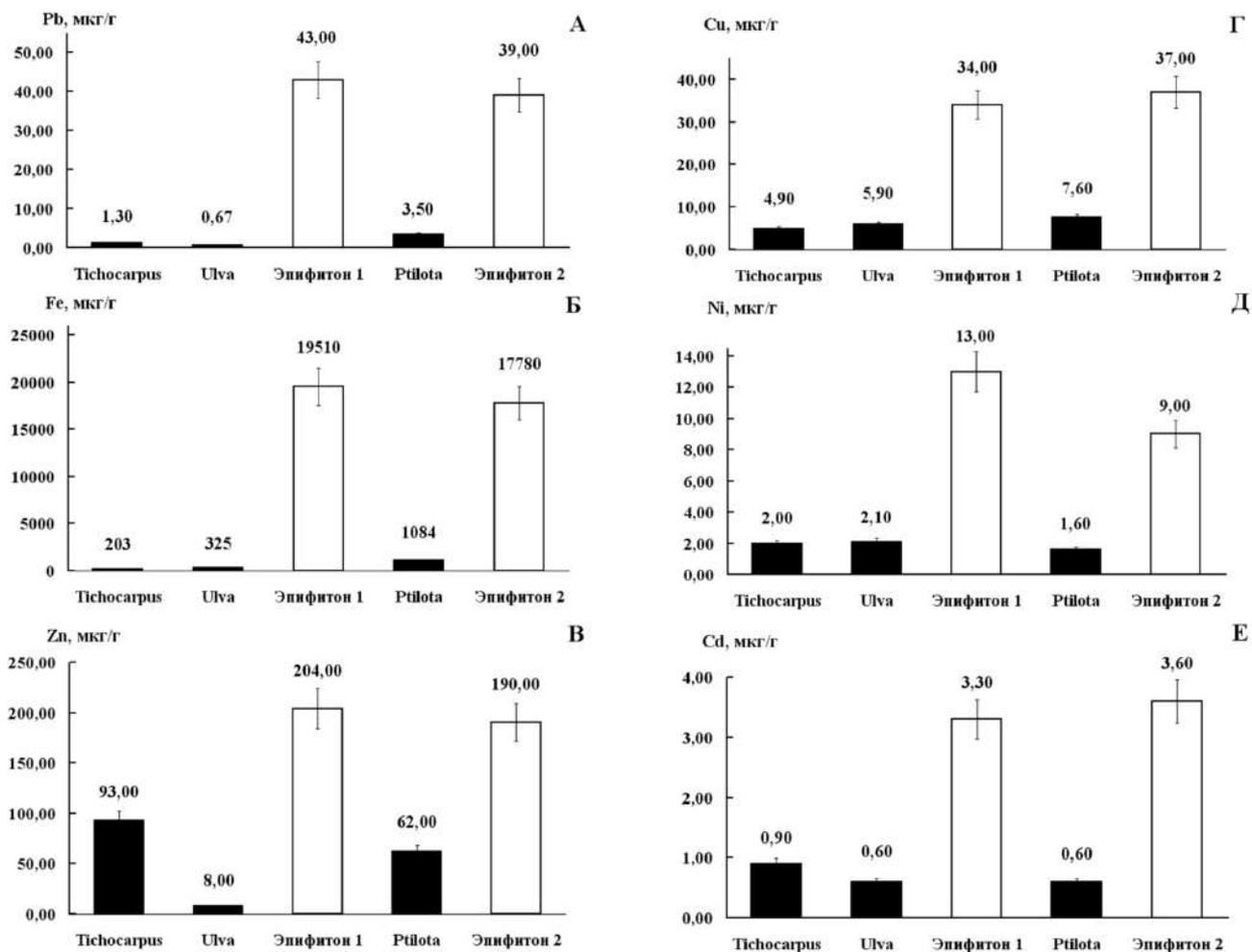


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в микроводорослях эпифитона и в талломах макрофитов-базифитов *Tichocarpus crinitus* (+*Chondrus pinnulatus*), *Ulva spp.* и *Ptilota filicina*, собранных на акватории бухты Кирпичного завода (район Нефтебазы) в Амурском заливе в июле 2012 г., где А – содержание свинца, Б – содержание железа, В – содержание цинка, Г – содержание меди, Д – содержание никеля и Е – содержание кадмия; Эпифитон 1 – микроводоросли эпифитона, смытые с талломов *Tichocarpus crinitus* + *Chondrus pinnulatus* + *Ulva spp.*, Эпифитон 2 – микроводоросли эпифитона, смытые с талломов *Ptilota filicina*

Установлено также, что усредненные пробы микроводорослей эпифитона, вне зависимости, собраны ли они с нескольких разных макрофитов-базифитов или только с одного вида, показывают близкие по значению концентрации накопленных тяжелых металлов (рис. 1, Эпифитон 1 и 2), тогда как разные водоросли-макрофиты способны накапливать одни и те же металлы в разных концентрациях. В частности, среди исследованных водорослей-макрофитов в 2012 г. максимальные концентрации тяжелых металлов Pb и Cu обнаружены в талломах водоросли *Ptilota filicina*, максимальные концентрации Fe и Ni – в талломах *Ulva spp.*, максимальные концентрации металлов Zn и Cd – в талломах *Tichocarpus crinitus* и *Chondrus pinnulatus*. Отсюда следует, что использование в качестве биоиндикаторов содержания тяжелых металлов водорослей-макрофитов *Tichocarpus crinitus*, *Chondrus pinnulatus*, *Ptilota filicina* и *Ulva spp.* менее эффективно, чем использование микроводорослей эпифитона, так как для комплексной оценки накопления тяжелых металлов необходимо проводить анализ разных видов микроводорослей, причем некоторые из них в какой-то сезон могут отсутствовать в районе исследования. Использование микроводорослей эпифитона не предполагает анализ отдельных

видов и не зависит от видовой и сезонной изменчивости, так как это сообщество присутствует в любой сезон.

Из представленных результатов также видно, что микроводоросли эпифитона всегда содержат больше тяжелых металлов в случае их обитания на акватории, подверженной антропогенному влиянию по сравнению с микроводорослями эпифитона, обитавшими на акватории условно-фоновой бухты. В частности, при сравнении концентраций тяжелых металлов в микроводорослях эпифитона из б. Кирпичного завода (район НБ), на прибрежную акваторию которой оказывается значительное антропогенное воздействие, по сравнению с микроводорослями эпифитона из условно-фоновой бухты (пролив Старка) содержание Fe и Pb выше в 3 раза, Zn – в 1,3 раза, Cu, Ni, Cd – в 2 раза. Тогда как в талломах макрофита-базифита *Tichocarpus crinitus* из бухты Кирпичного завода (район НБ) и из условно-фоновой бухты (пролив Старка) концентрации тяжелых металлов Cd и Cu практически одинаковы, а в случае Fe и Pb – даже ниже (в 1,7 и в 1,3 раза, соответственно). Следовательно, анализ концентраций тяжелых металлов в микроводорослях эпифитона выявил явное загрязнение акватории б. Кирпичного завода в Амурском заливе Fe, Pb, Cu, Ni, Cd и Zn, тогда как анализ

концентраций тяжелых металлов в макроводорослях выявил загрязнение только Zn и Ni.

Анализ полученных данных показал, что количество металлов в талломах *Tichocarpus crinitus*, *Chondrus pinnulatus*, *Ptilota filicina* и *Ulva spp.* убывает в ряду: Fe – Zn – Cu – Pb – Ni – Cd. Это же подтверждают выводы других исследователей (Коженкова и др., 2006; Аксали, Кучукsezgin, 2011). Количество металлов в эпифитоне убывает в ряду: Fe–Zn–Pb–Cu–Ni–Cd. Из всех изученных макроводорослей наименьшее количество Pb обнаружено в талломах зеленой водоросли *Ulva spp.*, а наибольшее – в

талломах бурой водоросли *Dictyota dichotoma* (табл. 1 и 2). Эпифитные макроводоросли наряду с бурыми водорослями можно эффективно использовать для оценки содержания в морской воде Pb (табл. 2), при этом использование макроводорослей эпифитона не предполагает анализа отдельных видов в отличие от бурых водорослей, которым свойственна видовая и сезонная изменчивость для разных акваторий.

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в макроводорослях эпифитона и в талломах макофитов-базифитов, собранных на акватории бухты Кирпичного завода (район Нефтебазы) в Амурском заливе и в проливе Старка в июле 2012 и 2013 гг.

Объект исследования	Металлы, мкг/г сух.м.					
	Pb	Fe	Zn	Cu	Ni	Cd
Июль 2012, б. Кирпичного завода (район НБ)						
Эпифитон с (<i>Tichocarpus crinitus</i> + <i>Chondrus pinnulatus</i> + <i>Ulva spp.</i>)	43	19510	204	34	13	3,3
Талломы <i>Tichocarpus crinitus</i> + <i>Chondrus pinnulatus</i>	1,3	203	93	4,9	2,0	0,9
Талломы <i>Ulva spp.</i>	0,67	325	8	5,9	2,1	0,6
Эпифитон с <i>Ptilota filicina</i>	39	17780	190	37	9,0	3,6
Талломы <i>Ptilota filicina</i>	3,5	1084	62	7,6	1,6	0,6
Июль 2012, пр. Старка						
Эпифитон с (<i>Tichocarpus crinitus</i> + <i>Chondrus pinnulatus</i> + <i>Ulva spp.</i>)	6,3	11193	684	13	16	2,0
Талломы <i>Tichocarpus crinitus</i> + <i>Chondrus pinnulatus</i>	0,9	605	114	2,8	2,4	0,9
Июль 2013, б. Кирпичного завода (район НБ)						
Эпифитон с (<i>Tichocarpus crinitus</i> + <i>Chondrus pinnulatus</i> + <i>Ulva spp.</i>)	82	31203	182	50	14	2,1
Талломы <i>Tichocarpus crinitus</i> + <i>Chondrus pinnulatus</i>	3,0	425	120	9,5	3,0	0,9
Июль 2013, пр. Старка						
Эпифитон с (<i>Tichocarpus crinitus</i> + <i>Chondrus pinnulatus</i> + <i>Ulva spp.</i>)	28	9334	141	25	6,8	1,1
Талломы <i>Tichocarpus crinitus</i> + <i>Chondrus pinnulatus</i>	4	705	31	7	1,0	0,9

Примечание: ошибка при определении содержания железа, цинка, меди, никеля и кадмия составляет менее 10%, свинца – 11%.

Таблица 2. Содержание Pb в макроводорослях эпифитона и в талломах макофитов-базифитов из пролива Старка (УФР) и из разных бухт Амурского и Уссурийского заливов (мкг/г сух. м.)

Объект исследования	Акватория						
	УФР	Амурский залив			Уссурийский залив		
	пролив Старка	бухта Кирпичного завода (район НБ)	бухта между мысами Фирсова и Грозным	свалка Горно-стай	бухта Тихая	бухта Со-боль	бухта Патрокл
Июль 2012 года							
Эпифитон <i>T. crinitus</i>	6,3	43					
Талломы <i>T. crinitus</i>	0,9	1,3					
Июль 2013 года							
Эпифитон <i>T. crinitus</i>	28	82					
Талломы <i>T. crinitus</i>	4,0	3,0					
Июль 2014 года							
Эпифитон <i>T. crinitus</i>	6	11,3					
Талломы <i>T. crinitus</i>	2,9	2,6					
Эпифитон <i>D. dichotoma</i>	0,6			41			
Талломы <i>D. dichotoma</i>	3,5			141			
Июль 2015 года							
Эпифитон <i>S. crassipes</i>	2,8			112	99		17,6
Эпифитон <i>S. miyabei</i>	9,2		12,3			11,7	

Список литературы

- Коженкова С.И., Христофорова Н.К., Чернова Е.Н. Долговременный мониторинг загрязнения морских вод Северного Приморья тяжелыми металлами с помощью бурых водорослей // Экология. 2000. № 3. С. 233-237.
- Левченко Е.В. Способ сравнительной оценки качества водной среды по содержанию тяжелых металлов, патент RU 2589896 // Бюллетень ФСИС «Изобретения. Полезные модели» № 19. 2016. 15 с.
- Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192 с.
- Чернова Е.Н., Христофорова Н.К., Вышкварцев Д.И. Тяжелые металлы в морских травах и водорослях залива Посыета Японского моря // Биология моря. 2002. Т. 28. № 6, с. 425-430.
- Bryan J.W., Hummerstone L.G. Brown seaweeds as an indicator of heavy metals in estuaries in south-west England // Journal of Mar. Biol. Association UK. 1973. V. 53. P. 705-720.
- Akcali I., Kucuksezgin F. A biomonitoring study: Heavy metals in macroalgae from eastern Aegean coastal areas // Marine Pollution Bulletin. 2011. V. 62. P. 637-645.
- Davis T.A., Volesky B., Mucci A. A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae // Water Research. 2003. V. 37. P. 4311-4330.
- Ellouali M., Boisson-Vidal C., Durand P., Jozefonvicz J. Antitumor activity of low molecular weight fucans extracted from brown seaweed *Ascophyllum nodosum* // Anticancer Research. 1993. V. 13. P. 2011-2019.
- Guiry M.D., Guiry, G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2017. <http://www.algaebase.org>; searched on 30 August 2017.
- Güven K.C., Topcuoğlu S., Kut D., Esen N., Erentürk N. et al. Metal uptake by Black Sea algae // Botanica marina. 1992. V. 35. P. 337-340.
- Khristoforova N.K., Kozhenkova S.I. The use of brown algae *Sargassum* spp. in heavy metal monitoring of the marine environment near Vladivostok, Russia // Ocean and Polar Research. 2002. V. 24(4). P.325-329.
- Levin H.G. The use of seaweeds for monitoring coastal waters // Algae as ecological indicator / Eds. L.P. Schubert. L., P.: Acad. Press, 1984. P. 189-210.
- Sladeček V. Diatoms as indicator of Organic Pollution // Acta hydrochemistry et hydrobiologia. 1986. V. 14. № 5. P. 555-556.

УДК 574.64

ГЕНОТОКСИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ИОНОВ ЦИНКА И НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПЛОСКОГО МОРСКОГО ЕЖА *SCAPHECHINUS MIRABILIS* (AGASSIZ, 1864)

Мазур А.А.^{1,2}, Журавель Е.В.¹, Слободскова В.В.², Кукла С.П.²

¹Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

²Тихоокеанский океанологический институт им. Илlicheва (ТОИ) ДВО РАН, г. Владивосток

GENOTOXIC EFFECT OF ZINC IONS AND ZINC OXIDE NANOPARTICLES ON THE SAND DOLLAR *SCAPHECHINUS MIRABILIS*

Mazur A.A.^{1,2}, Zhuravel E.V.¹, Slobodskova V.V.², Kukla S.P.²

¹Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

²V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute (POI) FEB RAS, Vladivostok

Zinc (Zn) is an essential element for most aquatic organisms. Increased human activity have resulted in Zn contamination, which can be hazardous to aquatic organisms. Nanoparticles (NPs), including ZnO nanoparticles, are used in industrial activities and pharmacology, but knowledge about the potential toxicity and mechanisms to influence of NPs is still very limited. This study evaluated accumulation of ionic and nanoparticle forms of zinc in tissues of *S. mirabilis* as well as DNA damage in sperm cells and larvae. The results showed that concentration of ionic and nanoparticle forms of zinc in tissue of experimental groups were highest than that of input and control. The percent DNA in tail obtained after treatment with ZnO was significantly higher than that of Zn²⁺ at 200 µg/L concentrations tested. The results of this study showed that zinc accumulation in sand dollar tissues demonstrated the lower bioavailability of ionic Zn compared to ZnO nanoparticles, and accent the higher toxic effect of the nanoparticle form.

Keywords: sand dollars, larvae, nanoparticles, genotoxicity, comet assay

Цинк является биогенным элементом, который входит в состав многих жизненно важных соединений. В то же время, этот элемент в высоких концентрациях обладает токсичными свойствами и может привести к нарушению нормального функционирования организма (Дабахов и др., 2005). На данный момент объемы промышленного производства нанодисперсного оксида цинка достигают сотен тысяч тонн, он широко применяется в составе косметических средств и солнцезащитных кремов, а также как компонент в составе пластиков (Гусев, 2009). Наиболее важным проявлением пагубного воздействия ионов цинка и наночастиц оксида цинка является их генотоксичность, при этом нанодисперсный оксид цинка более токсичен чем ионы

этого металла. Известно, что генотоксичность наночастиц оксида цинка может проявляться как из-за его прямого воздействия непосредственно на генетический материал, так и за счет индуцирования активных форм кислорода, а также образования токсичных ионов, высвобождающихся из находящихся в воде наночастиц (Collins et al., 2013). Цель работы заключалась в исследовании генотоксического воздействия ионов цинка и наночастиц оксида цинка на сперматозоиды и личинки плоского морского ежа *S. mirabilis*.

Морских ежей *S. mirabilis* собирали в заливе Восток на глубине 4-4,5 м. Затем взрослых особей экспонировали в течение 10 суток в фильтрованной морской воде в пяти

аквариумах. В первом аквариуме содержалась контрольная группа ежей. В остальные аквариумы добавляли по 100 и 200 мкг/л растворов с ионами цинка и наночастицами оксида цинка. Смену воды и тестируемых растворов проводили один раз в сутки.

Для приготовления раствора наночастиц использовали оксид цинка в ультрадисперсной форме фирмы Sigma-Aldrich. Для приготовления раствора, содержащего ионы цинка, использовали хлорид цинка. По окончании 10-дневной экспозиции был проведен нерест морских ежей и осуществлена процедура оплодотворения.

Содержание цинка в мягких тканях исходной, контрольной и экспериментальных групп ежей было определено методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии в ацетиленовом пламени на приборе Shimadzu AA-6601F в соответствии с методикой количественного химического анализа (М-03-505-119-08).

Количество поврежденных ДНК оценивали в сперматозоидах и личинках на стадии среднего плутеуса *S. mirabilis*. В работе использовали щелочной вариант кометного анализа, адаптированного для морских организмов (Mitchellmore et al., 1998). Для каждой кометы с помощью компьютерной программы Comet Score Freeware v1.5 определяли долю (%) ДНК в хвосте кометы. В качестве показателя генотоксического воздействия вычисляли индекс генетического повреждения (ИГП).

Результаты эксперимента обрабатывали с помощью пакетов программ Excel и Statistica: определяли среднее арифметическое и стандартное отклонение. Достоверность оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа по критерию Даннетта (Dunnett).

Накопление ионов цинка и наноразмерных частиц оксида этого металла в мягких тканях плоского морского ежа *S. mirabilis* в ходе эксперимента представлено на рис. 1.

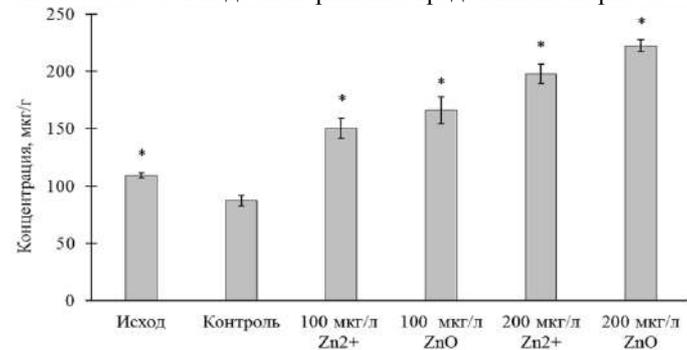


Рис. 1. Содержание цинка в мягких тканях *S. mirabilis* (среднее±станд.откл., n=3). *отличие значений концентрации при добавлении ионов цинка и наноразмерных частиц оксида цинка от контрольных значений достоверно (p<0,05)

В мягких тканях контрольной группы морских ежей, находящихся в чистой воде, за 10 суток концентрация цинка достоверно уменьшилась по сравнению с исходной группой. Кроме того, обнаружено достоверное увеличение в полтора раза концентрации цинка в мягких тканях при 10-дневной экспозиции взрослых особей в воде с добавлением 100 мкг/л как ионов цинка, так и наночастиц оксида этого металла по сравнению с контрольным значением. При увеличении концентрации исследуемых соединений цинка в воде до 200 мкг/л наблюдалась тенденция повышения содержания цинка в тканях плоского морского ежа *S. mirabilis*.

В ходе проведенного исследования были получены данные о генотоксичности ионов цинка и наноразмерных частиц оксида цинка (табл. 1).

Таблица 1 Оценка повреждения ДНК в хроническом эксперименте (среднее±станд.отклон., n=200)

Концентрация, мкг/л	% ДНК в хвосте	
	сперматозоиды	плутеусы
Контроль	5,71±2,33	3,96±2,43
100 (Zn ²⁺)	12,17±4,48	8,85±3,60
200 (Zn ²⁺)	18,41*±5,08	12,19*±1,89
100 (ZnO)	10,61±3,18	8,69±3,85
200 (ZnO)	21,48*±4,71	14,42*±5,31

*обозначено достоверное отличие от контрольных значений (p<0,05)

Были обнаружены статистически значимые различия показателя доли поврежденной ДНК как в сперматозоидах, так и в клетках личинок при содержании взрослых особей в воде с добавлением 200 мкг/л растворов цинка в ионной и наночастиц. Наибольший процент поврежденной ДНК (более 20%) выявлен в сперматозоидах, полученных от взрослых особей, экспонировавшихся в воде с содержанием 200 мкг/л наноразмерных частиц оксида цинка.

Помимо определения процентного соотношения ДНК в хвосте кометы, был подсчитан индекс генетического повреждения при воздействии растворов, содержащих ионы цинка и наночастицы оксида цинка (рис. 2).

