



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет
The Far Eastern State Technical Fisheries University

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Scientific Journal of DALRYBVTUZ Vol. 41

Том

41

Адрес редакции:
Россия, 690087, Владивосток,
ул. Луговая, 526
телефон/факс: (423) 244-11-76
e-mail: nauch-tr@dgtru.ru
сайт: <http://nauch-tr.dgtru.ru>

2017

Научные труды Дальрыбвтуза. 2017. Т. 41

Сборник научных статей
Издается с 1996 г.
Выходит 4 раза в год

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет». Адрес: Россия, 690087, Владивосток, ул. Луговая, 52б; e-mail: nauch-tr@dgtru.ru

Главный редактор – Н.Н. Ковалев, доктор биологических наук

Научный редактор – В.Д. Богданов, доктор технических наук, профессор

Ответственный секретарь – Т.В. Ломакина, начальник редакционно-издательского отдела

Редакционная коллегия:

Т.Н. Пивненко, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

Т.Е. Буторина, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

В.В. Плотников, доктор географических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

Нгуен Ву Тхань, профессор, доктор наук, Департамент нематодологии Института экологии и биологических ресурсов Вьетнамской академии наук и технологий (ВАНТ);

О.Н. Кручинин, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «ТИНРО-Центр»;

О.А. Иванов, доктор биологических наук, зав. лабораторией прикладной биоценологии ФГБНУ «ТИНРО-Центр»;

Ю.А. Кузнецов, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

Чан Яцин, профессор, доктор наук, директор колледжа рыболовства и биологических наук Даляньского океанического университета;

А.Н. Соболенко, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

Б.И. Руднев, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

Г.П. Кича, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»;

Э.Н. Ким, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

В.А. Гроховский, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Мурманский ГТУ»;

С.А. Бредихин, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «МГУПБ»;

Ю.А. Фатыхов, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Калининградский ГТУ»

Технический секретарь – Е.В. Денисова, заместитель начальника научного управления

СОДЕРЖАНИЕ

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ	5
Бессонов Р.С., Галаутдинова А.Р., Дубина В.А. Особенности динамики вод у восточного побережья Приморья.....	5
Горбачева Е.А. Токсикологические исследования донных отложений прибрежных районов Баренцева моря.....	11
Жилин А.Ю., Плотицына Н.Ф., Бондарь А.М. Содержание полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в промысловых рыбах Баренцева моря.....	16
Калашиников Ю.Н. Состояние промысла атлантической скумбрии в Северо-Восточной Атлантике.....	22
Камилов Б.Г., Мирзаев У.Т., Мустафаева З.А. Возраст и рост леща (<i>Abramis brama</i>) Тудакульского водохранилища Узбекистана.....	29
Мухортова А.М., Барышников А.В., Лыжов И.И., Мухин В.А. Биохимические свойства камбал (<i>Pleuronectidae</i>) Баренцева моря: <i>Glyptocephalus cynoglossus</i> , <i>Pleuronectes platessa</i> и <i>Limanda limanda</i>	35
Николаев А.М., Алексеев М.Ю. Сезонная и суточная динамика дрефта беспозвоночных в лососевой р. Кола (Кольский полуостров).....	43
Рыбаков М.О. Динамика запаса и промысла атлантическо-скандинавской сельди в Северо-Восточной Атлантике.....	50
Ткаченко Г.М., Буюн Л.И., Терех-Маевская Э., Осадовский З. Скрининг антимикробной активности этанольного экстракта, выделенного из листьев <i>Ficus hispida</i> l.f. (Moraceae) относительно патогенов рыб.....	56
Ткаченко Г.М., Грудневская Й. Тканеспецифические изменения в содержании окислительно-модифицированных белков в радужной форели (<i>Oncorhynchus mykiss walbaum</i>), дезинфицированной «сiр»-дезинфектантом на основе перуксусной кислоты и перекиси водорода.....	63
Ван Ха Нгуен, Ван Танг Нгуен, Ха Зуй Нго и Ермоленко Алексей. Новая разновидность трематод <i>Bianium tonkinensis</i> n.sp. (Digenea, Leporeadiidae) от каштанового иглобрюха <i>Lagocerphalus lunaris</i> (Блох и Шнейдер, 1801) в Тонкинском заливе Республики Вьетнам.....	69
Динь Ту Нгуен, Тхи Ман Фам, Тхи Суан Фуонг Нгуен, Фу Хоанг Лай, Анн Тен – Тенг and Ву Тхань Нгуен. Мейобентосные сообщества в Мангровых лесах различного типа в биосферном заповеднике Кан Зью, Вьетнам.....	74
ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА	85
Стародубцев П.А., Бакланов Е.Н., Стародубцев Е.П., Мироненко М.В. Помехоустойчивая, широкомасштабная, мультистатическая схема обнаружения возмущений морской среды и её организационные, технологические и технические характеристики.....	85
ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	98
Богданов В.Д., Дементьева Н.В., Симдянкин А.А. Оценка качества и безопасности сухого концентрата трепанга.....	98
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ	105
Холдобо М.О., Угрюмова С.Д. Оценка надежности линии приготовления корма для дальневосточного трепанга.....	105

CONTENTS

ICHTHYOLOGY. ECOLOGY	5
<i>Bessonov R.S., Galautdinova A.R., Dubina V.A.</i> Features of the water dynamics near eastern Primorye coast	5
<i>Gorbacheva E.A.</i> Toxicological study of bottom sediments in the coastal areas of the Barents sea	11
<i>Zhilin A.Yu., Plotitsyna N.F., Bondar A.M.</i> The content of polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) in commercial fishes of the Barents sea	16
<i>Kalashnikov Y.N.</i> State of atlantic mackerel fishery in North-East Atlantic	22
<i>Kamilov B.G., Mirzayev U.T., Mustafaeva Z.A.</i> Age and growth of bream (<i>Abramis brama linnaeus</i>) in Tudakul reservoir of Uzbekistan	29
<i>Mukhortova A.M., Baryshnikov A.V., Lyzhov I.I., Mukhin V.A.</i> Biochemical properties of Barents sea's flounders (<i>Pleuronectidae</i>): <i>Glyptocephalus cynoglossus</i> , <i>Pleuronectes platessa</i> and <i>Limanda limanda</i>	35
<i>Nikolaev A.M., Alekseev M.Yu.</i> Seasonal and daily drift dynamics of invertebrates in the salmon Kola river (the Kola peninsula)	43
<i>Rybakov M.O.</i> Dynamics of atlanto-scandian herring stock and fishery in the North-East Atlantic	50
<i>Tkachenko Halyna, Buyun Lyudmyla, Terech-Majewska Elzbieta, Osadowski Zbigniew.</i> Screening for antimicrobial activities of the ethanolic extract derived from <i>Ficus hispida</i> l.f. leaves (<i>Moraceae</i>) against fish pathogens	56
<i>Tkachenko Halyna, Grudniewska Joanna.</i> Tissue-specific responses of protein oxidative destruction in rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> walbaum) exposed to disinfectant "cip" formulated with peracetic acid and hydrogen peroxide	63
<i>Nguyen Van Ha, Nguyen Van Tang, HA Duy Ngo and Ermolenko Aleksei.</i> A new trematode species <i>Bianium tonkinensis</i> n. sp. (<i>Digenea, Lepocreadiidae</i>), from headrabbit puffer <i>Lagocephalus lunaris</i> (Bloch & Schneider, 1801) in the gulf of Tonkin, Vietnam	69
<i>Dinh Tu Nguyen, Thi Man Pham, Thi Xuan Phuong Nguyen, Phu Hoang Lai, Ann Chen – Cheng and Vu Thanh Nguyen.</i> Meiobenthos communities for different Mangrove types in Can Gio biosphere reserve, Vietnam	74
INDUSTRIAL FISHERIES. ACOUSTICS	85
<i>Starodubtcev P.A., Baklanov E.N., Starodubtcev E.P., Mironenko M.V.</i> Resistant to interference, large-scale, multi-static scheme of detecting perturbations of the marine environment and its organizational, technological and technical characteristics	85
TECHNOLOGY AND QUALITY CONTROL OF FOOD PRODUCTS	988
<i>Bogdanov V.D., Dementeva N.V., Simdyankin A.A.</i> Assessment of the quality and safety of dry concentrate of sea cucumber	988
TECHNOLOGICAL AND TRANSPORTATION EQUIPMENT OF FISHERIES	105
<i>Kholdobo M.O., Ugrymova C.D.</i> Assessment of the reliability of the line for preparation of the food for the far eastern trepang	105

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

УДК 551.465; 528.88

Р.С. Бессонов¹, А.Р. Галаутдинова¹, В.А. Дубина^{1,2}

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 43

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ВОД У ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ПРИМОРЬЯ

Создан архив спутниковых изображений северо-западной части Японского моря. На основе совместного анализа спутниковых видимых и инфракрасных снимков и подспутниковых наблюдений исследованы особенности динамики вод у восточного побережья Приморья.

Ключевые слова: Японское море, побережье Приморья, поверхностные течения, Приморское течение, мезомасштабные вихри, внутренние волны, спутники серии Landsat, спектрорадиометр MODIS.

R.S. Bessonov, A.R. Galautdinova, V.A. Dubina

FEATURES OF THE WATER DYNAMICS NEAR EASTERN PRIMORYE COAST

Archive of the satellite images of the northwest part Japan/East Sea is created. Features of the water dynamics near eastern Primorye coast are revealed on base of the joint analysis satellite visible and infrared images and supplementary information.

Key words: Japan/East Sea, Primorye coast, surface current, submesoscale eddies, internal waves, Landsat satellites, spectroradiometr MODIS.

Введение

Побережье Приморского края севернее мыса Поворотного содержит значительный потенциал марикультуры. Расчёты специалистов ИБМ ДВО РАН, основанные на экологически безопасной марикультурной стратегии развития, т.е. с учётом необходимой ротации участков и коэффициента использования акватории, показывают, что на северном шельфе Приморья можно разместить в свободных от заповедников и портах местах более 2000 км² плантаций (http://pacificinfo.ru/data/cdrom/11/html/8_4_3_5.html). Расчётная урожайность этих морских угодий составляет 346 тыс. т в год. Развитие объектов марикультуры с точки зрения рационального природопользования диктует необходимость создания среды обитания, в которой объёмы биологической продукции увеличиваются при сохранении условий среды обитания. Оценка и снижение возможных экологических рисков основаны на знании абиотических факторов, определяющих состояние и функционирование морских экосистем. Пространственно-временная изменчивость лимитирующих факторов среды в значительной степени определяется трёхмерным полем течений, от которых зависит интенсивность горизонтального и вертикального перемешивания, перенос тепла, биогенных элементов, растворённого кислорода и пр. Цель работы заключалась в исследовании по спутниковым данным разномасштабных особенностей динамики вод над шельфом и материковым склоном Приморья, на участке побережья, примерно, от зал. Ольги до мыса Сосунова.

Объекты и методы исследования

Район исследования находится под влиянием холодного Приморского течения [1]. Течение следует вдоль кромки шельфа на расстоянии 10–15 миль от берега и имеет максимум скорости на горизонте около 100 м (ниже слоя скачка плотности, расположенного на глубине 25–50 м) [2]. Из-за муссонов скорость течения возрастает зимой и ослабевает летом. Максимальные скорости на поверхности – 0,5–0,65 м/с – наблюдались у мыса Поворотного и на траверзе зал. Владимира в октябре–ноябре. Летом и осенью на поверхности Приморское течение может вообще не наблюдаться [2]. Результаты наблюдений свидетельствуют о том, что летом (май–сентябрь) на участке шельфа к северу от мыса Поворотного до 46 °с.ш. могут развиваться поверхностные течения с северной составляющей, направленные в сторону Татарского пролива. Скорости течений достигают 0,1–0,2 м/с на горизонте 25 м. Напротив, зимой (октябрь–апрель) на всём отмеченном участке шельфа наблюдается чётко выраженный перенос вод на юг вдоль берега Приморья со скоростью 0,1–0,2 м/с [2].

Несмотря на то, что Приморское течение является наряду с Цусимским одним из наиболее устойчивых элементов циркуляции Японского моря, ещё в 1950 г. было установлено, что горизонтальная структура этого потока имеет турбулентный характер [2]. Между основным потоком и берегом обнаружены большие и малые вихри, преимущественно антициклоны. На инфракрасных (ИК) спутниковых изображениях в отдельные годы у побережья Приморья с августа по октябрь наблюдается цепочка взаимосвязанных антициклонических образований синоптического масштаба [3]. В цепочке отмечено от двух до семи вихрей диаметром 30–80 км, вплотную прижатых к берегу и друг другу. Центры антициклонов находятся между изобатами 200–300 м. Наблюдались ситуации, когда вихри «расходились», отходя от береговой черты на расстояние около 10 км. Вихри существуют от нескольких суток до двух месяцев, смещаясь на юго-запад со скоростью 0,1–0,2 м/с [3].

Для исследования динамики вод у восточного побережья Приморья был сформирован архив, состоящий из результатов измерений в видимом и инфракрасном диапазонах электромагнитного спектра радиометров AVHRR спутников серии NOAA (1990–2016 гг., пространственное разрешение 1,1 км), спектрорадиометров MODIS, установленных на спутниках Aqua и Terra (2002–2016 г.г., пространственное разрешение 250 м в видимом и 1 км в ИК-диапазонах, тематических картографов TM и ETM+, установленных на спутниках Landsat-5, Landsat-7 (1986–2015 гг., разрешение 15, 30 и 60 м), а также приборов видимого (OLI) и ИК (TIRS)-диапазонов, установленных на спутнике Landsat-8. Данные с последнего спутника поступают с 2013 г. и имеют разрешение 15, 30 и 100 метров на пиксель. В анализе использовались три смежных фрейма спутников серии Landsat, внешние границы которых показаны на рис. 1 белым прямоугольником.

Съёмки с двух спутников Landsat позволяют анализировать динамику прибрежных вод с временным периодом 8 сут. Ширина полосы обзора спектрорадиометра MODIS превышает 2300 км, что позволяет каждый день получать с разницей во времени примерно в 100 или 200 мин два изображения в истинных цветах с пространственным разрешением 250 x 250 м, целиком захватывающих район исследования. При наличии дрейфующего льда, контрастов цветности или температуры поверхности моря (ТПО) пара изображений позволяет методом маркеров восстановить скорости поверхностных течений.

Результаты и их обсуждение

Чаще всего на спутниковых изображениях у побережья Приморья наблюдается прибрежное течение, которое ошибочно принимают за Приморское. Как было отмечено выше, Приморское течение следует на расстоянии 20–30 км от берега, максимум его скорости находится на глубине примерно 100 м. На ИК-изображениях это течение иногда проявляется в виде слабой температурной аномалии, вытянутой вдоль материкового склона у восточного

берега Приморья или вдоль границы зал. Петра Великого (рис. 1). А вплотную к берегу наблюдаются распрессенные речным стоком прибрежные воды, создающие градиент плотности, который становится причиной формирования плотностного течения, направленного на юг со скоростью $\sim 0,1$ м/с [4]. Воды этого течения шириной 10–20 км при слабых и умеренных ветрах и при теплом типе термической структуры вод северо-западной части Японского моря доходят до зал. Петра Великого [5]. Чаще всего прибрежное течение наблюдается в поле температуры воды в зависимости от сезона то более тёплым, то более холодным по сравнению с водами открытого моря. После интенсивных дождей его хорошо видно в видимом диапазоне. На рис. 1 приведено видимое изображение спектро радиометра MODIS, полученное со спутника Terra 20 сентября 2012 г. На изображении виден ливневой сток рек Приморского края после выхода 17–18 сентября тайфуна Sanba, в результате чего за сутки выпало более 100 мм осадков. Сток всех рек направлен вдоль берега на юг в полосе примерно 15–30 км. Если у побережья Приморья находится цепочка взаимосвязанных антициклонических вихрей, то речной сток затягивается в их циркуляции и приобретает причудливые очертания, как, например, на изображениях MODIS и Landsat за соответственно 6 и 7 сентября 2002 г. (не показаны).

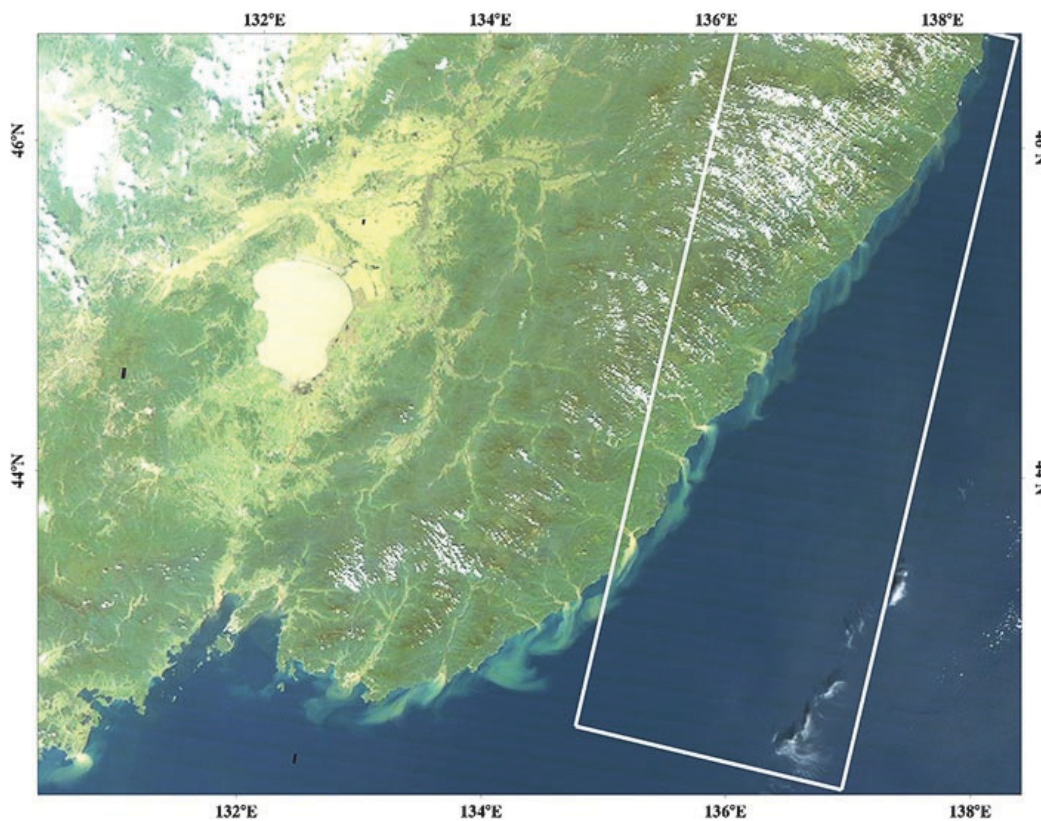


Рис. 1. Видимое изображение спектро радиометра MODIS, полученное со спутника Terra 20 сентября 2012 г. Белый прямоугольник показывает внешние границы смежных фреймов спутников серии Landsat, которые использовались в исследовании

Fig. 1. Visible image of spectroradiometer MODIS received from Terra satellite on 20 September 2012. White rectangle shows external borders of adjacent Landsat frames used in investigation

На рис. 2 показано инфракрасное изображение, принятое со спутника Landsat-8 28 августа 2013 г. В видимом диапазоне наблюдался только сток р. Кема, направленный вдоль берега на юго-запад. На ИК-изображении хорошо прослеживается более холодное, чем воды открытой части моря, прибрежное течение шириной 10–15 км. На границе потока, вероятно, существует бароклинная неустойчивость, в результате которой возникают меандры и спи-

ральные циклонические вихри *E* диаметром 7–8 км. В северной части района, где более тёплые трансформированные субтропические воды затягиваются вдоль прибрежного течения, образовался более крупный циклонический вихрь *C*, в котором наблюдается подъём холодных глубинных вод. На юге изображение захватило два спиральных антициклонических вихря *A* с горизонтальными размерами 50 и 100 км.

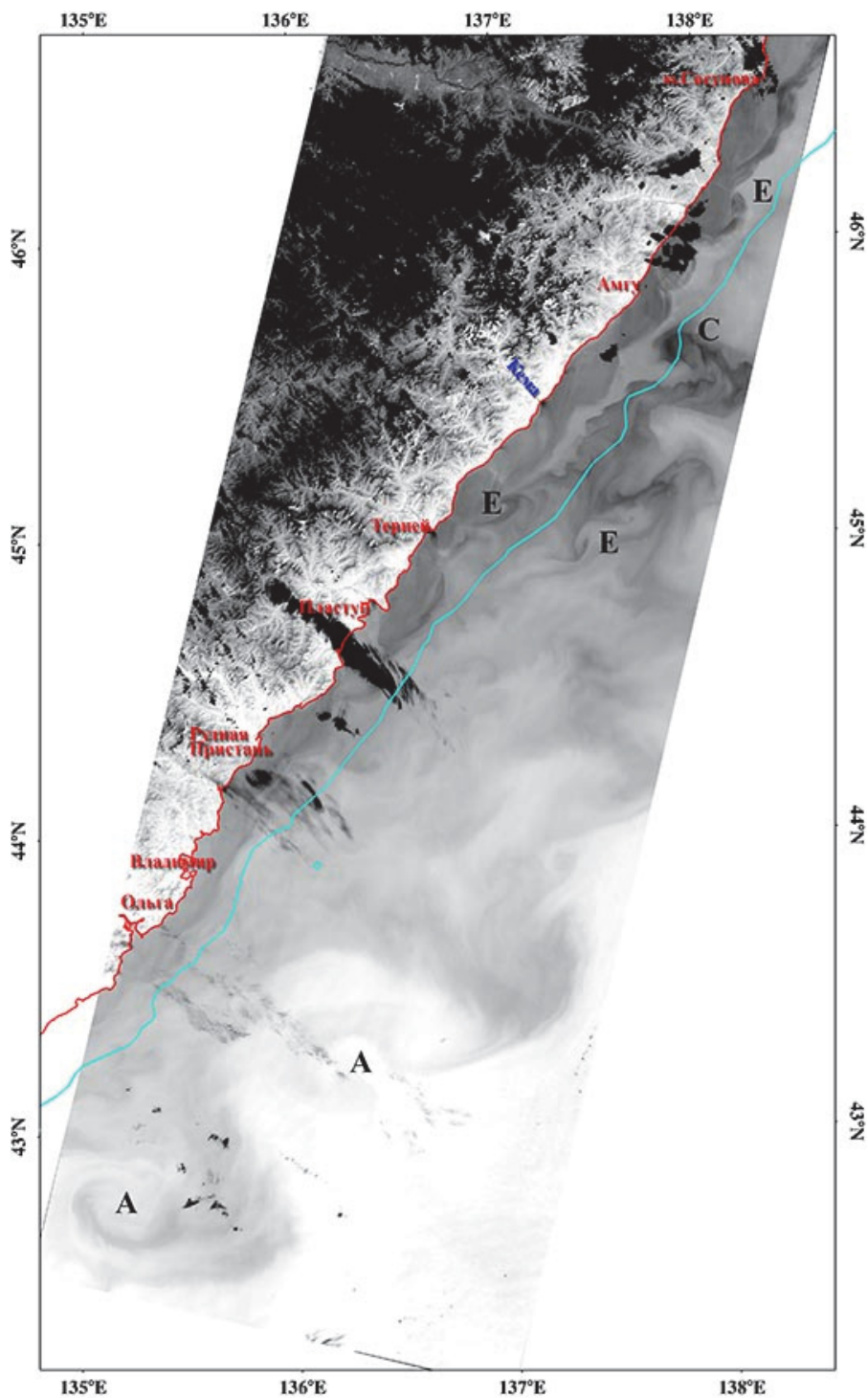


Рис. 2. Инфракрасное изображение со спутника Landsat-8 за 28 августа 2013 г. Буквенные обозначения поясняются в тексте

Fig. 2. Infrared Landsat-8 image obtained on 28 August 2013. Lettering are explained in text

Интересной особенностью динамики вод у восточного побережья Приморья являются внутренние гравитационные волны (ВВ). На видимых изображениях спутников Landsat поверхностные проявления ВВ в районе исследования регистрируются с мая по ноябрь. Они перемещаются в основном к берегу – перпендикулярно шельфу, в южных и северных направлениях. На рис. 3 представлен фрагмент видимого изображения со спутника Landsat-8 за 28 августа 2013 г. На рисунке видны пакеты внутренних волн, смещающихся к берегу (*W1* и *W2*) и вдоль шельфа на северо-восток (*W3*). Расстояние между солитонами в пакете *W1* составляет примерно 5 км, а ширина их гребней – порядка 250 м. Волны в пакете *W3* сильно нелинейны: расстояние между лидирующими солитонами примерно 500 м, а между хвостовыми – 100 м.

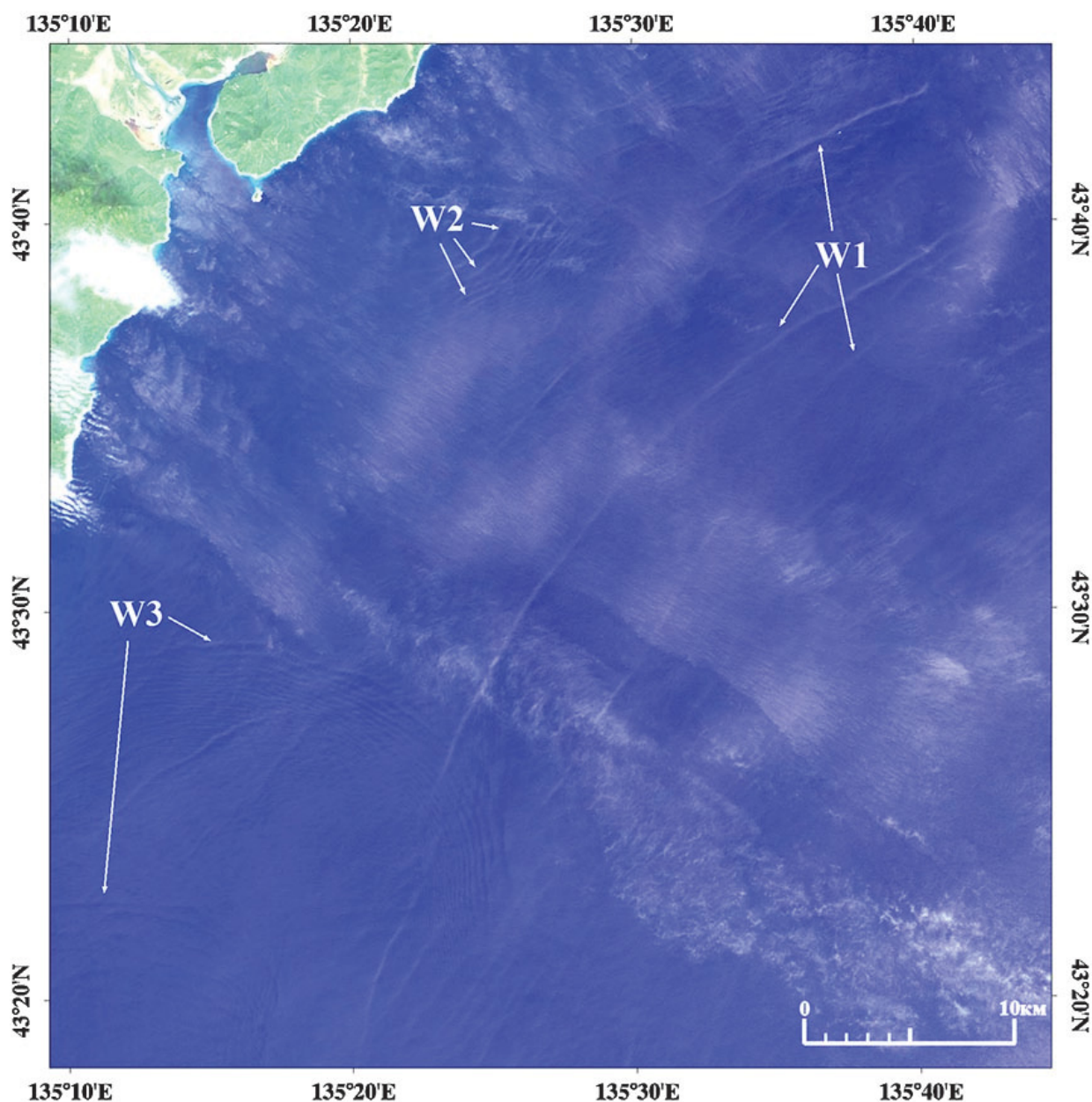


Рис. 3. Фрагмент видимого изображения со спутника Landsat-8 за 28 августа 2013 г. Показаны поверхностные проявления разномасштабных внутренних волн

Fig. 3. Fragment of the visible Landsat-8 image acquired on 28 August 2013. Surface manifestations of the different-scale internal waves are shown

Заключение

На основе созданного архива спутниковых изображений высокого и среднего пространственного разрешения исследованы особенности динамики вод у восточного побережья Приморского края. Проведённый анализ свидетельствует о том, что на этом участке япономорского шельфа существуют процессы и механизмы, которые определяют перенос энергии и вещества вдоль шельфа, к берегу, от берега и по сложным вихревым траекториям. Поскольку в прибрежных водах Северного Приморья в настоящее время развивается транспортировка сырой нефти и нефтепродуктов, при возникновении чрезвычайных ситуаций и планировании мероприятий по ликвидации нефтяных разливов необходимо учитывать возможное влияние мезомасштабных процессов.

В процессе строительства и развития объектов марикультуры на шельфе Приморья необходимо принимать во внимание существование здесь интенсивных внутренних волн. Внутренняя волна генерирует поле вертикальных и горизонтальных течений, скорости которых превышают скорости фоновых потоков. ВВ вызывают вертикальные смещения пикноклина на десятки метров. При этом происходит разнонаправленный вертикальный транспорт растворённого органического вещества, фито- и зоопланктона, происходят колебания толщины фотического слоя. При выходе на мелководье внутренние волны разрушаются, что приводит к интенсивному вертикальному перемешиванию, которое способствует подъёму биогенных элементов со дна в слой фотосинтеза.