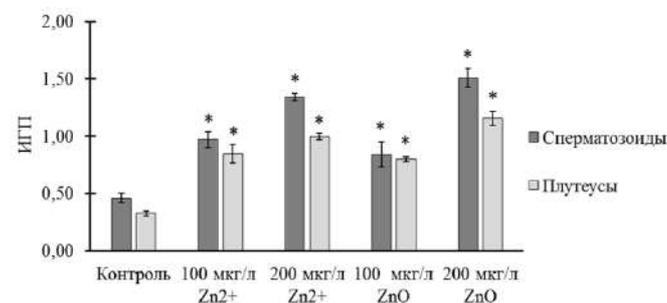


Рис. 2. Величины ИГП в сперматозоидах и клетках личинок *S. mirabilis* на стадии среднего плутеуса (среднее±станд.откл., n=3) *отличие от контроля достоверно (p<0,05)

Установлено, что при всех концентрациях, исследуемых в эксперименте, значения ИГП достоверно превосходили уровень контроля. Исходя из классификации, предложенной Коллинзом с коллегами (Collins et al., 2013), клетки контрольных животных формировали кометы, относящиеся к классу С0. Такие кометы характерны для неповрежденных и жизнеспособных клеток. При экспозиции взрослых особей в воде с содержанием 100 мкг/л ионов и наночастиц цинка в сперматозоидах и клетках личинок выявлено большое количество комет класса С1, характеризующихся низкой степенью повреждения ДНК (5-20%). Однако, при увеличении концентрации токсиканта до 200 мкг/л встречались кометы С2 класса (20-40% поврежденной ДНК), которые характеризуются средним повреждением, за счет чего возросло значение ИГП.

Стоит отметить, что только при концентрации 200 мкг/л наночастиц оксида цинка было отмечено превышение значения ИГП>1,5 для сперматозоидов *S. mirabilis*.

Считается, что значение ИГП > 1,5 указывает на выраженное генотоксическое воздействие исследуемого токсиканта (Kousar, 2015).

Таким образом, в ходе исследования установлено, что при 10-дневной экспозиции взрослых особей в исследуемых растворах, происходит накопление цинка в мягких тканях плоских морских ежей *S. mirabilis*, внесенного в воду как ионной, так и наноформе. Кроме того, показано, что исследуемые формы цинка обладают генотоксичностью и способны инициировать деструкцию молекул ДНК.

Список литературы

Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии: учеб. пособие. М.: Физматлит, 2005. 416 с.

Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Тумова В.И. Экоотоксикология и проблемы нормирования. Н.Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. 165 с.

Collins A. R., Kumar A., Dhawam A, Stone V., Dusinska M. Mechanisms of genotoxicity. Review of recent in vitro and in vivo studies with engineered nanoparticles // *Nanotoxicology*. 2013. V. 52. №2. P. 1-70.

Kousar S. Diagnosis of metals induced DNA damage in fish using comet assay // *Pak Vet J*. 2015. V. 5. P. 168-172.

Mitchelmore C.L., Birmelin C., Livingstone D.R., Chipman J.K. Detection of DNA strand breaks in isolated mussels (*Mytilus edulis*) digestive gland cells using the "Comet" assay // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 1998. V. 41. P. 51-58.

УДК 504.064

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ ЗАЛИВА ВОСТОК (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Мазур М.А.¹, Журавель Е.В.¹, Ковековдова Л.Т.^{1,2}, Черняев А.П.¹

¹Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

²Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

INTEGRATED ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE BOTTOM SEDIMENTS CONTAMINATION (IN THE VOSTOK BAY, THE SEA OF JAPAN AS AN EXAMPLE)

Mazur M.A.¹, Zhuravel E.V.¹, Kovekovdova L.T.^{1,2}, Chernyaev A.P.¹

¹Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

²Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

SQG-Quotient (SQG-Q) and index of pollution *Cd* are important tools for evaluate of contaminants in sediments. These indexes are needed for integrated ecological assessment and identifying areas with potentially negative biological effects. Index of pollution *Cd* is calculated by comparing of background concentrations and concentrations of pollutant in the sediments. SQG-Quotient (SQG-Q) is based on comparison of pollutants concentration in the sediments and values of the sediment quality criteria. The concentrations of total petroleum hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and six heavy metals were investigated in the marine bottom sediment of the Vostok Bay. Index of pollution *Cd* and SQG-Quotient (SQG-Q) were calculated for each station. Very high and high extents of contamination were determined at two stations; at three stations – average extent. The lowers extent of contamination was observed in the northern and eastern part of the Vostok Bay. A moderate level of environmental risk (SQG-Q) was defined for study areas of the Gaydamak Bight. The others stations were characterized by lower level of environmental risk.

Keywords: bottom sediments, pollution, SQG-Quotient, index of pollution, the Vostok Bay

Степень загрязнения донных осадков традиционно оценивали с помощью определения концентраций загрязняющих веществ и последующего сравнения полученных данных с фоновыми значениями или предельно допустимыми концентрациями (ПДК). С начала 80-х годов XX века, помимо исследования химических показателей, стали использовать данные о биологических эффектах загрязнения (Burton, 2002).

В настоящее время оценка уровня загрязнения донных отложений и экологических рисков производится с применением двух групп методов, широко используемых во всем мире. В основу данных подходов положены расчеты индексов загрязнения, базирующиеся на сравнениях концентрации загрязняющих веществ в донных отложениях в загрязненных и фоновых районах, а также индексов экологического риска, основанных на сравнении концентраций веществ в донных отложениях и уровней, соответствующих критериям качества осадков (SQC) (MacDonald et al., 1992).

В течение долгого времени акватория зал. Восток, входящего в состав зал. Петра Великого, считалась одной

из наиболее чистых (Христофорова и др., 2001). На сегодняшний день в результате функционирования крупных промышленных предприятий, а также обширных рекреационных зон, акватория стала подвергаться активному антропогенному воздействию. Кроме того, на побережье залива в районе м. Елизарова планируется строительство НПЗ, что может повлиять на дальнейшее изменение экологической обстановки в акватории.

Пробы донных осадков для химического анализа были отобраны в зал. Восток (зал. Петра Великого, Японское море) в августе 2015 г. (рис. 1). Каждая из станций отличалась по степени антропогенного влияния. Так, наибольшему воздействию подвержена западная часть залива, что связано с концентрацией промышленных предприятий на побережье б. Гайдамак (пос. Южно-Морской, Ливадия). На северном и восточном побережьях залива имеются локальные источники загрязнения, роль которых возрастает в летний период (Наумов, 2006).

Образцы донных осадков, высушенных до воздушно-сухого состояния, растирали в фарфоровой ступке. Измерение концентраций кислоторастворимых форм токсичных элементов (As,

Cd, Cu, Pb, Zn, Ni) проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Shimadzu» 6800 с использованием пламенного и беспламенного способов атомизации. Определение общих углеводов (ОУВ) проводили с использованием метода ИК-спектроскопии с Фурье-преобразованием на спектрометре «Shimadzu» IRAffinity-1 (Япония). Целевые компоненты экстрагировали из образцов грунта дихлорметаном с дополнительным воздействием на образец ультразвуковых колебаний. Полученный экстракт фильтровали и отделяли от соэкстрагирующихся компонентов с использованием метода трехфазной экстракции. Разделение смеси полиароматических углеводов (ПАУ) проводили методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии на жидкостном хроматографе «Shimadzu» LC-20 ADvp Prominence (Япония).



Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб. 1 – м. Чайковского; 2 – кут б. Гайдамак; 3 – вход в б. Среднюю; 4 – м. Пашинникова; 5 – устье р. Волчанки; 6 – против Волчанецкой протоки; 7 – устье р. Литовки; 8 – м. Елизарова

Полученные результаты сравнивали как с допустимыми концентрациями (ДК) (Ежегодник..., 2013) загрязняющих веществ, фоновыми концентрациями для зал. Петра Великого, так

и с критериями токсичности. Коэффициент степени загрязнения осадков Cd рассчитывали с помощью формулы: $Cd_{HM}(Cd) = \sum Cf$, где Cf – отношение средней концентрации загрязняющего вещества к фоновым значениям. Полученные значения оценивали соответствии со следующими показателями: $Cd < 9$ – низкая степень, $9 \leq Cd < 18$ – средняя степень, $18 \leq Cd < 36$ – высокая степень, $Cd > 36$ – очень высокая степень загрязнения донных осадков (Hakanson, 1980).

Расчет критерия экологического риска, отражающего потенциальную токсичность осадков SQG-Q, производили с помощью формулы: $SQG-Q = \sum PEL-Q/n$, где $\sum PEL-Q$ – отношение средней концентрации токсичного вещества в пробе к величине PEL (Probable Effect Level – уровень вероятного воздействия); n – количество токсичных компонентов. Результаты характеризовали в соответствии со следующим критериям: $SQG-Q \leq 0,1$ – осадки нетоксичны; $0,1 < SQG-Q < 1$ – осадки умеренно токсичны; $SQG-Q > 1$ – осадки очень токсичны (MacDonald et al., 1992).

В результате проведенного анализа (рис. 2) было отмечено превышение допустимых значений по таким элементам, как цинк на станции 1 – м. Чайковского и 2 – кут б. Гайдамак, свинец на станции 1 и медь на станции 2, что вероятнее всего связано с деятельностью судоремонтного и рыбоперерабатывающего заводов. Превышающие ДК концентрации углеводов были выявлены в районе станций 1, 2 и 4. Содержание ПАУ на каждой из станций находилось в пределах фоновых значений. Кроме этого важно отметить, что на станции 1 концентрации меди, цинка, никеля превосходили уровни минимальных действующих концентраций TEL и ERL, а содержание свинца было больше значений PEL (вероятная действующая концентрация). В донных осадках, отобранных со станции 2, содержание меди и цинка приблизилось к значениям уровня ERL. Полученные данные могут свидетельствовать о высокой степени воздействия анализируемых грунтов на гидробионтов.

После проведения расчетов индекса Cd (рис. 3) было выявлено, что донные осадки со станции 2 характеризовались очень высоким уровнем загрязнения, со станции 1 – высоким. Грунты со станции 3 – вход в б. Средняя, 4 – м. Пашинникова и 5 – устье р. Волчанка были подвержены среднему уровню загрязнения.

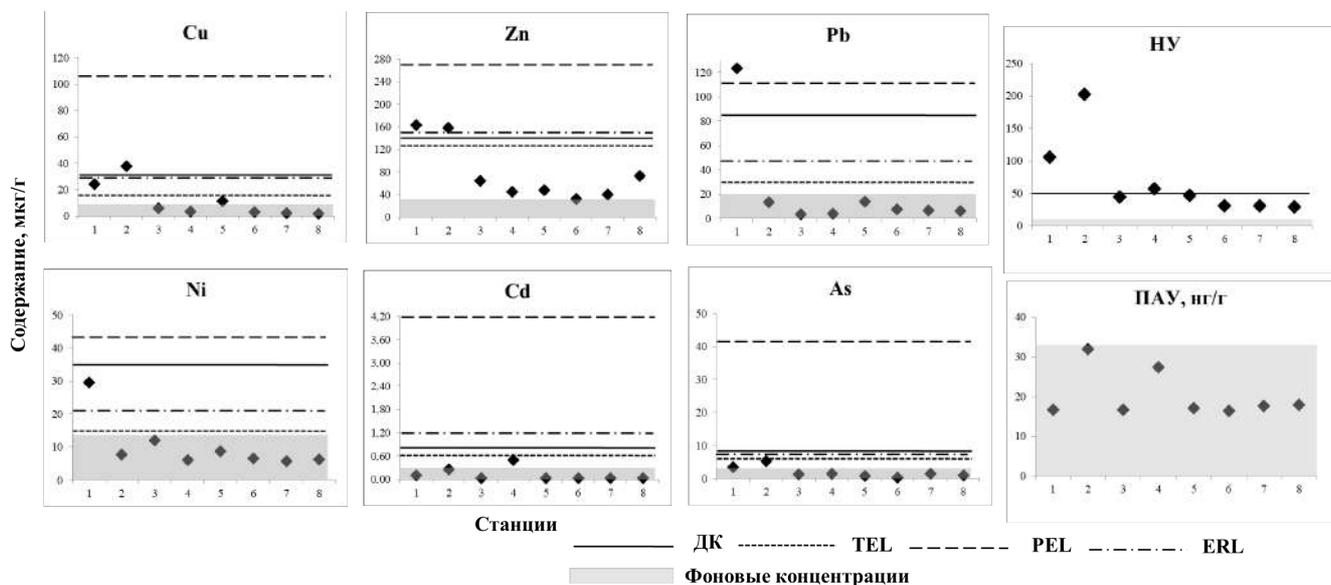


Рис. 2. Концентрации токсичных элементов и загрязняющих веществ в донных осадках

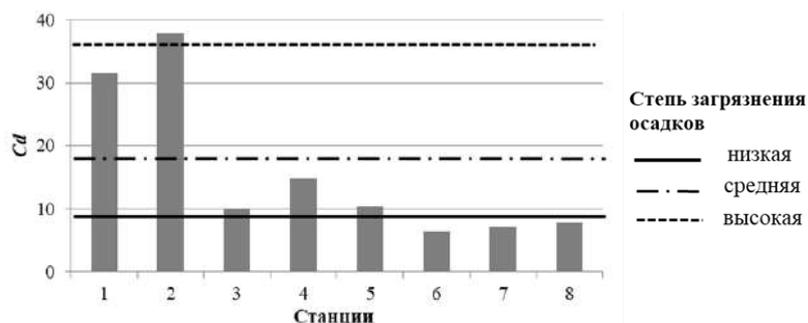


Рис. 3. Значения индекса загрязнения донных осадков Cd на исследуемых станциях

В результате расчета индекса экологического риска SQG-Q отмечено, что донные отложения, отобранные со станций 1 и 2, характеризуются как умеренно токсичные и могут оказывать негативное воздействие на гидробионтов. Осадки с остальных станций были отнесены к группе нетоксичных.

Результаты выполненной работы показывают, что в настоящее время Восток испытывает среднюю антропогенную нагрузку, которая в большей степени проявляется в его западной части, в районе бухт Гайдамак и Средняя, что связано с активной деятельностью судоремонтного и рыбоперерабатывающего заводов. Данный факт подтверждается наивысшими концентрациями токсичных элементов (Zn, Pb, Ni, Cu, Cd и As), а также ОУВ и ПАУ, выявленными в этом районе. Кроме этого, донные отложения, отобранные из б. Гайдамак, на основании расчетов критериев SQG-Q и Cd характеризуются умеренной токсичностью и очень высоким и высоким уровнем загрязнения. Таким образом, использование интегральных методов оценки позволяет выявить более полную картину загрязнения и потенциальной токсичности донных отложений.

Список литературы

- Ежегодник 2012. Качество морских вод по гидрохимическим показателям // Составители Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И. и др. М.: Наука, 2013. 200 с.
- Наумов Ю.А. Антропогенез и экологическое состояние геосистемы прибрежно-шельфовой зоны залива Петра Великого Японского моря. Владивосток: Дальнаука, 2006. 300 с.
- Христофорова Н.К., Журавель Е.В., Григорьева Н.И. Оценка качества вод залива Восток Японского моря // Проблемы региональной экологии. 2001. №2. С.59-69.
- Burton G. A. Sediment quality criteria in use around the world // Limnology. 2002. V. 3, № 2. P. 65-76.
- Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control // Water Res. 1980. V. 14. №8. P. 975-1001.
- MacDonald D.D., Smith S.L., Wong M.P., Mudroch P. The development of Canadian marine environmental quality guidelines. Report prepared for the Canadian Council of Resource and Environment Ministers, Canada: Ottawa, 1992. 117 pp.

УДК 581.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОТОЧНОЙ ЦИТОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПРИ ТОКСИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Маркина Ж.В.

Национальный научный центр морской биологии (ННЦМБ) ДВО РАН, г. Владивосток
Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

FLOW CYTOMETRY APPLICATION FOR MICROALGAE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS ASSESMENT ON TOXIC INFLUENCES

Markina Zh.V.

¹National Scientific Center of Marine Biology (NSCMB) FEB RAS, Vladivostok
²Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

Flow cytometry analyses were conducted using red microalga *Porphyridium purpureum*. It has been shown that copper in concentration 25 µg/L didn't influence on the unicellular alga growth and physiological state. Toxicant concentration 100 µg/L not affected growth and altered physiological parameters very slightly. Culture exposed with 200 µg/L had significantly lowered cells densities than control algae, size and granularity also were changing and fluorescence of chlorophyll a and especially phycobilines differed from such in control. Present work confirms earliest studies that flow cytometry convenient and relevant technique to assess toxic effects that can supply information of contaminants action mode.

Keywords: flow cytometry, copper, aquatic toxicology, microalgae

Загрязнение морской среды, несмотря на предпринимаемые меры продолжает возрастать, поэтому исследования по выяснению действия загрязняющих веществ на организмы остаются актуальными. Среди обитателей водое-

мов микроводоросли занимают базовое положение в водных экосистемах, и нарушение структуры фитопланктонных сообществ или изменение численности приводит к изменениям экосистемы в целом. В связи с этим постоянно совершенствуются методы оценки численности,

жизнеспособности и физиологического состояния микроводорослей. Проточная цитометрия в настоящее время активно внедряется для исследования одноклеточных водорослей, так как эти организмы подходят для данного метода по своим параметрам: размеры, много представителей с одиночными клетками, обладают автофлуоресцирующими пигментами (Нука et al., 2013). В связи с этим, цель настоящей работы заключалась в оценке действия меди на красную одноклеточную водоросль *Porphyridium purpureum* с помощью проточной цитометрии.

В эксперименте оценивали действие меди на рост и физиологические показатели микроводоросли *purpureum* (Rhodophyta). Токсикантом служил медный купорос $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$, добавляемые количества которого пересчитаны на концентрацию ионов меди. Водоросль выращивали на питательной среде *f*, приготовленной на основе фильтрованной и стерилизованной морской воды (Guillard, Ryther, 1962) при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и освещении люминесцентными лампами со свето-темновым периодом 12 ч свет: 12 ч темнота, общей освещенностью 3500 лк.

Работы по оценке действия ионов меди на рост и физиологическое состояние микроводорослей проводились на проточном цитофлуориметре CytotFLEX (Beckman Coulter), предоставленном для работы Центром коллективного пользования ННЦМБ ДВО РАН. Относительные размеры клеток оценивались при измерении параметра FSC (forward scatter – прямое светорассеяние), измерение параметра SSC (side scatter – боковое светорассеяние) позволяло оценить относительную гранулярность клеток. Сбор и первичная обработка данных осуществлялся в программе CytExpert. 2.0. (BeckmanCoulter, Inc).

Результаты выражали в процентах к контролю. За контроль принимали показатели микроводоросли выращенной в среде без добавления меди. На графике представлены средние значения и стандартные отклонения.

Проведенные исследования показали, что при концентрации ионов меди 25 мкг/л все исследованные показатели существенно не отклонялись от контрольных (рис. 1).

Добавление в среду 100 мкг Cu /л не оказывало влияние на численность клеток. Однако, остальные показатели отклонялись от контрольных, особенно боковое светорассеяние (132%) на седьмые сутки опыта. Увеличение этого показателя позволяет заключить об усложнении внутренней структуры клеток. Ультраструктурные изменения при воздействии ионов меди наблюдались ранее и у других представителей микроводорослей (Маркина, Попик, 2016; Chen et al., 2016; Petrescu et al., 2013). Также нами отмечено увеличение размеров клеток, определяемое по показателю прямого светорассеяния. Возрастала и флуоресценция фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a* и фикобилинов), что может быть связано как с активацией фотосинтетических процессов в результате токсического воздействия меди, так и с накоплением фотосинтетических пигментов, которое часто наблюдается при токсических воздействиях (Брагинский и др., 1987). Концентрация 200 мкг Cu /л приводила к снижению числа клеток, особенно на седьмые сутки опыта (до 33% от контроля), размер и структура клеток также изменялись (рис. 2).

Особенно обращает на себя внимание изменение флуоресценции пигментов: на третьи сутки она снижалась, на седьмые – увеличивалась по сравнению с контрольной. Однако, учитывая пониженное по сравнению с

контролем количество клеток, можно сделать вывод, что флуоресценция отдельных клеток в условиях интоксикации возрастала, что также наблюдалось нами ранее при неблагоприятном воздействии высоких температур. Данное явление может быть связано, помимо указанных выше объяснений, также с высвобождением хлорофилла *a* у отмирающих клеток (Вознесенский и др., 2016).

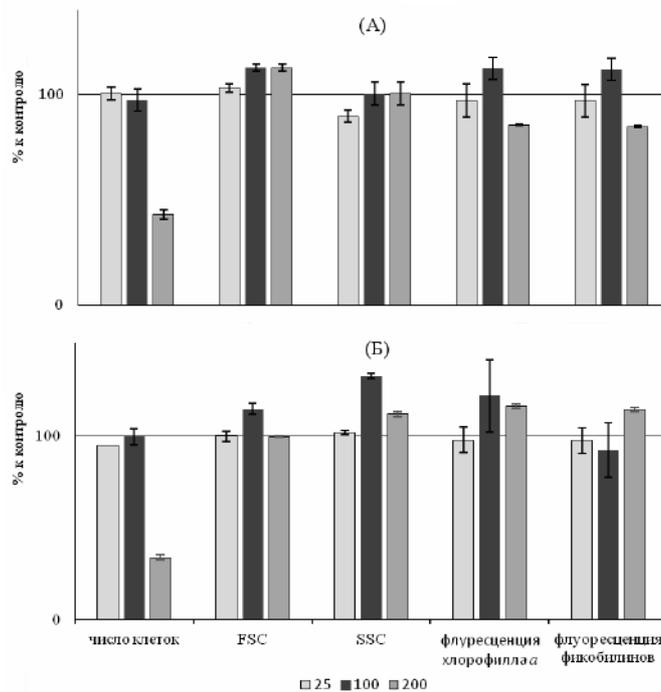


Рис. 1. Изменение показателей микроводоросли *Porphyridium purpureum* при действии меди в концентрациях 25, 100 и 200 мкг/л. (А) – третьи сутки опыта, (Б) – седьмые сутки опыта. FSC – прямое светорассеяние, SSC – боковое светорассеяние.

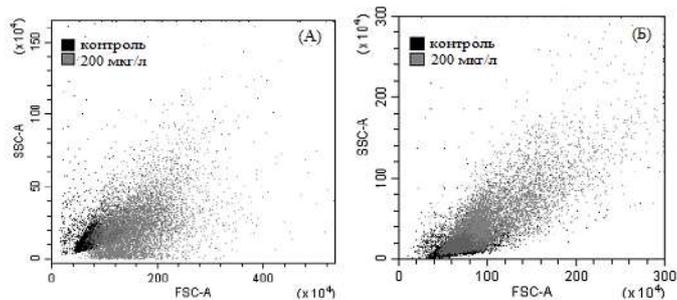


Рис. 2. Изменение показателей прямого (FSC) и бокового светорассеяния (SSC) клеток микроводоросли *Porphyridium purpureum* в контроле и при концентрации 200 мкг Cu /л. (А) – третьи сутки опыта, (Б) – седьмые сутки опыта.

Таким образом, полученные результаты подтверждают полученные ранее данные (Нука et al., 2013; Petrescu et al., 2013; Seoane et al., 2017) о том, что проточная цитометрия – один из удобных методов для использования в экспериментах с микроводорослями. Благодаря методу можно быстро и точно определить изменения в функционировании фотосинтетического аппарата одноклеточных водорослей в неблагоприятных условиях, в том числе и при интоксикации ионами тяжелых металлов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-34-00257 «Особенности влияния меди на физиологию и ультраструктуру морских микроводорослей из разных таксономических групп».

Список литературы

Брагинский Л.П., Величко И.М., Щербань Э.П. Пресноводный планктон в токсичной среде. Киев: Наук. думка, 1987. 180 с.

Вознесенский С.С., Попик А.Ю., Гамаюнов Е.Л., Маркина Ж.В., Орлова Т.Ю. Зависимость флуоресценции фитопланктона от температурного стресс-фактора // Биофизика. 2016. Т. 61. Вып. 1. С. 86-92.

Маркина Ж.В., Попик А.Ю. Рост, состояние фотосинтетического аппарата и ультраструктура микроводоросли *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae) при высоком загрязнении медью // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. 2016. Т. 12, № 3. С. 16-22.

Chen Z., Song S., Wen Yu., Zou Yu., Liu H. Toxicity of Cu (II) to the green alga *Chlorella vulgaris*: a perspective of photosynthesis and xidant stress // Environ. Sci. Pollut. Res. 2016. doi:10.1007/s11356-016-6997-2

Guillard R.R.L., Ryther J.H. Studies of marine planktonic diatoms. 1. *Cyclotella nana* Hustedt, and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. // Can. J. Microbiol. 1962. V. 8. P. 229-239.

Hyka P., Lickova S., Přibyl P., Melzoch K., Kovar K. Flow cytometry for the development of biotechnological processes with microalgae // Biotechnology Advances. 2013. V. 31 P. 2-16.

Petrescu C.-M., Turcus V., Brotosin D. Flow cytometry assessment of unicellular *Chlorella* cells alterations under heavy metals expose // Studia Universitatis "Vasile Goldiş", Seria Ştiinţele Vieţii. 2013. V. 2. P. 345-349.

Seoane M., Esperanza M., Rioboo C., Herrero C., Cid A. Flow cytometric assay to assess short-term effects of personal care products on the marine microalga *Tetraselmis suecica* // Chemosphere. 2017. V. 171 P. 339-347.

УДК 574.587

МАКРОЗООБЕНТОС РЫХЛЫХ ГРУНТОВ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО И ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ

Мощенко А.В., Белан Т.А., Борисов Б.М., Лишавская Т.С., Севастьянов А.В.

Дальневосточный научно-исследовательский гидрометеорологический институт (ДВНИГМИ), г. Владивосток

MACROZOOBENTHOS OF SOFT SEDIMENTS IN THE PETER THE GREAT BAY AND CHEMICAL CONTAMINATION OF THE ENVIRONMENT

Moshchenko A.V., Belan T.A., Borisov B.M., Lishavskaya T.S., Sevastyanov A.V.

Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute (FERHRI), Vladivostok

Results of benthos investigations in Peter the Great Bay for 1992–2016 are presented. Data included average number of taxonomic groups and species per station, Shannon-Wiener index, density, biomass, Clark's statistics (*G*, *S*, *H'*, *A*, *B* and *W*). Contamination level was characterized by *TPF* index. Changes of all benthos parameters are shown to be not monotonous along gradient of contamination. Values of *G*, *S*, *H'* remained at similar level (*B* diminished clearly) within range of "zero – moderate contamination" and then they dropped sharply under transition from moderate level to heavy one. Population density increased at initial stage of contamination and underwent sharp drop within the same range as other parameters. The most expressed decrease of *W*-statistics occurred for the range of "heavy – extreme" contamination. Changes of the majority of parameters studied (biomass excluding) along *TPF* gradient and its influence were statistically significant.

Keywords: chemical contamination, macrozoobenthos, abundance, diversity.

Интенсивная экономическая эксплуатация морских ресурсов Приморья обуславливает необходимость комплексного изучения состояния морской среды. Ее мониторинг должен включать наблюдения как за факторами воздействия (загрязнениями), так и за состоянием элементов биосферы (откликами живых организмов на эти воздействия) (Манн, 1973; Израэль, 1979). Одними из наиболее эффективных методов оценки являются наблюдения за уровнем загрязнения осадков и состоянием донных животных. Цель работы – изучить влияние загрязнения на состав и обилие макрозообентоса.

Исследования макрозообентоса и загрязнения были выполнены в заливе Петра Великого в 1992-2016 гг. (юго-западная часть, заливы Амурский, Уссурийский, Посыета и Стрелок, бухты Рифовая и Золотой Рог, пролив Босфор Восточный) стандартными методами (229 станций, 444 пробы). Данные включают среднее число таксономических групп и видов на станции, индекс Шеннона-Винера,

плотность поселения, биомассу, статистику Кларка (соответственно *G*, *S*, *H'*, *A*, *B* и *W*). Уровень загрязнения характеризуется индексом *TPF* (Belan, Moshchenko, 2005). При статистической обработке применяли стандартные процедуры и тесты, предлагаемые средой *R* (Шитиков, Розенберг, 2013).

На исследованной акватории найдено 488 видов макрозообентоса. По числу видов (178) преобладали полихеты, затем следовали двустворчатые моллюски и амфиподы (73 и 72 вида). Многощетинковые черви доминировали по плотности поселения, двустворчатые моллюски – по биомассе (соответственно 62,1 и 46,2 %). Заметный вклад в общую численность вносили двустворки (12,9%), форониды (7,9%), амфиподы (6,1%) и офиуры (4,6%), в общую биомассу – полихеты (10,9%), морские звезды (9,0%) и ежи (7,6%), форониды (8,0%) и офиуры (6,0%).

Изменения параметров макрозообентоса вдоль градиента загрязнения не монотонны и статистически значимы (результаты теста Крускала-Уоллиса: $p=0,000-0,001$), как и влияние TPF на их величины (кроме B) (табл. 1, рис. 1). Значения G , S , H' остаются примерно на одном уровне (B снижается) в диапазоне «нулевое – умеренное загрязнение, $TPF=1-3$ », а затем резко уменьшаются при переходе от умеренного к сильному загрязнению ($TPF=3-4$). Плотность поселения возрастает на начальных этапах загрязнения ($TPF=1-2$) и претерпевает резкое падение в том же диапазоне, как и остальные параметры. Наиболее выраженное снижение W -статистики отмечено при переходе от сильного загрязнения к экстремальному ($TPF=4-$

5). Следует отметить, что при сильном и экстремальном загрязнении бентос представлен исключительно видами, которые являются положительными индикаторами загрязнения. Значения $TPF>3$ приурочены исключительно к прибрежным акваториям Владивостока: восточной засти Амурского залива, западной – Уссурийского, бухтам Золотой Рог, Диомид, Улисс, проливу Босфор Восточный (рис. 2). Исключение – бухта Патрокл и прибрежная часть бухты Аякс (по крайней мере, в 2006-2007 гг.).

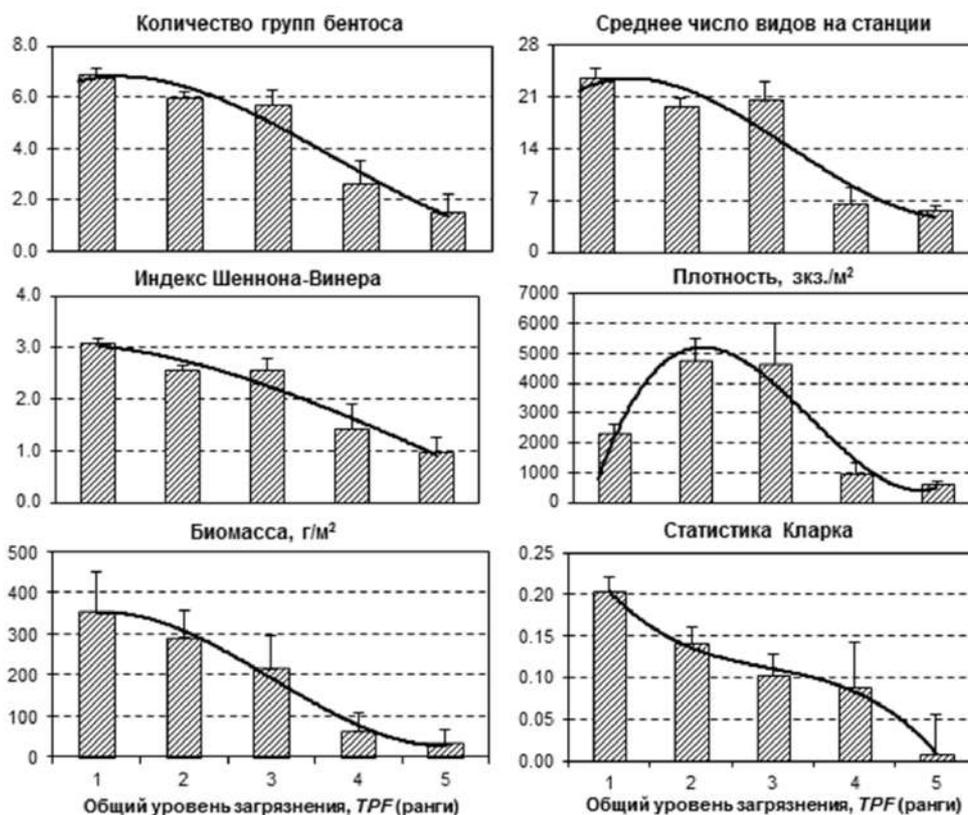


Рис. 1. Изменение различных параметров макрозообентоса вдоль градиента загрязнения

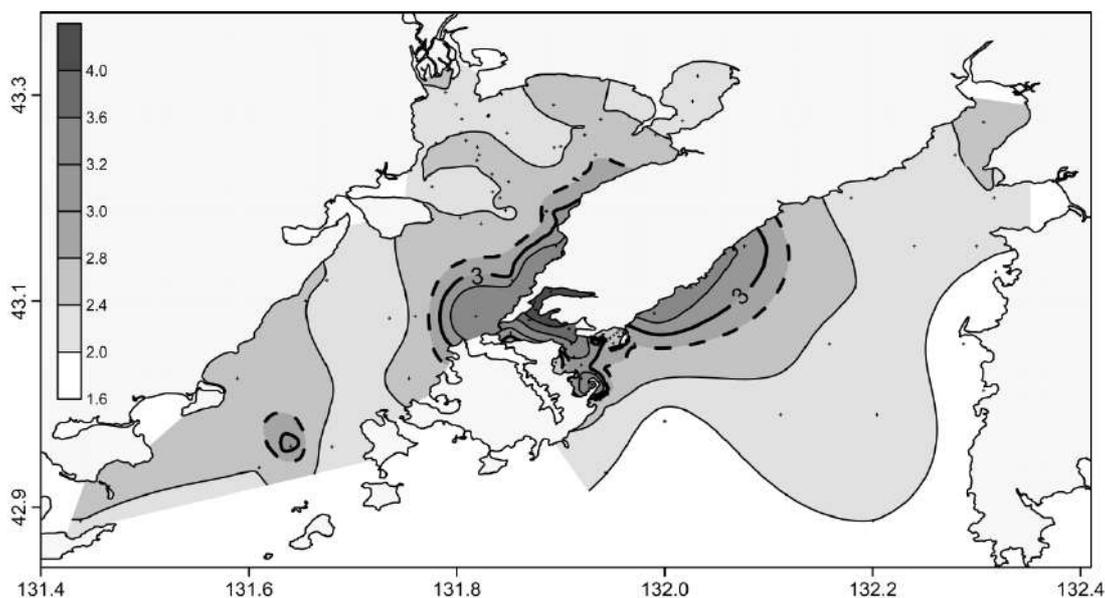


Рис. 2. Распределение TPF на акваториях вблизи Владивостока: обобщенные данные 2005–2016 гг. Станции – крестики, штриховая линия – допустимый уровень загрязнения осадков ($TPF=2,8$; Мощенко и др., 2017)

Таблица 1. Результаты процедуры пошагового дисперсионного анализа

Факторы и их взаимодействия	Степени свободы	Сумма квадратов	Средние квадраты	<i>F</i>	<i>p</i>
Плотность					
Глубина	3	2,089e+08	69632712	2,688	0,047
Тип грунта	4	2,801e+08	70020725	2,703	0,031
<i>ТПФ</i>	4	3,881e+08	97036794	3,746	0,008
Тип грунта: <i>ТПФ</i>	8	1,024e+09	128042345	4,943	0,000
Остатки	209	5,413e+09	25901767		
Биомасса					
Глубина	3	3661689	1220563	2,666	0,049
Остатки	225	103024559	457887		
Среднее число видов в пробе					
Глубина	3	6337	2112,2	20,050	0,000
Тип грунта	4	2537	634,3	6,021	0,000
<i>ТПФ</i>	4	1992	497,9	4,726	0,001
Тип грунта: <i>ТПФ</i>	8	2954	369,3	3,505	0,000
Остатки	209	22018	105,3		
Индекс Шеннона-Винера					
Глубина	3	21,07	7,022	9,717	0,000
Тип грунта	4	25,24	6,311	8,734	0,000
<i>ТПФ</i>	4	19,35	4,837	6,693	0,000
Остатки	217	156,80	0,723		
Статистика Кларка					
Тип грунта	4	0,676	0,169	6,036	0,000
<i>ТПФ</i>	4	0,294	0,074	2,625	0,049
Тип грунта: <i>ТПФ</i>	8	0,472	0,059	2,139	0,034
Остатки	212	5,847	0,028		

Примечание: *F* – расчетная величина критерия Фишера, *p* – вероятность справедливости H_0 об отсутствии влияния фактора

Таким образом, для прибрежных акваторий полуострова Муравьев-Амурский, где *ТПФ* обычно превышает 3 единицы, уровень химического загрязнения среды является основным экологическим фактором и определяет состав, разнообразие и обилие макрозообентоса.

Список литературы

Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 375 с.
 Моценко А.В., Белан Т.А., Лишавская Т.С., Борисов Б.М. Предельно допустимый уровень загрязнения и сообщества макрозообентоса // Океанография залива Петра Великого и прилегающей части Японского моря: тезисы докладов

Третьей научной конференции, 26-28 апреля 2017 г. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2017. С. 25.

Шутиков В.К., Розенберг Г.С. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием *R*. Тольятти: Кассандра, 2013. 314 с.

Belan T.A., Moshchenko A.V. Polychaete taxocene variability associated with sediment pollution loading in the Peter the Great Bay (Sea of Japan) // Ocean Science Journal. 2005. V. 40. No. 1. P. 1-10.

Mann R.E. Global environmental monitoring system (GEMS). Action Plan for Phase 1 // SCOPE. 1973. Rep. 3. P. 1-130.

УДК 57.084.2:681.2.084

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ КАМЕРА ОПТОВОЛОКОННОГО ПОГРУЖАЕМОГО СПЕКТРОМЕТРА

Попик А.Ю.^{1,2}, Бондаренко Д.В.^{1,2}, Гамаюнов Е.Л.^{1,2}, Вознесенский С.С.^{1,2}

¹Институт автоматизации и процессов управления (ИАПУ) ДВО РАН, г. Владивосток

²Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

THE TEMPERATURE MEASURING CHAMBER OF A FIBER-OPTIC SUBMERSIBLE SPECTROMETER

Popik A.Yu.^{1,2}, Bondarenko D.V.^{1,2}, Gamayunov E.L.^{1,2}, Voznesensky S.S.^{1,2}

¹Institute of Automation and Control Processes (IACP) FEB RAS, Vladivostok

²Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

We have developed a specialized thermoregulated chamber for a fiber-optic submersible spectrometer. The chamber is necessary for measuring the fluorescence temperature curves of natural microalgae in the natural environment of their attrition, in a wide range of depths. This camera will allow determining the individual species and groups of microalgae by the characteristic dependences of fluorescence intensity on temperature. This technique will increase the accuracy of the assessment of the ecological state, since different species respond to desiccations with varying degrees of sensitivity, and will speed up the measurement process, since it does not require sampling and routine work to determine the species composition.

Keywords: temperature fluorescence curve, submersible module, thermoregulation measurement chamber

В рамках мероприятий по мониторингу экологического состояния водных экосистем часто используются организмы-биоиндикаторы. Такие организмы тесно связаны с окружающей средой, и при малейшем изменении ее состояния также претерпевают изменения. Изменения в состоянии биоиндикаторов определяют при помощи современных физических методов по специфическим сигналам, например, по флуоресценции. Флуоресценция – это естественное свойство всех фотосинтезирующих организмов утилизировать лишнюю солнечную энергию, поглощенную в ходе фотосинтеза. Измеряя амплитуду, длину волны или кинетику изменения интенсивности флуоресценции, можно быстро обнаружить стрессовые воздействия на биоиндикаторы. Одним из наиболее удобных биоиндикаторов, обладающих флуоресцентным свечением, является фитопланктон, обитающий во всех водоемах планеты, в основном в толще воды.

Для измерения спектров флуоресценции, как одного из наиболее информативных признаков, нами был разработан погружаемый оптоволоконный спектрометр (Вознесенский и др., 2014; Кульчин и др., 2013). Прибор разделялся на бортовую и погружаемую части, в погружаемую входил герметичный измерительный модуль, оснащенный датчиками, температуры, давления, освещенности и флуоресценции, а в бортовой лебедка и оптическое оборудование (лазер, спектрометр). Связь бортовой и погружаемой частей осуществлялась оптоволоконным кабель-тросом. Передача сигналов флуоресценции и возбуждающего флуоресценцию излучения осуществлялась по оптическому волокну. Измерения флуоресценции производились в специальной камере погружаемого модуля, которая обеспечивала светоизоляцию. В камеру выходит датчик флуоресценции, а прокачка воды осуществляется специальным насосом. Модуль представлен на рис. 1.

При измерениях в естественных водоемах возникают проблемы, связанные с интерпретацией полученных данных. Для точного анализа экологического состояния водоемов по сигналам флуоресценции необходимо знать флуоресценцию каких объектов измеряют (Buger et al., 2007). Чувствительность фитопланктона к разным загрязняю-

щим веществам сильно зависит от вида, а определение видового состава занимает много времени и требует специализированного оборудования и высокой квалификации специалистов, что сводит на нет экспрессность мониторинга флуоресцентными методами.

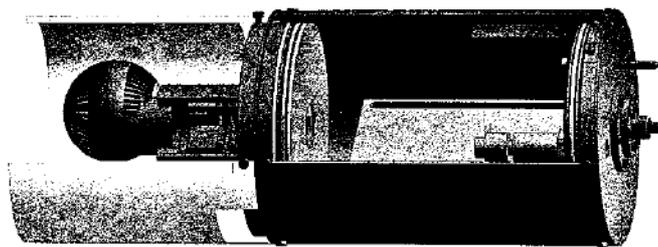


Рис. 1. Трехмерная модель погружаемого модуля, с продольным разрезом. Модель повернута на 90° по часовой стрелке, относительно своего рабочего состояния

Так как разные виды по-разному реагируют на изменения параметров окружающей среды, и это отражается в сигналах флуоресценции, можно произвести лабораторные измерения при регулировании какого-либо из параметров, например, температуры (Voznesenskiy et al., 2015; Voznesenskiy et al., 2016). Мы провели измерения температурных кривых флуоресценции для ряда водорослей и обнаружили сильное различие этих кривых для отдельных видов микроводорослей. Это дает возможность разработки методики, основанной на определении видового состава фитопланктона по температурным кривым флуоресценции.

Так как температура может изменяться при помощи различных нагревателей, управление которыми можно осуществлять удаленно, представляет интерес создание прототипа погружаемого оптоволоконного спектрометра с терморегулируемой камерой. Изменение температуры в такой камере осуществляется при помощи модулей Пельтье, которые могут как нагревать, так и охлаждать камеру. Питание и управление Пельтье осуществляется при помощи электроники, установленной в существующем модуле. Изображение новой камеры представлено на рис. 2.

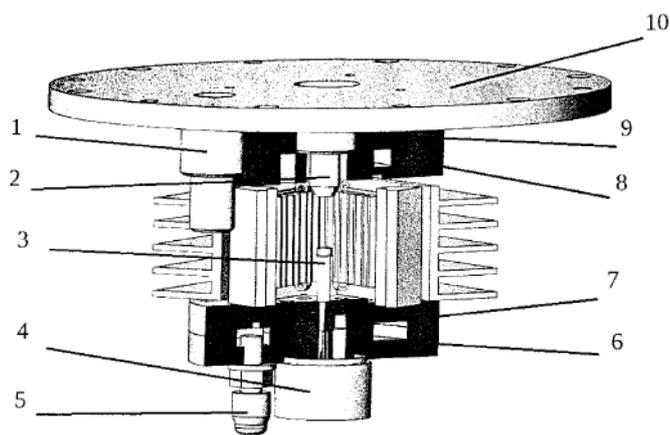


Рис. 2. Конструктивные особенности терморегулируемой измерительной камеры. 1 – гермоввод в основной блок; 2 – датчик флуоресценции; 3 – датчик температуры внутри камеры; 4 – переходной патрубок для насоса; 5 – гермоввод в нижней крышке; 6, 7 – половинки нижней крышки; 8, 9 – половинки верхней крышки; 10 – стенка основного блока

Камера имеет треугольное поперечное сечение, для большего соотношения площади к объему. Три элемента Пельтье FROST-73 имеют наружный радиатор HS184-50 для выделения излишков тепла и внутренний – радиатор HS511-30 для эффективного теплообмена с водой в измерительной камере. Объем измерительной камеры 30 см³. Постоянство скорости нагрева и охлаждения обеспечива-

ется бортовой системой управления и составляет 1°С в минуту. Так как контролировать изменения плотности воды непосредственно – задача нетривиальная, в измерительной камере установлен термодатчик, который позволяет стабилизировать скорость нагрева при помощи обратной связи.

Список литературы

Вознесенский С.С., Гамаюнов Е.Л., Попик А.Ю., Коротенко А.А. Опволоконный флуориметр для измерения параметров фотосинтеза фитопланктона // Приборы и техника эксперимента. 2014. № 3. С. 97-103.