Список литературы

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т.VIII. Японское море. Вып.1. Гидрометеорологические условия / под ред. А.С. Васильева, Ф.С. Терзиева, А.Н. Косарева. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2003. – 398 с.
2. Юрасов, Г.И. Течения Японского моря / Г.И. Юрасов, В.Г. Яричин. – Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1991. – 174 с.
3. Пономарев, В.И. Синоптическая вихревая динамика над северо-западным материковым склоном и шельфом Японского моря (моделирование и результаты дистанционных наблюдений) / В.И. Пономарев, П.А. Файман, В.А. Дубина, С.Ю. Ладыченко, В.Б. Лобанов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8, № 2. – С. 100–104.
4. Боуден К. Физическая океанография прибрежных вод / К. Боуден. – М.: Мир, 1988. – 324 с.
5. Дубина В.А., Митник Л.М., Катин И.О. Особенности циркуляции вод залива Петра Великого на основе спутниковых мультисенсорных данных / В.А. Дубина, Л.М. Митник, И.О. Катин // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря / гл. ред. В.А. Акуличев. – М.: ГЕОС, 2008. – С. 82–96.

Сведения об авторах: Бессонов Роман Сергеевич, студент 3-го курса по направлению экология и природопользование, e-mail: @mail.ru;

Галаутдинова Анна Рафиковна, студентка 3-го курса по направлению экология и природопользование, e-mail: shalnoy.angelok@mail.ru;

Дубина Вячеслав Анатольевич, кандидат географических наук, доцент, e-mail: vdubina@mail.ru.

УДК 628.394.6:59 (268.45)

Е.А. Горбачева

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства
и океанографии им. Н.М. Книповича,
183038, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

*Методом биотестирования исследована токсичность вытяжек из донных отложений, отобранных вблизи акваферм в губах Печенга и Ура и в прибрежной зоне на участке от губы Ура до о. Кильдин. В качестве тест-объектов использованы культура морской одноклеточной водоросли *Phaeodactylum tricorutum* и личинки солоноватоводного жаброногого рачка *Artemia salina*. Показано, что донные отложения вблизи акваферм нетоксичны для тест-объектов. Слабой токсичностью для личинок *A. salina* характеризовались лишь донные отложения, отобранные на выходе из губы Ура (у мыса Медвежий) и по обе стороны от устья Кольского залива (на траверзе мыса Поганьяна-волок и напротив мыса Черного).*

Ключевые слова: токсикологические исследования, донные отложения, прибрежные районы.

E.A. Gorbacheva

TOXICOLOGICAL STUDY OF BOTTOM SEDIMENTS IN THE COASTAL AREAS OF THE BARENTS SEA

*Biological testing method was used to study the toxicity of the bottom sediments taken near the fish farms in the Pechenga and Ura Bays and in the coastal zone from the Ura Bay to the Kildin Island. Microalgae *Phaeodactylum tricorutum* and larvae of shrimp *Artemia salina* were applied as the test organisms. It was shown that near the fish farms bottom sediments were not toxic. Only the bottom sediments collected in the mouth of the Ura Bay (near the Bear Island) and on the both sides of the Kola Fjord mouth (on the beam of the Pogan'navolok Cape and on the opposite side of the Cherny Cape) were slightly toxic for *A. salina*.*

Key words: toxicological studies, bottom sediments, coastal areas.

Прибрежные морские районы приносят наибольшую экономическую пользу человеку и вместе с тем подвергаются значительному антропогенному воздействию. Они, как правило, характеризуются более высокими уровнями загрязнения, чем открытые акватории.

Аккумуляция и активная трансформация загрязняющих веществ, поступающих в водоемы, происходит в донных отложениях. Многочисленные исследования показывают, что коэффициенты накопления некоторых металлов и высокомолекулярных органических соединений в донных осадках во много раз больше, чем в водной толще и морских организмах [1]. Исследование донных отложений позволяет проследить долговременные тенденции в распространении токсикантов.

При изучении степени загрязненности морской среды используются как химические, так и биологические методы. С помощью химического анализа определяют содержание отдельных загрязняющих веществ в воде или донных отложениях. При применении биологических подходов исследуется влияние всех поллютантов, накопленных в среде, на гидробионты. Так, биотестирование, характеризуя качество среды по такому показателю, как токсичность, позволяет дать интегрированную оценку качества среды, учитывающую

присутствие в среде всего комплекса загрязняющих веществ и их синергические и антагонистические взаимодействия.

Целью наших исследований являлась оценка токсичности донных отложений в губах Печенга (Варангер-фьорд) и Ура (Мотовский залив) и в прибрежной зоне от губы Ура до о. Кильдин методом биотестирования. В губах Печенга и Ура изучались донные отложения районов, прилегающих к участкам размещения акваферм, выращивающих атлантического лосося. В прибрежной акватории от губы Ура до о. Кильдин исследования проводились у мыса Медвежий, на траверзе мыса Поганьяволок, напротив мыса Черного и мыса Топоркова Пахта, а также в Кильдинском проливе.

Пробы донных отложений были отобраны в рейсах научно-исследовательских судов в Баренцевом море в 2013–2015 гг. (рис. 1). Отбор проб производился дночерпателем Ван Вина с площадью захвата 0,1 м². Донные отложения замораживали до минус 18 °С и хранили до начала тестирования не более 2 месяцев.

Биотестированию подвергались водные вытяжки донных отложений. При получении вытяжек каждую пробу донных отложений смешивали с водой из условно чистого района моря в объемном соотношении 1 : 4 и встряхивали в течение 2 ч. После смешивания суспензии давали отстояться 1 ч. Полученную надосадочную жидкость сливали и центрифугировали в течение 10 мин при скорости 4000 об/мин.

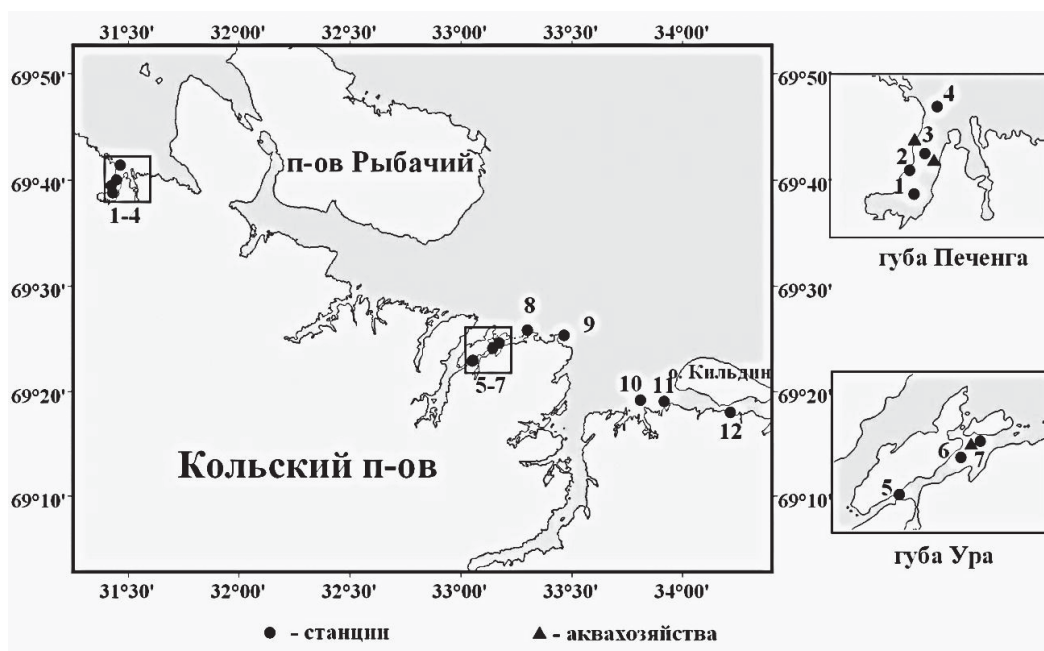


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб донных отложений
 Fig. 1. Map-scheme of location of sampling stations of bottom sediments

В качестве тест-объектов использовали морскую одноклеточную водоросль *Phaeodactylum tricornerutum* и личинок солоноватоводного жаброногого рачка *Artemia salina*. Тест-параметрами являлись изменение численности клеток водоросли и выживаемость личинок. При постановке экспериментов на водоросли *Ph. tricornerutum* руководствовались ГОСТ Р 53910-2010 [2], на личинках *A. salina* – ГОСТ Р 53886-2010 [3].

Температура при проведении экспериментов – 18–20 °С. Длительность опытов – 96 ч. Результаты обрабатывали методами вариационной статистики: рассчитывали среднее арифметическое и стандартное отклонение.

Вытяжку донных отложений считали нетоксичной для *Ph. tricornutum*, если в конце эксперимента численность клеток водоросли в ней составляла $\geq 90\%$, слаботоксичной – 89-65 %, среднетоксичной – 64-50 %, высокотоксичной – 49-0 % от контроля. Для личинок *A. salina* вытяжка донных отложений являлась нетоксичной при выживаемости рачков в конце опыта 100-90 %, слаботоксичной – 89-65 %, среднетоксичной – 64-50 %, высокотоксичной – 49-0 %.

Донные отложения в губе Печенга (ст. 1-4) были представлены серыми илами (таблица). Воздействие вытяжек донных отложений губы Печенга вызывало стимуляцию роста культуры водоросли *Ph. tricornutum* (рис. 2). Наиболее высокую численность клеток водоросли отмечали во второй половине эксперимента в вытяжках донных отложений ст. 2 и 3, располагавшихся на наименьшем расстоянии от садков аквафермы. Максимальное количество клеток *Ph. tricornutum*, зарегистрированное в вытяжке донных отложений ст. 2, составляло 330 %, ст. 3 – 350 % по сравнению с контролем. В вытяжках донных отложений ст. 1 и 4 численность клеток водоросли в течение эксперимента не превышала 185 % по сравнению с контролем. Выживаемость личинок *A. salina* во всех вытяжках донных отложений губы Печенга сохранялась на уровне, близком к контрольному – 97-100 % (рис. 3).

В губе Ура (ст. 5-7) исследованные донные отложения были отнесены к серым илам (таблица). Во всех вытяжках донных отложений регистрировали стимуляцию роста водоросли *Ph. tricornutum* (рис. 2). Численность клеток *Ph. tricornutum* в вытяжках возрастала в течение экспозиции не более чем до 160–180 % по сравнению с контролем. Негативное воздействие на личинок *A. salina* в вытяжках донных отложений губы Ура не прослеживалось. Выживаемость рачков до конца экспозиции существенно не отличалась от контрольного уровня и составляла 98 % (рис. 3).

Характеристика донных отложений Characteristics of bottom sediments

Номер станции	Тип донных отложений	Номер станции	Тип донных отложений
1	Серый ил	7	Серый ил
2	Серый ил	8	Песок
3	Серый ил	9	Песок
4	Серый ил	10	Глина
5	Серый ил	11	Илистый песок
6	Серый ил	12	Песок

Среди проб донных отложений, отобранных в прибрежной зоне от губы Ура до о. Кильдин (ст. 7–12), отмечены пески, глина и илистый песок (см. таблицу). Вытяжки, полученные из этих проб донных отложений, оказывали только стимулирующее воздействие на рост культуры *Ph. tricornutum*. Количество клеток водоросли в них превосходило уровень контроля в течение всей экспозиции (рис. 2). Максимальная численность *Ph. tricornutum*, зарегистрированная в вытяжках донных отложений ст. 7–12, достигала 150–180 % по сравнению с контролем. Для личинок *A. salina* слаботоксичными оказались вытяжки донных отложений, отобранных у мыса Медвежий (ст. 8), на траверзе мыса Поганьяволоок (ст. 9) и напротив мыса Черного (ст. 10). Выживаемость личинок в вытяжках донных отложений ст. 8 и 10 составляла 72 %, ст. 9 – 65 % (рис. 2). В вытяжках донных отложений, отобранных напротив мыса Топоркова Пахта (ст. 11) и в Кильдинском проливе (ст. 12), выживаемость рачков достигала 100 и 90 % соответственно, и их можно считать нетоксичными для личинок *A. salina*.

Результаты проведенных экспериментов показали отсутствие токсичных донных отложений вблизи акваферм в губах Печенга и Ура. Токсичные донные отложения были обнаружены только на участке побережья от губы Ура до о. Кильдин. Так, слаботоксичные для личинок *A. salina* вытяжки были получены из донных отложений, отобранных на выходе из гу-

бы Ура (у мыса Медвежий) и по обе стороны от устья Кольского залива (на траверзе мыса Поганьяволоок и напротив мыса Черного). Загрязняющие вещества поступают в эти районы вместе с водами Норвежского Прибрежного течения и с объектов инфраструктуры, расположенных на побережье (в том числе и через Кольский залив со стоками Мурманского промышленного узла). Кроме того, участок побережья от губы Ура до о. Кильдин является зоной активного судоходства, и источниками загрязнения здесь могли являться также сбросы с транспортных, военных и рыбопромысловых судов.

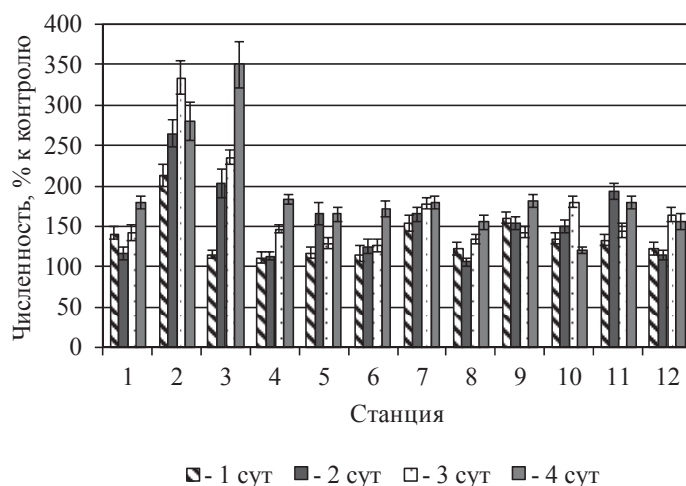


Рис. 2. Динамика численности водоросли *Ph. tricornutum* в вытяжках донных отложений прибрежных районов Баренцева моря (среднее ± станд. откл.)
 Fig. 2. Dynamics of algae *Ph. Tricornutum* in extracts of bottom sediments Coastal areas of the Barents Sea (mean ± standard deviation)

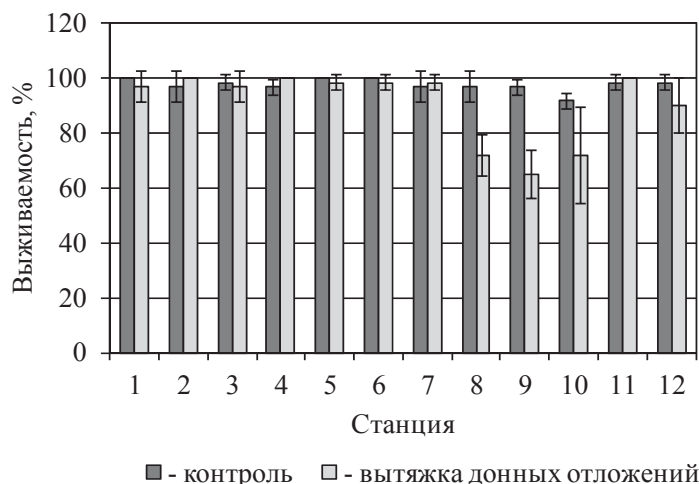


Рис. 3. Выживаемость личинок *A. salina* в вытяжках донных отложений прибрежных районов Баренцева моря (среднее ± станд. откл.)
 Fig. 3. Survival of *A. salina* larvae in extracts of sediments Coastal areas of the Barents Sea (mean ± standard deviation)

Следует отметить, что все исследованные вытяжки донных отложений оказывали стимулирующее воздействие на рост культуры одноклеточной водоросли *Ph. tricornutum*. Стимуляция деления клеток водоросли, вероятно, вызвана обогащением вытяжек соединениями

азота и фосфора. Известно, что в донных отложениях происходит регенерация и накопление биогенных элементов, и повышенное их содержание в вытяжках может наблюдаться и в отсутствие загрязнения. Причем стимуляция роста водорослей проявляется даже на фоне присутствия токсикантов [4]. Вместе с тем нельзя исключить, что причиной стимуляции роста микроводорослей в некоторых вытяжках может быть воздействие низких концентраций загрязняющих веществ. Так, например, тяжелые металлы и нефтепродукты в малых концентрациях положительно влияют на фотосинтез и увеличивают скорость деления клеток водорослей [5, 6, 7].

Известно, что более высокий уровень накопления поллютантов характерен для тонкозернистых богатых органическим веществом донных отложений. Анализ полученных результатов показал, что токсичность вытяжек для личинок *A. salina* и степень стимуляции в них роста водоросли *Ph. tricorutum* не зависели от гранулометрического состава донных отложений, из которых они были получены. Так, например, токсичными для рачков оказались как вытяжки из песка, так и из глины. Уровень стимуляции роста водоросли в вытяжках из серого ила, глины, илистого песка и песка зачастую был сходен.

Более высокий уровень стимуляции роста *Ph. tricorutum*, зарегистрированный в вытяжках из проб, отобранных вблизи аквафермы в губе Печенга, может быть обусловлен дополнительным поступлением в донные отложения биогенных элементов вместе с отходами садковых хозяйств. В губе Печенга более 10 лет функционирует акваферма, специализирующаяся на выращивании атлантического лосося. В губе Палкина, где форелевое хозяйство к моменту отбора проб существовало менее года, стимуляция размножения клеток *Ph. tricorutum* в вытяжках была меньше и приближалась к уровню, отмеченному при исследованиях донных отложений, отобранных на участке от губы Ура до о. Кильдин.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что донные отложения в районах акваферм в губах Печенга и Ура нетоксичны для тест-объектов. Слабой токсичностью для личинок *A. salina* характеризовались лишь донные отложения, отобранные на выходе из губы Ура (у мыса Медвежий) и по обе стороны от устья Кольского залива (на траверзе мыса Поганьнаволоок и напротив мыса Черного), что может свидетельствовать о более высоком уровне загрязнения этих районов побережья.

Список литературы

1. Израэль, Ю.А. Антропогенная экология океана / Ю.А. Израэль, А.В. Цыбань. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 527 с.
2. ГОСТ Р 53910-2010. Вода. Методы определения токсичности по замедлению роста морских одноклеточных водорослей *Phaeodactylum tricorutum* Bohlin и *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve. – М.: Изд-во «Стандартинформ», 2010. – 41 с.
3. ГОСТ Р 53886-2010. Вода. Методы определения токсичности по выживаемости морских ракообразных. – М.: Изд-во «Стандартинформ», 2010. – 35 с.
4. Олькова, А.С. Биотестирование в научно-исследовательской и природоохранной практике России / А.С. Олькова // Успехи современной биологии. – 2014. – Т. 43, № 6. – С. 614–622.
5. Патин, С.А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана / С.А. Патин. – М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 303 с.
6. Проблемы химического загрязнения Мирового океана. Т. 5. Эколого-токсикологические аспекты загрязнения морской среды / под. ред. С.А. Патина. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 115 с.
7. Филенко, О.В. Некоторые закономерности действия химических веществ на водные организмы: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / О.В. Филенко. – М., 1990. – 36 с.

Сведения об авторе: Горбачева Елена Анатольевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории прикладной экологии и токсикологии, e-mail: gorbach@pinro.ru.

УДК 597-1.05:665.6(268.45)

А. Ю. Жилин, Н. Ф. Плотицына, А. М. Бондарь

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства
и океанографии им. Н.М. Книповича,
183038, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6

СОДЕРЖАНИЕ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ (ПАУ) В ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

*Исследованы уровни содержания 19 ПАУ в рыбах Баренцева моря, выловленных в различных промысловых районах. Всего проанализировано 146 проб (73 пробы мышц и 73 пробы печени) атлантической трески (*Gadus morhua*), пикши (*Melanogrammus aeglefinus*), сайды (*Pollachius virens*), камбалы-ерша (*Hippoglossoides platessoides*), морской камбалы (*Pleuronectes platessa*), синей зубатки (*Anarhichas denticulatus*), полосатой зубатки (*Anarhichas lupus*), пятнистой зубатки (*Anarhichas minor*), золотистого окуня (*Sebastes marinus*), окуня-клювача (*Sebastes mentella*) и черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*).*

Полученные результаты подтверждают незначительный уровень загрязнения мышц и печени промысловых рыб Баренцева моря ПАУ, в том числе проявляющими канцерогенную активность. Оценить опасность накопления в рыбах ПАУ при употреблении в пищу не представляется возможным из-за отсутствия российских нормативных документов по содержанию этих соединений в сырой рыбе.

Ключевые слова: полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), рыбы Баренцева моря.

A.Yu. Zhilin, N.F. Plotitsyna, A.M. Bondar

THE CONTENT OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHS) IN COMMERCIAL FISHES OF THE BARENTS SEA

*Investigated the levels of 19 PAHs in the Barents Sea fish caught in different fishing areas. In total, we analyzed 146 samples (73 samples of the muscle and 73 samples of the liver) Atlantic cod (*Gadus morhua*), haddock (*Melanogrammus aeglefinus*), saithe (*Pollachius virens*), American plaice (*Hippoglossoides platessoides*), sea plaice (*Pleuronectes platessa*), jelly wolffish (*Anarhichas denticulatus*), Atlantic wolffish (*Anarhichas lupus*), spotted wolffish (*Anarhichas minor*), golden redfish (*Sebastes marinus*), beaked redfish (*Sebastes mentella*) and Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). The obtained results confirm the negligible level of contamination of muscle and liver of commercial fish of the Barents Sea PAHs, including exhibiting carcinogenic activity. To assess the risk of accumulation in fish of PAH when eating is not possible due to the lack of Russian regulations on the content of these compounds in raw fish.*

Key words: polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), fish in the Barents Sea.

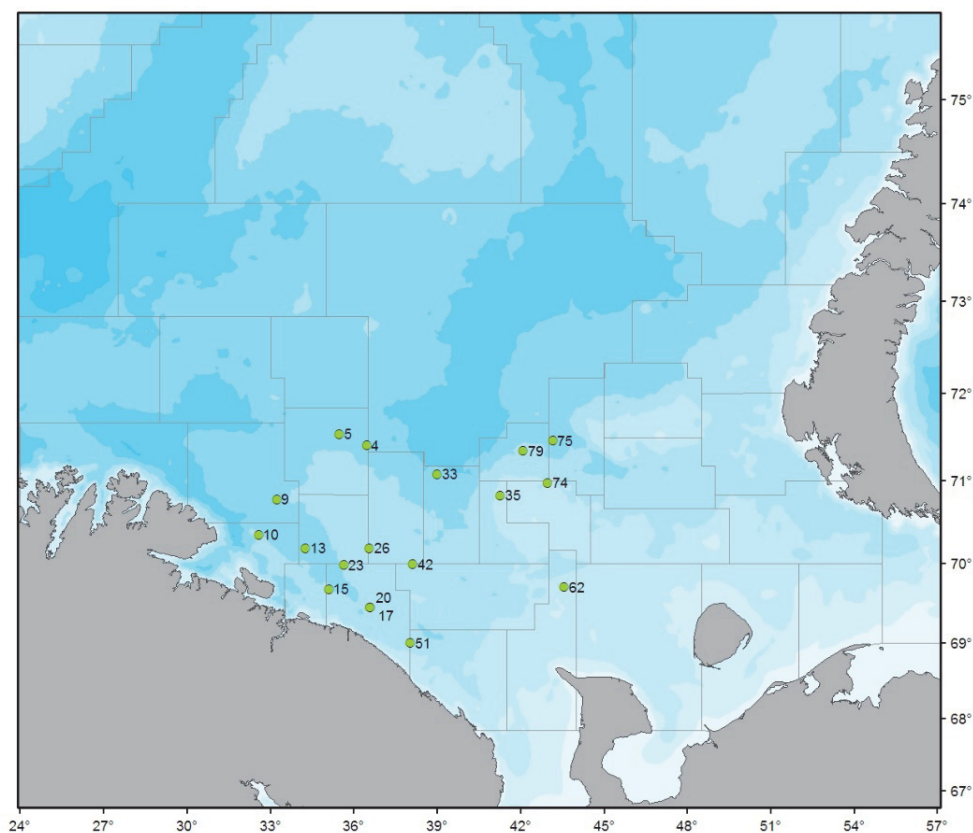
В настоящее время загрязнение Мирового океана ПАУ носит глобальный характер. Абиотические и биотические природные процессы способствуют формированию незначительного уровня загрязнения ПАУ. Повышенное содержание ПАУ в морях и океанах обусловлено главным образом источниками антропогенного происхождения: континентальным стоком, сбросом производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод, транспортным и индустриальным освоением акваторий, аварийными выбросами нефтяных углеводородов, а также процессами дальнего атмосферного переноса [1].

Основную ответственность за канцерогенную и мутагенную активность несут ПАУ с 4–6 бензольными кольцами в молекуле. Наиболее характерным соединением является бенз(а)пирен. Его доля в спектре обычно определяемых ПАУ невелика. Вместе с тем активная циркуляция в биосфере, высокая молекулярная устойчивость и значительная проканце-

рогенная активность позволяют считать бенз(а)пирен индикаторным соединением, по величине содержания которого оценивается степень загрязнения биосферы канцерогенными ПАУ [2]. Распределение ПАУ в морских организмах отличается крайней неоднородностью и тяготением повышенного содержания к системам депонирования, а также к органам и тканям с высоким содержанием жиров. Из 49 соединений ПАУ, подвергнутых международной экспертной оценке, выделено 10 соединений, потенциально опасных для животных и человека: бенз(а)антрацен, бенз(б)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(а,h)антрацен, индено(1,2,3-cd)пирен и др. [2].

В качестве критериев загрязненности промысловых рыб были использованы санитарно-эпидемиологические правила и нормативы для продовольственного сырья и пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-01) [3], Норвежское руководство по классификации качества биоты и окружающей среды в фиордах и прибрежных водах [4], а также фоновое содержание ПАУ в морских гидробионтах по литературным данным [5, 6].

Исследованы уровни содержания 19 ПАУ в рыбах Баренцева моря, выловленных в различных промысловых районах, которые представлены на рисунке. Всего проанализировано 146 проб (73 пробы мышц и 73 пробы печени) атлантической трески (*Gadus morhua*), пикши (*Melanogrammus aeglefinus*), сайды (*Pollachius virens*), камбалы-ерша (*Hippoglossoides platessoides*), морской камбалы (*Pleuronectes platessa*), синей зубатки (*Anarhichas denticulatus*), полосатой зубатки (*Anarhichas lupus*), пятнистой зубатки (*Anarhichas minor*), золотистого окуня (*Sebastes marinus*), окуня-клювача (*Sebastes mentella*) и черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*).



Станции отбора проб рыбы в Баренцевом море
(НИС «Фритъоф Нансен», рейс № 104, февраль 2016 г.)
Sampling stations for fish in the Barents Sea
(NRF Fridtjof Nansen, Flight No. 104, February 2016)

Отбор, подготовка и химический анализ биологических проб выполнены в соответствии с методическими руководствами [7–9]. Полициклические ароматические углеводороды (19 соединений): нафталин, 1-метилнафталин, 2-метилнафталин, аценафтилен, аценафтен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, бенз(а)пирен, перилен, индено(1,2,3-сд)пирен, дибенз(а,н)антрацен, бенз(г,н,и)перилен, – определялись методом хромато-масс-спектрометрии с использованием хромато-масс-спектрометрической системы Agilent 6890N/5973 фирмы Agilent Technologies (США) с кварцевой капиллярной колонкой HP-5 MS длиной 30 м. Идентификация индивидуальных соединений проводилась в режиме SIM (селективный мониторинг ионов). Количественное определение проводилось с использованием многоуровневой (многоточечной) калибровки тестовыми смесями, приготовленными из сертифицированных кристаллических ПАУ фирмы Sigma-Aldrich (США). Автоматическая обработка результатов анализа выполнялась в соответствии с программой «ChemStation» фирмы Agilent Technologies. Для внутреннего контроля качества аналитических работ использовался сертифицированный стандартный образец SRM 2974а (хлорорганические соединения, ПАУ и ртуть в лиофилизированной ткани мидии) /Национальный институт стандартов (США).

В России отсутствуют нормативы содержания ПАУ в морской рыбе, нормируется только содержание бенз(а)пирена в копченой рыбной продукции. Данные о суммарном содержании 19 ПАУ в мышцах и печени промысловых рыб Баренцева моря в феврале 2016 г. представлены в таблице.

**Суммарное содержание ПАУ в промысловых рыбах Баренцева моря,
нг/г сырой массы
The total PAH content in commercial fish Barents Sea, ng / g wet weight**

Вид рыбы	Мышцы	Печень
Треска	4,90 ± 2,20	366 ± 107
Пикша	4,05 ± 2,50	368 ± 159
Сайда	4,97 ± 1,34	209 ± 19
Камбала-ерш	6,75 ± 2,06	203 ± 119
Морская камбала	12,5 ± 4,9	194 ± 177
Синяя зубатка	8,04 ± 2,77	206 ± 142
Полосатая зубатка	7,92 ± 2,65	129 ± 12
Пятнистая зубатка	5,40 ± 2,54	140 ± 75
Золотистый окунь	6,17 ± 2,20	257 ± 75
Окунь-клювач	4,83 ± 0,18	257 ± 167
Черный палтус	22,1 ± 4,0	248 ± 96

Суммарное содержание ПАУ в мышцах трески варьировало от 1,54 до 8,99 нг/г сырой массы при среднем значении 4,90±2,20 нг/г сырой массы. Минимальное содержание определено в мышцах трески, выловленной на Северном склоне Мурманского мелководья (ст. 33), максимальное – в мышцах трески, выловленной на Западном склоне Гусиной банки (ст. 75).

Содержание Σ 19ПАУ в мышцах пикши изменялось в интервале 0,91–7,77 нг/г сырой массы при среднем значении 4,05±2,50 нг/г сырой массы. Минимальное значение определено

в мышцах пикши из Западного Прибрежного района (ст. 23), максимальное – в мышцах пикши, выловленной на Западном склоне Гусиной банки (ст. 75).