Кульчин Ю.Н., Вознесенский С.С., Гамаюнов Е.Л., Коротенко А.А., Попик А.Ю., Майор А.Ю. Комплексный контроль состояния морских акваторий оптическими методами. Часть 4. Опволоконная система измерения концентрации фитопланктона // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26. С. 40-45.

Burger J, Carlucci S.A., Jeitner C.W., Niles L. Habitat Choice, Disturbance, and Management of Foraging Shorebirds and Gulls at a Migratory Stopover // Journal of Coastal Research. 2007. V 23. I. 5. P. 1159-1166.

Voznesenskiy S.S., Popik A.Yu., Gamayunov E.L., Markina Zh.V., Orlova T.Yu. The dependence of phytoplankton fluorescence on the thermal stress factor // Biophysics. 2016. V. 61. P. 73-77.

Voznesenskiy S.S., Popik A.Yu., Gamayunov E.L., Orlova T. Yu., Markina Zh.V. The influence of the habitat temperature on the laser-induced fluorescence spectrum of microalgae // Vestnik of the FEB RAS. 2015. V. 3. P. 30-35.

УДК: 57.084.1:53.096

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ КРИВЫЕ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ «ОТПЕЧАТКИ ПАЛЬЦЕВ» МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Попик А.Ю.^{1,3}, Вознесенский С.С.^{1,3}, Гамаюнов Е.Л.^{1,3}, Е.Л., Маркина Ж.В.^{2,3}, Орлова Т.Ю.^{2,3}

¹Институт автоматизации и процессов управления (ИАПУ) ДВО РАН, г. Владивосток

²Национальный научный центр морской биологии (ННЦМБ) ДВО РАН, г. Владивосток

³Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

FLUORESCENCE TEMPERATURE CURVES AS THE "FINGERPRINTS" OF MICROALGAE

Popik A.Yu.^{1,3}, Voznesensky S.S.^{1,3}, Gamayunov E.L.^{1,3}, Markina Zh.V.^{2,3}, Orlova T.Yu.^{2,3}

¹Institute of Automation and Control Processes (IACP) FEB RAS, Vladivostok

²National Scientific Center of Marine Biology (NSCMB) FEB RAS, Vladivostok

³Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

Work has been carried out to study the temperature curves of fluorescence. The presence of characteristic areas of maximum and minimum fluorescence for groups and individual algae is shown. The presence of a shift in the wavelength of the maximum of the fluorescence of chlorophyll for photosystem 2 in microalgae cells was shown. The characteristic differences in the maximum shift for groups and individual algae are shown. The conclusion is made about the possibility of creating a method for the distribution of microalgae by functional groups on the basis of the obtained temperature curves, which can act as fingerprints of microalgae.

Keywords: temperature fluorescence curve, wavelength shift, fingerprint.

Была показана зависимость интенсивности флуоресценции, хлорофилла-а в составе клеток фитопланктона от природных факторов, например, от температуры и освещенности (Гамаюнов и Попик, 2015). Обычно данная зависимость выглядит в виде монотонной спадающей кривой, падение которой соответствует увеличению температуры (Voznesenskiy et al., 2015; Voznesenskiy et al., 2016).

Однако, при воздействии на фитопланктон высоких стрессовых температур, которые приводят к разрушению внутренних структур живых организмов, возникают нелинейности-экстремумы в виде локальных максимумов и минимумов флуоресценции при заданных температурах (рис. 1.).

По полученным нами кривым можно осуществить определение некоторых видов водорослей. Разница между

температурными кривыми водорослей, принадлежащих к одному отделу или, наоборот, совпадение для разных, может быть связано с вхождением этих микроводорослей в особые функциональные группы.

Наряду с температурными кривыми флуоресценции нами получены кривые сдвига максимума флуоресценции хлорофилла *a* для фотосистемы 2. Данный сдвиг также является характерным для определенных групп водорослей и показывает необратимые изменения в фотосинтетическом аппарате.

Благодаря накоплению данных об изменении интенсивности флуоресценции и длины волны максимума флуоресценции, хлорофилла *a* фс2 можно разработать методику для распознавания функциональных групп микроводорослей, для внесения поправок в оценку экологического состояния акваторий по флуоресценции фитопланктона в погружаемых системах (Вознесенский и др., 2014; Кульчин и др., 2013).

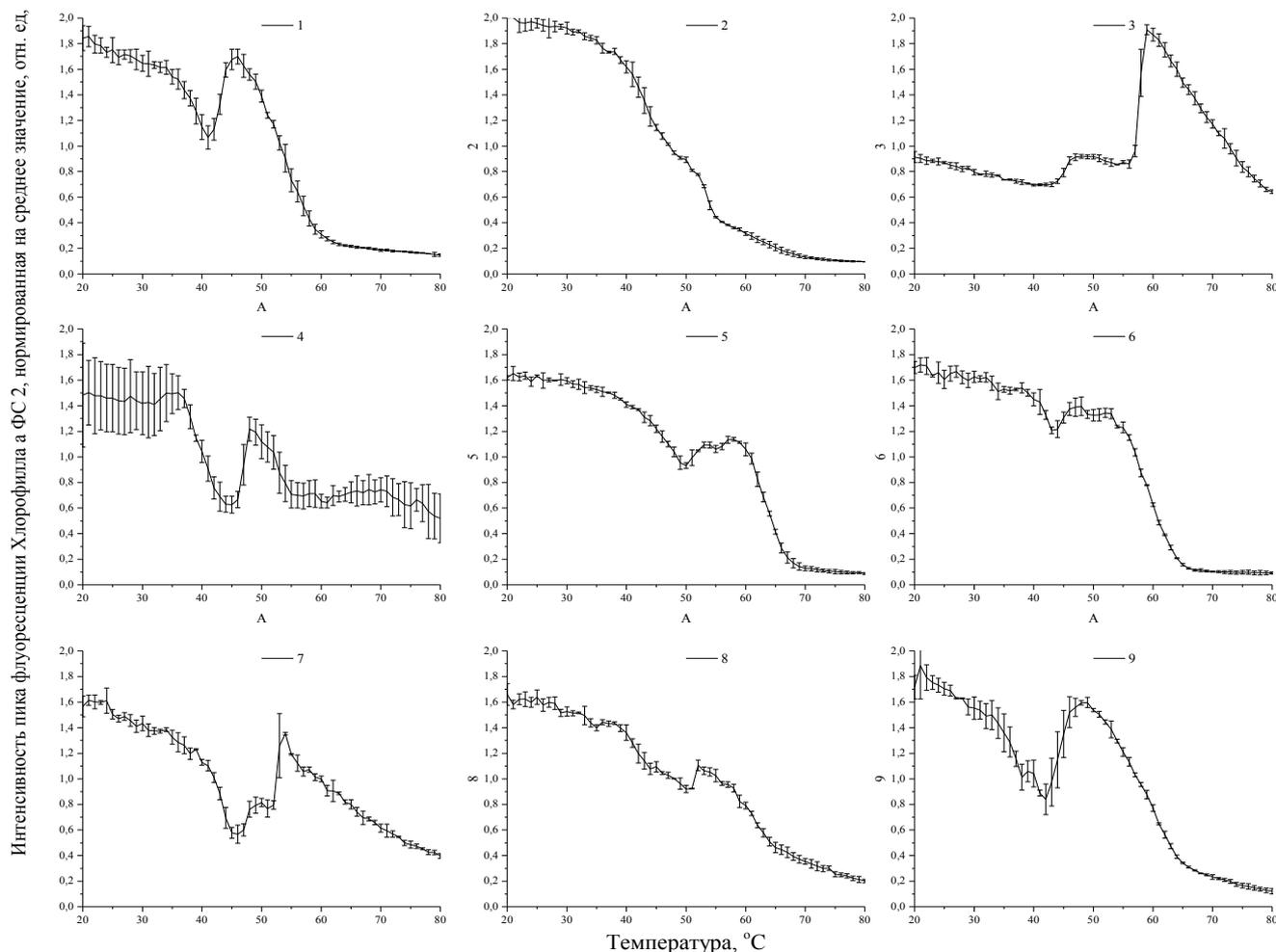


Рис. 1. Температурные кривые флуоресценции хлорофилла фотосистемы 2 одноклеточных водорослей фитопланктона. 1 – *Rhodomonas salina*; 2 – *Picochlorum maculatum*; 3 – *Porphyridium purpureum*; 4 – *Dunaliella salina*; 5 – *Chlorella minutissima*; 6 – *Tetraselmis viridis*; 7 – *Chaetoceros muelleri*; 8 – *Tisochrysis lutea*; 9 – *Chroomonas salina*

Список литературы

Вознесенский С.С., Гамаюнов Е.Л., Попик А.Ю., Коротенко А.А. Оптоволоконный флуориметр для измерения параметров фотосинтеза фитопланктона // Приборы и техника эксперимента. 2014. № 3. С. 97-103.

Гамаюнов Е.Л., Попик А.Ю. Зависимость флуоресценции фитопланктона от внешних воздействий // Биофизика. 2015. Т. 60, № 1. с. 143-151

Кульчин Ю.Н., Вознесенский С.С., Гамаюнов Е.Л., Коротенко А.А., Попик А.Ю., Майор А.Ю. Комплексный контроль состояния морских акваторий оптическими методами. Часть 4. Оптоволоконная система измерения концентрации фитопланктона // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26. С. 40-45.

Burger J, Carlucci S.A., Jeitner C.W., Niles L. Habitat Choice, Disturbance, and Management of Foraging Shorebirds and Gulls at a Migratory Stopover // Journal of Coastal Research. 2007. V 23. I. 5. P. 1159-1166.

Voznesenskiy S.S., Popik A.Yu., Gamayunov E.L., Markina Zh.V., Orlova T.Yu. The dependence of phytoplankton fluorescence on the thermal stress factor // Biophysics. 2016. V. 61. P. 73-77.

Voznesenskiy S.S., Popik A.Yu., Gamayunov E.L., Orlova T. Yu., Markina Zh.V. The influence of the habitat temperature on the laser-induced fluorescence spectrum of micro algae // Vestnik of the FEB RAS. 2015. V. 3. P. 30-35.

УДК 504.064.36:574:504.054(265.54)

ИНДИКАЦИЯ И МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД БУХТ КОЗЬМИНА И ВРАНГЕЛЯ (ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАКРОФИТОВ

Тихонова О.А.^{1,2}, Христофорова Н.К.^{2,3}

¹Морской государственной университет (МГУ) им. адм. Г.И. Невельского, г. Владивосток

²Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

³Тихоокеанский институт географии (ТИГ) ДВО РАН, г. Владивосток

INDICATION AND MONITORING OF HEAVY METAL CONTAMINATION OF THE COASTAL WATERS OF THE KOZMINA AND WRANGELA BIGHTS (THE PETER THE GREAT BAY, THE SEA OF JAPAN) USING MACROPHYTES

Tikhonova O.A.^{1,2}, Khristoforova N.K.^{2,3}

¹Admiral Nevelskoy Maritime State University (MSU), Vladivostok

²Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

³Pacific Geographical Institute (PGI) FEB RAS, Vladivostok

Two bights state of Peter the Great Bay (Kozmina and Wrangela) being in economic development were analyzed. Method of bioindication based on using of brown algae as indicators of heavy metal pollution of marine water were applied. *Sargassum miyabei* was used for indicator. It is shown dynamics of technogenic press on the bights from 1995 to 2014. The results are compared with published data for other marine area (Peter the Great Bay).

Keywords: Kozmina and Wrangela bights, heavy metals pollution, bioindication, *Sargassum miyabei*, dynamic.

Анализируется состояние двух бухт зал. Петра Великого, находящихся в состоянии экономического развития, – Козьмина и Врангеля. Нефтепорт и угольный терминал, как составляющие топливно-энергетического комплекса, относятся к экологически опасным объектам, так как являются потенциальными источниками загрязнения не только прибрежных вод, но и открытой части акватории залива Петра Великого.

Работа посвящена изучению загрязнения прибрежных морских вод такими тяжелыми металлами, как железо (Fe), марганец (Mn), цинк (Zn), медь (Cu), свинец (Pb), никель (Ni), кадмий (Cd). Если два первых характеризуют преимущественно терригенный сток, два вторых – антропогенное воздействие, то три последних являются трассерами техногенного пресса на окружающую среду (Бондарев, 1976; Христофорова, 1989). Среди аккумулирующих

организмов-индикаторов получили широкое распространение бурые водоросли-макрофиты. С их использованием ведется мониторинг загрязнения прибрежных морских вод тяжелыми металлами, что обусловлено особенностями химического состава этих водорослей, позволяющего накапливать микроэлементы пропорционально их содержанию в среде и длительное время удерживать в слоевищах.

В связи с этим целью работы была оценка загрязнения морских вод бухт Козьмина и Врангеля по содержанию тяжелых металлов в талломах водорослей.

Две небольшие бухты Козьмина и Врангеля расположены в восточной части залива Петра Великого Японского моря и являются самыми восточными акваториями зал. Находка (рис. 1).



Рис. 1. Схема мест отбора проб водорослей-макрофитов в бухтах Козьмина и Врангеля: 1 – Навигационный знак; 2 – Скалы напротив терминала СМНП; 3 – м. Козьмина; 4 – м. Петровского; 5 – Рифы перед угольным пирсом; 6 – м. Красный (контроль)

Бухта Козьмина вдается в сушу между мысами Козьмина и Крылова. В вершине бухты через перешеек прорыт канал, который соединяет ее с б. Озеро Второе. Это «озеро» сообщается с б. Козьмина прорытым в 1950 г. через перешеек каналом длиной 150 м, шириной 55 м, с глубинами в его средней части 4-4,5 м. Б. Врангеля вдается в сушу между мысами Каменского и Петровского. Ее длина 3,5 км, ширина 1,5 км. В вершинной части бухты находится глубоководный порт «Восточный»; вблизи бухты расположен микрорайон с названием Врангель, входящий в состав г. Находки. К куту б. Врангеля примыкает долина р. Хмыловки, впадающей в бухту.

В качестве аккумулялирующего организма-индикатора выбран *Sargassum miyabei*, один из видов саргассов, обитающих в заливе Петра Великого, давно известный как индикатор условий среды и используемый в целях мониторинга загрязнения ее тяжелыми металлами (Phyllips, 1977; Христофорова, 1989; Кобзарь, Христофорова, 2012, и др.)

Навески высушенных в сушильном шкафу водорослей массой 0,5 г подвергали кислотному разложению концентрированной HNO_3 в лабораторной микроволновой системе MARS в условиях автоклавирования и анализировали на содержание тяжелых металлов (Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni) методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе Shimadzu AA-680. Пробоподготовка и химический анализ водорослей осуществляли на базе лаборатории геохимии ТИГ ДВО РАН. Концентрацию металлов выражали в мкг/г сухой массы.

О присутствии в бухтах Козьмина и Врангеля загрязнения техногенного характера свидетельствуют данные, полученные при определении тяжелых металлов в водорослях в 2012 г. (табл. 1).

Концентрации никеля в макрофитах исследуемых акваторий находились в пределах от 2,3 до 4,0 мкг/г. Наибольшая концентрация зарегистрирована у скал напротив терминала в б. Козьмина (4,0 мкг/г), обусловлена, очевидно, влиянием порта и подходящими под погрузку танкерами. Самая низкая концентрация Ni, близкая к фоновому уровню для зал. Петра Великого, выявлена на контрольной станции.

Максимальные концентрации Pb в б. Козьмина отмечены на ст. 1 (2,7 мкг/г), расположенной рядом с нефтепортом и каналом б. Озеро Второе. Грунты озера содержат

металлы от затопленных в нем судов. Наибольшая величина Pb в водорослях б. Врангеля выявлена на ст. 5 (3,2 мкг/г).

Концентрации кадмия в талломах *S. miyabei* находились в пределах 0,9-1,6 мкг/г. Наибольшие значения Cd зарегистрированы в б. Козьмина на ст. 1 и 2 (1,5 и 1,6 мкг/г соответственно). Источниками поступления Cd, по-видимому, являются, льяльные воды, поступающие от танкеров, а также, донные отложения б. Озеро Второе.

Наиболее контрастны содержания железа в водорослях – от 89,0 в вершине бухты Козьмина до 563,7 мкг/г у м. Петровского, что связано с поступлением взвеси от строительства дороги. Уровень содержания марганца в макрофитах изменялся в пределах от 22,0 до 411,2 мкг/г. Максимальная концентрация марганца (411,2 мкг/г), как и железа (563,7 мкг/г) выявлена в макрофитах на ст. 4.

Концентрации цинка в водорослях менее изменчивы, чем железа и марганца. У скал напротив терминала б. Козьмина повышено содержание Zn в макрофитах (18,7 мкг/г). В б. Врангеля максимальная его концентрация на ст. 5 у угольного терминала – 14 мкг/г. Наибольшая концентрации Cu обнаружена на ст. 2 (2,9 мкг/г), а наименьшая – у м. Козьмина (1,3 мкг/г). Максимальное количество Cu в б. Врангеля выявлено у м. Петровского (2,4 мкг/г).

Сравнение с фоновыми концентрациями показало, что величины Ni и Pb в макрофитах зал. Петра Великого в 1,4 и 1,2 раза соответственно меньше, чем в б. Козьмина и в 1,2 и 1,2 раза меньше, чем в б. Врангеля.

Задачей мониторинга является регулярный контроль измеряемых показателей, проводимый через некоторый промежуток времени. Как видно на рисунке 2, от 1995 г. к 2008 г. в макрофитах бухт произошло заметное снижение концентраций Ni и Cd, но возросло содержание Mn, Zn и Fe. Летом 2014 г. в б. Козьмина увеличились концентрации Ni, Cd и Cu, в б. Врангеля – Ni и Fe. Как видно, концентрации тяжелых металлов в водорослях не достигли уровня 1995 г., однако наблюдалось возрастание концентраций техногенных элементов в 2014 г. по сравнению с 2008 г.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (соглашение № 14-50-00034)

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в талломах *S. miyabei* (2012), мкг/г (n=3)

№ станции	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
1	469,4±57,2	65,7±0,2	11,2±0,5	2,1±0,3	2,7±0,1	1,5±0,2	3,2±0,1
2	89,0±4,5	27,3±0,3	18,7±0,7	2,9±0,1	2,4±0,2	1,6±0,1	4,0±0,1
3	66,7±8,3	22,0±0,3	10,1±0,7	1,3±0,1	1,7±0,2	1,2±0,1	3,3±0,1
4	563,7±74,4	411,2±5,4	13,9±0,9	2,4±0,2	1,6±0,1	1,0±0,1	3,4±0,1
5	213,4±24,6	106,2±1,7	14,0±0,4	1,8±0,1	3,2±0,2	0,9±0,1	2,3±0,2
бк	598,4±89,4	22,8±5,6	13,6±0,4	1,9±0,2	0,8±0,1	0,6±0,1	2,1±0,1
зал. Петра Великого(фон) (Чернова, 2016)	-	-	-	-	1,9±1,2	1,6±0,7	2,4±0,6

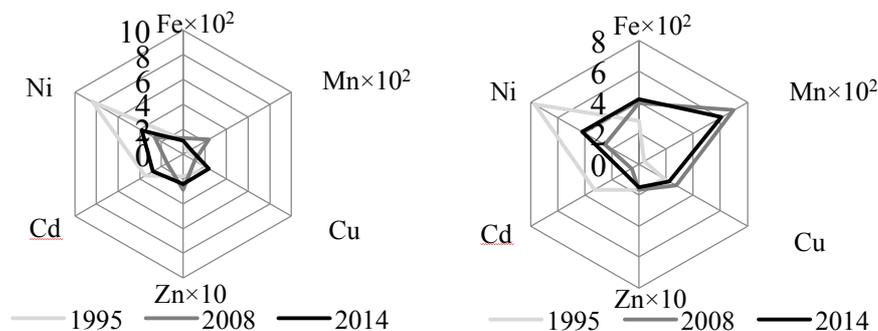


Рис. 2. Концентрации тяжелых металлов (мкг/г) в талломах *S. miyabei*, собранных на м. Козьмина (слева) и на м. Петровского (справа) в разные годы

Список литературы

Бондарев Л.Г. Ландшафты, металлы и человек. М: Мысль, 1976. 73 с.

Кобзарь А.Д., Христофорова Н.К. Оценка загрязнения вод залива Петра Великого тяжелыми металлами по их содержанию в бурых водорослях-макрофитах // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря: монография / отв. ред. Н.К. Христофорова. Владивосток: Издат. дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012. С. 362-381.

Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192 с.

Чернова Е.Н., Коженкова С.И. Определение пороговых концентраций металлов в водорослях-индикаторах прибрежных вод северо-западной части Японского моря // Океанология. № 3. 2016. С. 393-402.

Phillips D.J.H. The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments—a review // Environ. Pollut., 1977. V. 13. P. 381-417.

УДК 576.8.097.29+543.31(265.54)

МИКРОБНАЯ ИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Христофорова Н.К.^{1,2}, Бойченко Т.В.¹, Косьяненко А.А.³, Белоногов В.В.³

¹Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

²Тихоокеанский институт географии (ТИГ) ДВО РАН, г. Владивосток

³Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток

MICROBIAL INDICATION OF THE COASTAL WATERS STATE OF THE PETER THE GREAT BAY (THE SEA OF JAPAN)

Khristoforova N.K.^{1,2}, Boychenko T.V.¹, Kosyanenko A.A.³, Belonogov V.V.³

¹Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

²Pacific Geographical Institute (PGI) FEB RAS, Vladivostok

³V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute (POI) FEB RAS, Vladivostok

The article is devoted to the study of the distribution of the number of different groups of microorganisms in the shallow seawater of the Peter the Great Bay. Based on the results of the estimation of quality and pollution of the marine environment of the investigated areas we revealed the most contaminated areas and points. The places with predominant pollution by oil and by heavy metals are showed. It is estimated that water of the Marine preserve is a clean area with minimal anthropogenic load.

Keywords: Peter the Great Bay, microbial indication, different groups of microorganisms, level of anthropogenic impact

Среди методов оценки качества среды микробная индикация является наиболее адекватной, так как ее применение позволяет оценить степень и характер загрязнения морской воды. Успешность этого метода обусловлена быстрым размножением и ростом микроорганизмов, их способностью утилизировать практически все органические соединения благодаря широкому спектру ферментативной активности, а также быстрой адаптацией к изменяющимся условиям среды обитания (Цыбань и др., 1990).