Содержание $\Sigma 19\text{ПАУ}$ в мышцах камбалы-ерша варьировало от 3,60 до 10,3 нг/г сырой массы при среднем значении $6,75 \pm 2,06$ нг/г сырой массы. Наименьшее содержание определено в мышцах камбалы-ерша, выловленной на Северо-Восточном склоне Мурманской банки (ст. 26), максимальное – в мышцах рыбы, выловленной на Финмаркенской банке (ст. 9).

В мышцах морской камбалы содержание $\Sigma 19\text{ПАУ}$ изменялось от 6,32 до 19,5 нг/г сырой массы при среднем значении $12,5 \pm 4,9$ нг/г сырой массы. Минимальное содержание обнаружено в мышцах морской камбалы, выловленной в Западно-Центральном районе (ст. 35), максимальное – в мышцах морской камбалы из Восточного Прибрежного района (ст. 51).

Минимальное содержание $\Sigma 19\text{ПАУ}$ определено в мышцах синей зубатки (5,27 нг/г сырой массы), выловленной на Северо-Западном склоне Мурманской банки (ст. 5), максимальное (10,8 нг/г сырой массы) – в мышцах синей зубатки из Северо-Центрального района (ст. 79). Минимальное содержание $\Sigma 19\text{ПАУ}$ в мышцах полосатой зубатки, выловленной на Канинской банке (ст. 62), составляло 4,22 нг/г сырой массы, а максимальное (10,3 нг/г сырой массы) – в мышцах полосатой зубатки из Восточного Прибрежного района (ст. 51). В мышцах пятнистой зубатки содержание $\Sigma 19\text{ПАУ}$ варьировало от 6,67 до 17,9 нг/г сырой массы при среднем значении $12,5 \pm 4,0$ нг/г сырой массы. Минимальное содержание определено в мышцах пятнистой зубатки, выловленной на Северо-Восточном склоне Мурманской банки (ст. 26), максимальное – в мышцах пятнистой зубатки из Западно-Центрального района (ст. 35).

Минимальное содержание $\Sigma 19\text{ПАУ}$ определено в мышцах золотистого окуня (3,74 нг/г сырой массы), выловленного на Северном склоне Мурманского мелководья (ст. 33), максимальное (9,08 нг/г сырой массы) – в мышцах золотистого окуня из Западного Прибрежного района (ст. 15). В мышцах окуня-клювача содержание $\Sigma 19\text{ПАУ}$ изменялось от 4,65 до 5,02 нг/г сырой массы при среднем значении $4,83 \pm 0,18$ нг/г сырой массы. Минимальное содержание определено в мышцах окуня-клювача, выловленного на Западном склоне Гусиной банки (ст. 75), максимальное – в мышцах окуня-клювача, выловленного на Юго-Западном склоне Мурманской банки (ст. 13).

В мышцах черного палтуса содержание $\Sigma 19\text{ПАУ}$ варьировало от 19,0 до 27,8 нг/г сырой массы при среднем значении $22,1 \pm 4,0$ нг/г сырой массы. Минимальное содержание определено в мышцах черного палтуса, выловленного на Западном склоне Гусиной банки (ст. 75), максимальное – в мышцах черного палтуса, выловленного на Финмаркенской банке (ст. 9).

Содержание соединений, проявляющих канцерогенную активность (бенз[а]антрацен, бенз[б]флуорантен, бенз[к]флуорантен, бенз[а]пирен, индено[1,2,3-сd]пирен, дибенз[а,h]антрацен), изменялось в основном в интервале 0,50–2,97 % от $\Sigma \text{ПАУ}$. Содержание бенз(а)пирена в мышцах исследованных рыб не превышало 0,38 % от $\Sigma \text{ПАУ}$.

В мышцах промысловых рыб Баренцева моря доминировали так называемые «метчики» полиаренов нефтяного происхождения – нафталин, 1-метилнафталин, 2-метилнафталин, флуорен и хризен, составляющие 72–94 % от $\Sigma \text{ПАУ}$ [10]. Сходства и различия между составом компонентов ПАУ в тканях рыб могут быть использованы для идентификации источников их поступления в морскую среду. Например, фенантрен термодинамически более устойчив, чем антрацен, поэтому значительное превышение уровня содержания фенантрена в мышцах рыб над его изомером антраценом характерно для загрязнения нефтепродуктами [11]. Величины отношения Phe/Ant в мышцах исследованных рыб варьировали от 15 до 36, т.е. содержание фенантрена значительно превышало содержание его изомера антрацена, что подтверждает наличие ПАУ нефтяного происхождения в мышцах рыб Баренцева моря. Превышение содержания флуорантена над содержанием пирена ($\text{Flt/Py} > 1$) связано с пиролитическим происхождением ПАУ [12]. В мышцах исследованных рыб величины отношения Flt/Py изменялись от 0,84 (пикша) до 1,5 (полосатая зубатка), что указывало на образование

ПАУ как при непосредственном поступлении нефтяных углеводородов в морскую среду, так и при сгорании органического топлива (нефтепродуктов).

Еще одним критерием происхождения ПАУ в мышцах рыб являлось отношение суммарного содержания низкомолекулярных соединений (Σ НМС) к суммарному содержанию высокомолекулярных соединений (Σ ВМС). Выбор этого индекса происхождения основан на том факте, что нефтяное загрязнение характеризуется господством низкомолекулярных полиаренов [13], в то время как высокомолекулярные ПАУ доминируют в загрязнениях, вызванных протеканием пиролитических процессов [14]. В мышцах исследованных рыб величины отношения низкомолекулярных полиаренов к высокомолекулярным были больше единицы (Σ НМС/ Σ ВМС >1) и варьировали от 2,8 (окунь-клювач) до 7,7 (пятнистая зубатка), что указывало на нефтяное происхождение определяемых ПАУ.

Не выявлена зависимость содержания Σ ПАУ в мышцах трески и пикши от количества в них жира вследствие его очень низкого содержания – меньше 1 %, в то время как в печени этих рыб содержание Σ ПАУ было во много раз больше из-за более высокого содержания жира, достигающего 68 %.

В печени исследованных промысловых рыб величины суммарного содержания ПАУ изменялись от 129±12 (полосатая зубатка) до 368±159 нг/г сырой массы (пикша) (см. таблицу). Содержание соединений, проявляющих канцерогенную активность: (бенз[а]антрацен, бенз[б]флуорантен, бенз[к]флуорантен, бенз[а]пирен, индено[1,2,3-сd]пирен, дибенз[а,h]антрацен) – варьировало в основном в интервале 0,52–4,60 % от Σ ПАУ. Содержание бенз(а)пирена в печени исследованных рыб не превышало 0,94 % от Σ ПАУ.

Содержание «метчиков» полиаренов нефтяного происхождения (нафталин, 1-метилнафталин, 2-метилнафталин, флуорен и хризен) достигало 91 % от Σ 19ПАУ. Все определенные в мышцах и печени рыб ПАУ являются «техногенными» полиаренами. «Техногенные» ПАУ могут иметь нефтяное или пиролитическое происхождение. Присутствие нефтяных и пирогенных соединений оценивали по индексу «пирогенности», рассчитанному по отношению содержания флуорантена к сумме содержания флуорантена и пирена и характеризующему преобладание полиаренов пирогенного происхождения при значениях индекса меньше 0,5 [15]. В печени всех видов рыб индекс «пирогенности» варьировал от 0,51 до 0,70, т.е. был больше 0,5, что указывало на «нефтяное» происхождение полиаренов. Величины отношения Phe/Ant в печени исследованных рыб изменялись от 13 до 36, т.е. содержание фенантрена значительно превышало содержание его изомера антрацена, что подтверждает наличие ПАУ нефтяного происхождения. В печени промысловых рыб Баренцева моря величины отношения низкомолекулярных полиаренов к высокомолекулярным были больше единицы (Σ НМС/ Σ ВМС >1) и варьировали от 1,2 (черный палтус) до 2,9 (пикша), что также указывало на нефтяное происхождение определяемых ПАУ.

Полученные результаты подтверждают незначительный уровень загрязнения мышц и печени промысловых рыб Баренцева моря ПАУ, в том числе проявляющими канцерогенную активность. Оценить опасность накопления в рыбах ПАУ при употреблении в пищу не представляется возможным из-за отсутствия российских нормативных документов по содержанию этих соединений в сырой рыбе.

Список литературы

1. Израэль, Ю.А. Антропогенная экология океана / Ю.А. Израэль, А.В. Цыбань. – М.: Флинта: Наука, 2009. – 532 с.
2. Шабад, Л.М. Поступление в атмосферу и циркуляция в окружающей среде химических канцерогенов (ПАУ) / Л.М. Шабад // Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – С. 115–121.

3. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-01). – М.: Минздрав РФ, 2002. – 164 с.
4. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning /J. Molvåg [et al.] // SFT Veiledning. – 1977. – Vol. 97, № 3. – 36 s. (In Norwegian).
5. Мониторинг фонового загрязнения природных сред [под ред. Ю.А. Израэля, Ф.Я. Ровинского]. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – Вып. 3. – 245 с.
6. Мониторинг фонового загрязнения природных сред [под ред. Ю.А. Израэля, Ф.Я. Ровинского]. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – Вып. 4. – 384 с.
7. ICES Guidelines for Monitoring Contaminants in Fish and Shelfish and in Sediment /Six Year Review of ICES Coordinated Monitoring Programmes // Coop. Res. Report. – 1984. – № 126. – P. 96–100.
8. Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Guidelines for Use of Biological Accumulators in Marine Pollution Monitoring // FAO Fisheries Technical Paper. – 1976. – Part 2, № 150. – 76 p.
9. Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Sampling and Analyses of Biological Material // FAO Fisheries Technical Paper. – 1976. – Part 3, № 158. – 124 p.
10. Химические процессы в экосистемах северных морей (гидрохимия, геохимия, нефтяное загрязнение) / Г.Г. Матишов [и др.]. – Апатиты, 1997. – 404 с.
11. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in different sized aerosols over the Mediterranean Sea: occurrence and origin / M. A. Sicre [et al.] // Atmos. Environ. – 1987. – Vol. 21. – P. 2247–2259.
12. Origin of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Coastal Marine Sediments: case studies in Cotonou (Benin) and Aquitaine (France) Areas / H. H. Skold [et al.] // Mar. Poll Bull. – 2000. – Vol. 40, № 5. – P. 387–396.
13. Polycyclic aromatic hydrocarbon emissions from combustion of crude oil on waters / V.A. Jr. Berner [et al.] // Environ. Science and Technol. – 1990. – Vol. 24. – P. 1418–1427.
14. Muel B., Saguem S. Determination of 23 polycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric particulate matter of the Paris area and photolysis by sun light // Inter. J. Environ. Analyt. Chem. – 1985. – Vol. 19. – P. 111–131.
15. Загрязнение прибрежной акватории российского Причерноморья нефтяными компонентами /А.А. Ларин [и др.] // Морський екологічний журнал. – 2011. – Отд. вып. № 2. – С. 49–55.

Сведения об авторах: Жилин Андрей Юрьевич, кандидат химических наук, заведующий лабораторией прикладной экологии и токсикологии, e-mail: zhilin@pinro.ru;

Плотицына Наталья Федоровна, инженер 1-й категории лаборатории прикладной экологии и токсикологии, e-mail: nplotits@pinro.ru;

Бондарь Анна Михайловна, младший научный сотрудник лаборатории прикладной экологии и токсикологии, e-mail: litovskaya@pinro.ru.

УДК 597.587.2-152.6(261.2)

Ю.Н. Калашников

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства
и океанографии им. Н.М. Книповича,
183038, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6

СОСТОЯНИЕ ПРОМЫСЛА АТЛАНТИЧЕСКОЙ СКУМБРИИ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АТЛАНТИКЕ

Рассматривается современное состояние запаса и промысла скумбрии в Северо-Восточной Атлантике и проблемные вопросы управления ее промыслом на международном уровне. Кратко изложена история международного и отечественного промысла скумбрии. Показана динамика мирового вылова скумбрии, рассмотрены причины снижения или увеличения отечественного вылова в различные периоды. Отмечена ведущая роль отечественных исследований в организации в середине 1980-х гг. специализированного промысла скумбрии в международных водах Норвежского моря. Кратко освещены этапы становления международного регулирования промысла скумбрии. Определенное внимание уделено периоду с начала регулирования промысла скумбрии на всем ареале, а также роли России в этом процессе.

Отмечено, что для сохранения запаса скумбрии в пределах безопасных биологических границ необходимо строгое регулирование ее промысла в рамках ИКЕС и НЕАФК с применением данных научных исследований.

Ключевые слова: Северо-Восточная Атлантика, Норвежское море, скумбрия, промысел, динамика запасов, международное регулирование.

Y.N. Kalashnikov

STATE OF ATLANTIC MACKEREL FISHERY IN NORTH-EAST ATLANTIC

This article discusses the current state of the stock and the fisheries of mackerel in the North-East Atlantic and issues in managing fisheries at the international level. A brief history of international and domestic mackerel fishery. It is shown the dynamics of world catch of mackerel, are considered the reasons for the decline or increase of the Russian fishing in different periods. Noting the leading role in the domestic research organization in the mid-1980s, fishing for mackerel in international waters of the Norwegian Sea. Summarizes the stages of formation of international regulation of the fisheries of mackerel. Particular attention is paid to the period from the beginning of the regulation of fishing of mackerel in the whole area, as well as Russia's role in this process.

Noted that to preserve the mackerel stock within safe biological boundaries must be strict regulation of its fisheries through ICES and NEAFC with the use of research evidence.

Key words: North-East Atlantic, Norwegian sea, mackerel, fishery, the dynamics of stocks, international regulation.

Введение

Атлантическая скумбрия (*Scomber scombrus* Linnaeus, 1758) – стайная теплолюбивая пелагическая рыба, совершающая значительные миграции и являющаяся одним из наиболее распространенных видов в водах Северо-Восточной Атлантики (СВА) [1–3]. Распределяется на акватории от Канарских островов до Норвегии, Исландии и юго-восточных вод Гренландии, в морях Норвежском, Северном, Средиземном, Мраморном, Черном, Балтийском и Баренцевом, а также в открытой части Атлантического океана. Входит в группу видов, составляющих основу пелагического промыслового комплекса Российской Федерации в СВА. Различные стороны биологии скумбрии, протяженность и направленность ее миграций в зависимости от океанологических условий, динамика промысла и состояние запаса изуча-

лись отечественными и зарубежными учеными с начала XX в. и представлены в обширной научной литературе.

Скумбрия является важным промысловым объектом мирового и отечественного рыболовства. На протяжении десятилетий ее промысел ведут рыбаки всего побережья СВА. Установление 200-мильных зон в конце 1970-х гг. ограничило возможности ведения промысла в традиционных местах лова и мотивировало рыбаков вести поиск рыбы далеко за пределами прибрежных вод. География промысла скумбрии неудержимо расширялась, а ее мировой вылов значительно вырос. В настоящее время акватория промысла в зоне ответственности Международного совета по исследованию моря (ИКЕС) весьма значительна [4], что объясняется привлекательностью скумбрии для рынка и широким распределением в различное время года. Промысел ведется практически круглогодично как на шельфе в экономических зонах прибрежных государств, так и над океаническими глубинами в международных водах.

Управление промыслом скумбрии осуществляется на международной основе в рамках соглашений между государствами, прибрежными по отношению к ее запасу (Норвегией, Европейским Союзом (ЕС), Фарерскими островами и Исландией), и Комиссией по рыболовству в СВА (НЕАФК). Научной основой для принятия управленческих решений в отношении промысла служат рекомендации ИКЕС, который на основе данных научных исследований оценивает состояние запасов гидробионтов в СВА и дает рекомендации по их сохранению и эксплуатации.

В настоящей статье рассматривается современное состояние запаса и промысла скумбрии в СВА и проблемные вопросы управления ее промыслом на международном уровне.

Материалы

В статье использованы данные по состоянию запаса и международному промыслу скумбрии в СВА из материалов Рабочей группы (РГ) ИКЕС по широко распределенным запасам (WGWIDE) [4], рекомендации по возможному промысловому изъятию скумбрии, представляемые Консультативным комитетом ИКЕС (АКОМ). Изучены и проанализированы материалы, а также данные статистики отечественного промысла [4, 5]. Материалы сессий НЕАФК можно найти на официальном сайте комиссии www.neafc.org.

Результаты и обсуждение

Состояние запаса. Большинство исследователей склоняются к тому, что в СВА обитает три компонента запаса скумбрии, обособленных во время зимовки и нереста, но смешивающихся в нагульный период: западно-ирландский, североморский и южный [3]. Границы их распределения достаточно условны, а смешиваемость, особенно в нагульный период, достаточно высока. В ИКЕС для выработки рекомендаций по эксплуатации было принято решение рассматривать всю скумбрию СВА как единый запас.

Запас Северного моря, достигавший в середине 1960-х гг. около 3 млн т, в настоящее время находится в депрессии, и основную долю в общем запасе составляет западный компонент.

В 80-х гг. XX в. нерестовый запас скумбрии составлял около 3,5–4,0 млн т, а в конце 1990-х гг. его величина снизилась до 2 млн т. В дальнейшем урожайные поколения 2002 и 2005–2006 гг. обеспечили положительную динамику биомассы скумбрии. Благодаря вступлению в нерестовую часть стада особей высокоурожайных поколений с 2007 г. наблюдается устойчивая тенденция роста нерестового запаса до 5,1–4,6 млн т в 2014–2016 гг. (рис. 1).

Результаты исследований и расчеты РГ свидетельствуют об относительно стабильном состоянии запаса скумбрии СВА. По мнению ИКЕС, в настоящее время нерестовый запас скумбрии находится в пределах безопасных биологических границ и имеет хорошую воспроизводительную способность.

Международный промысел. Международный промысел скумбрии ведется круглый год, но его распределение по сезонам неравномерное. Минимальная промысловая активность характерна для II квартала, что объясняется как биологическими, так и регулируемыми промысел факторами. Наиболее важными районами международного промысла скумбрии в XX в. являлись Бискайский залив, Кельтское море, пролив Ла-Манш, восточная часть Западно-Европейской котловины, шельф к западу от Британских островов, район вокруг Гебридских и Фарерских островов, Северное море и Фареро-Шетландский канал, а также побережье южной и западной Норвегии и центральная часть Норвежского моря. С середины первого десятилетия XXI в., когда скопления нагульной скумбрии стали проникать далеко на запад, промысел в своей зоне стала активно вести Исландия, а с 2012 г. в гренландских водах – Гренландия.

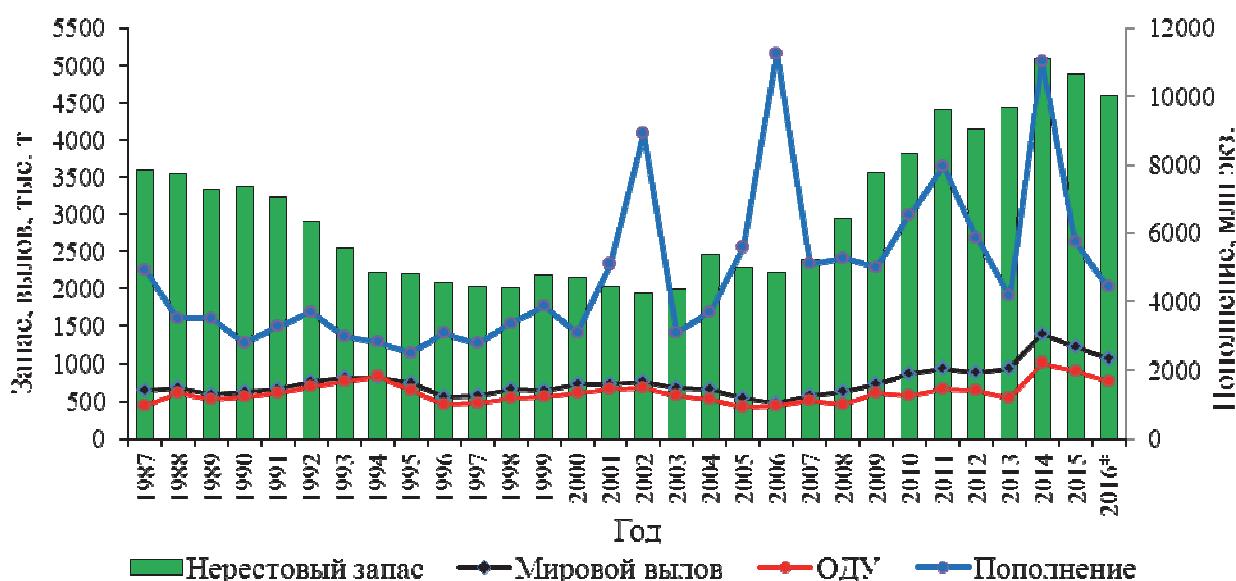


Рис. 1. Нерестовый запас на начало нереста, мировой вылов, общий допустимый улов (ОДУ) (тыс. т) и пополнение (возраст 0+, млн экз.) скумбрии в 1987–2016 гг. (оценка состояния запаса в 2016 г. в рамках модели SAM) [4]; * – предварительные данные

Fig. 1. Spawning stock at the beginning of spawning, world catch, total allowable catch (TAC) (thousand tons) and replenishment (age 0+, million specimens) of mackerel in 1987-2016. (Estimation of stock status in 2016 in the SAM model) [4]; * – preliminary data

В начале 70-х гг. XX в. вылов скумбрии в СВА и прилегающих морях достиг 500 тыс. т [4]. В дальнейшем мировой вылов начал увеличиваться, и данная тенденция сохранялась вплоть до 1976 г., когда вылов составил 828 тыс. т. В это время около 30 % мирового вылова приходилось на долю СССР. С введением в 1977 г. 200-мильных экономических зон вылов скумбрии снизился до 620 тыс. т в основном за счет СССР, потерявшего возможность вести промысел на шельфе в районе Британских островов.

Введение экономических зон оказало значительное влияние на географию промысла и соотношение вылова по районам ИКЕС и ограничило неконтролируемый промысел. В целом, в 1978–1995 гг. ежегодно вылавливалось около 600–800 тыс. т скумбрии. Во второй половине 1990-х гг. вылов скумбрии судами всех стран составлял 560–670 тыс. т (рис. 2). В 2000–2002 гг. общий вылов превысил 730 тыс. т, а затем снова снизился, и в 2006 г. был отмечен самый низкий вылов за период с 1973 г. (481 тыс. т). С 2007 г. ежегодный вылов скумбрии постоянно увеличивался, что было обусловлено значительным увеличением ее вылова Исландией, а с 2010 г. и Фарерскими островами. В последние годы промысел скумбрии так-

же активно ведет Гренландия. В 2011–2013 гг. общий вылов скумбрии стабилизировался на уровне около 900 тыс. т, а в 2014 г. он резко увеличился до 1394 тыс. т. В 2015–2016 гг. вылов снизился и составил соответственно около 1209 и 1068 тыс. т.

С момента введения экономических зон до середины I десятилетия XXI в. соотношение вылова между странами, исключая СССР/РФ, значительно не изменялось. Основной вылов скумбрии приходился на Великобританию и Норвегию, несколько меньше вылавливали Ирландия, Нидерланды, Германия и РФ. В дальнейшем структура вылова изменилась за счет его увеличения Исландией, Фарерскими островами и, в меньшей степени, Гренландией.

Таким образом, в настоящее время промысел скумбрии ведется в течение всего года в основном в пределах 200-мильных зон прибрежных по отношению к ее запасу стран с пиком вылова (около 50 %) в III квартале. В III квартале промысел ведется также в международных водах. Основными районами промысла являются воды континентального шельфа к западу и северу от Британских островов, а также южная и центральная части Норвежского моря [4]. Промысел в центральной и южной частях Северного моря крайне незначителен. В последние годы до 20 % мирового вылова скумбрии приходится на районы к западу от Норвежского моря (экономические зоны Исландии и Гренландии).

Отечественный промысел. В 60-70-е гг. XX в. отечественный промысел скумбрии велся преимущественно в прибрежных водах европейских государств. Наибольшее значение имели акватория к западу от Британских островов и Северное море [6]. В 1975–1976 гг. доля СССР в этом вылове была максимальной и достигала 30–40 % (322 тыс. т в 1975 г.). Поиск рыбы в отдаленных районах практически не проводился, но уже тогда выдвигались гипотезы о возможных миграциях скумбрии в Норвежское море и районы Срединно-Атлантического хребта.

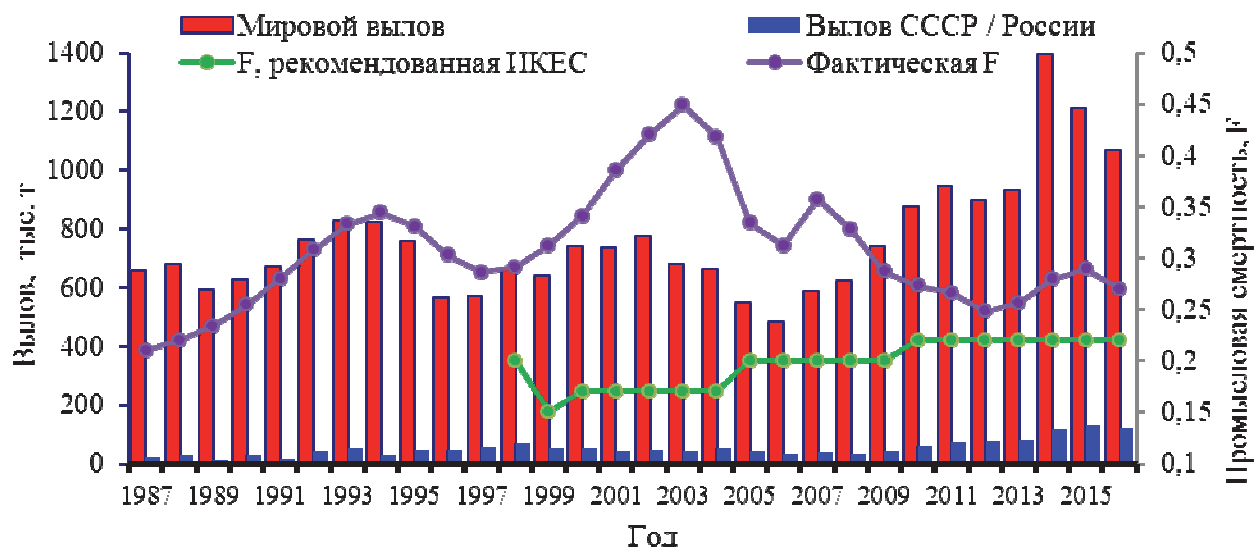


Рис. 2. Вылов скумбрии в Северо-Восточной Атлантике (тыс. т) и промысловая смертность (F) в 1987–2016 гг. [4] (2016 г. – предварительные данные)

Fig. 2. Mackerel catch in the North-East Atlantic (kt) and commercial mortality (F) in 1987-2016. [4] (2016 – preliminary data)

После введения 200-мильных зон СССР сначала потерял возможность вести промысел на шельфе в районе Британских островов, а затем практически полностью прекратил его в СВА. В 1976 г. вылов скумбрии составлял 265 тыс. т, а уже в 1977 г. было выловлено всего около 26 тыс. т. Рыболовный флот был вынужден искать новые районы промысла скумбрии

в Норвежском море. Ведущая роль в исследованиях в эти годы принадлежит отечественным специалистам [3, 6, 7]. Результаты исследований позволили организовать в 1984–1985 гг. специализированный промысел скумбрии в международных водах Норвежского моря. Целе-направленный промысел в международных водах явился началом нового этапа в истории отечественного промысла скумбрии, который продолжается в XXI в. В настоящее время об-лов скумбрии судами РФ ведется в июне–сентябре в международных водах Норвежского моря и в рыболовной зоне Фарерских островов (ФРЗ) [8] (рис. 3).

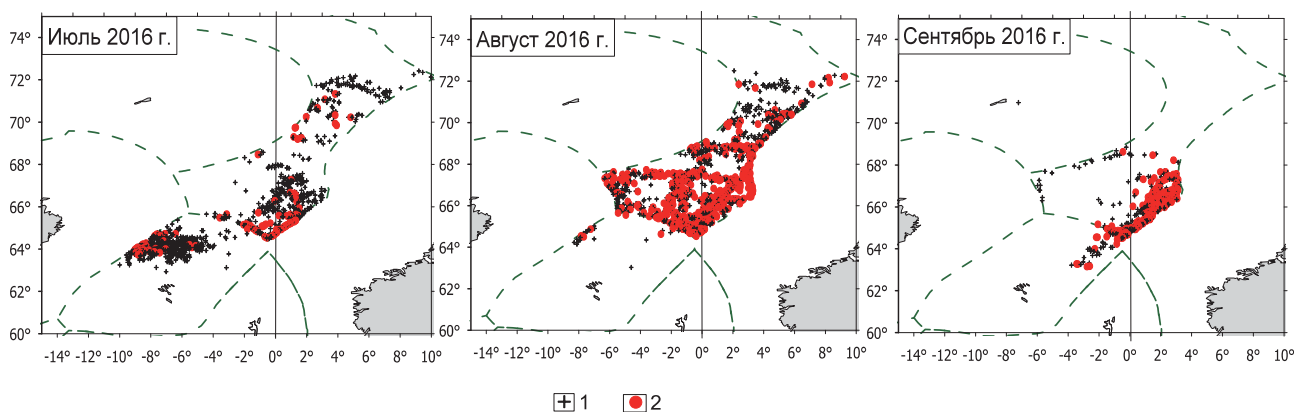


Рис. 3. Участки отечественного промысла скумбрии в июле–сентябре 2016 г.
(вылов, т/судо-сутки лова: 1 – менее 50 т, 2 – 50 т и более)
Fig. 3. Sites of the domestic mackerel fishery in July–September 2016.
(Catch, t / ship-day fishing: 1 – less than 50 tons, 2 – 50 tons or more)

С началом регулирования промысла скумбрии на всем ареале (2001 г.) отечественный вы-лов скумбрии в международных водах Норвежского моря стал ограничиваться квотой. С 1981 г. в ФРЗ отечественные рыбаки имеют обменную квоту на вылов скумбрии, величина которой утверждается на сессиях Смешанной Российско-Фарерской комиссии по рыболовству.