Бактерии относят к группе гетеротрофной микрофлоры. Они занимают 50-70% всей энергии и продукции гетеротрофной части сообществ толщи воды. Согласно шкале сапробности, в олигосапробной зоне численность

микроорганизмов не превышает 10^2 КОЕ/мл. В мезосапробной – 10^5 КОЕ/мл, в полисапробной их количество достигает 10^6 КОЕ/мл и может превышать этот показатель (для сравнения количество микроорганизмов в питьевых водах по санитарным нормам не должно превышать 10^1 КОЕ/мл) (Санитарно-эпидемиологические..., 2002).

Для установления уровня загрязнения морской среды нефтяными углеводородами оценивают численность индикаторов нефтяного загрязнения, в число которых входят и нефтеокисляющие, и нефтеустойчивые микроорганизмы. Так как в микробиологических исследованиях (в отличие от гидрохимических) отсутствует ПДК, принято

сравнивать полученные данные с контрольной станцией или фоновым районом.

Пробы воды отбирались с помощью 5-литрового ба­ тометра Нискина из подповерхностного слоя в стерильные пластиковые емкости и транспортировались для анализа в лабораторию, согласно ГОСТ 31861. Анализ производился в день отбора, с соблюдением сроков хранения проб по ГОСТ 31862 и ГОСТ 31861. По периметру зал. Петра Великого выполнено 34 станции – от зал. Посьета (с акваториями Морского заповедника) до восточной окраины зал. Находка (бухт Врангеля и Козьмина).

В комплекс наблюдений входили: общая численность колониобразующих гетеротрофных микроорганизмов (КГМ), бактерии группы кишечной палочки (БГКП), бактерии-индикаторы нефтеуглеводородов (индикаторы нефтяного загрязнения (НМ) и дизельного топлива (ДМ)) и металл-резистентные микроорганизмы. Общую численность КГМ в 1 мл воды определяли с использованием метода десятикратных разведений и последующего высева аликвоты в трех повторностях на питательную среду для морских микроорганизмов (СММ) с добавлением 1.5% агара. Подсчитывали число выросших колоний. Данные обрабатывали статистически. Индикаторов нефтеуглеводородов культивировали с использованием элективных сред, где в качестве единственного источника углерода использовали нефть и дизельное топливо в конечной концентрации 0,1% (Руководство по методам..., 1980). Бактерии группы кишечной палочки (БГКП) обнаруживали с использованием селективной среды Эндо. Определяли каталазоположительные, оксидазоотрицательные грамотрицательные бактерии (Руководство к практическим..., 1983). Количество металл-резистентных форм в сообществе гетеротрофных культивируемых микроорганизмов определяли также методом десятикратных разведений, используя селективные среды, приготовленные на основе среды СММ с добавками солей металлов в концентрациях, ингибирующих рост чувствительных форм бактерий. В качестве добавок использовали хлориды металлов – Cu, Pb, Cd, Ni, Zn.

Как следует из данных табл. 1, где приведены результаты анализа, численность КГМ, утилизирующих различную легкоокисляемую органику, в июле 2017 г. находилась на подавляющем большинстве станций в интервале 10^4 - 10^7 КОЕ/мл, что соответствовало мезосапробно-полисапробному типу вод и было обусловлено присутствием в воде органических веществ автохтонного и аллохтонного происхождения, включая хозяйственно-бытовые стоки. Максимальное количество гетеротрофов, достигающее 10^6 - 10^7 КОЕ/мл, зарегистрировано на 14 станциях, причем показатель 10^7 зафиксирован на 9 из них – мысы Лагерный, Фирсова, Палец (южный мыс б. Большого Камня), Чайковского, а также две станции в б. Козьмина и одна в б. Врангеля, свидетельствуя о полисапробном типе вод, которые относятся к категории «очень грязные» (Гусева и др., 2000). Лишь в водах заповедника численность КГМ находилась в интервале 10^2 - 10^3 КОЕ/мл).

Известно, что воды, с численностью микроорганизмов-индикаторов нефтяного загрязнения, не превышающей 10^4 КОЕ/мл, относятся к категории «малозагрязненные» (Димитриева, 1999; Полтева, 2009). Количество бактерий-индикаторов загрязнения нефтью в прибрежных водах залива находилось в пределах 10^1 - 10^5 КОЕ/мл/мл. Как можно видеть, самые низкие показатели (10^1 - 10^2) выяв-

лены в акваториях Морского заповедника. Согласно полученным данным, количество микроорганизмов, растущих на нефти (НМ), на половине станций находилось на отметке 10^4 КОЕ/мл, указывая на небольшое загрязнение вод нефтепродуктами. Лишь у м. Боброва (ст. 9) и в б. Врангеля возле угольного пирса (ст.29) численность этой группы микроорганизмов составляла 10^5 КОЕ/мл. Для численности индикаторов загрязнения дизельным топливом характерен более широкий диапазон – от нулевых значений (б. Сивучья) до 10^6 (м. Лагерный, 1-я Речка) КОЕ/мл. Количество бактерий, растущих на дизельном топливе (ДМ), достигающее 10^5 КОЕ/мл, выявлено у мысов Токаревского, Купера (б. Федорова), Фирсова, а также в бухтах Козьмина и Врангеля. Таким образом, на побережье г. Владивостока от м. Токаревского до м. Фирсова присутствует нефтяное загрязнение и сырой нефтью, и дизельным топливом, что, по-видимому, обусловлено как функционированием Первореченской нефтебазы, так и движением, а также стоянкой у пирсов и причалов большого количества крупнотоннажных судов и маломерного флота. Бухты Врангеля и Козьмина, где расположены крупные порты, являются активной судоходной зоной, что и подтверждается высокой численностью микроорганизмов – индикаторов дизельного топлива.

Для бактерий группы кишечной палочки, единственным источником которых являются фекалии человека и животных, нулевые значения были характерны для трех станций – бухт Сивучья и Западная (на о. Фуругельма), а также мыса Мраморный. Здесь же зафиксированы наименьшие количества индикаторов дизельного топлива. На остальных станциях значения численности БГКП изменялись от 10^1 до 10^4 КОЕ/мл. Высокие показатели численности этой группы бактерий выявлены у мысов Басаргина, Геллера, Фирсова, Боброва, Лагерный (у этого единственного мыса количество БГКП достигало 10^6 КОЕ/мл). У мысов Фирсова и Лагерный были выявлены наибольшие значения собственно *E. coli* – 10^3 . Присутствие этой кишечной палочки (10^1 - 10^2) зафиксировано также в порту Зарубино, у мысов Боброва, Лазурный, в бухтах Суходол, Большого Камня, Гайдамак, Козьмина, в Волчанецкой протоке.

Из металлов, свидетелей антропогенного и техногенного воздействия на среду, в таблицу не включен Pb, поскольку свинец-резистентные микроорганизмы обнаружены лишь на 10 станциях, причем в следовых количествах (10^1 - 10^2 КОЕ/мл), и лишь в двух соседствующих бухтах – Суходол и Большого Камня в Уссурийском заливе их численность превышала 10^4 КОЕ/мл, что и понятно: при работе с радиоактивными элементами обязательно используется свинцовая защита. Высокой численностью (более 10^4 КОЕ/мл) Cd-, Ni-, Zn-резистентных микроорганизмов выделяются м. Токаревского, Ni-, Zn-резистентных – м. Басаргина, Cu-, Ni-, Zn-резистентных – м. Палец (б. Большого Камня), Cu-резистентных – мысы Пущина, Подосенова и канал в вершине б. Козьмина. Очень высокой численностью (более 10^5 КОЕ/мл) Cu- и Cd-резистентных микроорганизмов характеризуется м. Петровского – входной мыс в б. Врангеля.

Таким образом, применяя микробиологический подход мы смогли увидеть, какие именно вещества и в каких местах является основными контаминантами. Так, бактерии группы кишечной палочки в наибольшем количестве выявлены летом 2017 г. в районе 1-й Речки (10^6 КОЕ /мл),

хотя все прибрежные воды залива Петра Великого, за исключением акваторий Морского заповедника, также довольно загрязнены этими микроорганизмами, имеющими фекальный источник. Микробиологический подход позволил выделить и другие экологически напряженные участки, в частности прибрежную черту города с «букетом» контаминантов из нефтеуглеводородов, фекальных стоков и обилия легкоокисляемой органики, фиксируемой гетеротрофами. Большой техногенный пресс испытывают прибрежные воды залива у мысов Токаревского, Басаргина, Палец, Петровского. Сравнение с чистыми водами Морского заповедника на юго-западе залива Петра Великого еще более подчеркивает напряженность экологического состояния многих акваторий на его севере и востоке.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (соглашение № 14-50-00034)

Список литературы

Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин Е.М. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. М.: Эколайн, 2000. 87 с.

Димитриева Г.Ю. Планктонные и эпифитные микроорганизмы: индикация и стабилизация состояния прибрежных морских экосистем: Дис... докт. биол. наук. ДВГУ. Владивосток, 1999. 408 с.

Полтева А.В. Микробиологическая оценка экологического состояния заливов острова Сахалин с различной антропогенной нагрузкой: автореф. дис. ... канд. биол. Наук. Хабаровск, 2009. 24 с.

Руководство к практическим занятиям по микробиологии / Под ред. Егорова Н.С. М.: Московский университет, 1983. 224с

Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / Под ред. Цыбань А.В. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 193 с.

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01. М., 2002. 62 с.

Цыбань А.В., Панов Т.В., Барина С.П. Индикаторная микрофлора в Балтийском море // Исследование экосистемы Балтийского моря. Л.: Гидрометеиздат. 1990. Вып. 3. С. 69–83.

Таблица 1. Численность микроорганизмов-индикаторов загрязнения прибрежных вод зал. Петра Великого, июль 2017

№	Места отбора проб	КГМ, КОЕ/мл	БГКП / <i>E.coli</i> , КОЕ/мл	НМ, КОЕ/мл	ДМ, КОЕ/мл	Сu, КОЕ/мл	Cd, КОЕ/мл	Ni, КОЕ/мл	Zn, КОЕ/мл
1	Б. Троицы, порт Зарубино	$(6,5 \pm 0,31) \cdot 10^4$	$(6,1 \pm 0,21) \cdot 10^2 / (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(3,5 \pm 0,23) \cdot 10^4$	$(2,4 \pm 0,4) \cdot 10^4$	$(1,9 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(9,0 \pm 0,1) \cdot 10$	$(1,4 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(8,0 \pm 0,1) \cdot 10$
2	О. Фуругельма, б. Западная	$(2,5 \pm 0,22,5) \cdot 10^3$	0	$(1,4 \pm 0,1) \cdot 10$	$(1,3 \pm 0,2) \cdot 10$	0	$(3,0 \pm 0,1) \cdot 10$	$(2,3 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(1,0 \pm 0,21) \cdot 10$
3	Б. Сивучья	$(7,1 \pm 0,18) \cdot 10^2$	0	$(1,8 \pm 0,2) \cdot 10$	0	$(1,0 \pm 0,1) \cdot 10$	$(2,0 \pm 0,2) \cdot 10$	0	0
4	М. Мраморный	$(6,9 \pm 0,23) \cdot 10^3$	0	$(8,3 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(1,3 \pm 0,06) \cdot 10$	0	$(5,2 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(4,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(2,1 \pm 0,1) \cdot 10$
5	Б. Витязь, запад	$(7,2 \pm 0,3) \cdot 10^5$	$(3,2 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(2,4 \pm 0,13) \cdot 10^3$	$(5,3 \pm 0,2) \cdot 10^5$	$(2,0 \pm 0,1) \cdot 10$	$(2,4 \pm 0,14) \cdot 10^2$	0	$(1,3 \pm 0,02) \cdot 10^2$
6	О. Б. Пелис, б. Западная	$(8,2 \pm 0,13) \cdot 10^4$	$(3,2 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(3,5 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(6,4 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(1,9 \pm 0,2) \cdot 10$	$(6,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(5,4 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(1,2 \pm 0,1) \cdot 10^3$
7	М. Токаревского	$(8,2 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(8,2 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(4,5 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(1,3 \pm 0,32) \cdot 10^5$	$(2,2 \pm 0,23) \cdot 10^2$	$(2,9 \pm 0,33) \cdot 10^4$	$(1,7 \pm 0,1) \cdot 10^4$	$(2,2 \pm 0,2) \cdot 10^4$
8	Б. Федорова, м. Купера	$(2,9 \pm 0,2) \cdot 10^6$	$(6,2 \pm 0,21) \cdot 10$	$(1,4 \pm 0,17) \cdot 10^4$	$(1,3 \pm 0,2) \cdot 10^5$	0	$(4,7 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(6,0 \pm 0,1) \cdot 10$
9	М. Боброва	$(2,7 \pm 0,2) \cdot 10^5$	$(5,4 \pm 0,2) \cdot 10^4 / (3,0 \pm 0,12) \cdot 10$	$(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^5$	$(3,0 \pm 0,1) \cdot 10^4$	$(2,4 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(5,6 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(2,9 \pm 0,4) \cdot 10^2$	$(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^3$
10	М. Лагерный (1-я Речка)	$(6,3 \pm 0,25) \cdot 10^7$	$(8,9 \pm 0,4) \cdot 10^6 / (2,6 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(8,3 \pm 0,3) \cdot 10^4$	$(9,3 \pm 0,24) \cdot 10^6$	$(5,3 \pm 0,1) \cdot 10$	$(4,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(7,3 \pm 0,23) \cdot 10^3$	$(5,1 \pm 0,3) \cdot 10^2$
11	М. Фирсова (2-я Речка)	$(7,0 \pm 0,13) \cdot 10^7$	$(3,2 \pm 0,3) \cdot 10^4 / (4,1 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(9,4 \pm 0,24) \cdot 10^4$	$(8,3 \pm 0,2) \cdot 10^5$	$(7,0 \pm 0,1) \cdot 10$	$(5,5 \pm 0,24) \cdot 10^3$	$(2,5 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(4,3 \pm 0,2) \cdot 10^3$
12	О. Скребцова	$(3,5 \pm 0,31) \cdot 10^5$	$(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(3,5 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(2,9 \pm 0,2) \cdot 10^4$	0	$(2,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(6,7 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(6,0 \pm 0,19) \cdot 10^3$
13	М. Лазурный (б. Лазурная)	$(7,5 \pm 0,3) \cdot 10^5$	$(6,5 \pm 0,2) \cdot 10^3 / (2,1 \pm 0,23) \cdot 10^2$	$(2,5 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(1,7 \pm 0,15) \cdot 10^4$	$(2,0 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(1,9 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(1,3 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(1,2 \pm 0,2) \cdot 10^3$
14	М. Басаргина	$(6,7 \pm 0,2) \cdot 10^5$	$(9,4 \pm 0,4) \cdot 10^4$	$(1,4 \pm 0,1) \cdot 10^4$	$(1,3 \pm 0,2) \cdot 10^4$	0	$(9,0 \pm 0,4) \cdot 10^3$	$(2,3 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(3,0 \pm 0,25) \cdot 10^4$
15	М. Геллера	$(6,2 \pm 0,17) \cdot 10^6$	$(5,3 \pm 0,22) \cdot 10^4$	$(2,3 \pm 0,31) \cdot 10^4$	$(1,3 \pm 0,16) \cdot 10^4$	0	$(8,9 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(6,3 \pm 0,1) \cdot 10$	$(5,1 \pm 0,32) \cdot 10^3$
16	М. Теляковского	$(2,0 \pm 0,13) \cdot 10^6$	$(3,2 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(2,4 \pm 0,14) \cdot 10^4$	$(3,2 \pm 0,12) \cdot 10^4$	$(7,0 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(2,4 \pm 0,14) \cdot 10^2$	0	$(1,3 \pm 0,02) \cdot 10$
17	М. Красный (южный м. б. Суходол)	$(7,5 \pm 0,24) \cdot 10^6$	$(6,1 \pm 0,21) \cdot 10^2 / (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(3,5 \pm 0,23) \cdot 10^4$	$(2,4 \pm 0,4) \cdot 10^4$	$(1,9 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(9,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(1,4 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(8,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$
18	М. Палец (южный м. б. Большого Камня)	$(3,8 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(2,1 \pm 0,3) \cdot 10^3 / (6,7 \pm 0,1) \cdot 10$	$(1,5 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(1,7 \pm 0,18) \cdot 10^3$	$(2,2 \pm 0,1) \cdot 10^4$	$(5,9 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(4,3 \pm 0,1) \cdot 10^4$	$(8,5 \pm 0,32) \cdot 10^4$
19	М. Пещурова	$(2,5 \pm 0,25) \cdot 10^4$	$(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(1,4 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(1,3 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(2,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(1,3 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(5,3 \pm 0,12) \cdot 10^3$	$(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^3$
20	М. Чайковского	$(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(5,2 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(2,8 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(4,1 \pm 0,1) \cdot 10^4$	$(1,0 \pm 0,1) \cdot 10$	$(3,0 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(1,9 \pm 0,23) \cdot 10^3$	$(1,2 \pm 0,31) \cdot 10^3$
21	Б. Гайдамак	$(3,3 \pm 0,4) \cdot 10^3$	$(2,8 \pm 0,2) \cdot 10^3 / (3,54 \pm 0,2) \cdot 10$	$(3,3 \pm 0,3) \cdot 10^4$	$(4,3 \pm 0,4) \cdot 10^4$	$(3,3 \pm 0,1) \cdot 10$	$(4,3 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(2,5 \pm 0,1) \cdot 10^2$
22	М. Пушина	$(7,0 \pm 0,22) \cdot 10^5$	$(3,2 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(2,4 \pm 0,14) \cdot 10^3$	$(4,3 \pm 0,22) \cdot 10^3$	$(1,0 \pm 0,4) \cdot 10^4$	$(3,4 \pm 0,11) \cdot 10^3$	$(5,4 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(7,2 \pm 0,24) \cdot 10^2$
23	Биостанция «Восток»	$(3,0 \pm 0,3) \cdot 10^5$	$(4,5 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(1,5 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(1,7 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(2,2 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(4,9 \pm 0,12) \cdot 10$	$(4,3 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(2,8 \pm 0,1) \cdot 10^2$
24	Волчанецкая протока	$(1,5 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(6,4 \pm 0,3) \cdot 10^3 / (2,9 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(1,4 \pm 0,1) \cdot 10^4$	$(1,3 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(1,6 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(3,0 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(2,3 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(3,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$
25	Устье р. Литовки	$(2,1 \pm 0,3) \cdot 10^7$	$(7,5 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(1,3 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(1,7 \pm 0,31) \cdot 10^3$	$(4,0 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(3,3 \pm 0,06) \cdot 10^3$	$(8,0 \pm 0,1) \cdot 10$
26	М. Елизарова	$(6,3 \pm 0,23) \cdot 10^5$	$(1,3 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(8,3 \pm 0,31) \cdot 10^3$	$(4,3 \pm 0,23) \cdot 10^4$	$(3,3 \pm 0,215) \cdot 10^2$	$(4,3 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(4,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(3,1 \pm 0,1) \cdot 10^2$
27	М. Подосенова	$(2,0 \pm 0,33) \cdot 10^5$	$(5,2 \pm 0,22) \cdot 10^2$	$(2,4 \pm 0,14) \cdot 10^2$	$(2,3 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^4$	$(8,4 \pm 0,31) \cdot 10^3$	$(8,8 \pm 0,13) \cdot 10^3$	$(9,3 \pm 0,2) \cdot 10^2$
28	Б. Козьмина, канал	$(3,5 \pm 0,4) \cdot 10^7$	$(6,1 \pm 0,21) \cdot 10^2 / (2,9 \pm 0,2) \cdot 10$	$(7,5 \pm 0,3) \cdot 10^4$	$(8,4 \pm 0,4) \cdot 10^4$	$(4,9 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(2,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(8,4 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(1,5 \pm 0,1) \cdot 10^3$
29	Б. Врангеля, рифы, угольн. пирс	$(3,4 \pm 0,3) \cdot 10^6$	$(3,5 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(1,5 \pm 0,2) \cdot 10^5$	$(1,7 \pm 0,18) \cdot 10^4$	$(21,0 \pm 0,1) \cdot 10$	0	0	0
30	Б. Козьмина, скалы против терминала	$(4,1 \pm 0,3) \cdot 10^7$	$(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(9,8 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(3,0 \pm 0,1) \cdot 10^5$	$(2,2 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(8,0 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(1,7 \pm 0,2) \cdot 10^3$
31	Б. Козьмина, навигац. знак	$(6,3 \pm 0,2) \cdot 10^5$	$(2,3 \pm 0,32) \cdot 10^4$	$(8,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(3,3 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(1,3 \pm 0,4) \cdot 10^3$	$(8,3 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(8,3 \pm 0,11) \cdot 10^2$	$(5,1 \pm 0,1) \cdot 10^2$
32	Б. Врангеля, м. Петровского	$(3,0 \pm 0,15) \cdot 10^6$	$(3,2 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(2,4 \pm 0,32) \cdot 10^4$	$(3,3 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(7,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(2,4 \pm 0,32) \cdot 10^3$	$(2,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(1,1 \pm 0,02) \cdot 10^2$
33	Б. Врангеля, строяц. пирс	$(6,3 \pm 0,18) \cdot 10^5$	$(1,5 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(8,3 \pm 0,1) \cdot 10^4$	$(1,3 \pm 0,32) \cdot 10^5$	0	$(2,8 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(2,3 \pm 0,09) \cdot 10^2$	$(5,1 \pm 0,1) \cdot 10^2$
34	М. Красный (зал. Находка)	$(5,0 \pm 0,4) \cdot 10^7$	$(9,2 \pm 0,24) \cdot 10^3$	$(2,4 \pm 0,18) \cdot 10^4$	$(5,3 \pm 0,11) \cdot 10^4$	$(1,5 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(2,9 \pm 0,13) \cdot 10^2$	$(5,3 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(4,0 \pm 0,1) \cdot 10$

УДК 574.632

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ГОРБУШЕ САХАЛИНО-КУРИЛЬСКОГО РЕГИОНА

Христофорова Н.К.^{1,3}, Литвиненко А.В.², Цыганков В.Ю.¹, Ковальчук М.В.⁴, Ерофеева Н.И.¹

¹ Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

² Сахалинский государственный университет (СахГУ), г. Южно-Сахалинск

³ Тихоокеанский институт географии (ТИГ) ДВО РАН, г. Владивосток

⁴ Институт морской геологии и геофизики (ИМГиГ) ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск

MICROELEMENTS IN THE PINK SALMON OF THE SAKHALIN-KURILSK REGION

Khristoforova N.K.^{1,3}, Litvinenko A.V.², Tsygankov V.Yu.¹, Kovalchuk M.V.⁴, Erofeeva N.I.¹

¹ Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

² Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk

³ Pacific Geographical Institute (PGI) FEB RAS, Vladivostok

⁴ Institute of Marine Geology and Geophysics (IMGG) FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk

It is examined the content of trace elements, Hg, As, Pb, Cd, Ni, Zn, and Cu, in the common species of Pacific salmon, pink salmon, caught in October 2016 on the Iturup and Sakhalin Islands. It was found that the content of toxic elements, Cd, Pb, As, and Hg, in the salmon is below human health consumption guidelines of sanitary standards and regulations of the Russian Federation for seafood. The content of all the elements (except zinc) in pink salmon from the investigated areas was higher than that in pink salmon from the Sea of Japan.

Keywords: Pink salmon, Iturup and Sakhalin Islands, the Sea of Japan, trace elements

Тихоокеанские лососи относятся к ведущим пелагическим объектам промысла, являются источником высококачественной пищевой продукции, пользуются большим спросом на внутреннем и мировом рынке.

Из шести хорошо известных видов тихоокеанских лососей (кета, горбуша, чавыча, нерка, кижуч, сима) горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792 – самый многочисленный, быстрорастущий и «оперативный» вид (возвращается на нерест после ската в море через 18 мес.). Она, как и другие виды рода размножается один раз в жизни, затем погибает. Хотя в российских водах уловы лососей на 90% обеспечиваются тремя видами: горбушей, кетой и неркой, горбуша имеет ведущее промысловое значение (Шунтов, Темных, 2011).

Среди изученных нами микроэлементов (Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, As, Hg) медь и цинк являются эссенциальными (необходимыми) биоэлементами, кадмий, никель, свинец, мышьяк, ртуть – неэссенциальными, но почти постоянно присутствующими в органах и тканях организмов. Эти элементы могут быть индикаторами природных биогеохимических провинций, чему мы находили постоянное подтверждение, изучая содержание тяжелых металлов (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr) в морских бентосных организмах – водорослях, брюхоногих и двусторчатых моллюсках, обитающих у Курильских островов и обрастающих навигационные буи вдоль курило-камчатского побережья (Малиновская, Христофорова, 1997; Kavun et al., 2002). Тихоокеанское огненное кольцо, от вулканов Камчатки, Курильских и Японских островов до более южных островных дуг, – мощный источник геохимического воздействия на морскую среду.

В то же время информации о микроэлементном составе таких активно перемещающихся организмов, как тихоокеанские лососи, во время их нагула и нерестовой миграции, в том числе в импактных геохимических зонах, крайне мало. Прежде всего, это исследования сотрудников ТИПРО-центра (Ковековдова, 2011), оценивавших содержание микроэлементов в промысловых рыбах дальневосточных морей с позиций ПДК, а также наши данные о содержании тяжелых металлов и мышьяка в лососях из

прикурильских океанических вод (Христофорова и др., 2015).

Цель настоящей работы – определить содержание микроэлементов в горбуше, пришедшей на нерест в реки Сахалино-Курильского района и отобранной в садках двух лососевых рыбодонных заводов (ЛРЗ), расположенных на островах Итуруп и Сахалин.

В связи с неизменной популярностью лососей, спрос на них в полной мере не удовлетворяется. Из-за увеличивающейся потребности на продукцию, вырабатываемую из тихоокеанских лососей и ограниченного потенциала естественного воспроизводства, возрастает роль искусственного разведения. Сахалинская область занимает второе место (после Камчатского края) по объему вылова лососей и ведущее место в России по выращиванию и выпуску в океан мальков лососевых рыб, в основном горбуши и кеты.

Объектом нашего исследования являлись половозрелые особи горбуши (*O. gorbuscha*), идущей на нерест и задержанной в садках ЛРЗ для искусственного воспроизводства. Рыбы отобраны на двух ЛРЗ – «Рейдовый», на реке Рейдовая на о. Итуруп (впадает в зал. Простор, Охотское море) и «Фирсовка» – на реке Фирсовка, восточное побережье о. Сахалин (впадает в южную часть зал. Терпения Охотского моря). На заводах из садков, где выдерживают производителей до созревания половых продуктов, было отобрано по 6 особей (по три самки и самца). Результаты анализа на содержание микроэлементов в органах и тканях горбуши представлены в табл. 1. Здесь же для сравнения приведены концентрации элементов в рыбах, выловленных в прикурильских океанических водах (Христофорова и др., 2015), а также данные о диапазонах их содержания в горбуше из российских вод Японского моря (Ковековдова, 2011).

Как видно в рыбах, отобранных на ЛРЗ, концентрации элементов слегка различаются (на уровне тенденций): они выше в горбуше из ЛРЗ «Рейдовый», где преобладали более крупные особи. Наименьшие концентрации характерны для ртути, минорными элементами, с почти совпадающими уровнями содержания, являются Ni и Cd. В два

раза выше концентрация Cu. В последней триаде концентрации нарастают от Pb к As и далее к Zn. Важно отметить, что концентрации токсичных элементов в исследованных

особях горбуши ниже российских уровней ПДК и еще ниже, чем в нормативах, принятых в Канаде и США.

Таблица 1. Микроэлементы в органах и тканях горбуши Сахалино-Курильского региона, мкг/г сырой массы

Органы	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb	As	Hg
О. Сахалин, ЛРЗ «Фирсовка», 06.10.2016, диапазон веса 780-2100 г							
Мышцы	1,74±0,061	0,20±0,040	0,09±0,008	0,08±0,009	0,59±0,050	0,90±0,074	0,03±0,009
Печень	2,86±0,065	0,28±0,012	0,13±0,006	0,19±0,018	0,94±0,035	1,12±0,096	0,09±0,009
Гонады самцов	2,76±0,021	0,26±0,014	0,11±0,006	0,12±0,012	0,88±0,014	1,09±0,035	0,07±0,004
Икра	2,51±0,058	0,25±0,016	0,12±0,007	0,11±0,019	0,83±0,045	0,98±0,049	0,07±0,004
О. Итуруп, ЛРЗ «Рейдовый, 09.10.2016, диапазон веса 1278-2362 г							
Мышцы	1,96±0,075	0,24±0,076	0,12±0,007	0,14±0,012	0,67±0,050	0,94±0,064	0,04±0,005
Печень	3,14±0,069	0,32±0,034	0,18±0,009	0,21±0,018	0,92±0,031	1,25±0,098	0,12±0,009
Гонады самцов	3,09±0,045	0,33±0,071	0,18±0,009	0,19±0,034	0,81±0,020	1,14±0,085	0,11±0,008
Икра	3,01±0,078	0,29±0,036	0,15±0,008	0,18±0,035	0,80±0,021	1,13±0,086	0,09±0,006
Прикурильские океанические воды, июль 2013, диапазон веса 1168-1458 г (по: Христофорова и др., 2015a, 2015b)							
Мышцы	1,29±0,079	0,108±0,012		0,037±0,005	0,503±0,059	0,930±0,093	0,030±0,009
Печень	2,97±0,089	0,165±0,008		0,152±0,015	0,902±0,108	1,118±0,089	0,120±0,021
Гонады самцов	2,43±0,029	0,090±0,010		0,017±0,006	0,297±0,029	0,310±0,017	0,053±0,006
Икра	2,35±0,076	0,087±0,006		0,023±0,006	0,327±0,025	0,337±0,060	0,070±0,010
Японское море, диапазон содержания в 1992, 2001, 2008 гг. (по: Ковековдова, 2011)							
Мышцы	0.57–3.25	0.032–0.087		0.005–0.012	0.012–0.013	0.300–1.370	0.007–0.015
Печень	3,00–4,35	0.110–0.165		0.080–0.145	0.020–0.025	0.450–0.800	0.010–0.025
Икра	2.90–3.90	0.037–0.090		0.001–0.003	0.007–0.020	0.100–0.320	0.003–0.005

Концентрации элементов в горбуше из прикурильских океанических вод близки к тем, что найдены в рыбах, пришедших в р. Фирсовку. В то же время диапазоны содержания элементов в япономорской горбуше были существенно ниже количественных показателей для рыб Сахалино-Курильского района. Лишь Zn был исключением – верхние значения его диапазонов были выше концентраций в рыбах этого района, что, очевидно, является следствием антропогенного влияния на Японское море.

Азиатская горбуша имеет множество стад, которые нерестятся в реках бассейнов дальневосточных морей. При миграции на зимовку перераспределение горбуши из Охотского моря на юго-восток в зону Субарктического фронта происходит от южной и центральной частей Курильской гряды (Шунтов, Темных, 2011). Однако не вся горбуша уходит на зимовку в океан. Представители разных стад горбуши (приморской, амурской, западносахалинской, восточносахалинской, североохотоморской и японской) зимуют в Японском море (Бирман, 1986). При этом охотоморская горбуша и ее популяции Амурского лимана совершают миграции в Японское море и обратно через прол. Лаперуза (Новомодный, 2003). Следовательно, выходя на нагул и возвращаясь на нерест, через Курильский район проходят не все азиатские стада горбуши, в частности, минует его япономорская горбуша. Очевидно, поэтому, как выловленная в прикурильских водах, так и пришедшая на нерест в реки Рейдовая и Фирсовка горбуша, нагуливающаяся вдоль Курил и проходящая через импактную геохимическую зону на нерест, имеет более высокие концентрации всех (кроме Zn) микроэлементов, чем япономорская горбуша.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (соглашение № 14-50-00034)

Список литературы

- Бирман И.Б. Морской период жизни и вопросы динамики стад тихоокеанских лососей. М.: Агропромиздат, 1986. 208 с.
- Ковековдова Л.Т. Микроэлементы в морских промышленных объектах Дальнего Востока России: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-центр, 2011. 40 с.
- Малиновская Т.М., Христофорова Н.К. Характеристика вод южных Курил по содержанию элементов в организмах-индикаторах // Биол. моря. 1997. Т. 23. № 4. С. 239-246.
- Новомодный Г.В. О направлениях миграций лососей рода *Oncorhynchus* в Амурском лимане // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2003. Вып.2. С. 484-499.
- Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д., Лукьянова О.Н. Содержание микроэлементов в тихоокеанских и атлантических лососях // Океанология. 2015а. Т. 55. № 5. С. 751-758.
- Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д., Лукьянова О.Н. Содержание тяжелых металлов в горбуше *Oncorhynchus gorboscha* Walbaum, 1792 из прикурильских вод во время анадромной миграции // Биол. моря. 2015б. Т. 41. № 6. С. 447-452.
- Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Т. 2. Владивосток: ТИНРО-центр, 2011. 473 с.
- Kavun V.Ya., Shulkin V.M., Khristoforova N.K. Metal accumulation in mussels of the Kuril Islands, north-west Pacific Ocean // Mar. Environ. Res. 2002. V. 53. P. 219-22.

УДК 543.632

ОСНОВНЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В МОНИТОРИНГЕ ЭКОСИСТЕМ: ХЛОРООРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Цыганков В.Ю.¹, Боярова М.Д.¹, Ерофеева Н.И.¹, Лукьянова О.Н.^{1,2}

¹Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

²Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

BASIC INSTRUMENTAL METHODS FOR ECOSYSTEM MONITORING: PERSISTENT ORGANOCHLORINE POLLUTANTS

Tsygankov V.Yu.¹, Boyarova M.D.¹, Erofeeva N.I.¹, Lukyanova O.N.^{1,2}

¹Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

²Pacific Research Fisheries Center (TINRO-Center), Vladivostok

The basic methods of identification of persistent organochlorine pollutants (POPs), extraction, solvents and other necessary parameters.

Keywords: POPs, extraction, gas chromatography, standard solutions, detectors

Развитие аналитической химии стойких хлороорганических загрязняющих веществ (ХОС) в настоящее время идет по двум направлениям: разработка максимально селективных и чувствительных методов определения индивидуальных веществ (например, масс-спектрометрия высокого разрешения) и сочетание методов разделения и концентрирования с неселективными методами определения в комбинированных методах анализа. При этом предварительная подготовка пробы, включающая операции разделения и концентрирования определяемых компонентов, обеспечивает оптимальное измерение аналитического сигнала как функции концентрации или содержания. Применение комбинированных методов зачастую позволяет получить необходимый результат, отвечающий метрологическим требованиям (нижняя граница определяемых концентраций, погрешность, воспроизводимость и т.д.), быстрее и с меньшими материальными затратами, чем при использовании уникального оборудования.

Среди методов разделения и концентрирования при определении ХОС широкое применение находит жидкостная экстракция – распределение вещества между двумя несмешивающимися жидкими фазами (Кузьмин, Золотов, 1988; Москвин, Царицына, 1996). Наиболее часто используются системы, в которых одной фазой является вода, а другой – органический растворитель. Многочисленный ассортимент экстрагентов позволяет найти удовлетворительное решение практически для любой задачи. Кроме того, для жидкостной экстракции не требуется сложное оборудование, достаточно делительной воронки или автоматического экстрактора непрерывного действия. Высокая степень извлечения определяемых соединений достигается также в перегонно-экстракционных устройствах (аппаратах Сокслета) при одновременной конденсации водяного пара и не смешивающегося с водой растворителя. Важным преимуществом жидкостной экстракции является практически полное отсутствие влияния матрицы. Оптимальные условия экстракции создают путем выбора pH, температуры, времени контакта фаз, дозавления высаливателей.

Как правило, выбирают систему с наивысшим коэффициентом распределения определяемого вещества. При изучении экстракции пестицидов было показано, что независимо от природы извлекаемого вещества (если оно, конечно, не имеет ярко выраженных кислотных или основ-

ных свойств) растворители по возрастанию экстрагирующей способности располагаются в ряд (Шевчук, Дубченко, 1990):

предельные углеводороды < непредельные углеводороды < хлорпроизводные < ароматические углеводороды < простые эфиры < спирты < сложные эфиры < растительные масла

Такая классификация обусловлена различной способностью органических растворителей к сольватации извлекаемых веществ. Наименее эффективно экстрагируют ХОС предельные углеводороды (например, гексан), образующие связи с ними за счет ван-дер-ваальсовых взаимодействий. Непредельные углеводороды, как и ароматические, вследствие дополнительного взаимодействия являются более эффективными экстрагентами. Еще большую экстракционную способность имеют хлорсодержащие углеводороды, образующие с ХОС водородные связи, причем метилхлорид и хлороформ являются более эффективными экстрагентами, чем четыреххлористый углерод. По этой же причине хорошо извлекают ХОС спирты и эфиры, различная природа которых позволяет дифференцировать действие экстрагентов.

Из образцов растительного происхождения хлорсодержащие вещества извлекают ацетонитрилом и ацетоном (Другов, Родин, 2002). Для извлечения ХОП из растений, содержащих большое количество восков и липидов, лучше применять ацетон, а для образцов с большим содержанием пигментов – смесь гексана с изопропиловым спиртом (1:1). При экстракции пестицидов из почв используют ацетон, метанол, этилацетат, ацетонитрил и хлороформ. Присутствующая в почвах вода, как правило, облегчает экстракцию, поэтому перед извлечением ХОП из почв последние рекомендуется увлажнить или обработать растворами кислот (щелочей). Обычно используют хорошо растворимые в воде растворители (метанол, ацетон, ацетонитрил и др.) или их смеси с полярными жидкостями, тогда как при экстракции из воды в основном применяют не смешивающиеся с водой органические растворители. Следует подчеркнуть, что степень извлечения {JС из твердых образцов зависит от прочности их связей с белками и другими составляющими субстратов.

Газовая хроматография (ГХ) – наиболее широко применяемый при определении ХОС метод аналитической

химии (Shibamoto, 1998; Другов, 2000). В литературе описано достаточно большое число методик определения хлорсодержащих соединений, основанных на капиллярной газовой хроматографии (Ровинский и др., 1990; Сониясси и др., 1995; Другов, 2000; Царев и др., 2000; Другов, Родин, 2002). В подавляющем большинстве случаев определение ХОС проводят газовой хроматографией с детектором электронного захвата (ГХ-ДЭЗ), что позволяет достичь пределов обнаружения на уровне 0,001-0,05 нг. Опубликованы также характеристики удерживания ХОП на различных фазах и при разных температурах. Газохроматографическое определение следовых количеств пестицидов в поверхностных водах сводится к твердофазной экстракции с последующим разделением компонентов на двух капиллярных колонках. Детектирование осуществляют электрозахватным детектором (ДЭЗ).

Однако, в последнее время учеными используются газовые хроматографы с масс-селективным детектором (ГХ-МС). Отличие масс-детектора от ДЭЗ в том, что первый определяет вещества по их молекулярной массе, в то время, как второй работает с электронами. Для качественного анализа ХОС, безусловно, больше подходит ГХ-МС, который определяя массу молекулы, отправляет ее в библиотеку соединений для определения вещества.

Количественный анализ строится на использовании внутренних и внешних стандартов. Внутренними стандартами, как правило, калибруется прибор, определяется время выхода пиков соединений. Внешний стандарт проверяет методику пробоподготовки с последующим определением экстракта на ГХ, отклонения в анализе и потери во время подготовки и анализа (Tsygankov, Boyarova, 2015). В роли стандарта могут выступать, например, мидии с известной концентрацией ХОС, жир млекопитающих, кровь человека и др. Для количественного анализа подходит и ГХ-МС и ГХ-ДЭЗ, между ними нет принципиальных различий.

Существует также метод тонкослойной хроматографии, высокоэффективной жидкостной хроматографии и др., однако, русские и зарубежные ученые предпочитают ГХ, как более чувствительный и селективный метод определения ХОС (Lukyanova et al., 2014, 2015, 2016; Tanabe, 2000, 2007; Tanabe and Subramanian, 2006, Tsygankov et al., 2014, 2015, 2016, 2017).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (соглашение № 14-50-00034)

Список литературы

- Другов Ю.С. Экологическая аналитическая химия. СПб.: Анатолия, 2000. 432 с.
- Другов Ю.С., Родин А.А. Пробоподготовка в экологическом анализе. СПб.: Анатолия, 2002. 754 с.
- Кузьмин Н.М., Золотов Ю.А. Концентрирование следов элементов. М.: Наука, 1988. 268 с.
- Москвин Л.Н., Царицына Л.Г. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Л.: Химия, 1996. 256 с.
- Ровинский Ф.Я., Воронова Л.Д., Афанасьев М.И. и др. Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлорорганическими соединениями. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 270 с.

Сониясси Р., Сандра П., Шлетт К. Анализ воды: органические микропримеси. СПб.: ТЕЗА, 1995. 248 с.

Царев Н.И., Царев В.И., Катраков И.Б. Газохроматографические методы анализа. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2000. 156 с.

Шевчук И.А., Дубченко Ю.Г. Концентрирование следов органических соединений. М.: Наука, 1990.

Lukyanova O.N., Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D., Khriforova N.K. Pesticide Biotransport by Pacific Salmon in the Northwestern Pacific Ocean // *Doklady Biological Sciences*. 2014. V. 456. P. 188-190.

Lukyanova O.N., Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D., Khriforova N.K. Pacific Salmon as a Vector in the transfer of Persistent Organic Pollutants in the Ocean // *Journal of Ichthyology*. 2015. V. 55. No. 3. P. 425-429.

Lukyanova O.N., Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D., Khriforova N.K. Bioaccumulation of HCHs and DDTs in organs of Pacific salmon (genus *Oncorhynchus*) from the Sea of Okhotsk and the Bering Sea // *Chemosphere*. 2016. V. 157. P. 174-180.

Shibamoto T. Chromatographic analysis of environmental and Food toxicants. New-York: Marcel Dekker, 1998. P. 344.

Tanabe S. Asia-Pacific mussel watch progress report // *Mar. Pollut. Bull.* 2000. V. 40. P. 651.

Tanabe S. Contamination by Persistent Toxic Substances in the Asia-Pacific Region // A. Li, S. Tanabe, G. Jiang, J.P. Giesy and P.K.S. Lam (Editors). *Persistent Organic Pollutants in Asia: Sources, Distributions, Transport and Fate. Developments in Environmental Science*. 2007. V. 7. P. 773-817.

Tanabe S., Subramanian A. Bioindicators of POPs. Japan: Kyoto University Press and Trans Pacific Press, 2006. 90 p.

Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D. Sample Preparation Method for the Determination of Organochlorine Pesticides in Aquatic Organisms by Gas Chromatography // *Achievements in the Life Sciences*. 2015. V. 9. P. 65-68.

Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D., Lukyanova O.N. Bioaccumulation of Persistent Organochlorine Pesticides (OCPs) by Gray Whale and Pacific Walrus from the Western Part of the Bering Sea // *Marine Pollution Bulletin*. 2015. V. 99. P. 235-239.

Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D., Lukyanova O.N. Bioaccumulation of organochlorine pesticides (OCPs) in the northern fulmar (*Fulmarus glacialis*) from the Sea of Okhotsk // *Marine Pollution Bulletin*. 2016. V. 110. P. 82-85.

Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D., Lukyanova O.N. Persistent Toxic Substances in the Muscles and Liver of the Pacific Walrus *Odobenus rosmarus divergens* Illiger, 1815 from the Bering Sea // *Russian Journal of Marine Biology*. 2014. V. 40. No. 2. P. 147-151.

Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D., Lukyanova O.N., Khriforova N.K. Bioindicators of organochlorine pesticides (OCPs) in the Sea of Okhotsk and the western Bering Sea // *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2017. V. 73 P. 176-184.

УДК 574.24:595.3

БИОТЕСТИРОВАНИЕ НА РАКООБРАЗНЫХ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКИХ ВОД

Черкашин С.А.^{1,2}, Пряжевская Т.С.³

¹Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр), г. Владивосток

²Морской государственный университет (МГУ) им. адм. Г.И. Невельского, г. Владивосток

³Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (ДАЛЬРЫБВТУЗ), г. Владивосток

BIOASSAY USING CRUSTACEANS AS A METHOD OF STUDYING THE CONSEQUENCES OF SEA WATER POLLUTION

Cherkashin S.A.^{1,2}, Pryazhevskaya T.S.³

¹Pacific Research Fisheries Centre (TINRO-Center), Vladivostok

²Admiral Nevelskoy Maritime State University (MSU), Vladivostok

³Far Eastern State Technical Fisheries University (FESTFU), Vladivostok

Biotesting of marine waters was done using crustaceans of 3 different taxa as the test-objects: mysids *Neomysis mirabilis* and *Paracanthomysis hikhotaniensis*, larvae of crab *Dorippe granulata*, and copepodits of *Neocalanus plumchrus* and *Calanus glacialis*. The mysids were the less toxicoresistant species. In warm season (May-October) the experiments with mysids allow to estimate operationally toxicity of the coastal waters. Long-term bioassay revealed a decrease of the toxicity in polluted areas at Vladivostok since 2008.