С 2010 г. соглашений между прибрежными государствами, а также соглашений в рамках НЕАФК по величине ОДУ скумбрии и его распределению на национальные квоты не дости-галось, и Россия устанавливает национальную квоту на вылов в международных водах в од-ностороннем порядке. Отечественный вылов в международных водах вырос с 46 тыс. т в 2010 г. до 114 тыс. т в 2015 г. В 2016 г. он незначительно снизился и составил около 107 тыс. т. К 2010 г. российский вылов скумбрии в Норвежском море занимал третье место после вылова атлантическо-скандинавской сельди и путассу, а в настоящее время из-за де-прессии запаса сельди переместился на второе место после вылова путассу.

Таким образом, отечественный вылов скумбрии в Норвежском море определяется двумя составляющими: национальной квотой в районе регулирования НЕАФК (международные воды Норвежского моря) и обменной квотой по соглашению с Фарерскими островами (в на-стоящее время 14,5 тыс. т). В 2013–2016 гг. вылов РФ составлял 81–128 тыс. т скумбрии.

Международное регулирование промысла. В середине 90-х гг. XX в. международное сообщество пришло к решению о необходимости согласованного управления запасами вод-ных биоресурсов, значительная часть которых к этому времени пришла в депрессивное со-стояние. Применительно к скумбрии разрабатывались принципы регулирования ее промысла на всем ареале. На 16–19-й сессиях НЕАФК (1997–2000 гг.) выработывалась основная кон-цепция по управлению запасом скумбрии, предусматривающая управление запасом при-брежными государствами на основе рекомендаций ИКЕС. В 1997 г. был создан «клуб» при-брежных по отношению к запасу скумбрии стран, в который вошли Норвегия, ЕС и Фарер-

ские острова. Было принято решение о необходимости введения регулирования промысла скумбрии на всем ее ареале в СВА, и создана специальная РГ ИКЕС, в задачи которой входила выработка предложений по мерам регулирования промысла скумбрии.

С января 2001 г. по решению 19-й сессии НЕАФК промысел скумбрии в СВА стал регулироваться на всем ее ареале. Окончательное решение по установлению ОДУ на основе рекомендаций ИКЕС принимали вышеперечисленные прибрежные государства. Таким образом, страны, ведущие промысел скумбрии, стали ограничивать вылов квотами, определенными в рамках НЕАФК, и общий вылов скумбрии был близок к ОДУ, рекомендуемому ИКЕС (см. рис. 1). Однако с 2010 г. заинтересованные государства не могут согласовать объемы ее вылова во всех районах промысла. В результате каждая сторона ведет промысел скумбрии в соответствии с квотами, установленными ею фактически в одностороннем порядке, а мировой вылов превышает рекомендованный ИКЕС ОДУ при $F=0,22$ (см. рис. 1, 2).

В последние годы в ИКЕС в практике оценки запасов и подготовки рекомендаций используется концепция MSY (максимальный устойчивый вылов), в соответствии с которой стратегия ведения устойчивого и долговременного промысла направлена на промысловую смертность скумбрии $F_{msy}=0,22$. По расчетам, проведенным в ИКЕС, реализация этой стратегии привела бы к увеличению общего и нерестового запасов.

Таким образом, регулирование промысла скумбрии в СВА осуществляется прибрежными по отношению к запасу скумбрии государствами (Норвегией, ЕС, Фарерскими островами и с 2010 г. Исландией) посредством согласования правил управления запасом, которые вырабатываются на базе рекомендаций и биологических ориентиров, разработанных в ИКЕС. Однако в настоящее время роль международного управления запасом скумбрии является минимальной и не оказывает значительного влияния на его динамику. Высокий промысловый потенциал скумбрии при сохранении устойчивости ее запаса обеспечивается, в первую очередь, многочисленностью пополнения. Общий тренд пополнения скумбрии имеет положительную динамику после 1997 г., а промысловая смертность имеет устойчивую тенденцию к снижению после 2003 г., несмотря на то, что в последние годы мировой вылов скумбрии превышает 1 млн т (см. рис. 1, 2). Вероятно, применение правил управления в виде существенного снижения промыслового пресса будет возможным только в условиях значительного снижения биомассы запаса. Соблюдение рекомендованных РГ ИКЕС пределов промыслового воздействия на запас скумбрии поспособствовало бы появлению многочисленных поколений в будущем. В долгосрочной перспективе для сохранения запаса в пределах безопасных биологических границ необходимо строгое регулирование промысла в рамках ИКЕС и НЕАФК с использованием данных научных исследований.

Заключение

По данным ИКЕС, в настоящее время запас скумбрии находится в пределах безопасных биологических границ и имеет хорошую воспроизводительную способность. Однако роль международного управления запасом и промыслом скумбрии является минимальной, поскольку уже 7 лет страны-члены НЕАФК не соблюдают рекомендации ИКЕС. Высокий промысловый потенциал скумбрии при сохранении устойчивости ее запаса обеспечивается лишь многочисленностью пополнения, почти непрерывным рядом урожайных поколений, начиная с 2005 г. Такая идеальная ситуация с пополнением не может продолжаться долго, и в долгосрочной перспективе для сохранения запаса скумбрии в пределах безопасных биологических границ необходимо строгое регулирование ее промысла в рамках ИКЕС и НЕАФК с использованием данных научных исследований.

Поскольку достижение договоренностей о долевом распределении ОДУ при современном состоянии запаса скумбрии маловероятно, в ближайшие годы международный вылов будет находиться на уровне около 1 млн т. Независимо от состояния запаса, в перспективе отечественный вылов будет определяться прежде всего соглашениями, достигнутыми на ме-

ждународном уровне. РФ, учитывая свой исторический вылов, претендует на объемы не менее 7 % от ОДУ скумбрии. В ближайшее время отечественный вылов скумбрии в СВА скорее всего будет находиться на уровне около 100 тыс. т. В целом, учитывая события последнего десятилетия, РФ в будущем необходимо проявлять значительную активность и настойчивость для участия в разработке принципов стратегии управления запасом скумбрии и при определении национальных квот в рамках международных соглашений.

Список литературы

1. Андрияшев, А.П. Рыбы северных морей СССР / А.П. Андрияшев. – М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1954. – 566 с.
2. Никольский, Г.В. Частная ихтиология / Г.В. Никольский. – М.: Высш. шк., 1971. – 473 с.
3. Клочков, Д.Н. Биология и промысел атлантической скумбрии (*Scomber scombrus* Linnaeus, 1758) в Норвежском море / Д.Н. Клочков, А.Д. Чинарина. – Апатиты: Изд-во КНЦ, 2005. – 67 с.
4. Anon. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE) // Copenhagen, Denmark, ICES CM 2016 / АСОМ: 16. – 506 p.
5. Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики в 2016 г. / отв. ред. Е.А. Шамрай. – Мурманск: ПИНРО, 2016. – 107 с.
6. Шамрай, Е.А. Российский промысел скумбрии в Норвежском море: история, современность и перспективы / Е.А. Шамрай, Е.В. Сентябов, Е.И. Селиверстова, Ю.Н. Калашников // *Вопр. рыболовства*. – М., 2010. – Т. 11, № 4(44). – С. 681–693.
7. Клочков, Д.Н. Миграции, состояние запасов и перспективы промысла скумбрии Норвежского моря / Д.Н. Клочков, Е.А. Шамрай // *Вопр. рыболовства*. – М., 2001. – Т.2, № 4 (8). – С. 663–677.
8. Далимаев А.П., Селиверстова Е.И., Калашников Ю.Н. Закономерности и особенности распределения, миграций и поведения скумбрии в период нагула в зависимости от условий среды и размерно-возрастной структуры популяции / А.П. Далимаев, Е.И. Селиверстова, Ю.Н. Калашников // *Рыб. хоз-во (юбилейный спецвыпуск)*. – М.: Рыб. хоз-во, 2011. – С. 53–57.

Сведения об авторе: Калашников Юрий Николаевич, научный сотрудник лаборатории пелагических рыб Северо-Европейского бассейна; e-mail: kalash@pinro.ru.

УДК: 597.2.5

Б.Г. Камилов, У.Т. Мирзаев, З.А. Мустафаева
Институт генофонда растительного и животного мира АН РУз,
100053, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Богишамол, 232

ВОЗРАСТ И РОСТ ЛЕЩА (ABRAMIS BRAMA) ТУДАКУЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА УЗБЕКИСТАНА

Исследования проводили с ноября 2013 г. по октябрь 2014 г. в Тудакульском водохранилище Узбекистана. Всего собрали выборку из 278 особей леща (*Abramis brama* Linnaeus), из которых было 126 самок и 152 самцов. Чешуя леща циклоидная, крупная, с ровными краями. В выборке были особи в возрасте от 1 до 5 годов, общей длиной 14–48,5 см, длиной тела до конца чешуйного покрова 11,5–41 см и общей массой тела 30–1405 г. Зависимость между общей массой (W , г) и общей длиной (TL , см) тела леща описывается уравнением регрессии $W = 0,005 \cdot TL^{3,2555}$ ($P < 0,05$) ($r = 0,98$). Зависимость между общей длиной тела и длиной тела до конца чешуйного покрова (SL , см) имеет вид уравнения регрессии: $TL = 1,1967 \cdot SL + 0,9333$ ($P < 0,05$). ($r = 0,99$). Восстановленный темп роста рыб в среднем был следующий: $TL_1 - 13,52$ см, $TL_2 - 28,12$ см, $TL_3 - 37,87$ см, $TL_4 - 42,65$ см, $TL_5 - 48,56$ см. В Тудакульском водохранилище лещ обладает высоким темпом роста по сравнению с другими регионами ареала и интродукции вида.

Ключевые слова: лещ, *Abramis brama*, возраст, обратное расчисление темпа роста, рост рыб.

B.G. Kamilov, U.T. Mirzayev, Z.A. Mustafaeva **AGE AND GROWTH OF BREAM (ABRAMIS BRAMA LINNAEUS) IN TUDAKUL RESERVOIR OF UZBEKISTAN**

The study was carried out from November 2013 to October 2014 in Tudakul reservoir, Uzbekistan. A total 278 breams, *Abramis brama* L., were sampled including 126 females and 152 males. Scale of bream is cycloid, large, with straight edges. The ages, total lengths, standard length and weights of the samples ranged between 1 to 5 years, 14 to 48.5 cm, 11.5 to 41 and 30 to 1405 g, respectively. The relation between weight (W , g) and total length (TL , cm) was described by equation $W = 0,005 \cdot TL^{3,2555}$ ($P < 0,05$) ($r = 0,98$). The relationship between total length (TL) and standard length (SL) was described by linear equation: $TL = 1,1967 \cdot SL + 0,9333$ ($P < 0,05$). ($r = 0,99$). Mean back calculated total length was at age I – 13.52 cm, II – 28.12 cm, III – 37.87 cm, IV – 42.65 cm, V – 48.56 cm. In Tudakul reservoir, bream growth rate is fast in compare with other regions of area and introductions of this species.

Key words: bream, *Abramis brama*, age, back-calculation, growth.

Введение

Оценка состояния рыбных ресурсов и их рыбохозяйственное использование базируются на корректном определении возраста и роста рыб конкретной популяции. Тудакульское водохранилище является важнейшим рыбохозяйственным водоемом Узбекистана.

Тудакульское водохранилище (39°51'15"N 64°50'29"E) создано для ирригационных целей в низовьях р. Зарафшан, при этом водохранилище заполняется водой как из среднего течения Амударьи, подаваемой через Аму-Бухарский канал, так и из р. Зарафшан (рис. 1).

Климат резкоконтинентальный, аридный, характерны жаркое лето (средняя месячная температура воздуха в июле около 29 °С) и достаточно холодная зима (средняя температура воздуха в январе составляет около -2 °С, водоемы со стоячей водой могут покрываться льдом до 1,5 месяцев). Общая площадь заполненного водой водохранилища около 22 000 га, средняя глубина около 5 м, максимальные глубины до 22 м.

До 2003 г. на водохранилище осуществляли рыболовство ставными сетями, уловы составляли 175–240 т/год. С 2003 г. вновь созданное предприятие «Аква-Тудакуль» взяло водо-

ем полностью в единоличное пользование, построило на берегу водоема рыбопитомник для выращивания крупных сеголеток карпа (*Cyprinus carpio* L.) и дальневосточных растительноядных рыб, которыми зарыбляет водоем каждую осень с плотностью посадки 200–400 сеголеток /га (индивидуальной навеской 80–190 г). В 2006–2008 гг. лов полностью перевели на неводной. Используют неводы только с крупной ячеей (70–90 мм), так как лов переориентировали только на крупную рыбу. Основными объектами промысла являются в разные годы карп, судак (*Sander lucioperca* L.), белый толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes)) и пестрый толстолобик (*H. nobilis* Richardson).

Лещ (*Abramis brama* L.) традиционно является важной промысловой рыбой в бассейне Аральского моря. Однако в естественном состоянии в ихтиофауне бассейна р. Зарафшан леща ранее не было [1, 3]. Лещ был вселен в среднее течение р. Зарафшан в 1950–1960-х гг. из низовьев Амударьи и из р. Урал. И уже к 1990-м гг. лещ стал важным промысловым объектом. Кроме этого, лещ стал популярным объектом любительского рыболовства.

Особенности биологии леща, включая возраст и рост, изучали в разнотипных водоемах Узбекистана, в том числе в бассейне р. Зарафшан, однако большинство исследований проводили до конца 1980-х гг. Данных по росту леща, в том числе в среднем течении Амударьи и Зарафшана, практически нет с начала 1990-х гг. [2, 6].

Целью данной работы было определение возраста и роста леща Тудакульского водохранилища в современных условиях.

Материал и методика

Материал собирали каждые 15 дней с ноября 2013 г. до октября 2014 г. в Тудакульском водохранилище, используя ставные сети с ячейей 24, 32, 36, 40, 50, 60, 70, 90, 100, 110 и 120 мм.

У рыб измеряли общую длину тела (TL) и длину тела до конца чешуйного покрова (SL) с точностью до 1 мм, а также общую массу тела (W) с точностью до 1 г. Возраст определяли по чешуе, собранной с середины тела выше боковой линии под основанием спинного плавника. По чешуе восстанавливали темп роста, используя метод Леа–Фрезера [4]. Зависимость длины и массы тела определяли по формуле, предложенной Рикером [7]: $W = a \cdot TL^b$, где W – общая масса тела (г), TL – общая длина тела (см), а и b – определяемые константы.

Результаты

Всего было собрано и исследовано 278 особей леща, из которых 126 самок и 152 самца. Соотношение самок и самцов составляло 1 : 1,2. В выборке присутствовали особи в возрасте от 1 до 5 годов, общей длиной 14–48,5 см, длиной тела до конца чешуйного покрова 11,5–41 см и общей массой тела 30–1405 г.

Чешуя леща циклоидная с ровными краями. Годовую зону роста чешуи составляют зоны с широко раздвинутыми (зона летнего роста) и узкосближенными (зона зимней остановки роста) склеритами; каких-либо других морфологических меток годовых колец мы не выявили. У большинства особей есть мальковое кольцо. Годовые кольца у неполовозрелых рыб появлялись в марте, у половозрелых – во второй половине апреля–начале мая.

Зависимость длины и общей массы. Не выявили достоверной разницы зависимости показателей между полами, поэтому все расчеты сделаны для объединенной группы (самцы + самки). Зависимость общей длины и общей массы тела достоверно описывается уравнением регрессии: $W = 0,005 \cdot TL^{3,2555}$ ($P < 0,05$), коэффициент корреляции показателей составляет 0,98.

Рост. Средние величины длины тела леща по возрастным группам приведены в табл. 1. Восстановленный темп роста леща по возрастным группам приведен в табл. 2, из которой видно, что феномен Ли у леща Тудакульского водохранилища не проявлялся.

Зависимость измеряемых показателей длины тела. Между общей и стандартной длиной тела леща выявлена сильная корреляционная зависимость ($r = 0,99$), которая достоверно описывается уравнением регрессии: $TL = 1,1967 \cdot SL + 0,9333$ ($P < 0,05$).

Обсуждение

Лещ был одним из первых видов рыб, чешую которых изучали для определения возраста и роста. Ещё Segerstrale [8] определил, что за годовую зону роста на чешуе у леща следует принимать зоны широко раздвинутых и узкосближенных зон, конец последней следует принимать за годовое кольцо. Исследователи [5, 8, 9, 10] определили корректность использования для обратного расчисления роста леща метода Леа–Фрезера, основанного на прямолинейной зависимости длины тела и размеров чешуи леща, взятой с середины тела выше боковой линии под основанием спинного плавника.

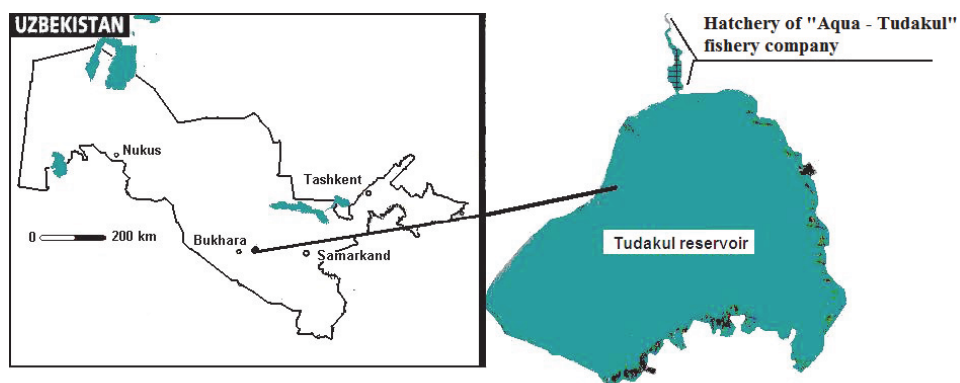
Традиционно считали, что в бассейне Аральского моря обитает подвид леща – восточный лещ (*Abramis brama orientalis*). В последние годы статус подвида ликвидировали, объединив восточного леща в единый вид *Abramis brama*. Вследствие этого для суждения о разнообразии популяций вида будет корректным приводить показатели роста леща в пределах ареала вида.

Так, в табл. 3 мы показали некоторые данные по росту леща популяций крупных стоячих водоемов (озер, водохранилищ), объединив данные исследователей, которые использовали стандартную и общую длину тела в своих работах. Видно, что лещ Тудакульского водохранилища обладает одним из самых быстрых темпов роста. Сказываются такие факторы, как южное расположение водоема (юг умеренного климата), благоприятные условия в самом водоеме, в том числе методы рыбохозяйственного использования ихтиофауны.

С 2003 г. в Тудакульском водохранилище развивают пастбищную аквакультуру. Регулярное зарыбление водоема культивируемыми карповыми рыбами (дальневосточные растительноядные рыбы, карп) позволило создать в водоеме товарные стада этих рыб, для лова которых перешли со ставных сетей на невода с крупной ячей. Такой режим лова благоприятно отразился и на стадах других промысловых видов рыб, прекратив вылов неполовозрелых и впервые созревающих рыб. Это позволило сформироваться товарным стадам диких рыб, воспроизводство которых проходит естественным путем. В промысловых уловах в последние годы попадают только повторно созревающие крупные особи всех видов, в том числе леща. Так как лещ очень высокспинная рыба, то в уловах попадают особи навеской 570 г и более, все они являются повторно созревающими. Феномен Ли не выявлен.

Уловы леща в 2003–2007 гг. составляли 1,6–68,8 т в год, в последние годы (с 2008 по 2014 гг.) уловы возросли до 111–400 т в год, и лещ входит в состав основных промысловых объектов. В 2014 г. в этом водоеме общий улов рыб составил 1646 т, фактическая рыбопродуктивность составила 74 кг/га (самая высокая рыбопродуктивность в Узбекистане).

На основании вышесказанного можно заключить, что режим пастбищной аквакультуры, введенный на Тудакульском водохранилище, хорошо себя зарекомендовал, поэтому его можно использовать и для других равнинных водоемов бассейна Аральского моря.



Тудакульское водохранилище, Узбекистан
Tudakul Reservoir, Uzbekistan

Таблица 1

**Средние размеры тела леща разного возраста в Тудакульском водохранилище
(над чертой – разброс, под чертой – среднее)**

Table 1

**Average body size of bream of different ages in the Tudakul reservoir
(above the line – the scatter, below the line – the average)**

Показатель	Возраст, годы				
	1	2	3	4	5
TL, см	$\frac{14-32}{22,5}$	$\frac{21-39}{28,6}$	$\frac{29-47}{38,9}$	$\frac{40-45,5}{42,7}$	$\frac{40-48,5}{47,3}$
W, г	$\frac{30-395}{127,2}$	$\frac{105-760}{291,7}$	$\frac{295-1305}{778,4}$	$\frac{755-1250}{1040,1}$	$\frac{1140-1405}{1315}$
N, шт.	92	52	108	23	3

Таблица 2

**Темп роста леща Тудакульского водохранилища (по данным обратного расчисления),
самки и самцы объединены**

Table 2

**Growth rate of the bream in the Tudakul reservoir (according to the reverse calculation),
females and males are combined**

Возраст, годы	N, шт.	Общая длина тела, см				
		TL ₁	TL ₂	TL ₃	TL ₄	TL ₅
1	92	13,3				
2	52	13,5	28,6			
3	108	13,5	28,4	38,5		
4	23	14,5	26,1	35,5	42,8	
5	3	13,8	23,6	32,3	41,1	48,6
<i>Средний темп роста, см</i>		<i>13,52</i>	<i>28,12</i>	<i>37,87</i>	<i>42,65</i>	<i>48,56</i>
<i>Средние годовые приросты, см</i>		<i>1,52</i>	<i>14,60</i>	<i>9,75</i>	<i>4,78</i>	<i>5,91</i>

Таблица 3

Рост леща в различных регионах ареала (TL – общая, SL – стандартная длина тела)

Table 3

Growth of bream in different regions of the range (TL – total body length, SL – standard body length)

Водоем	Длина тела	Длина тела по годам жизни, см										Авторы
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Шардарьинское водохранилище, Казахстан	SL	-	17,4	22,5	27,1	30,8	34,4	37,7	39,8	41,4		[2]
Оз. Балхаш, Казахстан	SL	-	11,1	15,3	18,7	21,6	24,5	26,0	28,0	30,0		[2]
Капчагайское водохранилище, Казахстан	SL	-	16,0	22,8	25,9	27,5	29,5	31,2	33,2	34,5		[2]
Оз. Балатон, Венгрия	SL	7,2	11,4	14,9	17,8	22,1	24,2	25,9	27,6	28,8	30	[5]
Оз. Даби, Польша	TL	6,4	11,8	16,9	21,4	25,4	29,1	32,4	35	37,6	34,9	[10]
Водоемы р. Дунай, Хорватия	TL	8,1	13,3	17,6	21,2	24	26,4	28,5	30,5	32,4	34,3	[9]
Тудакульское водохранилище, Узбекистан	SL	10,5	22,7	30,9	34,9	39,8						Данное исследование
	TL	13,5	28,1	37,9	42,7	48,6						

Список литературы

1. Камиллов, Г.К. Рыбы водохранилищ Узбекистана / Г.К. Камиллов. – Ташкент: ФАН, 1973. – 234 с.
2. Рыбы Казахстана: в 5 т. Т 3. Карповые (продолжение). – Алма-Ата: Наука, 1988. – 304 с.
3. Салихов, Т.В. Рыбы Узбекистана / Т.В. Салихов, Б.Г. Камиллов, А.К. Атаджанов. – Ташкент: Chinor ENK, 2001. – 152 с.
4. Chugunova, N.I. Age and growth studies in fish / N.I. Chugunova. – Washington D.C.: National Science Foundation, 1963. – 132 p.
5. Dauba, F. Growth of bream, *Abramis brama* L., in two outside basins of different trophic state of Lake Balaton / F. Dauba, P. Biro / Int. Revue ges. Hydrobiol. –1992. – Vol. 77, № 2. – P. 225–235.
6. Kamilov, G. Fish and fisheries in Uzbekistan under the impact of irrigated agriculture / G. Kamilov, Z.U. Urchinov // Inland fisheries under the impact of irrigated agriculture: Central Asia/ FAO Fisheries Circular. – № 894. – Rome: FAO. – 1995. – P. 10–41.
7. Ricker, W.E. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations / W.E. Ricker // Bulletin of Fisheries Research Bd. Canada. – 1975. – № 191. – P. 1–382.
8. Segerstrale, C. Über die jährlichen Zuwachszonen der Schruppen und Beziehungen zwischen Temperatur und Zuwachs bei *Abramis brama* / C. Segerstrale // Acta Zool. Fenn. – 1932. – Vol. 13. – P. 1–42.
9. Treer, T. Growth of bream, *Abramis brama*, in the Croatian section of Danube / T. Treer, A. Opačak, I. Aničić, R. Safner, M. Piria, T. Odak // Czech Journal of Animal Sciences. – 2003. – Vol. 48. – P. 251–256.

10. Zalachowski, W. Growth rate of bream [*Abramis brama* (L)] in lake Dąbie / W. Zalachowski, K. Wieski // Electronic Journal of Polish agricultural univercities, 1, 1, 1998, # 03 (<http://www.ejpau.media.pl/volume1/issue1/fisheries/art-03.html>).

Сведения об авторах: Камиллов Бахтияр Ганиевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: bkam58@rambler.ru;

Мирзаев Улугбек Тураевич, заведующий лабораторией гидробиологии и ихтиологии, кандидат биологических наук, e-mail: umirzayev@gmail.com;

Мустафаева Зури Асановна, младший научный сотрудник, e-mail: zuri05@mail.ru.

УДК 597.587.9-1.05(268.45)

А.М. Мухортова, А.В. Барышников, И.И. Лыжов, В.А. Мухин
Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства
и океанографии им. Н.М. Книповича,
183038, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6

**БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАМБАЛ (PLEURONECTIDAE) БАРЕНЦЕВА
МОРЯ: *GLYPTOCEPHALUS CYNOGLOSSUS*, *PLEURONECTES PLATESSA*
И *LIMANDA LIMANDA***

Проведены исследования биохимических свойств некоторых видов камбал (Pleuronectidae), обитающих в Баренцевом море. Определено содержание воды, липидов, белков, минеральных веществ; изучен фракционный состав белков и липидов, а также содержание аминокислот в белках методами хроматографии.

Ключевые слова: камбалы, Баренцево море, биохимический состав, хроматография.

A.M. Mukhortova, A.V. Baryshnikov, I.I. Lyzhov, V.A. Mukhin
BIOCHEMICAL PROPERTIES OF BARENTS SEA'S FLOUNDERS
(PLEURONECTIDAE): *GLYPTOCEPHALUS CYNOGLOSSUS*, *PLEURONECTES*
PLATESSA* AND *LIMANDA LIMANDA

We conducted the investigation of biochemical properties for some flounders (Pleuronectidae) that live in Barents Sea. The content of water, lipids, proteins, minerals in their tissues and organs was studied; fraction content of proteins and lipids and amino acids of proteins was studied by methods of chromatography as well.

Key words: flounder, Barents Sea, biochemical composition, chromatography.

Введение

Представители семейства Камбаловые (Pleuronectidae) являются традиционным объектом промысла в Баренцевом море и ценным ресурсом, который используют для изготовления в основном пищевой продукции, в том числе деликатесной. Исследования, проведенные ранее [1], выполнялись, главным образом, в отношении наиболее популярных промысловых видов, таких как палтус или камбала-ерш, для других представителей семейства данные по биохимическим свойствам весьма скудны и фрагментарны. Большей частью исследования посвящены изучению их биологических особенностей и распространения.

Специализированный промысел морской камбалы *Pleuronectes platessa* в Баренцевом море ведется круглогодично, а ее запасы на начало 2016 г. находятся в стабильном состоянии. Вылов в последние годы находится на уровне 7,7 тыс. т, а расчетный промысловый запас в Баренцевом море составляет 78,7 тыс. т [2].

Лиманду *Limanda limanda* специально не вылавливают, тем не менее она часто попадает в трал с прочими донными видами рыб, например, при промысле морской камбалы её доля может достигать до 14,5 % от улова. Общий вылов лиманды в Баренцевом море составляет 600 т, при этом уменьшения запасов этого вида рыб не наблюдается [3].

Специализированный промысел длинной камбалы *Glyptocephalus cynoglossus* российскими судами также не осуществляется. Её добывают в качестве прилова при промысле других видов. Международный вылов составил всего 328 т [4]. В Баренцевом море этот вид камбал встречается редко и в основном в его западной части.

Запасы и вылов длинной камбалы и лиманды относительно морской камбалы сравнительно невелики, и эти виды камбал относят к малоиспользуемым или нетрадиционным объектам промысла.

Непреходящую актуальность имеют исследования по поиску перспективных водных биологических ресурсов (ВБР) для развития пищевой индустрии, определения путей их рационального использования, расширения ассортимента выпускаемой продукции. Это в полной мере относится и к рыбам семейства Камбаловые. Для определения наиболее рационального способа использования ВБР, оценки их технологического потенциала для изготовления пищевой, кормовой и технической продукции необходимо проводить комплекс биохимических исследований.

Задачей настоящего исследования являлось определение химического состава и некоторых биохимических особенностей органов и тканей малоизученных представителей семейства Pleuronectidae.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись представители семейства Камбаловые (Pleuronectidae): длинная (красная) камбала – *Glyptocephalus cynoglossus*, морская камбала – *Pleuronectes platessa*, лиманда (ершоватка) – *Limanda limanda*.

Сбор гидробионтов проводили в зимний период в научно-исследовательских экспедициях ФГБНУ «ПИНРО». Длинную (красную) камбалу вылавливали в Западном районе Баренцева моря (Норвежский желоб), морскую камбалу – в Западном районе Баренцева моря (Северо-Восточный склон Мурманской банки), лиманду – в Западно-Центральном районе, Восточном Прибрежном и в районе Северо-Канинской банки Баренцева моря.

Определение массовых долей воды, липидов, белков и минеральных веществ выполняли по стандартным методикам [5, 6].

Аминокислотный состав белков определяли методом хроматографического разделения производных аминокислот, полученных по реакции с ортофталевым альдегидом и β-меркаптоэтанолом. Для количественного анализа аминокислот в белках образцы тканей и органов измельчали, удаляли влагу высушиванием и обезжиривали в аппарате Сокслета диэтиловым эфиром, затем проводили гидролиз белков классическим методом [7]: соляной кислотой с концентрацией 6 моль/дм³ при температуре 115 °С в течение 24 ч в запаянных стеклянных ампулах.

После гидролиза избыток кислоты удаляли под вакуумом, затем остаток растворяли в 0,05 моль/дм³ раствора уксусной кислоты. Далее аминокислоты модифицировали для получения флюоресцирующих производных по реакции с ортофталевым альдегидом и β-меркаптоэтанолом в растворе 0,1 моль/дм³ тетрабората натрия в течение 1 мин и сразу же проводили разделение на хроматографической колонке Supelkosil LC-18 (30 см x 4 мм) и с использованием жидкостного хроматографа LC-10Ap фирмы «Shimadzu» (Япония) с флюориметрическим детектором RF-10 Ax1 (длина волны возбуждения – 340 нм, излучения – 450 нм) смесью ацетонитрил: водный раствор ацетата натрия с градиентом, подобранном экспериментально. Скорость потока элюента – 1,5 см³/мин. Для градуировки хроматографической системы использовали набор аминокислот фирмы Sigma-Aldrich (Германия).

Фракционный состав белков в образцах определяли методом гель-хроматографии низкого давления с использованием аппаратуры Pharmacia LKB Biotechnology (Швеция). В качестве неподвижной фазы в колонке (1,6 x 70 см) использовали Sephadex G-100 Superfine (Швеция), в качестве элюента – 0,15 моль/дм³ раствор хлорида натрия (рН 7). Фракции белков регистрировали с помощью фотометрического детектора на длине волны 280 нм (длина оптического пути – 2 мм). Молекулярную массу (ММ) определяли по градуировочным графикам.

кам, построенным с использованием набора стандартных образцов белков фирмы Sigma-Aldrich (Германия) с известными средними ММ [8].

Фракционный состав липидов исследуемых объектов определяли методом тонкослойной хроматографии [9]. Липиды экстрагировали по методу Блайя–Дайэра [6], затем разделяли на пластинках фирмы Merck (Германия) в системе растворителей: гексан : эфир : уксусная кислота (45 : 10 : 5, объемные доли); для фосфолипидов – бутанол : этанол : вода (25 : 5 : 20, объемные доли). Разделенные фракции общих и индивидуальных фосфолипидов проявляли 50%-й H_2SO_4 при нагревании, сканировали с помощью прибора CS-9000 фирмы Shimadzu (Япония) на длине волны 540 нм. Идентификацию фракций осуществляли с помощью стандартов фирмы Sigma-Aldrich (Германия).

Результаты и обсуждение

Результаты исследования по определению содержания воды, липидов, белков и минеральных веществ (зола) в органах и тканях объектов исследования представлены в табл. 1.

По химическому составу мышечной ткани длинная (красная) камбала зимнего периода вылова относится к белковым среднежирным рыбам и содержит в среднем белков 15,5 %, липидов – 7,80 %. Печень содержит в среднем 40,4 % липидов. Гонады самцов значительно обводнены, доля воды – 85,1 %; липидов – 2,83 %.

Морская камбала зимнего периода вылова также относится к категории белковых среднежирных рыб. Содержание липидов в печени почти в два раза ниже по сравнению с таковой у длинной камбалы.

Химический состав мышечной ткани лиманды мало зависит от района вылова в зимний период и в среднем составляет 17,3–18,3 % и 2,07–3,50 % соответственно, что позволяет отнести её к категории среднежирных белковых рыб. Печень характеризуется низким содержанием липидов и белков – 14,5–15,6 % и 11,2–12,5 % соответственно. В икре содержится меньше белков, но больше липидов, чем у морской камбалы.

Таблица 1

Химический состав отдельных частей тела исследуемых объектов

Table 1

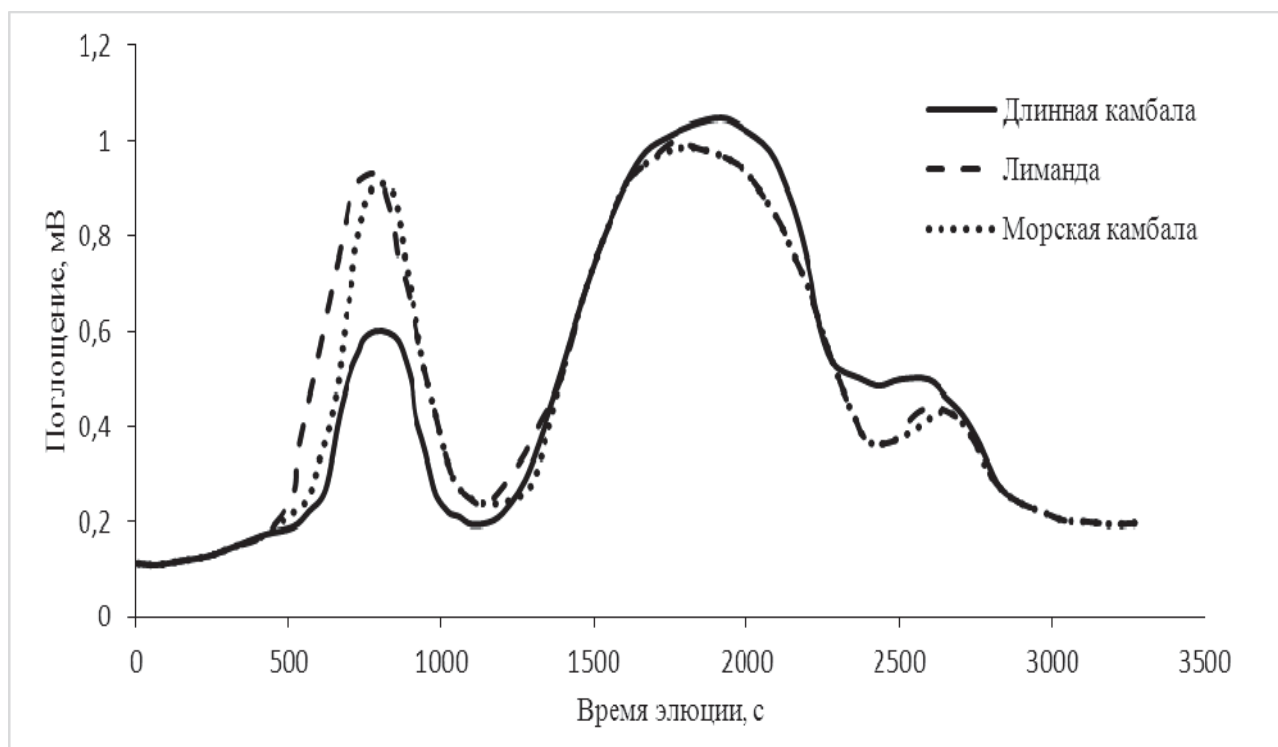
Chemical composition of individual parts of the body of the investigated objects

Характеристика		Части тела (средняя проба)	Содержание, %			
длина, см	пол		Вода	Липиды	Белки	Зола
1	2	3	4	5	6	7
Длинная красная камбала (Норвежский желоб)						
41,0–43,0	Самцы	Мышцы	74,0	7,80	15,5	0,98
		Печень	54,3	40,4	6,81	0,84
		Гонады	85,1	2,83	9,05	1,17
Морская камбала (Северо-Восточный склон Мурманской банки)						
50,0	Самки	Мышцы	75,9	3,11	17,5	1,0
		Печень	64,4	21,3	11,3	0,95
		Икра	72,5	0,54	22,0	0,64
		Внутренности	84,3	1,21	11,4	0,76
Лиманда (Северо-Канинская банка)						
30,5–38,0	Самки	Мышцы	78,0	2,54	18,0	следы
		Печень	66,7	14,5	11,2	0,36
		Икра	78,4	0,83	16,8	0,89
		Внутренности	82,4	1,41	10,8	1,32

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Лиманда (Западно-Центральный район)						
28,0–38,0	Самки	Мышцы	77,6	2,07	18,3	1,14
		Печень	66,9	15,1	11,6	1,32
		Икра	70,0	2,78	23,4	1,27
Лиманда (Восточный Прибрежный район)						
35,5	Самки	Мышцы	77,9	3,50	17,3	1,06
		Печень	66,9	15,6	12,5	0,52
		Икра	76,1	1,46	19,2	1,03
		Внутренности	83,4	3,65	10,0	1,17

Профили элюции водорастворимых белков мышечной ткани объектов исследования представлены на рисунке.



Профиль элюции экстракта водорастворимых белков мышечной ткани исследуемых объектов
Elution profile of the extract of water-soluble proteins of muscle tissue of the investigated objects

В мышечной ткани длинной (красной) камбалы фракции с высокой (выше 105,6 кДа) и низкой (ниже 13,7 кДа) ММ близки и составляют 23 и 16,8 % соответственно. Большая часть водорастворимых белков представлена фракцией со средней ММ – 60,2 %.

Мышечная ткань морской камбалы характеризуется преобладанием фракции со средней ММ, её доля составляет 60,7 %. Доля веществ с высокой ММ (выше 114,4 кДа) составляет 33,9 %, доля же веществ с ММ ниже 12,1 кДа незначительна и составляет около 4,4 %.

Мышечная ткань лиманды характеризуется преобладанием фракции со средней ММ, её доля составляет 63,2 %. Доля веществ с высокой ММ (выше 117,1 кДа) составляет 32,7 %, доля низкомолекулярной фракции (ниже 14,3 кДа) – 4,1 %.

Результаты аминокислотного анализа белков представлены в табл. 2.

Таблица 2

Аминокислотный состав белков мышечной ткани исследуемых объектов

Table 2

Amino acid composition of muscle proteins of the studied objects

Аминокислота	Длинная камбала		Морская камбала		Лиманда		«Идеальный» белок, %
	%	мг/100 г мышечной ткани	%	мг/100 г мышечной ткани	%	мг/100 г мышечной ткани	
Незаменимые аминокислоты, в том числе:							
Валин	5,24	812	5,33	933	5,11	920	5,0
Изолейцин	4,35	674	4,45	779	4,21	758	4,0
Лейцин	7,05	1093	7,02	1228	7,07	1272	7,0
Лизин	7,39	1145	6,72	1177	6,36	1145	5,5
Метионин	2,00	310	2,36	413	1,75	316	3,5 (с цистином)
Треонин	4,07	630	4,19	733	4,00	720	4,0
Фенилаланин	4,00	619	3,92	687	3,93	707	6,0 (с тирозином)
Заменимые аминокислоты, в том числе:							
Аланин	5,92	918	6,10	1067	5,88	1058	
Аргинин	6,95	1077	7,01	1227	6,64	1194	
Аспарагиновая	12,77	1979	13,23	2315	12,67	2281	
Гистидин	1,97	305	2,35	411	2,37	427	
Глицин	4,54	704	4,44	777	3,46	623	
Глутаминовая	17,00	2635	16,64	2911	15,83	2850	
Серин	4,63	717	4,86	850	4,52	814	
Таурин	0,67	103	1,03	180	0,96	173	
Тирозин	3,36	521	3,93	687	3,43	618	

Согласно полученным данным белки мышечной ткани длинной (красной) камбалы, морской камбалы, лиманды полноценны, присутствуют все (кроме триптофана, содержание которого не определяли) незаменимые аминокислоты в количествах, соответствующих шкале, разработанной экспертами ФАО и ВОЗ для «идеального» белка, оптимального для обеспечения потребностей взрослого человека. Соотношения заменимых аминокислот обычные для костных рыб. В наибольших количествах присутствуют аспарагиновая и глутаминовая аминокислоты.

При исследовании фракционного состава липидов были идентифицированы фракции диглицеридов (ДГ), триглицеридов (ТГ), свободных жирных кислот (СЖК), стериннов и их эфиров, фосфолипидов (ФЛ) (лецитин, кефалин и др.). Результаты исследования фракционного состава липидов представлены в табл. 3.

В липидах мышечной ткани и печени исследованных рыб преобладают ТГ или ФЛ. В гонадах и икре рыб превалируют ФЛ, которые представлены в первую очередь лецитином и кефалином.

В мышечной ткани длинной (красной) камбалы на долю ТГ (6,53 %), СЖК (7,81 %), стериннов (9,30 %) и эфиров стериннов (8,36 %) приходится примерно равное их содержание; сре-

ди ФЛ преобладает кефалин (6,24 %). В печени преобладают ДГ – 25,5 %, доля СЖК (7,81 %) и стеринов (9,30 %) примерно равна; среди ФЛ преобладает лецитин – 5,28 %.

Мышечная ткань морской камбалы содержит относительно равное количество ТГ и стеринов – 28,1 и 24,7 % соответственно; на долю ФЛ приходится 10,0 %, из них на кефалин – 5,86 %. В печени преобладают ТГ (12,3 %) и эфиры стеринов (14,0 %); среди ФЛ (15,2 %) – лецитин (4,57 %) и кефалин (9,80 %). В гонадах значительную долю имеют ТГ (47,2 %); среди ФЛ преобладает кефалин (17,7 %).

В липидах печени, мышечной ткани и гонад лиманды разных районов вылова содержание ТГ составило 18,8–35,8 %, СЖК – 6,01–24,8 %, стеринов – 4,82–18,2 %. Доля ФЛ в указанных тканях колеблется в диапазоне 12,6–52,5 % от суммы всех липидов.

Таблица 3

Фракционный состав липидов исследуемых объектов, % от суммы липидов (средние значения)

Table 3

The fractional composition of lipids of the investigated objects,% of the amount of lipids (averages)

Вид ткани	Общие липиды					Фосфолипиды			
	ДГ	ТГ	СЖК	Стерины	Эфиры стеринов	Всего	Лецитин	Кефалин	Другие
Длинная (красная) камбала (Норвежский желоб), самцы									
Мышцы	-	6,53	7,81	9,30	8,36	10,7	1,77	6,24	2,67
Печень	25,5	5,85	9,26	7,71	-	6,41	5,28	1,13	-
Морская камбала (Северо-Восточный склон Мурманской банки), самки									
Мышцы	-	28,1	11,8	24,7	-	10,0	1,61	5,86	2,51
Печень	-	12,3	6,25	3,92	14,0	15,2	4,57	9,80	0,87
Икра	-	47,2	15,8	10,5	-	23,8	6,15	17,7	-
Лиманда (Северо-Канинская банка), самки									
Мышцы	-	19,6	5,07	9,02	7,80	41,0	18,6	19,7	2,74
Печень	3,16	18,5	13,4	8,74	13,0	42,5	19,3	19,0	4,22
Икра	-	29,0	6,01	9,73	-	46,6	11,5	35,2	-
Лиманда (Западно-Центральный район), самки									
Мышцы	-	28,0	19,1	13,4	5,80	28,5	11,4	13,9	3,27
Печень	-	27,7	18,2	4,82	9,00	40,0	16,8	18,8	4,30
Икра	-	31,7	20,0	17,8	-	27,6	10,8	13,5	3,38
Лиманда (Восточный Прибрежный район), самки									
Мышцы	-	18,8	16,4	8,13	-	52,5	20,3	23,4	8,77
Печень	6,43	24,5	24,8	8,65	22,5	12,6	4,08	5,76	2,81
Икра	-	35,8	8,20	18,2	7,84	24,7	12,5	11,1	1,23

Заключение

Нами показано, что представители семейства Камбаловые имеют сходный химический состав и биохимические свойства. Исследуемые виды рыб относятся к категории белковых среднежирных (мышечная ткань содержит 15,5–18,3 % белков). Содержание липидов несколько отличается по видам: у морской камбалы и лиманды эта величина составила 2,07–3,50 %, у длинной (красной) камбалы значительно выше – 7,80 %. Мышцы камбаловых обводнены (до 78,0 % воды), что объясняет нежность консистенции и легкую развариваемость мышечной ткани при тепловой обработке.

Печень у камбаловых рыб не крупная и в среднем составляет около 2,0 % массы рыбы, причем у морской камбалы и лиманды она характеризуется невысокой долей липидов (14,5–21,3 %), в отличие от таковой у длинной (красной) камбалы (в среднем около 40,0 %).

Мышечная ткань характеризуется преобладанием белковых веществ со средней ММ (60–63 %). В целом фракционный и аминокислотный составы белков изученных видов практически не отличаются. Обращает на себя внимание повышенное содержание биологически ценной фракции фосфолипидов в тканях лиманды по сравнению с таковым у других камбал. Этот факт позволяет предложить использовать ткани лиманды для выделения биологически активных веществ.

Таким образом, малоиспользуемые виды камбал: лиманда (ершоватка) *Limanda limanda* и длинная (красная) камбала *Glyptocephalus cynoglossus*, составляющие суммарно по вылову около 10–15 % от основного промыслового объекта – морской камбалы *Pleuronectes platessa*, могут быть также использованы. Их целесообразно направлять в обработку аналогично морской камбале, поскольку их химические и биохимические свойства сходны. Более широкое вовлечение этих объектов в производство в качестве сырья отвечает принципам рациональности и эффективности использования возобновляемых природных ресурсов. Полученные результаты могут быть применены для расчёта технологических процессов, оценки рентабельности производства и качества продукции из малоиспользуемых видов камбал.

Список литературы

1. Технохимические свойства промысловых рыб Северной Атлантики и прилегающих морей Северного Ледовитого океана / Л.Л. Константинова [и др.]. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1997. – 183 с.
2. Руднев, В.Г. Морская камбала / В.Г. Руднев // Состояние биологических сырьевых ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики в 2016 г. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2016. – С. 20–21.
3. Стесько, А.В. Распространение и некоторые биологические характеристики лиманды (*Limanda limanda* (L. 1758)) Баренцева моря / А.В. Стесько // Тр. КарНЦ РАН. – Петрозаводск, 2014. – № 2. – С. 108–118.
4. Фомин, К.Ю. Камбала длинная Большой Ньюфаундленской банки (микрорайоны ЗНО) / К.Ю. Фомин // Состояние биологических сырьевых ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики в 2016 г. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2016. – С. 88.
5. Технохимические исследования рыбы и беспозвоночных: методические рекомендации. – М., 1981. – 93 с.
6. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. Введ. 01.01.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 141 с.
7. Moore, S. Chromatographic determination of amino acids by the use of automatic recording equipment / S. Moore, W.H. Stein // Methods Enzymol. – 1963. – Vol. 6. – P. 819–831.
8. Laurent, T.S. Theory of gel filtration and its experimental verification / T.S. Laurent, J.A. Killander // J. Chromat. – 1964. – Vol. 14. – P. 317.

9. Руководство по современной тонкослойной хроматографии / под ред. О.Г. Ларионова. – М.: Химия, 1994. –311 с.

Сведения об авторах: Мухортова Анна Михайловна, научный сотрудник, лаборатория биохимии и технологии, e-mail: mukhort@pinro.ru;

Барышников Андрей Владимирович, кандидат технических наук, научный сотрудник, лаборатория биохимии и технологии, e-mail: baryshnikov@pinro.ru;

Лыжов Иван Иванович, младший научный сотрудник, лаборатория биохимии и технологии, e-mail: lyzhov@pinro.ru;

Мухин Вячеслав Анатольевич, заведующий лабораторией биохимии и технологии, доктор биологических наук, e-mail: vmukhin@pinro.ru.

УДК 597.553.2-153(282.247.1)

А.М. Николаев, М.Ю. Алексеев

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства
и океанографии им. Н.М. Книповича,
183038, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6

СЕЗОННАЯ И СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА ДРИФТА БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ЛОСОСЕВОЙ Р. КОЛА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Исследовали суточную динамику дрейфа беспозвоночных гидробионтов и ее сезонные особенности в лососевой р. Кола (бассейн Баренцева моря). Одновременно изучали динамику питания молоди атлантического лосося (семги). Установили, что показатели численности и биомассы дрейфа меняются как в течение суток, так и от сезона к сезону, и эта динамика в разное время имеет некоторые характерные черты. Максимальные количественные показатели миграции беспозвоночных практически во всех случаях, кроме июля, приходились на темное время суток, а сезонной – на август. Суточная динамика доминирующих групп организмов, за исключением осеннего времени, демонстрировала выраженную синхронность. Состав пищевого комка молоди семги в той или иной мере повторял распределение организмов в пробах дрейфа. Показатель наполненности желудков у подавляющего большинства исследуемых пестряток был высоким, что свидетельствует о достаточном развитии кормовой базы. Высокие показатели численности дрейфа весной подтвердили правильный выбор времени выпуска искусственно выращенных годовиков семги.

Ключевые слова: динамика дрейфа, беспозвоночные гидробионты, годовики семги.

A.M. Nikolaev, M.Yu. Alekseev

SEASONAL AND DAILY DRIFT DYNAMICS OF INVERTEBRATES IN THE SALMON KOLA RIVER (THE KOLA PENINSULA)

The daily drift dynamics of marine invertebrates and its seasonal patterns in the salmon Kola River (the Barents Sea basin) were studied. Simultaneously, the feeding dynamics of the juvenile Atlantic salmon was analyzed. It was found that drift abundance and biomass varied both during a day and from season to season, and the dynamics had its peculiarities in the different time periods. In almost all the cases, except for July, the maximum quantitative parameters of the invertebrate migration were associated with the night time, while of the seasonal one – with August. The daily dynamics of the dominating groups of the organisms showed pronounced synchrony, with the exception of the autumn time. The bolus composition in juvenile salmon was almost the same as the distribution of organisms in the drift samples. The index of stomach fullness in the most of the examined parrs was high, which indicated a sufficient development of the food base. High drift abundance in spring proved the right choice of the time to release the farmed salmon yearlings.

Key words: dynamics of drift, invertebrate hydrobionts, salmon yearlings.

Введение

Принято считать, что сигнальным фактором для вертикальной миграции представителей фауны реофильных беспозвоночных служит изменяющаяся освещенность, и в условиях нормальной смены светлого и темного времени суток основная масса организмов дрейфует ночью, превышая численность дневной миграции в десятки, а порой и сотни раз, за исключением рек с высокой мутностью воды, где разница в численности ночной и дневной миграции выражена не резко [1, 2]. В северных широтах при отсутствии привычной ритмики смены дня и ночи с апреля по август наблюдаются некоторые особенности вертикальной миграции беспозвоночных, где численность мигрирующих организмов меняется незначительно, а пик миграции также приходится на ночной период [3].

Известно также, что изменение численности мигрирующих беспозвоночных в течение суток контролируется двумя факторами – активным подъемом организмов в толщу воды, продиктованным необходимостью перемены биотопа, и их смывом с грунта течением, которому они не всегда могут противостоять. В соответствии с этим в структуре дрефта выделяют активный (поведенческий) и пассивный компоненты [4].

Таким образом, дрефт является ведущим фактором пространственной организации и динамики зообентоценозов и является основным механизмом, обеспечивающим оптимальное размещение животных в бентали, соответствующее ресурсам среды и экологическим потребностям организмов. Благодаря миграциям с вышележащих участков происходит восстановление разрушенных сообществ и реколонизация опустошенных биотопов после воздействия экстремальных факторов гидрологического режима.

Следовательно, при перемещении беспозвоночных потоком воды вниз по течению посредством дрефта осуществляется прямая связь сообществ на нижележащих по течению участках русла с вышележащими [5]. Вместе с тем структура дрефта не является буквальным отражением структуры зообентоса, поскольку миграционная активность животных и их способность удерживаться на грунте в условиях течения различны [6]. Следует помнить и о значительных колебаниях уровня и расхода воды в реке, которые от сезона к сезону могут отличаться в разы.

Дрейфующие беспозвоночные составляют основу питания многих реофильных видов рыб, особенно в горных и предгорных реках, где зоопланктон развит слабо, а бентосные животные, скрывающиеся в каменистом грунте, труднодоступны [7]. В частности, преимущественно организмами дрефта питается молодь атлантического лосося (семги) [8].

В р. Кола ежегодно в апреле–мае выпускается молодь в возрасте годовика (1.), выращенная Кандалакшским экспериментальным лососевым заводом (КЭЛЗ) и Князегубским рыболовным заводом (КРЗ), что играет немаловажную роль в сохранении популяции атлантического лосося. В связи с ростом количества компенсационных мероприятий, которые зачастую предлагается произвести в форме выпуска молоди семги в р. Кола, становится актуальной современная оценка кормовой базы, так как постоянное наращивание количества выпускаемой молоди без учета кормовых возможностей акватории нагула может в конечном итоге привести к снижению темпов роста и выживаемости рыб [9]. Тем более что контрольные обловы выростных участков (ВУ) в последние годы свидетельствуют о невысокой выживаемости «заводских» пестряток в реке.

Перечисленные причины определили цель работы, которая заключалась в оценке суточной динамики дрефта и её сезонной изменчивости для установления оптимальных сроков и количества выпуска молоди сёмги, выращиваемой в условиях рыболовных заводов.

Материалы и методы

Отбор проб дрефта осуществлялся в р. Кола в районе рыбоучетного заграждения (РУЗ) с периодичностью в 3 ч в течение суток в мае, июле, августе и октябре 2014 г. по общепринятым методикам [10] стандартной ловушкой с площадью водозаборной рамки 0,5×0,2 м, с мешком из газа № 19 длиной 0,9 м. Пробы дрефта фиксировались 70%-м этанолом. Камеральную обработку и определение беспозвоночных организмов до таксона проводили с использованием стандартных методик [11]. Данные по динамике относительной численности доминирующих групп организмов (Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, в ряде случаев Trichoptera) для удобства восприятия представлены графически.

Молодь семги отлавливалась с использованием электротовильного аппарата. Интенсивность питания определялась по степени наполнения желудков по пятибалльной шкале [12]. Уровень развития кормовой базы оценивался по шкале, предложенной А. Ю. Шустовым [13].

Результаты и обсуждения

Результаты обработки проб показали, что основными группами бентических организмов, определяющими общий снос р. Кола, являются личинки хирономид и мошек (вместе Diptera), поденок, веснянок и, лишь в мае, ручейников.

Показатели численности и биомассы дрефта в р. Кола по каждому временному интервалу в исследуемый период приведены в таблице, где жирным шрифтом выделены основные пики количественных показателей за сутки в каждом сезоне.

Численность и биомасса дрефта в р. Кола в исследуемые периоды Number and biomass of drift in the river. Cola in the periods under study

Временной интервал	Май		Июль		Август		Октябрь	
	N, экз./м ³	B, мг/м ³	N, экз./м ³	B, мг/м ³	N, экз./м ³	B, мг/м ³	N, экз./м ³	B, мг/м ³
15:00–18:00	0,304	0,505	0,318	0,343	0,404	0,586	0,160	0,130
18:00–21:00	0,243	0,394	0,182	0,167	0,349	0,457	0,145	0,231
21:00–00:00	0,537	1,627	0,117	0,105	0,519	0,731	0,198	0,364
00:00–03:00	0,257	0,931	0,117	0,117	0,633	1,386	0,123	0,185
03:00–06:00	0,138	0,407	0,142	0,151	0,855	1,410	0,235	0,497
06:00–09:00	0,209	0,325	0,133	0,182	0,540	0,608	0,154	0,269
09:00–12:00	0,310	0,563	0,120	0,586	0,222	0,269	0,083	0,127
12:00–15:00	0,214	0,389	0,210	0,250	0,216	0,315	0,148	0,259
Итого за сутки	2,212	5,143	1,340	1,901	3,738	5,762	1,247	2,062

Из таблицы видно, что общие численные показатели суточной динамики дрефта беспозвоночных существенно трансформировались с изменением сезона. Так, общая численность за сутки в мае составила 2,212 экз./м³, в июле – 1,340 экз./м³, в августе – 3,738 экз./м³, в октябре – 1,247 экз./м³, а биомасса – 5,143, 1,901, 5,762 и 2,062 мг/м³ соответственно.

В мае суточная динамика доминирующих групп организмов демонстрировала выраженную синхронность. Выделились два пика, наибольший из которых приходился на вечерние часы (21:00–00:00), а наименьший – на утренние (09:00–12:00) (рис. 1).

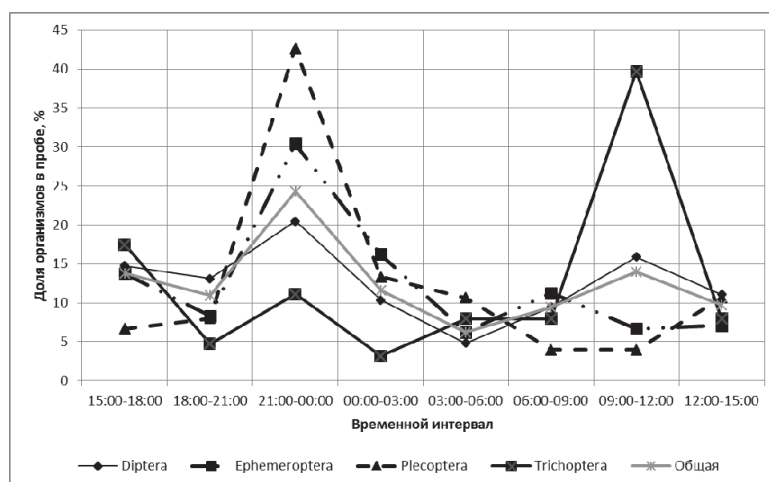


Рис. 1. Суточная динамика дрефта в р. Кола в мае 2014 г.
Fig. 1. Daily dynamics of drift in the river Cola in May 2014

Наименьшие показатели численности наблюдались в утренний период (с 03:00 до 06:00). Наибольшее значение биомассы пришлось также на ночной период у представителей отряда Plecoptera и при численности 0,085 экз./м³ составила 0,751 мг/м³, что занимает около 50 % от общей биомассы за данный временной интервал и около 15 % от общей биомассы за сутки.