Keywords: biotesting, water toxicity, mysid, crab larva, copepodit

На современном этапе развития мониторинга загрязнения водной среды и использование ее обитателей для контроля их состояния очевидна недостаточность использования лишь физико-химических методов. Получить представление о степени биодоступности поллютантов, их способности вызывать какие-либо нарушения состояния компонентов водных экосистем можно только с помощью подходов, базирующихся на регистрации откликов биоты. Гидробионты тесно связаны со средой обитания и поэтому отражают изменения абиотических и биотических характеристик водоемов. Лишь с помощью биологических исследований можно выявить наличие таких нерегулярных воздействий или токсикантов, которые могли бы быть упущены при стандартном химическом анализе. Известно много случаев, когда содержание измеряемых поллютантов намного ниже ПДК, но вода проявляет значительную токсичность, вследствие их синергетического эффекта или наличия неучтенных веществ.

Существенная роль в оценке экологического состояния морских вод принадлежит биотестированию – экспериментальной оценке состояния компонентов экосистем, основанной на регистрации тест-функции используемой биосистемы (тест-объекта, обычно тест-организмов). Биотестирование представляет собой оперативную диагностику опасности всякого рода источников загрязнения и служит для своевременного их выявления и ограничения. Эффективность биотестирования и обоснованность выводов определяется, прежде всего, правильным выбором тест-организмов. Наиболее верное решение состоит в использовании нескольких тест-объектов, отвечающих определенным требованиям (Христофорова, 1989; Черкашин, 2001). Вследствие низких концентраций большинства поллютантов в морской воде необходимы высокочувствительные тест-организмы.

По мнению некоторых ученых, среди морских беспозвоночных наименее устойчивыми и весьма чувствительными к воздействию загрязнения по сравнению с другими группами водных организмов являются мелкоразмерные

ракообразные (Мур, Рамамурти, 1987; Скрип, 1994; Черкашин, 2001, 2005; Jiang et al., 2012; Черкашин, Блинова 2013; Пряжевская, Черкашин, 2014; Черкашин, Пряжевская, 2016), которые поэтому часто используются для биодиагностики качества вод. Некоторые виды таких ракообразных, как мизиды (Crustacea: Mysidacea) менее устойчивы к тяжелым металлам, дизельному топливу, фенолу и другим поллютантам по сравнению с веслоногими ракообразными трех видов, личинками и молодью креветок, молодью рыб (Черкашин, 2001). Так, оценка токсичности цинка для двух видов мизид, веслоногих ракообразных и одного вида креветок выявила наименьшую токсикорезистентность мизид, особенно *Paracanthomysis shikhotaniensis*.

Биотестирование последствий загрязнения морских вод на ракообразных входит в комплекс экотоксикологических исследований ТИНРО-Центра с 1984 г. В экспериментах 1993 г. выявлена меньшая жизнестойкость копепоидов веслоногих ракообразных *Neocalanus cristatus* из тихоокеанских вод Южных Курил, по сравнению с отловленными у Северных Курил и в Беринговом море. Остротоксичной для этого тест-объекта оказалась вода Авачинской бухты, в то время как вода бухты Русской, расположенной неподалеку, но менее загрязненной, лишь ненамного снижала выживаемость рачков. В 1994 г. токсикорезистентность *N. plumchrus* из различных водных масс прикурильских вод существенно варьировала, и, в то же время, была в 2 раза выше, чем в заливе Петра Великого Японского моря. Наибольшее влияние на жизнестойкость *N. plumchrus* оказывало физиологическое состояние (в частности, процесс линьки), температура и лишь затем загрязненность акватории. Анализ результатов исследований влияния опреснения и цинка на смертность веслоногих ракообразных, отловленных в заливе Петра Великого, показал отсутствие значимых различий жизнестойкости *Calanus glacialis* из приостровных вод Амурского залива и открытых вод зал. Петра Великого, что косвенно свидетельствовало о невысоком уровне загрязнения исследованных акваторий в 1996 г.

Однако исследования зал. Петра Великого в теплый период года (май-октябрь) выявили токсичность для мизид вод районов с интенсивным антропогенным загрязнением, имеющих в локальных участках Амурского и Уссурийского заливов. Мизиды оказались более показательным тест-объектом и по сравнению с личинками краба *Dorippe granulata*, несмотря на меньшие размеры последних. Температурный, кислородный режимы и незначительное опреснение не оказывали существенного влияния на жизнестойкость тест-объектов. Следовательно, наблюдаемые эффекты вызывались антропогенным загрязнением, степень влияния которого зависит как от свойств поллютантов и физико-химических параметров вод, так и от таксономических, видовых и других особенностей животных. Дополнительные физиологические нагрузки, такие как нерест и линька наиболее массового эврибионтного вида *Neomysis mirabilis* в процессе биотестирования в июне приводили к тому, что этот тест-объект при этом оказывался более чувствительным, чем стенобионтные мизиды *Paracanthomysis shikhotaniensis*, численность которых в июле-сентябре у о-ва Рейнеке достигала 47-60%, а уязвимость представителей этого вида рачков была выше, чем *N. mirabilis*.

За последнее десятилетие токсикологическая обстановка у восточного побережья Амурского залива была наихудшей в сентябре 2008 г., когда отмечали массовую гибель многих видов рыб и ракообразных. Наиболее токсичной вода оказалась в б. Новик, Спортивной Гавани и у нефтебазы, расположенной у устья Первой Речки. Биотестирование последствий загрязнения, выполненное во время замора гидробионтов, подтвердило, что в воде, отобранной у о-ва Рейнеке, гибель мизид была как обычно меньше, чем в других пробах. Однако по сравнению с предыдущим годом выживаемость рачков в воде этого фонового района уменьшилась в два раза. В 2009 – 2016 гг. токсичность вод для мизид снизилась.

Подводя итог биотестирования вод на ракообразных из трех отрядов, необходимо отметить, что влияние загрязнения вод на выживаемость массовых видов мизид и других ракообразных в большинстве открытых районов зал. Петра Великого минимально. В то же время выявлена токсичность проб из локальных районов с интенсивным антропогенным загрязнением, имеющих в заливе. Наименее напряженные экологические условия характерны для открытой зоны залива. Мизиды оказались наиболее перспективными тест-организмами, по сравнению с личинками краба *Dorippe granulata* и копеподитами веслоногих ракообразных. опыты на мизидах, выполненные в теплый период года (май-октябрь), оперативно выявили токсичность вод отдельных акваторий зал. Петра Великого, которая снизилась после 2008 г. Как объекты

токсикологических исследований отвечают следующим требованиям: высокая чувствительность, массовость, широкая распространенность, легкая доступность в течение большого периода года.

Биотестирование способствует достоверной оценке влияния на среду и организмы как основных абиотических факторов, так и поллютантов, что необходимо для прогноза изменений состояния биоресурсов и качества среды при антропогенном воздействии. Создание дисконфортных для тест-объектов условий (метод функциональных нагрузок) позволяет не только существенно сократить продолжительность опытов, но и оценить влияние загрязнения с учетом колебаний физико-химических факторов водной среды в естественных водоемах. Использование местных видов является благоприятным обстоятельством, повышающим экологический реализм оценки.

Список литературы

- Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния. М.: Мир, 1987. 288 с.
- Пряжевская Т.С., Черкашин С.А. Влияние меди на выживаемость мизид *Neomysis mirabilis* и *Paracanthomysis* sp. (Crustacea: Mysidacea) // Изв. ТИНРО. 2014. Т. 177. С. 219-226.
- Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192 с.
- Черкашин С.А. Биотестирование: терминология, задачи, основные требования и применение в рыбохозяйственной токсикологии // Изв. ТИНРО. 2001. Т. 128. Ч. III. С. 1020-1035.
- Черкашин С.А. Отдельные аспекты влияния углеводородов нефти на рыб и ракообразных // Вестн. ДВО РАН. 2005. № 3. С. 83-91.
- Черкашин С.А., Блинова Н.К. Экспериментальные исследования токсичности фенола для ракообразных (обзор) // Гидробиол. журн. 2013. Т. 49. № 3. С. 61-74.
- Черкашин С.А., Пряжевская Т.С. Влияние углеводородов нефти на морских ракообразных // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2016. № 12. С. 40-44.
- Cripe G.M. Comparative acute toxicities of several pesticides and metals to *Mysidopsis bahia* and postlarval *Penaeus duorarum* // Environ. Toxicol. and Chemistry. 1994. V. 13. P. 1867-1872.
- Jiang Z., Huang Y., Chen Q. Zeng J., Xu X. Acute toxicity of crude oil water accommodated fraction on marine copepods: The relative importance of acclimatization temperature and body size // Mar. Environ. Res. 2012. V. 81. P. 12-17.

УДК 550.47:504.054:582.272

ОСОБЕННОСТИ БИОМОНИТОРИНГА МЕТАЛЛОВ С ПОМОЩЬЮ ГИДРОБИОНТОВ В МЕСТООБИТАНИЯХ С ФОНОВЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Чернова Е.Н.^{1,2}, Шулькин В.М.¹

¹Тихоокеанский институт географии (ТИГ) ДВО РАН, г. Владивосток

²Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

FEATURES OF BIOMONITORING OF METALS USING AQUATIC ORGANISMS FROM HABITATS WITH BACKGROUND CHARACTERISTICS OF THE ENVIRONMENT

Chernova E.N.^{1,2}, Shulkin V.M.¹

¹Pacific Geographical Institute (PGI) FEBRAS, Vladivostok

²Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok

It was shown that the relationships between background concentrations of elements in the environment and macrophytes are absent. Other factors are limiting to organisms – internal (need to trace elements, stage of development) and external (competitive relations over the elements, mixing speed, etc.). In this range, the bioaccumulation factor (BAF) also varies widely and does not allow to determine the exposure concentration through its concentration in the bodies. The increased error in determination of metals in organisms and the aquatic environment in the lower limit of determination of the method also increases the variability of BAF. With increasing concentrations of metals in the water above background (or natural) range, contamination by metals becomes a leading factor. The degree of metals accumulation by organisms from the environment depends mainly on the concentration of a given element, and the value of the BAF become less variable in different species and in different areas.

Keywords: trace metal concentrations, algae, macrophytes, bioaccumulation factor (BAF)

Для живых организмов, используемых в биомониторинге загрязнения среды химическими элементами в токсикологических экспериментах, установлена линейная связь между их химическим составом и содержанием растворенных элементов. В природных условиях на химический состав водных организмов оказывают влияние и другие источники – количество элементов во взвешенном веществе, донных отложениях, скорость перемешивания воды, наличие конкурентных факторов, способных связывать элементы (растворенное органическое вещество, биомасса), поэтому связь между химическим составом воды и организмов носит статистический характер и выявляется не всегда.

Наличие положительной линейной связи между химическим составом компонентов среды и водных организмов позволяет получить коэффициенты для пересчета концентраций в первых через вторые и наоборот – биоаккумуляционный фактор (БАФ – DeForest et al., 2007). БАФ – отношение содержания элемента в организме (мкг/г сух. массы) к его содержанию в воде в растворенной форме (мкг/мл).

В случае постоянного коэффициента накопления, связь между БАФ в организмах и содержанием металлов в воде должна представлять собой прямую линию, параллельную оси абсцисс. Однако для водных беспозвоночных показано, что существует отрицательная логарифмическая связь между концентрациями микроэлементов в среде (воде) и БАФ (DeForest et al., 2007). Наличие такой отрицательной связи свидетельствует о регулировании организмами поступления металлов из среды. Данная тенденция корректирует основные положения биомониторинга о возможности пересчета концентраций металлов в организме-индикаторе на содержание данных элементов в среде, используя установленные величины БАФ.

Известно, что в загрязненной среде двусторчатые моллюски-фильтраторы задействуют ряд механизмов, способных снизить нагрузку на организм и протivotостать избыточному количеству металлов через регулирование скорости фильтрации, увеличение времени изоляции от

окружающей среды в закрытой раковине, запасание в гранулах в неактивной форме. Все эти механизмы, кроме последнего, объясняют снижение БАФ при увеличении загрязнения среды металлами.

Преимуществом массовых видов водорослей, используемых для биомониторинга металлов в водной среде, является то, что они постоянно контактируют с загрязненной средой и не способны изолироваться от нее. Это позволяло предположить, что водоросли в меньшей степени, чем животные, способны регулировать свой химический состав, в том числе и содержание тяжелых металлов. Однако характер связи между биоаккумуляционным фактором в макроводорослях и концентрацией элементов в среде по литературным и собственным данным оказался сопоставимым с таковым в животных. Из девяти изученных металлов в водорослях трех отделов – бурых, зеленых и красных, достоверная отрицательная логарифмическая связь между БАФ и содержанием растворенных металлов в воде наблюдается для Fe, Mn, Zn, Pb и Ni. Для Cd отрицательная связь недостоверна, хотя тенденция сохраняется (рис. 1).

Из рисунка можно видеть (рис. 1), что каждая кривая имеет как минимум два участка с разным наклоном. Как и для зообентоса (De Forest et al., 2007), самые изменчивые коэффициенты БАФ наблюдаются у водорослей из среды с низкими концентрациями микроэлементов. Так, на западном побережье Японского моря, максимальные и наиболее изменчивые величины БАФ (28231-137333, Cv=49%) наблюдаются у фукусов (*Fucus evanescens*), обитающих в среде с концентрацией растворенного цинка 0,2 - 0,8 мкг/л. Именно среда с уровнем растворенного цинка до 0,5/0,8 мкг/л считается фоновой для открытых прибрежных/полузамкнутых акваторий (здесь и далее) данного региона (Шулькин, 2004). Максимальные и изменчивые БАФ Cu в фукусах (3687-23000, Cv=60%) наблюдаются в воде с концентрацией растворенного элемента до 0,7 мкг/л, тогда как фоновыми являются концентрации растворенной меди до 0,3/1,2 мкг/л. Фоновая концентра-

ция растворенного кадмия на западном побережье Японского моря соответствует 0,05/0,1 мкг/л, тогда как наиболее высокие и изменчивые величины БАФ (4074-22459, $C_v=45\%$) наблюдаются в водорослях из среды с содержанием кадмия до 0,3 мкг/л. Максимальные и наиболее изменчивые величины БАФ Рb в водорослях Мирового океана находятся в диапазоне 0,02-0,03 мкг/л растворенного в воде элемента (рис. 1), тогда как для Японского моря фоновыми считаются концентрации Рb до 0,05/0,1 мкг/л. Максимальные и наиболее изменчивые величины БАФ Ni в водорослях находятся в диапазоне 0,2-1,3 мкг/л растворенного в воде элемента, тогда как для прибрежной части Японского моря фоновыми считаются концентрации Ni в воде до 0,2/0,5 мкг/л. Максимальные и наиболее изменчивые величины БАФ Fe и Mn в водорослях западного побережья Японского моря находятся в диапазоне 0,2-2,5 и 0,2-2,0 мкг/л, соответственно, тогда как в прибрежных водах фоновые концентрации этих элементов предположительно составляют 0,7-10 мкг/л (Шулькин, 2004).

Таким образом, высокая изменчивость БАФ металлов в водорослях наблюдается в среде с фоновыми концентрациями этих элементов в растворенной форме или с превышающими установленные фоновые не более чем в 3 раза. Это подтверждает гипотезу о том, что в среде с фоновыми концентрациями металлов их содержание в орга-

низмах контролируется не столько наличием определенного количества металлов в среде, сколько другими факторами, связанными с физиологическим состоянием и биохимическими особенностями организмов. Это также свидетельствует о том, что в среде с фоновыми концентрациями элементов следует очень осторожно интерпретировать данные биомониторинга, так как повышение содержания металла в организме может быть не связано с увеличением элемента в среде.

При увеличении концентраций растворенных металлов в воде выше фоновых (или природного) диапазона, загрязнение металлами становится ведущим фактором, степень накопления металлов организмами из среды зависит в основном от концентрации в ней данного элемента, и величины БАФ становятся менее изменчивыми у разных видов и на разных акваториях (рис. 1).

Еще одной причиной высокого разброса ВАФ в фоновом диапазоне является высокая ошибка определения металлов на нижней границе предела обнаружения. Она также может вести к высокой изменчивости показателя БАФ в левой стороне графиков. Очень многие данные по содержанию тяжелых металлов в морской воде, полученные в 80-90-е годы XX столетия были признаны завышенными из-за несовершенства пробоотбора и ошибок определения (Шулькин, 2004; Савенко, 2006).

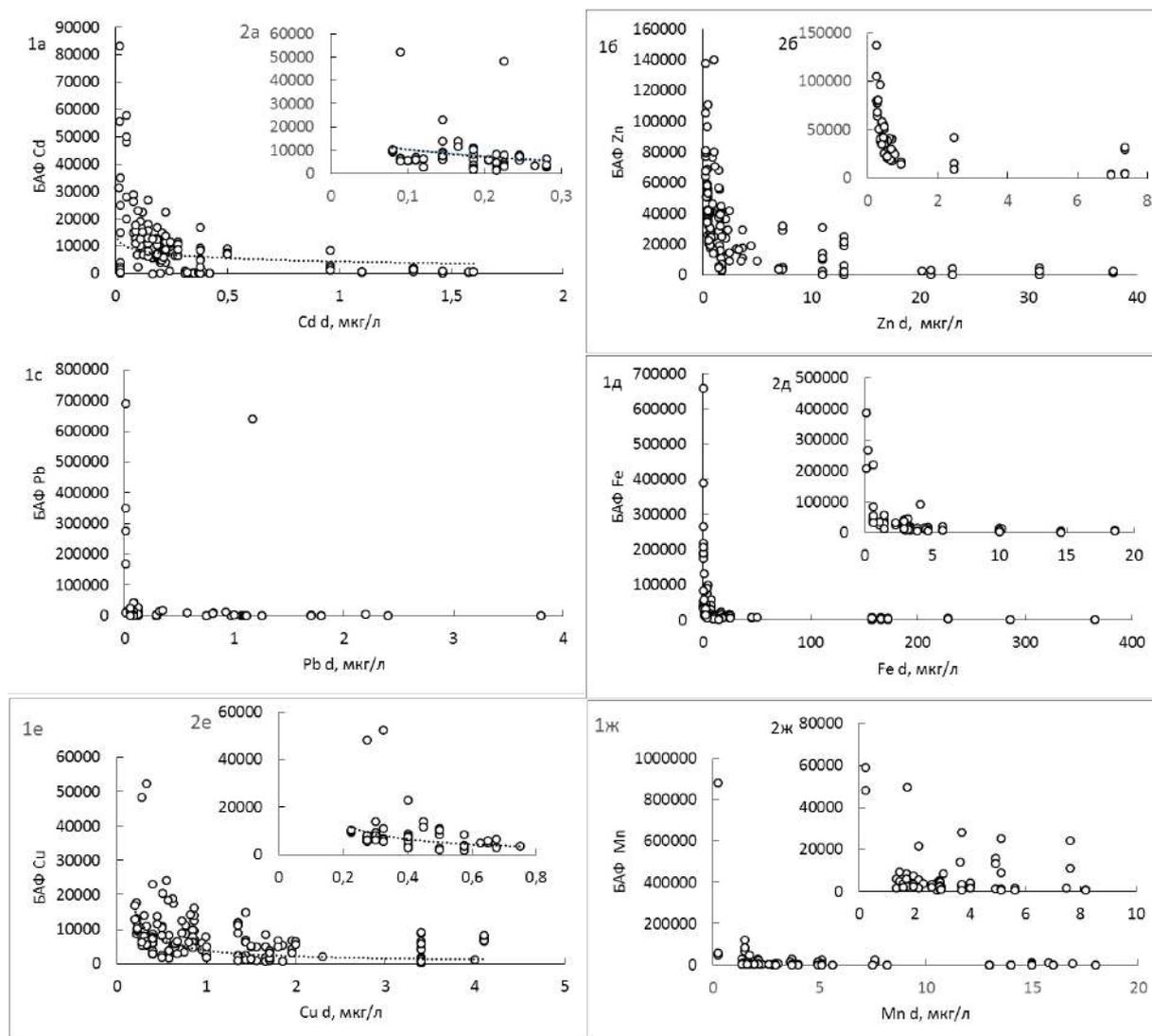


Рис. 1. Зависимость значений БАФ в макроводорослях Мирового океана (1) и Японского моря (2) от содержания растворенных металлов в воде (мкг/л). d – в растворе

Таким образом, в фоновом диапазоне концентраций элементов в среде зависимость между их содержанием в среде и макрофитах отсутствует. Лимитирующими являются другие факторы – внутренние (потребность в микроэlemente, стадия развития) и внешние (конкурентные отношения за элементы, скорость перемешивания и др.). Повышенная ошибка определения металлов в организмах и водной среде на нижней границе определения метода также увеличивает вариабельность БАФ. При увеличении концентрации металлов в среде выше фонового уровня пропорционально растёт их содержание в макрофитах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (соглашение № 14-50-00034).

Список литературы

- Савенко В.С. Химический состав взвешенных наносов рек мира. М.: ГЕОС, 2006. 175 с.
- Шулькин В.М. Металлы в экосистемах морских мелководий. Владивосток: Дальнаука, 2004. 276 с.
- DeForest D.K., Brix K.V., Adams W.J. Assessing metal bioaccumulation in aquatic environments: The inverse relationship between bioaccumulation factors, trophic transfer factors and exposure concentration // *Aquatic Toxicology*. 2007. V. 84. P. 236-246.

УДК 557.170.49:594.11:577.118

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНАХ ЮЖНОЙ ПАЛТУСОВИДНОЙ И ОСТРОГОЛОВОЙ КАМБАЛ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Чусовитина С.В.¹, Жадько Е.А.¹, Стеблевская Н.И.^{1,2}, Полякова Н.В.²

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (ДАЛЬРЫБТУЗ), г. Владивосток

²Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток

THE CONTENT OF MICROELEMENTS IN THE ORGANS OF SOUTHERN HALIBUT AND SPIKED FLOUNDERS

Chusovitina S.V.¹, Zhadko E.A.¹, Steblevskaya N.I.^{1,2}, Polyakova N.V.²

¹Far Eastern State Technical Fisheries University (FESTFU), Vladivostok

²Institute of Chemistry FEBRAS, Vladivostok

The content of some microelements in muscles, skin, gills, gonads and liver of *Hippoglossoides dubius* and muscles, gills and liver of *Cleisthenes herzensteini* was studied. The higher concentrations of elements in muscle of *H. dubius* were detected, and chromium was found in skin and muscles only. The concentration of As, Zn, Cu, Cd in the organs of *H. dubius* does not exceed the maximum permissible concentration.