Наполнение желудков у разновозрастных пестряток семги (исследовано 16 экз., среди которых 9 заводских и 7 диких), отловленных в этот период, составило в среднем 3,75 балла (3,6 баллов) у заводской молодежи, 3,9 баллов – у дикой молодежи), что свидетельствовало об их высокой пищевой активности. Основными кормовыми объектами были представители веснянок, поденок и в меньшей степени ручейников, что в целом повторяло распределение организмов в пробах дрейфа.

По численным показателям гидробионтов уровень развития кормовой базы оценили как низкий.

В июле численные показатели дрейфа снизились по сравнению с таковыми в апреле почти в 2 раза. Основной пик миграции беспозвоночных отмечался здесь в период с 15:00 до 18:00 (численность – 0,318 экз./м³, биомасса – 0,343 мг/м³), а в целом за сутки количественные показатели мигрирующих беспозвоночных менялись незначительно, что может быть связано с круглосуточной солнечной активностью (рис. 2).

По численным показателям гидробионтов уровень развития кормовой базы, по аналогии с майскими показателями, оценили как низкий. Рыба в этот период не отлавливалась.

В августе наблюдались максимальные численные показатели дрейфа за все исследуемые периоды. Таким образом, общая за сутки численность составила 3,738 экз./м³, а биомасса – 5,762 мг/м³.

Основной пик миграции беспозвоночных здесь отмечали также в ночное время суток (с 03:00 до 06:00), а в сравнении со средним уровнем он был растянут с 21:00 до 09:00 (рис. 3).

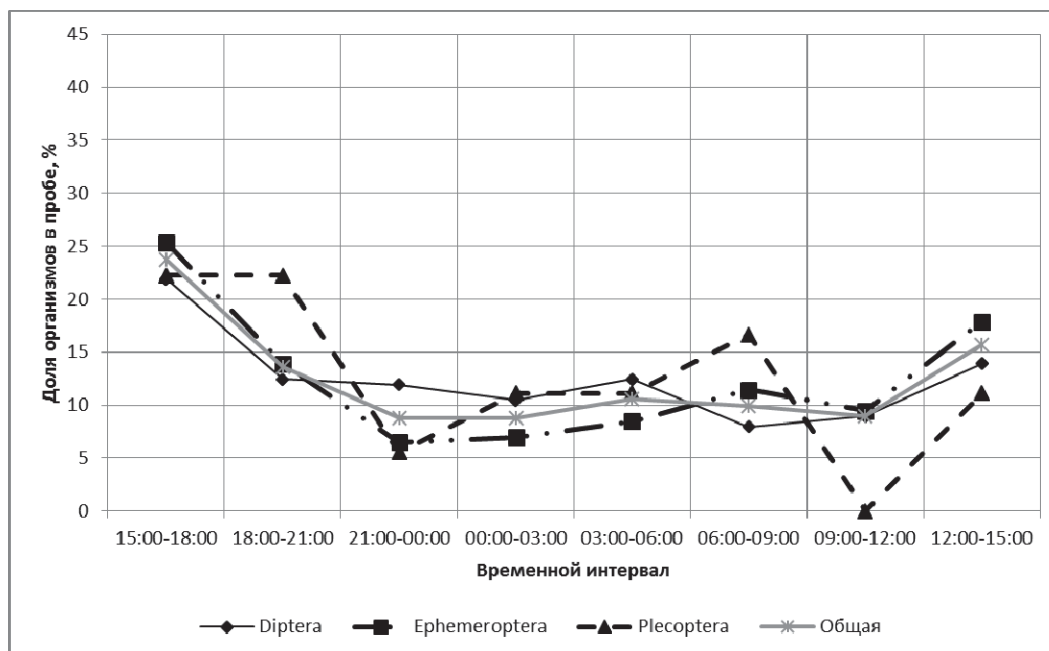


Рис. 2. Суточная динамика дрейфа в р. Кола в июле 2014 г.
 Fig. 2. Daily dynamics of drift in the river Cola in July 2014

Наибольшие значения биомассы здесь наблюдали у представителей отрядов Diptera (0,494 мг/м³), Mollusca (0,330 мг/м³) и Plecoptera (0,515 мг/м³) в период с 3:00 до 6:00, они составили около 35, 22 и 23 % соответственно от общей биомассы за временной интервал.

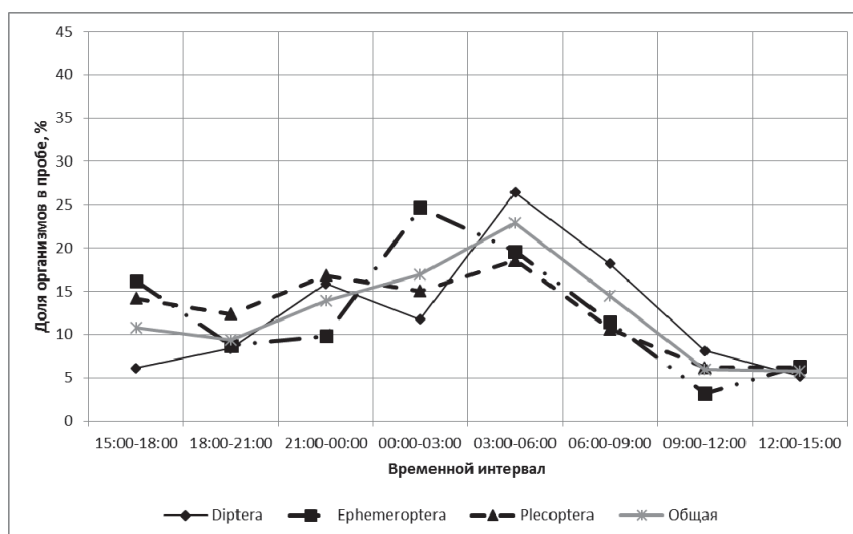


Рис. 3. Суточная динамика дрейфа в р. Кола в августе 2014 г.
Fig. 3. Daily dynamics of drift in the river Cola in August 2014

Наполнение желудков у разновозрастной молоди семги (исследовано 46 экз., среди которых 24 диких и 22 заводских), отловленных в этот период составило в среднем 2,2 и 2,7 балла соответственно. В содержимом пищевого комка практически у всех пестряток количественно преобладали личинки двукрылых и довольно часто встречались поденки и веснянки, реже – ручейники и моллюски, что в принципе повторяло распределение организмов в дрейфе. По численным показателям гидробионтов уровень развития кормовой базы оценили как средний.

В октябре, с понижением температуры, численные показатели дрейфа вновь снизились и имели наименьшее значение за весь период исследований. Распределение суточной динамики в этот сезон характеризовалось двумя пиками в темное время суток (03:00–06:00 больший и 21:00–00:00 меньший) (рис. 4). Самым массовым по численности были представители поденок. У них же наблюдали наибольшие значения биомассы с показателями от 0,065 до 0,253 мг/м³. Наименьшую численность отмечали в утреннее время (с 09:00 до 12:00).

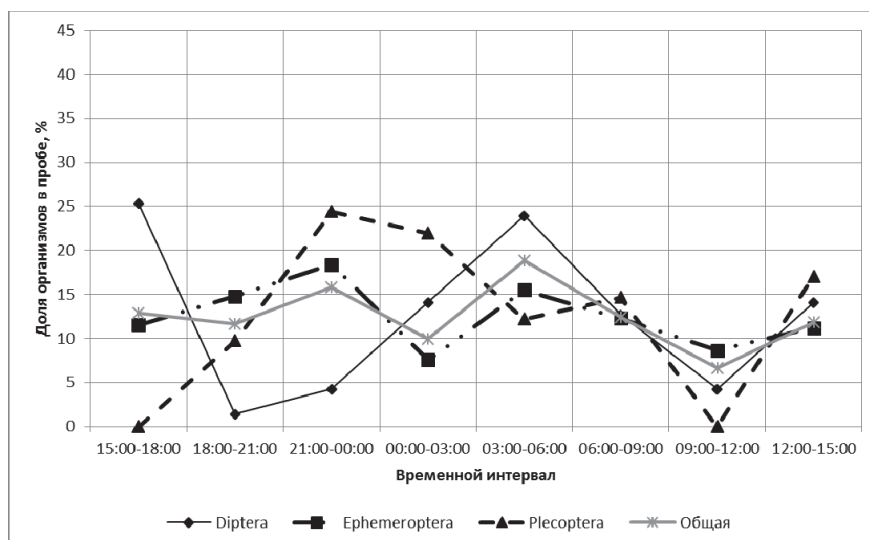


Рис. 4. Суточная динамика дрейфа в р. Кола в октябре 2014 г.
Fig. 4. Daily dynamics of drift in the river Cola in October 2014

Наполнение желудков пестряток семги в данный сезон (исследовано 42 экз., 22 из которых дикие и 20 заводского происхождения) составило в среднем 3,7 и 3,5 балла соответственно. В содержимом количественно преобладали ручейники, массово встречались личинки веснянок и подёнок, реже – моллюски. По численным показателям гидробионтов развитие кормовой базы оценили на низком уровне.

Заключение

Основными группами бентических организмов, определяющими общий снос в р. Кола, являлись личинки хирономид и мошек (вместе Diptera), поденок и веснянок, а весной еще и ручейников. Суточная динамика доминирующих групп организмов практически во всех случаях (кроме октября) хотя и демонстрировала более или менее выраженную синхронность, была индивидуальной для тех или иных таксономических групп. По всей вероятности, суточная и сезонная динамика численности беспозвоночных являлась результатом взаимодействия внутривидовых процессов, индивидуальных для каждого вида, и изменчивых условий среды. В плане сезонной динамики максимальные количественные показатели суточной миграции беспозвоночных наблюдали в августе. Наибольшие показатели численности и биомассы отмечены в ночное время в мае, августе и в октябре, а также в дневное – в июле, когда отсутствовала привычная ритмика смены дня и ночи (полярный день).

В результате выполненных работ р. Кола по показателям численности и биомассы в 2014 г. в целом оценили как водоем с низким уровнем развития кормовой базы молоди атлантического лосося, что типично для олиготрофных водотоков Кольского полуострова.

Во всех случаях состав пищевого комка у молоди семги в той или иной мере повторял распределение организмов в пробах дрефта. Выявленные показатели дрефта наряду со способностью молоди интенсивно питаться в условиях естественной среды говорят о правильном выборе сроков выпуска искусственно выращенной молоди атлантического лосося.

Список литературы

1. Ключарева, О.И. О скате и суточных вертикальных миграциях донных беспозвоночных Амура / О.И. Ключарева // Зоол. журн. – 1963. – Т. 42, вып. 11. – С. 1601–1612.
2. Леванидова, И.М. Суточная миграция донных личинок поденок в реке Хор / И.М. Леванидова, В.Я. Леванидов // Зоол. журн. – 1965. – Т. 44, вып. 3. – С. 373–389.
3. Задорина, В.М. Суточная динамика дрефта водных беспозвоночных в реках Кольского полуострова / В.М. Задорина // Биол. внутренних вод: информ. бюл. – 1987. – № 73. – С. 22–25.
4. Waters, T.F. The drift of stream insects / T.F. Waters // Ann. rev. Entomol. – 1972. – Vol. 17. – P. 253–272.
5. Богатов, В.В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока / В.В. Богатов. – Владивосток: Дальнаука, 1994. – 218 с.
6. Паньков, Н.Н. Основные итоги изучения дрефта реки Сылва (Заказник «Предуралье», 1997–2004 гг.) / Н.Н. Паньков // Вестн. Пермского ун-та. Биол. – 2007. – Вып. 5(10). – С. 83–89.
7. Шубина, В.Н. Гидробиология лососевой реки Северного Урала / В.Н. Шубина. – Л.: Наука, 1986. – 158 с.
8. Шустов, Ю.А. Дрефт донных беспозвоночных в лососевых реках бассейна Онежского озера / Ю.А. Шустов // Гидробиол. журн. – 1977. – Т. 13, вып. 3. – С. 32–37.
9. Шамрай, Т.В. Результаты изучения кормовой базы заводской молоди атлантического лосося реки Кола (Кольский полуостров) / Т.В. Шамрай // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: материалы XXVIII Междунар. конф. (Петрозаводск, 5–8 окт. 2009 г.). – Петрозаводск, 2009. – С. 626–630.

10. Шустов, Ю.А. Методика изучения дрефта беспозвоночных в реке / Ю.А. Шустов, В.А. Широков // Гидробиол. журнал. – 1980. – Т. 16, № 3. – С. 100–102.
11. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР / под ред. Л.А. Кутиковой, Я.И. Старобогатова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 510 с.
12. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях / под ред. Е.В. Боруцкого. – М.: Наука, 1974. – 254 с.
13. Шустов, Ю.А. Экология молоди атлантического лосося / Ю.А. Шустов. – Петрозаводск, 1983. – 152 с.

Сведения об авторах: Николаев Артём Моисеевич, младший научный сотрудник лаборатории биоресурсов внутренних водоемов, e-mail: nikolaev@pingo.ru;

Алексеев Максим Юрьевич, кандидат биологических наук, заместитель заведующего лабораторией биоресурсов внутренних водоемов, e-mail: mal@pingo.ru.

УДК 597.553.1-152.6 (261.2)

М.О. Рыбаков

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства
и океанографии им. Н.М. Книповича,
183038, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6

ДИНАМИКА ЗАПАСА И ПРОМЫСЛА АТЛАНТИЧЕСКО-СКАНДИНАВСКОЙ СЕЛЬДИ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АТЛАНТИКЕ

Приведены результаты анализа динамики запасов и промысла сельди в различные периоды. За несколько последних десятилетий отмечались периоды значительных колебаний величины запаса атлантическо-скандинавской сельди, и в связи с этим изменялись пути миграции сельди и промысловое значение отдельных районов в Северо-Восточной Атлантике. Представлена оценка значения согласованного международного управления и оперативного реагирования флота на меняющиеся условия ведения промысла для сохранения стабильного состояния запаса сельди. Изложено описание динамики запаса и промысла сельди. Отмечено, что в долгосрочной перспективе для сохранения запаса атлантическо-скандинавской сельди в пределах безопасных биологических границ необходимо регулирование промысла на основе научных рекомендаций ИКЕС в рамках НЕАФК и консультаций прибрежных государств.

Ключевые слова: промысел, общий допустимый улов, динамика запаса, международное регулирование, атлантическо-скандинавская сельдь.

М.О. Rybakov

DYNAMICS OF ATLANTO-SCANDIAN HERRING STOCK AND FISHERY IN THE NORTH-EAST ATLANTIC

This paper shows analysis of dynamics of herring stock and fisheries in various time periods. In several recent decades, periods characterised by substantial fluctuations in the Atlanto-Scandian herring stock have been recorded. This resulted in subsequent changes in herring migration patterns as well as in changes in the importance of some areas for fisheries in the North East Atlantic. The author of this paper makes an attempt to evaluate the importance of agreed international management and a timely response of fleets to changing fishing patterns in order to maintain the herring stock in a sustainable manner. Description of the dynamics of herring stock and fishery is presented. It is worthy to note that to keep the Atlanto-Scandian herring stock within safe biological reference points in the long-term perspective, there is a need to regulate fisheries within NEAFC and Coastal State consultations based on ICES advice.

Key words: fishery, total available catch, dynamic of stock, international regulation, atlanto-scandian herring.

Введение

Многопозвонковая, атлантическая сельдь – *Clupea harengus harengus* L. – является подвидом морской или океанической сельди – *Clupea harengus* Linne, 1758 [1, 2].

Атлантический подвид объединяет атлантическо-скандинавскую (норвежскую), баренцево-морскую (молодь норвежской), исландскую, банковую сельдь Северного моря, а также сельдь Датских проливов, Ла-Манша и Балтики. Наиболее многочисленна и важна в промысловом отношении атлантическо-скандинавская (норвежская весенненерестующая) сельдь [3].

Атлантическо-скандинавская сельдь является одним из основных объектов пелагического промысла в Северо-Восточной Атлантике. Она превосходит других сельдей по величине ареала и протяженности миграций, является самой многочисленной среди популяций сельдей, населяющих воды Мирового океана.

Исследования показали, что атлантическо-скандинавская сельдь совершает протяженные миграции в пределах акватории, которая с запада на восток простирается от о-ва Исландия до о-вов архипелага Новая Земля, а с юга на север – от побережья Норвегии и России до архипелага Шпицберген и о-ва Ян-Майен. В течение жизненного цикла сельдь распределяется на акватории экономических и рыболовных зон нескольких государств: Норвегии, России, Исландии, Фарерских островов, Дании, Великобритании и др.

Значительные колебания численности популяции атлантическо-скандинавской сельди в течение многих лет привлекают внимание ученых и рыбопромышленников. Глубокий интерес к этой проблеме прежде всего связан с колебаниями уловов и, следовательно, с нестабильностью в экономике стран, которые участвуют в промысле сельди. В связи с тем, что до середины XX в. методов оценки запаса сельди не существовало, то о состоянии ее запаса ранее судили исключительно по производительности промысла. Объемы вылова и пути миграции рыбы сильно изменялись в зависимости от величины ее запаса [4, 5, 6].

К середине XX в. атлантическо-скандинавская сельдь стала основным объектом пелагического промысла в СВА. Поэтому колебания численности ее запаса вынудили заинтересованные в промысле государства привлечь ученых к разработке мер по управлению ее запасом.

Научной основой для принятия управленческих решений в отношении промысла являются рекомендации Международного совета по исследованию моря (ИКЕС) (International Council for the Exploration of the Sea, ICES). На основе данных международных и национальных исследований он оценивает состояние запасов гидробионтов в СЕБ и дает рекомендации по их сохранению и эксплуатации.

В 1963 г. впервые была организована Рабочая группа (РГ) по атлантическо-скандинавской сельди. Начиная с 1984 г., РГ ИКЕС стал ежегодно готовить рекомендации о величине ОДУ взрослой сельди. Оценка состояния популяции атлантическо-скандинавской сельди ежегодно осуществлялась на РГ ИКЕС по северным пелагическим рыбам и путассу, а с 2008 г. оценка выполняется на РГ по широко распределенным запасам (WGWIDE). В 1995 г. регулирование вылова стало осуществляться на четырехсторонней основе (Россия, Норвегия, Исландия, Фарерские острова). С 1996 г., когда в промысле сельди стали участвовать промысловые суда стран Европейского Союза (ЕС), регулирование промысла ведется на пятисторонней основе. На совещаниях прибрежных государств ежегодно определяются меры регулирования промысла сельди, в том числе объемы общего допустимого улова (ОДУ), вырабатывается механизм его распределения на национальные квоты, достигаются договоренности о возможностях промысла в 200-мильных зонах прибрежных государств-участников договоренностей.

Россия имеет двусторонние межправительственные соглашения с Норвегией и Фарерскими островами. В рамках Смешанной Российско-Норвежской (СРНК) и Смешанной Российской-Фарерской (СРФК) комиссий страны регулярно обмениваются друг с другом долями на вылов объектов и согласовывают требования к ведению промысла в зонах своей юрисдикции. Основными целями данных договоренностей являются сохранение присутствия своего флота в стратегических районах моря и поддержание объемов вылова основных промысловых гидробионтов.

Материалы и методы

Оценка динамики запаса, ОДУ и промысла атлантическо-скандинавской сельди выполнена на основе рабочих документов WGWIDE, рекомендаций Консультативного комитета по

управлению рыболовством ИКЕС (АКОМ) по возможному промысловому изъятию и данных статистики отечественного промысла.

Результаты и обсуждение

Запас атлантическо-скандинавской сельди подвержен значительным изменениям численности и биомассы, связанными с естественной и промысловой смертностью, а также нестабильным пополнением. В 50–60-х гг. XX в. нерестовый запас сельди находился в хорошем состоянии. При этом сельдь совершала длительные миграции так называемого «большого круга». Промысел ее в Норвежском море велся практически круглый год. История промысла атлантическо-скандинавской сельди в первой половине XX в. стала ярким примером последствий бесконтрольного лова рыбы. Позднее, в 70–80-е гг. прошлого столетия, нерестовый запас находился в депрессивном состоянии по причине нерациональной эксплуатации запаса и истребляющего специализированного норвежского промысла молодежи. В связи с резким снижением запаса рыба в течение всего года не покидала 12-мильной зоны Норвегии. В результате этого она была недоступна для российских рыбаков.

В последующие годы, по мере увеличения нерестового запаса (рис. 1), сельдь стала выходить за пределы территориальных вод Норвегии. В 1985 г. в связи с возобновлением промысла СССР и Норвегия договорились о правилах регулирования на основе двухсторонних соглашений. Изначально ограниченный промысел вела только Норвегия, но с 1987 г. СССР также стал получать квоту вылова в экономической зоне Норвегии (НЭЗ) в объеме около 14,8 % от ОДУ в соответствии с двухсторонним соглашением между странами. В период роста запаса сельдь стала распределяться и в открытой части Норвежского моря (ОЧНМ), где ее промысел возобновил отечественный флот (рис. 2).

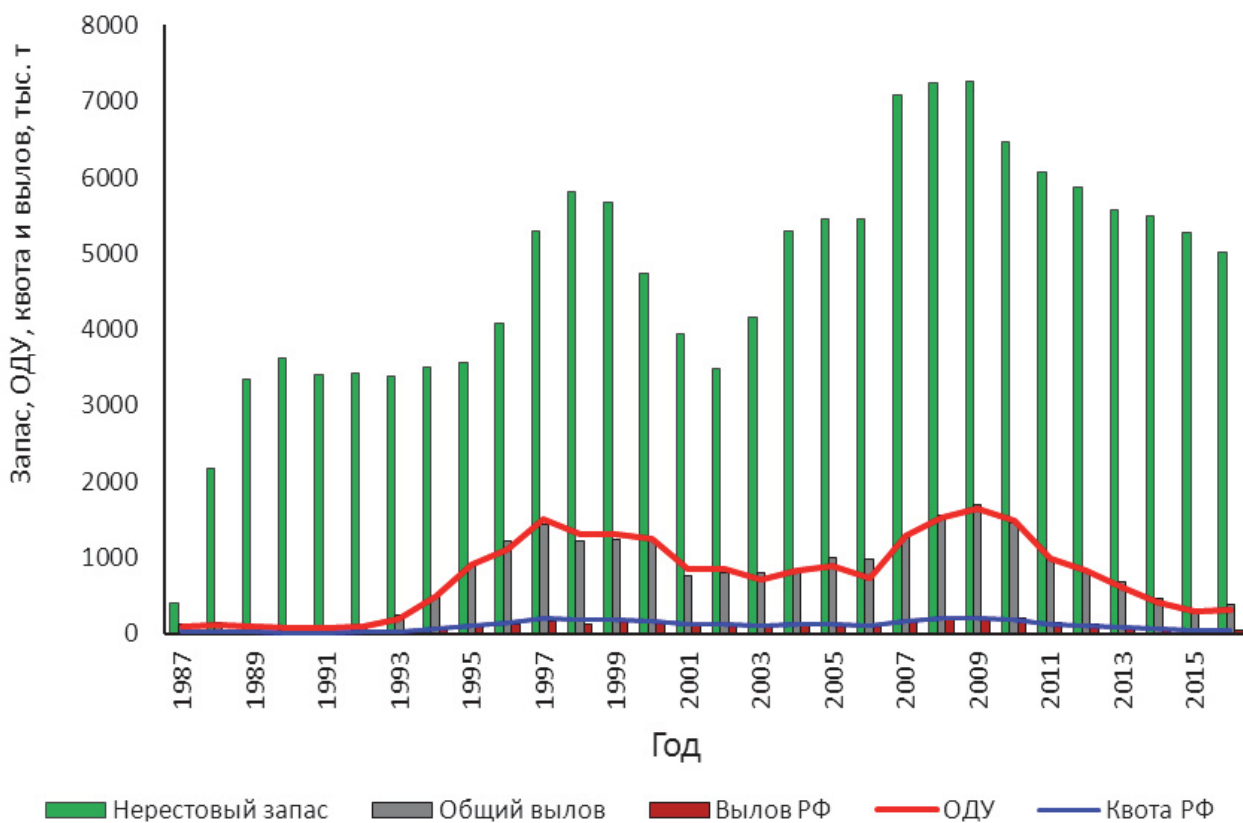


Рис. 1. Нерестовый запас, ОДУ и общий вылов атлантическо-скандинавской сельди в 1950–2016 гг.
 Fig. 1. Spawning stock, general catch and total catch of Atlantic-Scandinavian herring in 1950–2016.

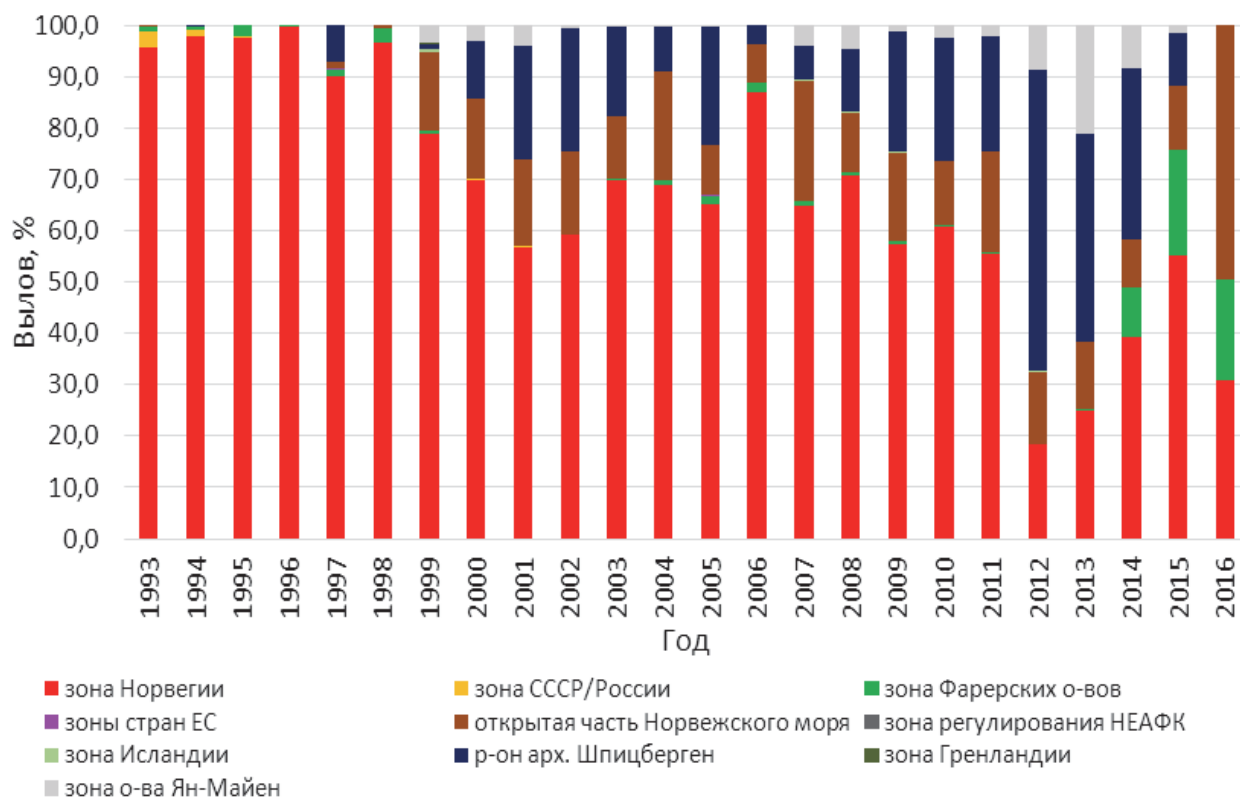


Рис. 2. Вылов сельди отечественным флотом в различных районах ведения промысла в 1993–2016 гг.
Fig. 2. Catch of herring by the domestic fleet in various fishing areas in 1993–2016

В 1995 г., со вступлением в нерестовое стадо особей урожайных поколений 1991–1992 гг., произошло значительное увеличение численности популяции атлантическо-скандинавской сельди. За период с 1995 по 1998 гг. нерестовый запас ее вырос с 5 до 11 млн т (см. рис. 1). Изменился характер миграций. Увеличился ареал сельди. Сельдь стала заходить в рыболовную зону Фарерских островов (ФРЗ) и экономическую зону Исландии, где к ее промыслу приступили суда этих стран. Отечественный промысел расширился в северном и западном направлениях. В период откорма он проходил в ОЧНМ, рыболовной зоне о-ва Ян-Майен и в районе архипелага Шпицберген. Российские суда также прилавливали сельдь при промысле скумбрии в ФРЗ и при промысле путассу в НЭЗ. Осенний промысел проходил в НЭЗ до входа сельди в территориальные воды Норвегии на нерестилища, где на протяжении многих лет выбирался основной объем отечественной квоты сельди (см. рис. 2).

До 2002 г. схема деления ОДУ на национальные доли выглядела следующим образом: Россия – 13,62, Норвегия – 57,0, Фарерские острова – 5,5, Исландия – 15,5 и ЕС – 8,4 %. Часть ОДУ прибрежные по отношению к запасу сельди государства передавали для распределения в районах ответственности комиссии по рыболовству в Северо-Восточной Атлантике (НЕАФК). Реализация отечественной квоты в этот период колебалась от 70 до 100 %.

В октябре 2002 г. действие договоренностей было приостановлено, так как на 5-сторонних консультациях по управлению запасом сельди Норвегия предложила увеличить свою долю до 70 %, а доли других стран, кроме России, уменьшить почти в 2 раза и продолжала настаивать на таком делении на всех последующих консультациях. По норвежскому предложению схема деления ОДУ должна была выглядеть следующим образом: Россия – 13,62, Норвегия – 70,0, Фарерские острова – 3,05, Исландия – 8,66, ЕС – 4,67 %.

Однако такой принцип распределения квот не соответствовал интересам других стран. В течение 2003–2006 гг., несмотря на многочисленные попытки, прибрежные государства не могли выработать согласованную точку зрения на управление запасом сельди, прежде всего связанную с распределением ОДУ на национальные доли. Регулирование промысла сельди в эти годы осуществлялось на временной основе в рамках двусторонних договоренностей между прибрежными государствами. Ввиду отсутствия соглашения между прибрежными государствами квота на промысел сельди в зоне ответственности НЕАФК не выделялась.

В январе 2007 г. после 4-летнего перерыва была достигнута новая договоренность между прибрежными государствами, и согласованный протокол по управлению запасом атлантическо-скандинавской сельди был подписан. Стороны согласовали новые доли деления ОДУ сельди на национальные квоты: Россия – 12,82; ЕС – 6,51; Фарерские острова – 5,16; Исландия – 14,51; Норвегия – 61 %.

В период с 2001 по 2009 гг. происходило значительное увеличение численности популяции атлантическо-скандинавской сельди за счет появления нескольких богатых по численности поколений 1998, 1999, 2002 и 2004 гг. (см. рис. 1). В эти годы отечественный промысел сельди ежегодно стартовал в начале января в НЭЗ. Доля годового вылова сельди, полученного в ОЧНМ, достигала 23 %, а в районе архипелага Шпицберген – 24 % (см. рис. 2). В этот же период в связи с возникновением второго района зимовки сельди промысел продолжался даже в декабре до полного выбора национальной квоты. Общий вылов сельди в НЭЗ в отдельные годы достигал 87 % от годового объема. Национальная квота выбиралась отечественным флотом в эти годы в полном объеме.

В 2010 г. началось снижение запаса сельди, которое продолжается до настоящего времени (см. рис. 1). По причине потепления изменились гидрологическая ситуация и миграционные пути сельди, а в итоге снизился вылов и изменилось значение некоторых промысловых районов. По причине отсутствия богатых по численности поколений после 2004 г., отсутствия договоренности между прибрежными по отношению к запасу сельди государствами и ежегодного превышения ОДУ популяция атлантическо-скандинавской сельди стала испытывать дополнительную нагрузку и, следовательно, негативное воздействие.

В 2011 г. на консультациях прибрежных государств делегацией Фарерских островов впервые было озвучено предложение увеличить свою долю от ОДУ атлантическо-скандинавской сельди. Мотивировано это желание было изменением распределения сельди в последние годы и изменением характера миграций, в результате чего большее количество сельди, в том числе нерестовой, начало распределяться в Фарерской рыболовной зоне (ФРЗ).

В период с 2011 по 2013 гг. постепенно снижалось количество сельди, выловленной в НЭЗ и ОЧНМ, что было связано прежде всего со снижением активности российского флота в зимний период на нерестилищах и более западным направлением миграционных потоков в период нагула (см. рис. 2). В то же время выросло промысловое значение района архипелага Шпицберген, где в отдельные годы вылов достигал 60 % от национальной квоты. Значительно больше сельди суда стали вылавливать в районе о-ва Ян-Майен. Реализация национальной квоты РФ в этот период была близка к 100 %.

В 2012 г. Фарерские острова вышли из договоренностей относительно ключа распределения квот, который действовал с 2007 г. В 2014 г., после оформления результатов работы по зональному распределению сельди, Норвегия озвучила желание увеличить свою долю от ОДУ сельди до 75 %. Россия, Исландия и ЕС настаивают на сохранении в их отношении существующего разделения ОДУ на квоты. Начиная с 2013 г., общий объем фактического вылова сельди превышает рекомендованный и согласованный. Этот перелов формируется прежде всего из вылова флотом Фарерских островов.

В 2014–2015 гг. количество вылавливаемой российским флотом сельди в НЭЗ несколько выросло за счет увеличения промысловых нагрузок во время возвратных миграций сельди на

нерестилища (см. рис. 2). После 2015 г. российские рыболовные компании полностью отказались от промысла на нерестилищах в январе–феврале. Увеличилось и количество сельди, вылавливаемой в летний период в ФРЗ в качестве прилова при промысле скумбрии. Это стало возможно благодаря двусторонним договоренностям между РФ и Фарерскими островами, в соответствии с которыми российским судам разрешается выловить до 10 тыс. т этого вида в качестве прилова. В ОЧНМ и районе архипелага Шпицберген к 2015 г. доля осваиваемой квоты снизилась до 12 и 10 % соответственно.

Результаты научных оценок запаса сельди, выполненных в 2016 г., показывают, что темпы уменьшения запаса снизились, однако дальнейшие перспективы его динамики по-прежнему негативные в связи с естественной и промысловой смертностью и слабым пополнением. В 2016 г. значительно снизилась доля сельди, выловленной российским флотом в НЭЗ и районе архипелага Шпицберген. Связано это было прежде всего с распоряжением Министерства промышленности и рыболовства Королевства Норвегия, согласно которому с целью сохранения молоди не были открыты для промысла северо-восточная часть НЭЗ и район архипелага Шпицберген. В то же время рыбопромысловый флот был переориентирован на другие районы моря, в результате чего увеличился вылов сельди в ОЧНМ до 50 % от квоты РФ.

Заключение

История промысла атлантическо-скандинавской сельди в Норвежском море в XX в. послужила ярким и убедительным примером последствий бесконтрольного лова рыбы. Этот негативный опыт нерационального ведения промысла и многолетняя статистика доказывают тот факт, что выполнение согласованных странами-участницами промысла сельди научных рекомендаций ИКЕС, основанных на принципах осторожного подхода, и совместное рациональное управление запасом сельди способствуют сохранению наиболее стабильного уровня запаса и оптимальному для работы рыбопромыслового флота уровню изъятия объекта. Результаты многолетнего ведения промысла атлантическо-скандинавской сельди отечественным флотом в Северо-Восточной Атлантике указывают на то, что при грамотном научном сопровождении рыболовства и оперативном, своевременном реагировании флота на изменения среды, состояния запаса и продуктивности промысловых районов возможна реализация отечественной квоты в полном объеме на протяжении долгих лет.

Список литературы

1. Световидов, А.Н. Сельдевые (Clupea) / А.Н. Световидов // Фауна СССР. Рыбы. – 1952. – Т.2, вып. 1. – С. 91–322.
2. Андрияшев, А.П. Рыбы северных морей СССР / А.П. Андрияшев. – М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1954. – 566 с.
3. Крысов, А.И. Атлантическо-скандинавская сельдь: биология и промысел / А.И. Крысов. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2008. – 189 с.
4. Lea, E. The oceanic stage in the life history of the Norwegian herring / E. Lea // J. Conseil. – 1929 a. – Vol. 4, № 1. – P. 3–42.
5. Марти, Ю.Ю. О динамике численности морских сельдей и механизме воздействия промысла на их возрастной состав, численность, ареал и воспроизводство / Ю.Ю. Марти // Тр. ПИНРО. – 1968. – № 23. – С. 452–458.
6. Hjort, J. Fluctuation in the great fisheries in Northern Europe viewed in the light of biological research / J. Hjort // Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer. – 1914. – Vol. 20. – P. 1–128.

Сведения об авторе: Рыбаков Максим Олегович, научный сотрудник лаборатории пелагических рыб Северо-Европейского бассейна, e-mail: fisher@pinro.ru.

UDK 639.3:615.32:615.38

Halyna Tkachenko¹, Lyudmyla Buyun², Elżbieta Terech-Majewska³, Zbigniew Osadowski¹¹Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University in Slupsk, Arciszewski Str. 22b, 76-200 Slupsk, Poland, e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl²M.M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine, Timiryazevska Str. 1, Kyiv, Ukraine, e-mail: buyun@nbg.kiev.ua³Department of Epizootiology, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland**SCREENING FOR ANTIMICROBIAL ACTIVITIES OF THE ETHANOLIC EXTRACT DERIVED FROM *FICUS HISPIDA* L.F. LEAVES (MORACEAE) AGAINST FISH PATHOGENS**

Use of natural products has been considered as an alternative to antibiotics in fish health management to control bacterial infections in aquaculture. Many plants were shown to have potential for being effective herbal drugs against the fish and other aquaculture pathogens. Therefore, the aim of this study was to test the efficacy of ethanolic extract prepared from Ficus hispida leaves against fish pathogens, Aeromonas hydrophila, Citrobacter freundii, Pseudomonas fluorescens to evaluate the possible use of this plant in preventing infections caused by these bacteria in aquaculture. The antimicrobial susceptibility testing was done on Muller-Hinton agar by disc diffusion method (Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol). Muller-Hinton agar plates were inoculated with 200 and 400 µL of standardized inoculum (10⁸ CFU/mL) of bacterium and spread with sterile swabs. Aeromonas hydrophila (strain E 2/7/15) isolated locally from gill of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss Walbaum) and Pseudomonas fluorescens (strain E 1/7/15) isolated locally from internal organs of rainbow trout with clinical features of furunculosis (kidneys were gray, liver was pale and fragile, enlarged spleen with exudate in the body cavity), as well as Citrobacter freundii isolated locally from gill of eel (Anguilla anguilla L.) with clinical features of disease were used as test organisms. Our results from the disc diffusion assay indicated that the A. hydrophila revealed intermediate susceptibility concerning to ethanolic extract obtained from leaves of F. hispida (inhibition zone diameters were ranged from 8 to 12 mm). The most effective at least causing a zone of inhibition 14-16 mm was ethanolic extract from F. hispida against P. fluorescens both in 200 µL of standardized inoculum (10⁸ CFU/mL) of bacterium (inhibition zone diameters were ranged from 15 to 16 mm) and 400 µL (14-15 mm). Our results demonstrated that the C. freundii revealed intermediate susceptibility F. hispida (inhibition zone diameters were ranged between 11 and 15 mm). Thus, the preliminary screening assay indicated that F. hispida leaves extract possess great potential for the therapy of bacterial infections and may be used as a natural antiseptic and antimicrobial agent. Further investigation needs to be focused on isolation and identification of those bioactive compounds, which would be a platform for further pharmacological studies, in vivo tests and practical applications in fish health management.

Key words: *Ficus hispida* L.f., antimicrobial activity, *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii*, *Pseudomonas fluorescens*, Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test.

**Г.М. Ткаченко, Л.И. Буюн, Э. Терех-Маевская, З. Осадовский
СКРИНИНГ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ЭТАНОЛЬНОГО ЭКСТРАКТА,
ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ ЛИСТЬЕВ *FICUS HISPIDA* L.F. (MORACEAE)
ОТНОСИТЕЛЬНО ПАТОГЕНОВ РЫБ**

Использование продуктов природного происхождения рассматривается как альтернатива антибиотикам для борьбы с бактериальными инфекциями в аквакультуре. Было показано, что многие растения обладают терапевтическим потенциалом для эффективного их применения относительно микробных возбудителей. Поэтому целью этого исследования было проверить антимикробную эффективность этанольного экстракта, полученного из листьев Ficus hispida L.f., относительно таких патогенов рыб, как Aeromonas hydrophila, Citrobacter freundii, Pseudomonas fluorescens для оценки

возможного использования этого растения для предотвращения инфекций, вызванных этими бактериями в аквакультуре. Исследование антимикробной чувствительности определяли с помощью диско-диффузионного метода Байера–Кирби. В чашки с агаром Muller-Hinton инокулировали 200 и 400 мкл стандартизированного инокулята (10^8 КОЕ/мл) бактерии и распределяли его стерильными тампонами. *Aeromonas hydrophila* (штамм E 2/7/15,) изолированный локально с жабр радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum), и *Pseudomonas fluorescens* (штамм E 1/7/15), выделенный из внутренних органов радужной форели с клиническими признаками фурункулеза, а также *Citrobacter freundii*, выделенный из жабр угря (*Anguilla anguilla* L.) с клиническими признаками заболевания, использовали в качестве тестовых микроорганизмов. Наши результаты показали, что *A. hydrophila* выявил посредственную восприимчивость относительно этанольного экстракта, полученного из листьев *F. hispida* (диаметры зон ингибирования варьировались от 8 до 12 мм). Наиболее эффективным, по крайней мере, вызывающим зону ингибирования роста 14–16 мм, оказался экстракт *F. hispida* относительно *P. fluorescens* как при нанесении 200 мкл стандартизированного посевного материала (диаметр зон варьировался от 15 до 16 мм), так и 400 мкл (14–15 мм). Наши результаты также показали, что *C. freundii* показал посредственную восприимчивость к экстракту *F. hispida* (диаметры зон варьировались от 11 до 15 мм). Таким образом, предварительный скрининг-анализ выявил, что экстракт листьев *F. hispida* обладает антибактериальным потенциалом в терапии бактериальных инфекций *in vitro* и может использоваться в качестве природного антисептика и антимикробного агента. Дальнейшие наши исследования будут сосредоточены на выделении и идентификации биологически активных соединений, которые станут платформой для дальнейших фармакологических исследований *in vivo* и практических применений в аквакультуре лососевых рыб.

Ключевые слова: *Ficus hispida* L.f., антимикробная активность, *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii*, *Pseudomonas fluorescens*, диско-диффузионный метод Байера–Кирби.

Introduction

Fish farming is now a sufficiently large and a mature industry, contributing 17 percent of the global animal-based protein supply in 2010 [20], that have justified the development of an effective range of antimicrobial agents [1]. Currently, bacterial infections in aquaculture are mainly controlled by antibiotics. However, recently, the use of antibiotics in aquaculture has received considerable attention because their use can lead to the development of drug resistant bacteria, thereby reducing drug efficacy. Moreover, the accumulation of antibiotics both in the environment and in fish can be potentially risky to consumers and the environment [11]. Consequently, there is an urgent need for development of alternative therapies against bacterial pathogens in aquaculture.

Use of natural products has been considered as an alternative to antibiotics in fish health management to control bacterial infections in aquaculture. Many plants were shown to have potential for being effective herbal drugs against the fish and other aquaculture pathogens [12]. Additionally, it is an attractive method for increasing the protective capabilities of fish [11]. *Ficus* (Moraceae) species are reported to have antimicrobial activity against several pathogenic bacteria and have been used as traditional medicines for the treatment of human diseases [2, 6, 13, 14]. Moreover, in line with the growing interest in the antibacterial properties of different plants, in our previous researches, we have used ethanolic extracts derived from leaves of various *Ficus* species to assess antibacterial activity against harmful fish pathogens, *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii*, *Pseudomonas fluorescens* [15-18].

Ficus L. is one of the largest genera of angiosperms, with about 750 species of terrestrial trees, shrubs, hemi-epiphytes, climbers and creepers occurring in the tropics and subtropics of the world [4]. *Ficus hispida* L.f., commonly known as the hairy fig or the rough-leaved stem fig, is a shrub or tree that can grow up to 15 m tall [10]. It is a dioecious, bat-dispersed species [7], distributed from Sri Lanka to India, and from South China across Southeast Asia to Australia [4]. This species is used for treatment of several disorder, e.g., ulcers, psoriasis, anemia, piles jaundice, vitiligo, hemorrhage, diabetes, convulsion, hepatitis, dysentery, biliousness, and as lactagogue and purgative agents [2]. In India, it is commonly cultivated for its pharmacological properties such as antidiarrheal activity, as well as neuroprotective and hepatoprotective effects. It was reported that almost all

parts of this plant are used as a folklore remedy for the treatment of various ailments by the Indian traditional healers, but the leaves are of particular interest, among other parts, from a medicinal point of view. Additionally, the fruit is known to be active as aphrodisiac, tonic, lactagogue and emetic [2]. *F. hispida* was chosen for its abundance of alkaloids, carbohydrates, proteins and amino acids, sterols, phenols, flavonoids, gums and mucilage, glycosides, saponins, and terpenes [6]. Therefore, the aim of this study was to test the efficacy of ethanolic extract prepared from *F. hispida* leaves against fish pathogens, *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii*, *Pseudomonas fluorescens* to evaluate the possible use of this plant in preventing infections caused by these bacteria in aquaculture.

Materials and methods

Collection of Plant Material. The leaves of *F. hispida* were sampled in M.M. Gryshko National Botanical Garden (Kyiv, Ukraine). The whole collection of tropical and subtropical plants at M.M. Gryshko National Botanical Garden (Kyiv, Ukraine) (including *Ficus* spp. plants) has the status of a National Heritage Collection of Ukraine. The sampled leaves of *Ficus* spp. were brought into the laboratory for antimicrobial studies. Freshly crushed leaves were washed, weighted, and homogenized in 96% ethanol (in proportion 1:10) at room temperature, and centrifuged at 3,000 g for 5 minutes. Supernatants were stored at -20 °C in bottles protected with laminated paper until required.

Method of Culturing Pathological Sample. *Aeromonas hydrophila* (strain E 2/7/15) isolated locally from gill of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) and *Pseudomonas fluorescens* (strain E 1/7/15) isolated locally from internal organs of rainbow trout with clinical features of furunculosis (kidneys were gray, liver was pale and fragile, enlarged spleen with exudate in the body cavity), as well as *Citrobacter freundii* isolated locally from gill of eel (*Anguilla anguilla* L.) with clinical features of disease were used as test organisms. Samples of internal organs (kidneys, spleen, liver) weighting 2 g were taken and homogenized before preincubation in TSB broth (Trypticase Soya Broth, Oxoid) for 24 hrs. After preincubation, bacterial culture was transferred to two different cultivation media: TSA (Trypticase Soya Agar, Oxoid) and BHIA (Brain Heart Infusion Agar, Oxoid) supplemented with 5% of sheep blood (OIE Fish Diseases Commission, 2000). After 48 hrs of incubation at 27°C, characteristic pink colonies were selected for further examination. Bacterial species were identified with the use of the oxidase test and API E test kit (Biomerieux, France). The results of the test were interpreted in accordance with the manufacturer's protocol, after 24 hrs of incubation at 27°C. Codes ++V-V---+V+++---+VV+ in API E test were identified as *A. hydrophila*. The strain was obtained from Diagnostics Laboratory of Fish and Crayfish Diseases, Department of Veterinary Hygiene, Provincial Veterinary Inspectorate in Olsztyn (Poland).

Bacterial Growth Inhibition Test of Plant Extracts by the Disk Diffusion Method. Strains tested were plated on TSA medium (Tryptone Soya Agar) and incubated for 24 hrs at 25 °C. Then the suspension of microorganisms was suspended in sterile PBS and the turbidity adjusted equivalent to that of a 0.5 McFarland standard. The disc diffusion assay (Kirby-Bauer Method) was used to screen for antibacterial activity [3]. Muller-Hinton agar plates were inoculated with 200 and 400 µL of standardized inoculum (10^8 CFU/mL) of bacterium and spread with sterile swabs.

Sterile filter paper discs impregnated by extract were applied over each of the culture plates, 15 min after bacteria suspension was placed. The antimicrobial susceptibility testing was done on Muller-Hinton agar by disc diffusion method (Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol). A negative control disc impregnated by sterile ethanol was used in each experiment. The sensitivity of strain was also studied to the commercial preparation with extracts of garlic (in dilution 1:10, 1:100 and 1:1000). After culturing bacteria on Mueller-Hinton agar, the disks were placed on the same plates and incubated for 24 hrs at 25°C. The diameters of the inhibition zones were measured in millimeters, and compared with those of the control and standard susceptibility disks. Activity was evidenced by the presence of a zone of inhibition surrounding the well.

Each test was repeated six times and the average values of antimicrobial activity were calculated. The following zone diameter criteria were used to assign susceptibility or resistance of bacte-

ria to the phytochemicals tested: Susceptible (S) ≥ 15 mm, Intermediate (I) = 11-14 mm, and Resistant (R) ≤ 10 mm.

Results and discussion

Our results from the disc diffusion assay indicated that the *A. hydrophila* (200 and 400 μ L of standardized inoculum) revealed intermediate susceptibility concerning to ethanolic extract obtained from leaves of *F. hispida* (inhibition zone diameters were ranged from 8 to 12 mm) (fig. 1).

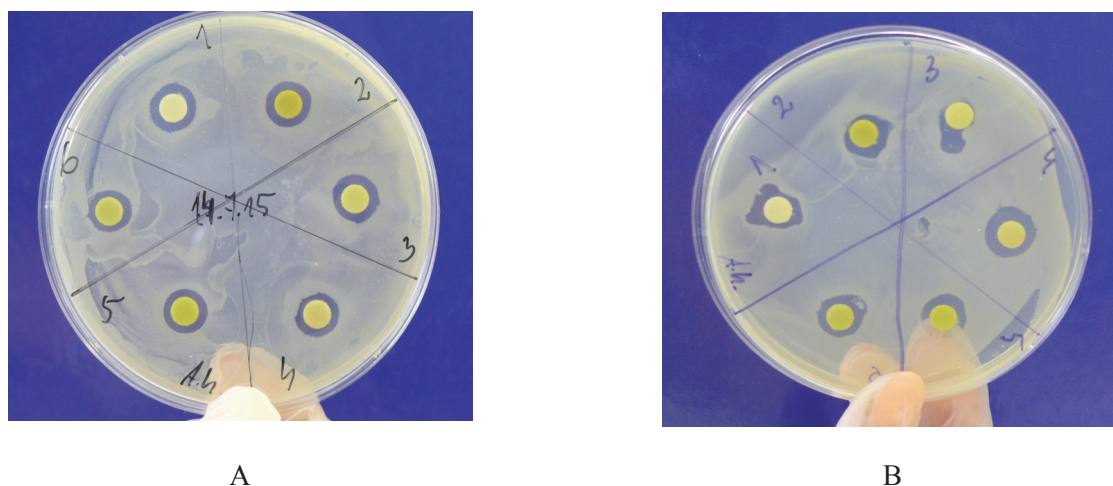


Fig. 1. Antimicrobial activity of ethanolic extracts obtained from *F. hispida* (1) against *Aeromonas hydrophila*. Muller-Hinton agar plates inoculated with 200 (A) and 400 μ L (B) of standardized inoculum (10^8 CFU/mL) of bacterium (B)

The most effective at least causing a zone of inhibition 14-16 mm was ethanolic extract from *F. hispida* against *Pseudomonas fluorescens* both in 200 μ L of standardized inoculum (10^8 CFU/mL) of bacterium (inhibition zone diameters were ranged from 15 to 16 mm) and 400 μ L (14-15 mm) (fig. 2).

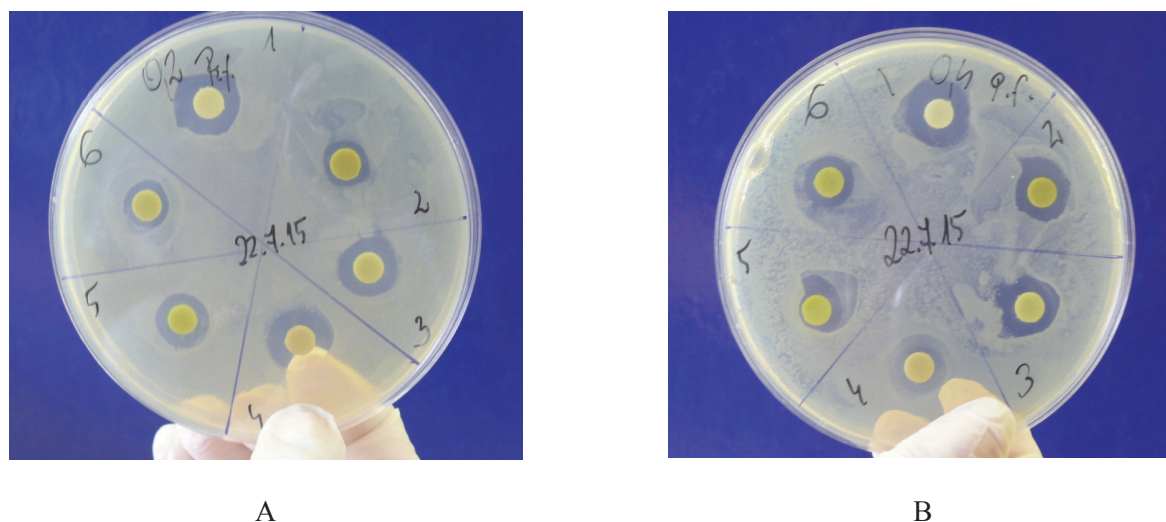


Fig. 2. Antimicrobial activity of ethanolic extracts obtained from *F. hispida* (1) against *Pseudomonas fluorescens*. Muller-Hinton agar plates inoculated with 200 (A) and 400 μ L (B) of standardized inoculum (10^8 CFU/mL) of bacterium (B)

Our results demonstrated that the *C. freundii* (200 and 400 μ l of standardized inoculum) revealed intermediate susceptibility *F. hispida* (inhibition zone diameters were ranged between 11 and 15 mm) (fig. 3).

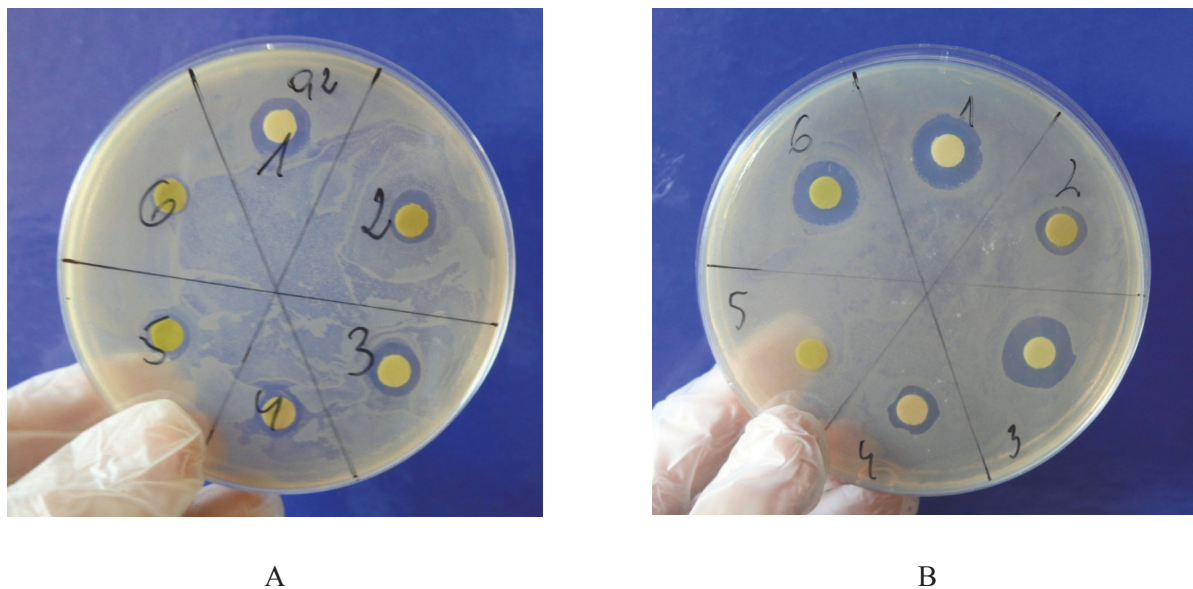


Fig. 3. Antimicrobial activity of ethanolic extracts obtained from *F. hispida* (1) against *Citrobacter freundii*. Muller-Hinton agar plates inoculated with 200 (A) and 400 μ L (B) of standardized inoculum (108 CFU/mL) of bacterium (B)

Chatterjee and co-workers (2015) screened leaf methanol extract from *F. hispida* for chemical content, antioxidant and antibacterial activity. Bacteria tested included 5 strains of Gram-positive *Salmonella typhi* (NCTC-74, B-111, C-145, E-3404, and A-2467) and 5 strains of Gram-negative *Staphylococcus aureus* (ML-357, ML-15, ML-366, ML-276, and ML-145.). Results showed *S. aureus* strains to have generally lower susceptibility to the extracts compared to *S. typhi*. Among the former, *S. aureus* ML-145 was not affected by any concentration tested (1-25 mg/ml), whereas strains ML-357, ML-366, and ML-276 were inhibited with MIC 25 mg/ml, and strain ML-15 was inhibited with MIC 10 mg/ml. Phytochemical analysis of the extract showed the presence of flavonoids, tannins, steroids, glycosides, and saponins, as well as absence of alkaloids and amino acids. Total phenolic content of the extract was almost twice as high as total flavonoid content [5].

The broad antibacterial activities of this extract, apparently, could be explained as a result of the plant secondary metabolites. Previously it has been reported [13, 14], that the therapeutic properties of *Ficus* species may be attributed to the presence of a wide range of phytochemical compounds. In general, *Ficus* species were reported to have the rich array of polyphenolic compounds. In particular, flavonoids and isoflavonoids are responsible for the extract's strong antioxidant activity that may be useful in preventing diseases involving oxidative stress [13]. Ali and Chaudhary (2011) have reported that *F. hispida* contains wide varieties of bioactive compounds from different phytochemical groups like alkaloids, carbohydrates, proteins and amino acids, sterols, phenols, flavonoids, gums and mucilage, glycosides, saponins, and terpenes [2]. Two substantial phenanthroindolizidine alkaloids, 6-O-methyltylophorinidine and 2-demethoxy-tylophorine, and a novel bi-phenylhexahydroindolizine hispidine from stem and leaves of *F. hispida* were isolated by Venkatachalam and Mulchandani (1982) [19]. Recently, hispidin has been reported to have anticancer activity [2]. All the detected phenolic acids are known to have antimicrobial and antioxidant properties [8]. Consequently, the antimicrobial property of *F. hispida* extract may be due to its constituents. Antibacterial flavonoids might be having multiple cellular targets, rather than one specific

site of action [9]. One of their molecular actions is to form complex with proteins through nonspecific forces such as hydrogen bonding and hydrophobic effects, as well as by covalent bond formation. Thus, their mode of antimicrobial action may be related to their ability to inactivate microbial adhesins, enzymes, cell envelope transport proteins, and so forth. Lipophilic flavonoids may also disrupt microbial membranes [9].

Conclusions

The ethanolic extract obtained from *F. hispida* leaves showed varying inhibitory activities against all the test organisms. Thus, the preliminary screening assay indicated that *F. hispida* leaves extract possess great potential for the therapy of bacterial infections and may be used as a natural antiseptic and antimicrobial agent. Further investigation needs to be focused on isolation and identification of those bioactive compounds, which would be a platform for further pharmacological studies, *in vivo* tests and practical applications in fish health management.