Keywords: microelements, spiked flounder *C. herzensteini*, southern halibut flounder *H. dubius*

С 1990-х гг. прошлого века в заливе Петра Великого Японского моря продолжается тенденция стабилизации экологической обстановки (Лукьянова и др., 2012). Ихтиоцен залива разнообразен, включает более 300 видов рыб. Исследование концентраций микроэлементов в них имеет значение как для мониторинга экологического состояния района, так и для контроля безопасности рыб – востребованного в качестве пищевого продукта объекта.

Целью настоящей работы являлась характеристика особенностей распределения и уровней содержания микроэлементов (Cr, Fe, Cu, Zn, Mn, Hg, Ni, Se, Pb, As, Cd, Br) в органах камбал *Hippoglossoides dubius* и *Cleisthenes herzensteini* из Амурского залива (залив Петра Великого, Японское море).

Объектами исследования являлись камбалы: южная палтусовидная – *Hippoglossoides dubius* и остроголовая – *Cleisthenes herzensteini*, пойманные в бухте Северной и Амурском заливе залива Петра Великого (Японское море). Для исследования взяты фрагменты спинной мускулатуры, жабр и печени, помимо этого у южной палтусовидной камбалы кусочки кожи, позвонков и гонад. Всего анализу подвергнуто по 60 проб органов и тканей каждого вида. Пробоподготовка осуществлялась в соответствии с рекомендациями (Бок, 1984; Стеблевская и др., 2009): образцы помещали в тefлоновые автоклавы, добавляли смесь азотной и соляной кислоты (1:2) и разлагали в микроволновом реакторе Milestone UltraClave (Италия) 60

мин при 200°C и давлении 60 атмосфер. Элементный анализ подготовленных растворов проб проводили рентгенофлуоресцентным методом с полным внешним отражением (TXRF) на приборе TXRF 8030 C (FEI Company, Germany). Пробу объемом 10 мкл наносили на подложку из полированного кварцевого стекла. Время измерения – 500 секунд, источники возбуждения – MoK α и WBr35. Внутренний стандарт – раствор иттрия с концентрацией 50 мкг/мл. Предел обнаружения варьировал для различных элементов в пробах от 10⁻⁷ до 10⁻¹⁰%.

Южная палтусовидная и остроголовая камбалы широко распространены у побережья Приморья, наибольшей численности достигают в зал. Петра Великого (Антоненко и др., 2007). Это промысловые донные и придонные виды. По данным В.И. Чучукало (2006) в спектре питания *H. dubius* преобладают ракообразные (гаммариды, кумовые креветки), двустворчатые моллюски, полихеты и офиуры. У *C. herzensteini* пища состоит из эвфаузид, гиперид и мизид, донных десятиногих, полихет, офиур и мелких рыб.

Поступление микроэлементов в организм рыб происходит преимущественно через пищеварительный тракт, жабры и кожу. Элементы распределяются в органах и тканях рыб неравномерно, во многом соответственно выполняемым функциям. По уровню накопления в органах камбал элементы можно расположить следующим образом:

Жабры

H. dubius: Fe > Ni > Zn > Br > Mn > Cu > Se

C. herzensteini: Fe > Zn > Mn > Cu

Мышечная ткань

H. dubius: Fe > Zn > Ni > Br > Cu > Mn > Se

C. herzensteini: Fe > Zn > Ni > Cu > Se > Br

Печень

H. dubius: Fe > Zn > Cu > Br > Mn > Se

C. herzensteini: Fe > Zn > Cu > Se > Br

Кость

H. dubius: Fe > Zn > Cu > Mn > Br

Кожа

H. dubius: Fe > Zn > Br > Ni > Cr > Cu

Гонада

H. dubius: Zn > Fe > Br > Cu > Mn

В печени, костях жаберной крышки и мышцах зубатки, колюшки и трески Белого моря наибольшей концентрации достигал цинк (Будько и др., 2015). По данным А.Л. Марченко и Н.К. Хистофоровой (Марченко, Христофорова, 2008) у пресноводных, проходных и морских рыб и, в частности, у полосатой камбалы *Pleuronectes (Liopsetta) pinnifasciatus* из Амурского залива количество цинка превосходило количество других элементов в чешуе, коже, мышцах, гонадах, железа – в почках, жабрах и печени. За этими металлами в мышцах, почках, гонадах, печени следовали медь, а в чешуе, коже и жабрах – марганец. В органах и тканях *H. dubius*, за исключением гонад, количественно лидировало железо, ему почти в двое уступал цинк. Ранее также отмечалось превалирование железа в мускулатуре сельди и минтая зал. Петра Великого, в ор-

ганах и тканях камбалы желтоперой – *Limanda aspera* концентрации железа и цинка были близки (Ковековдова, 2008).

В Амурском заливе, в водах которого среднегодовые концентрации тяжелых металлов в 2015 г. не превышали предельно-допустимых значений, на фоне стабилизации ситуации (III класс «умеренно-загрязненные») содержание железа возросло до 2,1 ПДК (106 мкг/дм³) (Доклад ..., 2016).

У исследованных камбал наибольшее количество железа обнаружено в печени и жабрах (рис. 1). Печень является важнейшим органом детоксикации, в ней депонируются многие металлы, железобелковые комплексы расщепляются на образование гемопротеинов. Высокие концентрации железа в печени ранее отмечали у полосатой и морской камбал, камбалы-ерша, зубатки, пикши, трески, сайды (Лаптева, 2010), сельди, наваги, камбалы Шренка (Ковековдова, 2008). В печени у *H. dubius* и *C. herzensteini* выявлено и максимальное количество меди.

Жаберные лепестки помимо респираторной функции, активно участвуют в обменных процессах, что и объясняет высокие показатели в них не только железа, но и марганца. Однако максимальное среднее значение марганца выявлено в костной ткани *H. dubius*. В жабрах этого вида обнаружено значительное количество никеля, отсутствующего в печени и костной ткани, и брома. Концентрация брома в органах и тканях *H. dubius* значительно превышала таковую у *C. herzensteini*.

Костная ткань *H. dubius* аккумулирует магний и такой заместитель кальция, как стронций (248,67 мг/кг). Значительное количество этих элементов обнаружено в жабрах, что возможно объясняется присутствием в пробе скелетных составляющих. Мышьяк не выявлен в жабрах *C. herzensteini* и гонадах *H. dubius*, но в печени и мышечной ткани его содержание варьировало в среднем от 3,1 до 4,8 мг/кг, максимальное количество было характерно для костной ткани (5 мг/кг).

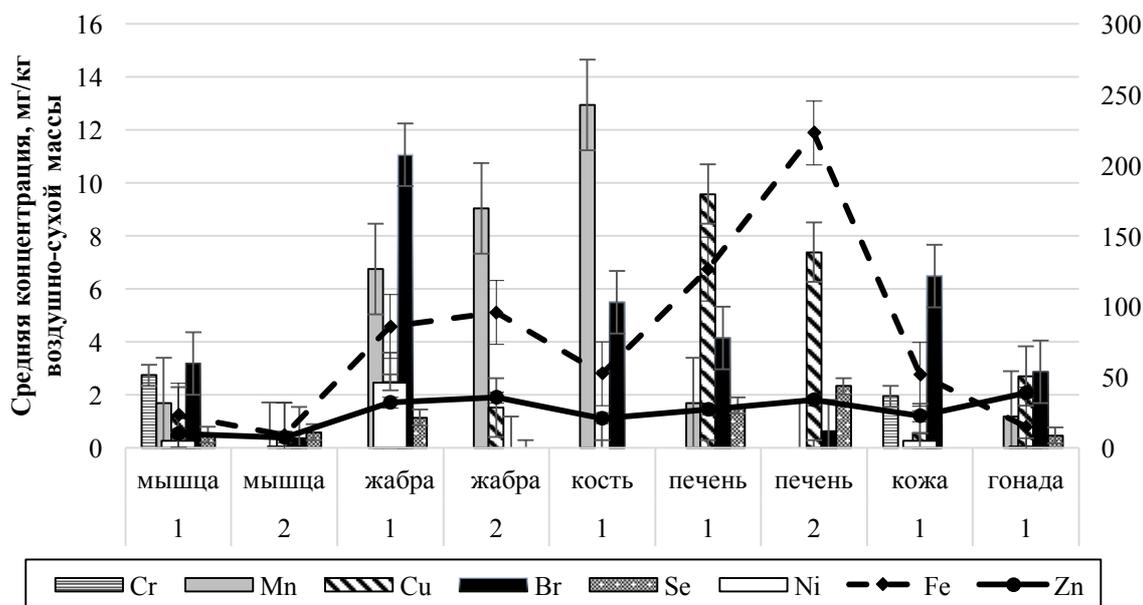


Рис. 1. Распределение микроэлементов в органах и тканях камбал *H. dubius* (1), *C. herzensteini* (2). По вспомогательной оси: Fe, Zn, Ni

Таким образом, содержание микроэлементов в мышечной ткани *H. dubius* из Амурского залива и *C. herzensteini* из бухты Северной отличалось. Более высокие

средние показатели содержания Fe, Mn, Zn, Cu, Br, Ni, As, Sr выявлены у *H. dubius*, однако концентрация элементов As, Zn, Cu, Cd не превышало их ПДК. Хром обнаружен

только в коже и мышечной ткани *H. dubius*, содержание Pb (ААС) в тканях этого вида изменялось от 0,1 до 1 мг/кг.

Список литературы

Антоненко Д.В. Многолетняя динамика видового состава и обилия камбал в водах Приморья (Японское море) // *Вопр. ихтиол.* 2007. Т. 47. № 2. С. 188-195.

Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. М.: Химия, 1984. 432 с.

Доклад об экологической ситуации в Приморском крае г. Владивосток 2015 год / администрация Приморского края. Владивосток, 2016. www.Приморскаягазета.рф № 79 (1250) (дата обращения 10.07.2017)

Будько Д.Ф., Демина Л.Л., Мартынова Д.М., Горшкова О.М. Микроэлементы в различных трофических группах беломорских организмов // *Океанология.* 2015. Т. 55. № 5. С. 808-820

Ковековдова Л.Т. Оценка микроэлементного состава отдельных видов промысловых гидробионтов Японского и Охотского морей // *Современное состояние водных биоресурсов: материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова.* Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. С. 551-556.

Лантева А.М. Тяжелые металлы и микроэлементы в промысловых рыбах Баренцева моря Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. С. 145-149.

Лукьянова О.Н., Черкашин С.А., Симоконов М.В. Обзор современного экологического состояния залива Петра Великого (2000–2010 гг.) // *Вестник ДВО РАН.* 2012. № 2. С. 55-63.

Марченко А.Л., Христофорова Н.К. Видовые различия в содержании тяжелых металлов в массовых видах рыб из водоемов южного Приморья // *Современное состояние водных биоресурсов: материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова.* Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. С. 591-595.

Стеблевская Н.И., Полякова Н.В., Медков М.А. Микроэлементный состав некоторых видов родов *Lespedeza*, *Caragana* (Fabaceae) и *Patrinia* (Valerianaceae) флоры Дальнего Востока // *Растительные ресурсы.* 2009. № 3. С. 102-110.

Чучукало В.И. Питание и пищевые отношения nektona и nektoбентоса в дальневосточных морях. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2006. 483 с.

УДК 504.062.2

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИНДИКАТОРОВ КАЧЕСТВА СРЕДЫ МОРЕЙ И ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПАЦИФИКИ

Шулькин В.М., Качур А.Н., Коженкова С.И.

Тихоокеанский институт географии (ТИГ) ДВО РАН, г. Владивосток

DEVELOPMENT OF THE ECOLOGICAL QUALITY OBJECTIVES AND THEIR INDICATORS FOR THE SEA AND COASTAL ZONES OF NORTHWESTERN PACIFIC

Shulkin V.M., Kachur A.N., Kozhenkova S.I.

Pacific Geographical Institute (PGI) FEBRAS, Vladivostok

Based on the analysis of environmental problems in the north-west Pacific, a number of Ecological Quality Objectives were set. The efforts for achieving these Objectives would provide better condition of the marine environment in the region, which is necessary to implement sustainable nature management. Operational tasks, quantitative criteria and indicators for monitoring of current environmental status and achievement of environmental targets are under discussion. Advantages and limitations of approach are analyzed. It was revealed that incompatibility of environmental monitoring methods becomes especially important in the north-west Pacific where there is no unified legislative framework of ecosystem based marine management. In these conditions, regional international cooperation programs like UNEP NOWPAP acquires a specific importance, as it provides the background for the harmonization of national monitoring systems. The variety of natural and socio-economic conditions in the region is a factor complicating the elaboration of unified tools of environmental assessment, but it also emphasizes the necessity to develop better regional cooperation.

Keywords: Ecological Quality Objectives, ecological problems, north-west Pacific, UNEP NOWPAP, indicators of the marine environment quality

Прибрежные зоны морей являются областями концентрации населения и его хозяйственной активности. В них усиливается антропогенная нагрузка на природную среду, добыча морских природных ресурсов, возрастает количество промышленных и бытовых отходов. При этом антропогенное влияние может распространяться за пределы эксклюзивной экономической зоны. Экосистемный подход и объективное наличие трансграничных аспектов во многих экологических проблемах требуют развития регионального сотрудничества и координации.

Подписанный в 1994 г. на межправительственном уровне Китаем, Республикой Корея, Россией и Японией «План действий по защите морской окружающей среды

северо-западной Пацифики» (Action Plan for the protection, management and development of the marine and coastal environment of the Northwest Pacific region – NOWPAP) в рамках программы UNEP «Региональные моря» направлен на устойчивое развитие региона, который включает акватории Японского и Желтого морей и сопредельные наземные территории стран участников (рис. 1).

Целью данного доклада является анализ списка целевых экологических показателей для региона северо-западной Пацифики, разработанный в том числе в ходе работ UNEP NOWPAP. Кроме того, необходимо провести анализ и оценку применимости в регионе северо-западной Пацифики экологических показателей и индикаторов, с

учетом проблем и недостатков, выявленных в ходе реализации сходных программ в других регионах (Vorja et al., 2013).

В результате анализа, проведенного экспертами Китая, Республики Корея, России и Японии в ходе работ по проектам UNEP NOWPAP (State of the marine environment..., 2014), выделены следующие наиболее острые экологические проблемы северо-западной Пацифики: 1) уменьшение биоразнообразия и разрушение местообитаний; 2) рост числа и частоты встречаемости видов-вселенцев, в том числе инвазивных; 3) эвтрофикация морской среды; 4) химическое загрязнение морской воды, донных осадков и гидробионтов; 5) морской мусор.

Соответственно были предложены следующие **экологические целевые показатели**, соответствующие хорошему состоянию морей и прибрежных территорий в северо-западной Пацифике:

- **биологическое разнообразие** сохранено и восстановлено;
- **виды-вселенцы**, появившиеся в результате антропогенной деятельности, встречаются в количестве, не ухудшающем качество экосистем;
- **антропогенная эвтрофикация** предотвращена, включая такие негативные последствия, как потеря биоразнообразия, деградация экосистем, вредоносное цветение водорослей и гипоксия в придонных водах;
- **загрязняющие вещества** не оказывают отрицательного воздействия на компоненты прибрежных и морских экосистем и здоровье населения;
- **морской мусор** не влияет негативно на состояние прибрежных и морских экосистем.

Для достижения основных экологических целевых показателей, которые сформулированы в весьма общем виде, необходимо использовать более конкретные оперативные показатели и критерии, а также систему индикаторов, мониторинг которых позволил бы отслеживать и оценивать прогресс и степень достижения как оперативных, так и основных целевых показателей (Прибрежно-морское природопользование..., 2010).

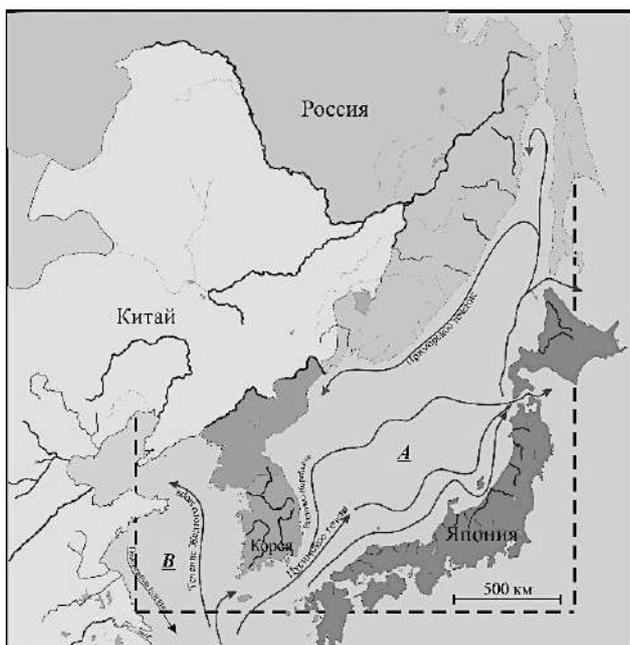


Рис. 1. Схема региона северо-восточной Пацифики, охваченного программой ЮНЕП НОУПАП (UNEP NOWPAP)

Анализ международного опыта (European Commission..., 2010) показал, что практическое использование даже утвержденного списка критериев и индикаторов связан со многими трудностями (Vorja et al., 2013), которые необходимо учесть при разработке показателей и индикаторов для региона северо-западной Пацифики. В частности, не определены принципы интегрирования показателей и критериев по отдельным дескрипторам в общую оценку состояния окружающей среды с целью ответа на основной вопрос – достигнуто или нет «хорошее» состояние морской среды? Следующая принципиальная трудность – обязательность количественной оценки, как отдельных индикаторов, так и интегральных показателей. Это означает, что необходимо иметь или определить исходное (фоновое) состояние, с которым можно сравнить фактическое или потенциальное изменение ситуации. Поэтому определение хорошего состояния среды подразумевает такое состояние, которое было или может быть сопоставлено с антропогенно измененными условиями. Для многих районов, подверженных интенсивному прессу, корректный выбор сравнительного объекта затруднен или субъективен. Третья принципиальная трудность связана с пространственной неоднородностью антропогенной нагрузки, проведением экологических исследований на достаточно локальных участках, и необходимостью экстраполяции полученных оценок на региональный уровень. Кроме прочего, это требует согласованного между странами мониторинга, что должно позволить свести локальные оценки в общую оценку региона и предотвратить появление трансграничных «аномалий» в представлении данных.

Главной особенностью реализации экосистемного подхода для морского природопользования в рамках региона северо-западной Пацифики, является отсутствие законодательной базы для международной интеграции данных по качеству среды. Кроме того, имеются некоторые расхождения в методах мониторинга и используемых стандартов качества среды. Поэтому важным консолидирующим направлением международного сотрудничества в регионе должна стать гармонизация национальных систем мониторинга. Следующей особенностью региона северо-западной Пацифики является высокое разнообразие природно-климатических условий, от субтропических до субполярных, и неравномерность социально-экономического развития стран. Это обуславливает неоднородность количественных характеристик сети мониторинга, что требует учета при оценке пространственных и временных тенденций качества среды в пределах региона. Преодоление трудностей оценки среды, связанных с неравномерностью социально-экономического развития, возможно только путем расширения международного сотрудничества и совместного анализа оценок, получаемых в различных странах.

Нереалистично ожидать, что будет получен полный набор данных, охватывающий все индикаторы и показатели для оценки состояния среды в северо-западной Пацифике, позволяющий построить карты антропогенного воздействия для отображения состояния и воздействий на морские экосистемы. Альтернативой может быть подход, использованный в международной программе по защите Балтийского моря, где состояние экосистемы оценивается только по 3 категориям: уровню эвтрофикации, состоянию биоразнообразия, и уровню загрязнения, которые в

сумме определяют «здоровье» экосистем моря (Ecosystem health..., 2010).

Другой альтернативой является акцент на характеристике антропогенной нагрузки на основе использования открытых данных по хозяйственной деятельности с анализом ее воздействия как на природные, так и на антропогенные системы. В этом случае благополучие морской среды определяется отсутствием антропогенной нагрузки, а не величиной отдельных экологических индикаторов, и может базироваться на использовании данных дистанционного зондирования, существующих баз данных стран региона, результатов исследовательских проектов и моделирования (Borja, Elliott, 2013).

Список литература

Прибрежно-морское природопользование: теория, индикаторы, региональные особенности. Владивосток: Дальнаука, 2010. 308 с.

Borja A., Elliott M. Marine monitoring during an economic crisis: the cure is worse than the disease // *Mar. Pollut. Bull.* 2013. V. 68. P. 1-3.

Borja A., Elliott M., Andersen J.H., et al. Good Environmental Status of marine ecosystems: What is it and how do we know when we have attained it? // *Marine Pollution Bulletin.* 2013. V. 76. P. 16-27.

Ecosystem Health of the Baltic Sea 2003-2007: HELCOM Initial Holistic Assessment // *Baltic Sea Environment Proceedings.* 2010. No. 122. 68 p.

European Commission. Commission Decision of 1 September 2010 on criteria and methodological standards on good environmental status of marine waters // *Official Journal of the European Union.* 2010. L 232. P. 12-24.

State of the Marine Environment Report for the NOWPAP region (SOMER 2). Ed. by V.M. Shulkin, A.N. Kachur. NOWPAP. POMRAC, 2014. 141 p.

Научное издание

**Дальневосточные моря и их бассейны:
биоразнообразие, ресурсы, экологические проблемы**

*Вторая всероссийская конференция с международным участием,
приуроченная к году экологии в России*

Владивосток, 3-4 октября 2017 г.

Сборник материалов

*Технический редактор, компьютерная верстка
и дизайн обложки Цыганков В.Ю.*

Подписано в печать 22.09.2017 г.
Формат 60×84 / 9. Усл. печ. л. 13,49.
Тираж 500 экз. (1-й завод 1-80). Заказ 412.

Дальневосточный федеральный университет
690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

Отпечатано в Дальневосточном федеральном университете
690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8
(Типография Издательства ДВФУ,
690091, г. Владивосток, ул. Пушкинская, 10)