References

1. Alderman, D.J. Antibiotic use in aquaculture: development of antibiotic resistance-potential for consumer health risks / D.J. Alderman, T.S. Hastings // *Int. J. Food Sci. Technol.* – 1998. – 33. – P. 139–155.
2. Ali, M. *Ficus hispida* Linn.: A review of its pharmacognostic and ethnomedicinal properties / M. Ali, N. Chaudhary // *Pharmacogn. Rev.* – 2011. – 5(9). – P. 96–102.
3. Bauer, A.W. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method / A.W. Bauer, W.M. Kirby, J.C. Sherris, M. Turck // *Am. J. Clin. Pathol.* – 1966. – 45(4). – P. 493–496.
4. Berg, C.C., Corner, E.J.H. *Moraceae – Ficus*. Flora Malesiana. National Herbarium Nederland. The Netherlands. 2005, Ser. I, 17(2): 1–730.
5. Chatterjee, A. *In-vitro* anti-oxidant and antimicrobial study of *Ficus hispida* / A. Chatterjee, J. Mondal, R. Bhowmik, A. Bhattachayra, H. Roy, S. Kundu // *Journal of Pharmaceutical Technology, Research and Management.* – 2015. – 3(2). – P. 153–166.
6. Ghosh, R. Hypoglycemic activity of *Ficus hispida* (bark) in normal and diabetic albino rats / R. Ghosh, K.H. Sharatchandra, S. Rita, I.S. Thokchom // *Indian J. Pharmacol.* – 2004. – 36. – P. 222–225.
7. Hodgkison, R. Chemical ecology of fruit bat foraging behavior in relation to the fruit odors of two species of paleotropical bat-dispersed figs (*Ficus hispida* and *Ficus scortechinii*) / R. Hodgkison, M. Ayasse, E.K. Kalko, C. Haberlein, S. Schultz, W.A. Mustapha, A. Zubaid, T.H. Kunz // *J. Hem. Ecol.* – 2007. – 33(11). – P. 2097–2110.
8. Jaafar, H.Z. 2012. Phenolics and flavonoids compounds, phenylalanine ammonia lyase and antioxidant activity responses to elevated CO₂ in *Labisia pumila* (Myrsinaceae) / H.Z. Jaafar, M.H. Ibrahim, E. Karimi // *Molecules* – 2012. – 17(6). – P. 6331–6347.
9. Kumar, S. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview / S. Kumar, A.K. Pandey // *ScientificWorldJournal.* – 2013. – 2013. – P. 162750.
10. Lee Si Hui The status and distribution of *Ficus hispida* L.f. (Moraceae) in Singapore / Lee Si Hui, B.C. Ng Angie, Ong Kwan Han, T. O'Dempsey, T.W. Tan Hugh // *Nature in Singapore.* – 2013. – 6. – P. 85–90.
11. Pachanawan, A. Potential of *Psidium guajava* supplemented fish diets in controlling *Aeromonas hydrophila* infection in tilapia (*Oreochromis niloticus*) / A. Pachanawan, P. Phumkhachorn, P. Rattanachaiakunsoon // *J. Biosci. Bioeng.* – 2008. – 106(5). – P. 419–424.
12. Ramudu, K.R. A review on herbal drugs against harmful pathogens in aquaculture / K.R. Ramudu, G. Dash // *Am. J. Drug Discov. Dev.* – 2013. – 3(4). – P. 209–219.

13. Salem, M.Z.M. Antimicrobial activities and phytochemical composition of extracts of *Ficus* species: An over view / M.Z.M. Salem, A.Z.M. Salem, L.M. Camacho, H.M. Ali // Afr. J. Microbiol. Res. – 2013. – 7(33). – P. 4207–4219.

14. Sirisha, N. Antioxidant properties of *Ficus* species, a review / N. Sirisha, M. Sreenivasulu, K. Sangeeta, C.M. Chetty // Int. J. Pharma Techn. Res. – 2010. – 4. – P. 2174–2182.

15. Tkachenko, H. Antibacterial activity of ethanolic leaf extracts obtained from various *Ficus* species (Moraceae) against the fish pathogen, *Citrobacter freundii* / H. Tkachenko, L. Buyun, E. Terech-Majewska, Z. Osadowski // Baltic Coastal Zone – Journal of Ecology and Protection of the Coastline. – 2016. – 20. – P. 117–136.

16. Tkachenko, H. *In vitro* antimicrobial activity of ethanolic extracts obtained from *Ficus* spp. leaves against the fish pathogen *Aeromonas hydrophila* / H. Tkachenko, L. Buyun, E. Terech-Majewska, Z. Osadowski // Arch. Pol. Fish. – 2016. – 24. – P. 219–230.

17. Tkachenko, H. The antimicrobial activity of some ethanolic extracts obtained from *Ficus* spp. leaves against *Aeromonas hydrophila* / H. Tkachenko, L. Buyun, E. Terech-Majewska, Z. Osadowski, Y. Sosnovskiy, V. Honcharenko, A. Prokopiv // Труды ВНИРО. – 2016. – 162. – P. 172–183.

18. Tkachenko, H. *In vitro* antibacterial efficacy of various ethanolic extracts obtained from *Ficus* spp. leaves against fish pathogen, *Pseudomonas fluorescens* / H. Tkachenko, L. Buyun, E. Terech-Majewska, Z. Osadowski, Y. Sosnovskiy, V. Honcharenko, A. Prokopiv // In: Globalisation and regional environment protection. Technique, technology, ecology. Scientific editors Tadeusz N oCh, Wioleta Mikołajczewska, Alicja Wesołowska. Gdańsk, Gdańsk High School Publ., 2016. – P. 265–286.

19. Venkatachalam, S.R. Isolation of phenanthroindolizidinealkaloids and a novel biphenylhexahydroindolizine alkaloid from *Ficus hispida* / Venkatachalam S.R., Mulchandani N.B. // Naturwissenschaften. – 1982. – 69. – P. 287–288.

20. Waite, R., Beveridge, M., Brummett, R., Castine, S., Chaiyawannakarn, N., Kaushik, S., Mungkung, R., Nawapakpilai, S., Phillips, M. 2014. Improving productivity and environmental performance of aquaculture. Working Paper, Installment 5 of Creating a Sustainable Food Future. Washington, DC: World Resources Institute. Accessible at <http://www.worldresourcesreport.org>.

UDK 639.3:615.38

Halyna Tkachenko¹, Joanna Grudniewska²¹Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University in Slupsk, Arciszewski Str. 22B, 76-200 Slupsk, Poland, e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl, biology.apsl@gmail.com²Department of Salmonid Research, Stanislaw Sakowicz Inland Fisheries Institute, 83-330 Żukowo, Poland, e-mail: jgrudniewska@infish.com.pl**TISSUE-SPECIFIC RESPONSES OF PROTEIN OXIDATIVE DESTRUCTION IN RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM) EXPOSED TO DISINFECTANT “CIP” FORMULATED WITH PERACETIC ACID AND HYDROGEN PEROXIDE**

*The aim of this study was to evaluate the impacts of disinfection processes with disinfectant “CIP” based on 15% peracetic acid (PAA) and 20% H₂O₂ on the aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins in the muscle, gill, hepatic and cardiac tissues of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In the disinfectant exposure, fish were bathed with Disinfectant “CIP” solution in final concentration 16 mL per m³ (Group II). Fish were bathed for 20 min and repeated three times every 3 days. Bathing with Disinfectant “CIP” were taken in the morning before fish feeding. Control fish (Group I) were handled at same manner as Group II but without Disinfectant “CIP” treatment. Two days after the last bathing, twenty two individuals from each group were sampled. Fish were not anesthetized before tissue sampling. Findings of this study showed that protein damage in gill tissue is decreased in “CIP”-exposed group when compared with control group. Carbonyl derivatives as biomarkers of protein damage in the muscle tissue showed a downward trend after disinfectant treatment. Similarly, oxidative modification of protein also showed a downward trend after disinfection treatment in the hepatic tissue. In this study, no significant changes in carbonyl contents as oxidative damage of proteins of hepatic and cardiac tissues of “CIP”-treated group compared with control group was observed. Our studies indicated that “CIP”-Disinfectant in final concentration 16 mL per m³ could at least partly attenuate protein damage and can be used for prophylactic disinfecting treatment of rainbow trout.*

Key words: peracetic acid, hydrogen peroxide, disinfection, oxidatively modified proteins, aldehydic and ketonic derivatives, muscle, gill, liver, heart.

Г.М. Ткаченко, Й. Грудневская**ТКАНЕСПЕЦИФИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СОДЕРЖАНИИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕЛКОВ В РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM), ДЕЗИНФИЦИРОВАННОЙ «CIP»-ДЕЗИНФЕКТАНТОМ НА ОСНОВЕ ПЕРУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ И ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА**

*Цель данного исследования – оценить воздействие процессов дезинфекции дезинфицирующим средством «CIP» на основе 15 % перуксусной кислоты и 20 % H₂O₂ на содержание альдегидных и кетонных производных окислительно-модифицированных белков в мышцах, жабрах, печеночной и сердечной тканях радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*). Воздействие дезинфицирующего средства «CIP» в конечной концентрации 16 мл/м³ состояло в купании рыб в этом растворе в течение 20 мин (группа II). Процедуру повторяли три раза через каждые 3 дня. Контрольную группу рыб (группа I) обрабатывали водой без дезинфектантов так же, как и опытную группу. Через два дня после последнего купания были отобраны двадцать две рыбы из каждой группы. Результаты этого исследования показали, что содержание карбонильных производных окислительно-модифицированных белков в жаберной ткани снижается в дезинфицированной группе рыб по сравнению с контрольной. Кетонные производные как биомаркеры повреждения белка в мышечной ткани показали также тенденцию к снижению после дезинфицирующих мероприятий. Аналогичным образом*

окислительная модификация белка также продемонстрировала тенденцию к снижению после дезинфекционной обработки в ткани печени. В этом исследовании не было обнаружено существенных изменений содержания карбониллов в печеночной и сердечной тканях после обработки дезинфектантом «СІР». Наши исследования показали, что дезинфицирующее средство «СІР» в конечной концентрации 16 мл/м³ может, по меньшей мере, частично ослабить повреждение белка в тканях и может быть использовано для профилактических дезинфицирующих мероприятий у радужной форели.

Ключевые слова: перуксусная кислота, перекись водорода, дезинфекция, окислительно-модифицированные белки, альдегидные и кетонные производные, мышцы, жабры, печень, сердце.

Introduction

Peracetic acid (PAA) is a strong disinfectant with a wide spectrum of antimicrobial activity. PAA is a strong oxidizing disinfectant, which is currently sold in several commercial compounds. Strong PAA solutions have to be handled with care but the PAA (CH₃CO₃H) itself breaks down in water into acetic acid (C₂H₄O₂) and hydrogen peroxide (H₂O₂) and further into water and oxygen, which all are rather harmless compounds [10]. The mechanism of the toxicity might be that PAA and H₂O₂ are exogenous sources of reactive oxygen species (ROS). They can pass the cell membrane and increase the endogenous ROS concentration [12]. Hydrogen peroxide can transport across membranes by free diffusion and is scavenged by antioxidant enzymes, i.e. catalase and glutathione peroxidase under normal conditions [2]. Excess hydrogen peroxide can react with free Cu and Fe in the cytosol and form hydroxyl radicals leading to damage in macromolecules [4].

Useful effects of PAA application in aquaculture are very well documented [5, 9, 14-21]. Aquaculture-related research with PAA products includes *in vitro* assessments, where promising disinfection action has been documented [14-21]. The demonstrated *in vitro* efficacy of the PAA-based product suggests its great potential especially to control *Ichthyophthirius multifiliis* infections in commercial aquacultural systems [17]. PAA concentrations of 0.3 ppm were able to kill all theronts of *I. multifiliis* in 120 min. Meinelt and co-workers (2007) recommend an interval-application of 0.3 to 0.5 ppm PAA for 30 to 150 min and should be prolonged for two life cycles of the parasite [15]. Biotic parameters as e. g. fish species, and age as well as abiotic parameters as e. g. temperature, pH and organic load of the water could possibly influence the efficiency of the PAA application and should therefore be taken into account while picking the dosage and length of the PAA exposure [15]. Straus and Meinelt (2009) have determined the acute toxicity of two products containing 4.5% and 40% PAA to *I. multifiliis* theronts from two geographically separate isolates [18]. Theronts were exposed to concentrations of PAA in 96-well plates containing groundwater at 23 °C. Acute toxicity was observed over a 4-h period. No significant difference in the median lethal concentration (LC₅₀) estimates was evident between the two isolates at 4 h with the 4.5% PAA product (0.146 versus 0.108 mg/l PAA), while there was a statistical difference between the 4 h LC₅₀ with the 40% PAA product (0.274 versus 0.158 mg/l PAA) [18].

Straus and co-workers (2012) determined the effectiveness of PAA for fungus control on channel catfish (*Ictalurus punctatus*, Rafinesque) eggs. The study consisted of five PAA concentrations (2.5, 5, 10, 15 and 20 mg·L⁻¹) and an untreated control in a flow-through system. Eggs were treated twice daily until the embryos developed eyes. When hatching was complete for all viable eggs, fry were counted to determine the percent survival in each treatment. Fungal growth was severe in the untreated controls resulting in 11% survival. Treatments of 2.5, 5 and 10 mg·L⁻¹ PAA were significantly different from the controls (P<0.05). The highest percent survival of hatched fry was with 5 mg·L⁻¹ PAA administered twice daily; the 2.5 mg·L⁻¹ PAA treatment had slightly less survival, but gives a higher margin of safety in case of treatment error. Very little fungus was present in treatments receiving 2.5 mg·L⁻¹ PAA or higher, and concentrations of 15 and 20 mg·L⁻¹ PAA were toxic to the eggs. The mean survivals in the 0, 2.5, 5, 10, 15 and 20 mg·L⁻¹ PAA treatments were 11%, 60%, 63%, 62%, 32% and 0%, respectively [20].

Therefore, the aim of this study was to evaluate the impacts of disinfection processes with CIP-Disinfectant based on 15% PAA and 20% H₂O₂ on the aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins in the muscle, gill, hepatic and cardiac tissues of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum).

Materials and methods

Fish. Juveniles of rainbow trout at the age of 0+ (in the first year of life) came from spawning in Department of Salmonid Research, Inland Fisheries Institute (Rutki, Zukowo, Poland). Fish were fed daily of feed with using of tape feeders. Feed daily dose was calculated according to the applicable feed table, depending on the water temperature. Fish were starved one day prior to experiment. Forty four clinically healthy rainbow trout (*O. mykiss*) with a mean body mass of 45.8±1.2 g were used in the experiments. Experiments were performed at a water temperature of 16±2 °C and the pH was 7.5-7.6. The dissolved oxygen level was about 12 ppm with additional oxygen supply. Every morning were measured temperature and the oxygen content in the water, using thermometer and oxygen meter, respectively. All enzymatic assays were carried out at Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University in Slupsk (Poland).

The fish were divided into two groups and held in 250-L square tanks (70 fish per tank). As disinfecting agent was used Disinfectant "CIP" solution based on 15% PAA and 20% H₂O₂ (firm "Biochem-Art", Gdansk, Poland). It was admitted to market by the license No. 0508/04 of Minister of Health in Poland (27.01.2004) as biocidal product named Disinfectant "CIP" [8]. In the disinfectant exposure, fish were bathed with Disinfectant "CIP" solution in final concentration 16 mL per m³ (Group II). Fish were bathed for 20 min and repeated three times every 3 days. Bathing with Disinfectant "CIP" were taken in the morning before fish feeding. Control fish (Group I) were handled at same manner as Group II but without Disinfectant "CIP" treatment. Two days after the last bathing, twenty two individuals from each group were sampled. Fish were not anesthetized before tissue sampling.

Isolation of tissues. Muscle, gill, hepatic and cardiac tissues were removed from trout after decapitation. One trout was used for each homogenate preparation. Briefly, tissues were excised, weighted and washed in ice-cold buffer. The minced tissue was rinsed clear of blood with cold isolation buffer and homogenized in a glass homogenizing vessel with a motor-driven pestle on ice. The isolation buffer contained 100 mM tris-HCl; pH of 7.2 was adjusted with HCl.

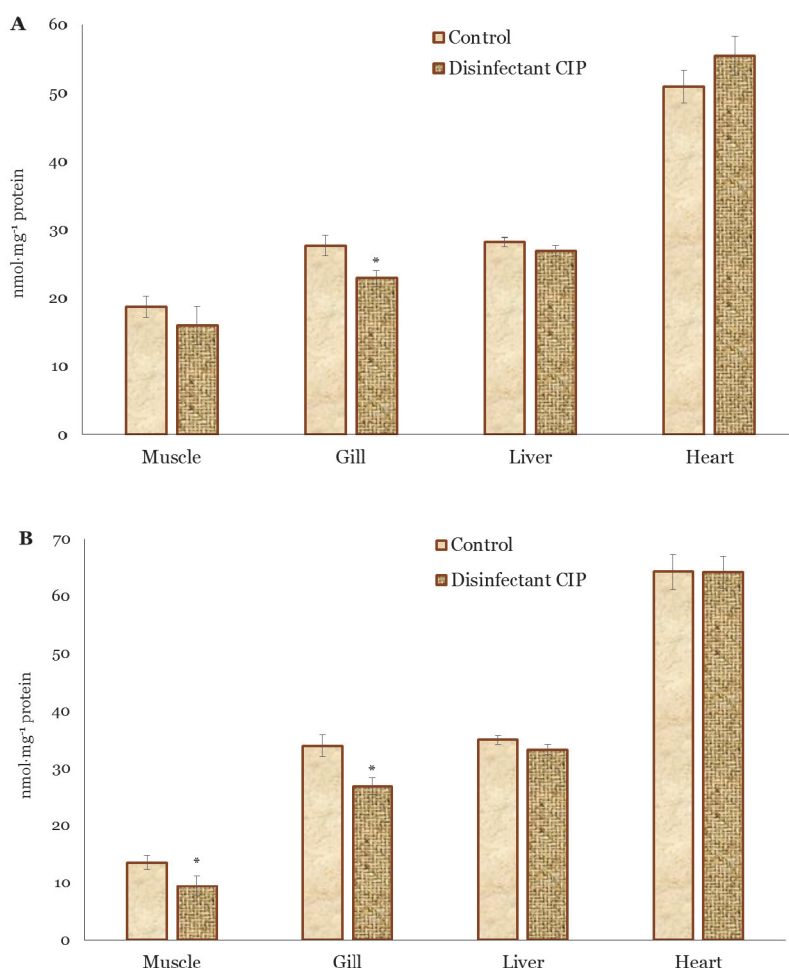
Biochemical assays. All enzymatic assays were carried out at 25±0.5 °C using a Specol 11 spectrophotometer (Carl Zeiss Jena, Germany). The enzymatic reactions were started by adding the homogenate suspension. Each sample was analyzed in triplicate. The protein concentration in each sample was determined according to Bradford (1976) using bovine serum albumin as a standard [3]. The rate of protein oxidative destruction was estimated from the reaction of the resultant carbonyl derivatives of amino acid reaction with 2,4-Dinitrophenylhydrazine (DNFH) as described by Levine and co-workers (1990) [11] and as modified by Dubinina and co-workers (1995) [7]. DNPH was used for determining carbonyl content in soluble and insoluble proteins. Carbonyl groups were determined spectrophotometrically from the difference in absorbance at 370 nm (aldehydic derivatives, OMP₃₇₀) and 430 nm (ketonic derivatives, OMP₄₃₀) and expressed in nmol per mg of tissue protein.

Statistical analysis. The obtained results were analyzed statistically using the Statistica 8.0 software package (StatSoft, Krakow, Poland). Results are expressed as mean ± S.E.M. Kolmogorov-Smirnov test was applied to evaluate normality of the data. As most of the distributions deviated from the normal distribution, non-parametric tests were used for further analyses. To assess the differences between the studied group and untreated control, the non-parametric Mann-Whitney *U*-test was used, and P-values of less than 0.05 were considered as significant [22].

Results and discussion

Oxidized proteins are increased with oxidative stress and in some pathological conditions [13]. The most protein modification caused by oxidative stress is the carbonyl groups; the most sensitive amino acids are arginine, lysine, proline, threonine, and glutamic acid. Reactive protein carbonyls reflect the degree of oxidative damage and serve as a biomarker for oxidative stress [13]. For detection of reactive protein carbonyl groups, several methods are available, including DNPH assay [11]. Thus, levels of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins in the muscle, gill, hepatic and cardiac tissues of juvenile rainbow trout of unhandled and Disinfectant “CIP”-exposed group were presented in Fig. 1.

Carbonyls contents as biomarkers of oxidative stress showed non-significant changes between unhandled and Disinfectant “CIP”-exposed group except muscle and gill tissues (figure). Ketonic derivatives of protein carbonyls content in these tissues of “CIP”-exposed trout was lowered by 31% ($p=0.003$) and by 21% ($p=0.003$) respectively compared to control group (Fig. 1B). Aldehydic derivatives of oxidatively modified proteins in gill tissue of Disinfectant “CIP”-exposed trout was also decreased by 17.5% ($p=0.007$) (Fig. 1A).



Aldehydic (A) and ketonic derivatives (B) of oxidatively modified proteins in the muscle, gill, hepatic and cardiac tissues of juvenile rainbow trout of control and “CIP”-exposed group.

Data are represented as mean ± S.E.M. (n=11). * – the significant change was shown as $p < 0.05$ when compared values of control and disinfected groups

The aim of this study was to evaluate the effect of Disinfectant “CIP” based on PAA and H₂O₂ on aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins in muscle, gill, hepatic and

cardiac tissues of rainbow trout. Findings of this study showed that protein damage in gill tissue is decreased in “CIP”-exposed group when compared with control group (figure). Carbonyl derivatives as biomarkers of protein damage in the muscle tissue showed a downward trend after disinfectant treatment. Similarly, oxidative modification of protein also showed a downward trend after disinfection treatment in the hepatic tissue. In this study, no significant changes in carbonyl contents as oxidative damage of proteins of hepatic and cardiac tissues of “CIP”-treated group compared with control group was observed (figure).

The most likely explanation is a tissue-specific difference in the intracellular levels of oxidized proteins, reflecting the balance between the rate of protein oxidation and the rate of oxidized protein degradation [13]. This balance is a function of factors leading to the generation of ROS. Various physiological and environmental processes may lead to the formation of ROS and be factors in determining the concentrations and/or activities of the proteases that degrade oxidatively damaged proteins [1]. From *in vitro* studies it is evident that the 20S proteasome complex actively recognizes and degrades oxidized proteins. Furthermore, relatively mild oxidative stress rapidly (but reversibly) inactivates both the ubiquitin activating/conjugating system and 26S proteasome activity in intact cells, but does not affect 20S proteasome activity. Since mild oxidative stress actually increases proteasome-dependent proteolysis (of oxidized protein substrates) the 20S 'core' proteasome complex would appear to be responsible [6]. Such degradation is also dependent upon numerous variables, including the concentrations of proteases that preferentially degrade oxidized proteins, and upon cellular components, such as metal ions, inhibitors, activators, and regulatory proteins, that affect their proteolytic activities. For example, oxidized forms of some proteins, for example, cross-linked proteins and proteins modified by glycation or by lipid peroxidation products, are resistant to proteolysis and could lead to production of protease inhibitors that hinder degradation of the oxidized forms [13].

Conclusions

Aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins were affected after exposure of rainbow trout to Disinfectant “CIP”. However, the observed effects were dependent on fish tissues. Exposure to Disinfectant “CIP” affected ketonic derivatives only in the muscle and gill tissues, while changes in aldehydic derivatives of OMP were observed in gill tissue. Tissues were able to protect themselves against the possible potential oxidative damage induced by Disinfectant “CIP”. Moreover, no significant alterations in aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins in hepatic and cardiac tissues of disinfected trout were observed.

This work was supported by grant of the Pomeranian University for Young Scientists.

References

1. Berlett, B.S. Protein oxidation in aging, disease, and oxidative stress / B.S. Berlett, E.R. Stadtman // *J. Biol. Chem.* – 1997. – 272(33). – P. 20313–20316.
2. Bienert, G.P. Membrane transport of hydrogen peroxide / G.P. Bienert, J.K. Schjoerring, T.P. Jahn // *BBA Biomembr.* – 2006. – 1758. – P. 994–1003.
3. Bradford, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding / M.M. Bradford // *Anal. Biochem.* – 1976. – 72. – P. 248–254.
4. Cavaletto, M. Effect of hydrogen peroxide on antioxidant enzymes and metallothionein level in the digestive gland of *Mytilus galloprovincialis* / M. Cavaletto, A. Ghezzi, B. Burlando, V. Evangelisti, N. Ceratto, A. Viarengo // *Comp. Biochem. Physiol. C* – 2002. – 131. – P. 447–455.
5. Chupani, L. Histological changes and antioxidant enzyme activity in signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) associated with sub-acute peracetic acid exposure / L. Chupani, E. Zuskova, A. Stara, J. Velisek, A. Kouba // *Fish & Shellfish Immunology.* – 2016. – 48. – P. 190–195.

6. Davies, K.J. Degradation of oxidized proteins by the 20S proteasome / K.J. Davies // *Biochimie*. – 2001. – 83(3-4). – P. 301–310.
7. Dubinina, E.E., Oxidative modification of human serum proteins. A method of determining it / E.E. Dubinina, S.O. Burmistrov, D.A. Khodov, I.G. Porotov // *Vopr. Med. Khim.* – 1995. – 41. – P. 24–26 (In Russian).
8. Grudniewska, J. Evaluate the efficacy of the biocidal product in the hatchery during egg incubation and prophylactic bathing rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry / J. Grudniewska, E. Terech-Majewska, C. Góral // In: *Biotechnology in aquaculture*. IRS, Olsztyn, 2008. – P. 395–401 (In Polish, with English abstract).
9. Hébert, N. Effects of ozone, ultraviolet and peracetic acid disinfection of a primary-treated municipal effluent on the immune system of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / N. Hébert, F. Gagné, P. Cejka, B. Bouchard, R. Hausler, D.G. Cyr, C. Blaise, M. Fournier // *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.* – 2008. – 148(2). – P. 122–127.
10. Jussila, J. Peracetic acid (PAA) treatment is an effective disinfectant against crayfish plague (*Aphanomyces astaci*) spores in aquaculture / J. Jussila, J. Makkonen, H. Kokko // *Aquaculture*. – 2011. – 320(1–2). – P. 37–42.
11. Levine, R.L. Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins / R.L. Levine, D. Garland, C.N. Oliver, A. Amici, I. Climent, A.-G. Lenz, B.-W. Ahn, S. Shaltiel, E.R. Stadtman // *Methods Enzymol.* – 1990. – 186. – P. 465–478.
12. Liu, D. Peracetic acid is a suitable disinfectant for recirculating fish-microalgae integrated multi-trophic aquaculture systems / D. Liu, S. Behrens, L.-F. Pedersen, D.L. Straus, T. Meinelt // *Aquaculture Reports*. – 2016. – 4. – P. 136–142.
13. Mehrabi, S. Oxidatively modified proteins in the serous subtype of ovarian carcinoma / S. Mehrabi, E.E. Partridge, W. Seffens, X. Yao, F.O. Aikhionbare // *Biomed. Res. Int.* – 2014. – P. 585083.
14. Meinelt, T. Toxicity of peracetic acid (PAA) to tomonts of *Ichthyophthirius multifiliis* / T. Meinelt, S. Matzke, A. Stübert, M. Pietrock, A. Wienke, A.J. Mitchell, D.L. Strauss // *Dis. Aquat. Organ.* – 2009. – 86(1). – P. 51–56.
- Meinelt, T. Application of peracetic acid for the treatment of juvenile sander (*Sander lucioperca*) during *Ichthyophthirius multifiliis* infestation / T. Meinelt, I. Richert, A. Stüber, I. Bräunig // *Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.* – 2007. – 114(7). – P. 244–251 [Article in German, Abstract in English].
15. Pedersen, L.-F. Peracetic acid degradation in freshwater aquaculture systems and possible practical implications / L.-F. Pedersen, T. Meinelt, D.L. Straus // *Aquacultural Engineering*. – 2013. – 53. – P. 65–71.
16. Picón-Camacho, S.M., *In vitro* assessment of the chemotherapeutic action of a specific hydrogen peroxide, peracetic, acetic, and peroctanoic acid-based formulation against the free-living stages of *Ichthyophthirius multifiliis* (Ciliophora) / S.M. Picón-Camacho, M. Marcos-Lopez, A. Beljean, S. Debeaume, A.P. Shinn // *Parasitology Research*. – 110(2). – P. 1029–1032.
17. Straus, D.L. Acute toxicity of peracetic acid (PAA) to *Ichthyophthirius multifiliis* theronts / D.L. Straus, T. Meinelt // *Parasitology Research*. – 2009. – 104(5). – P. 1237–1241.
- Straus, D.L. Acute toxicity and histopathology of channel catfish fry exposed to peracetic acid / D.L. Straus, T. Meinelt, B.D. Farmer, B.H. Beck // *Aquaculture*. – 2012. – 342–343. – P. 134–138.
18. Straus, D.L. Peracetic acid is effective for controlling fungus on channel catfish eggs / D.L. Straus, T. Meinelt, B.D. Farmer, A.J. Mitchell // *J. Fish Dis.* – 2012. – 35(7). – P. 505–511.
19. Tkachenko, H. Oxidative stress biomarkers in different tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to Disinfectant-CIP formulated with peracetic acid and hydrogen peroxide / H. Tkachenko, N. Kurhaluk, J. Grudniewska // *Arch. Pol. Fish.* – 2014. – 22. – P. 207–219.
20. Zar, J.H. *Biostatistical Analysis*. 4th ed., Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1999.

УДК 591.69.7

Van Ha Nguyen¹, Van Tang Nguyen^{1,2}, Duy Ngo HA¹ and Aleksei Ermolenko³¹Department of Parasitology, Institute of Ecology and Biological Resources, Vietnam Academy of Science and Technology, 18 Hoang Quoc Viet street, Hanoi, Vietnam² Hai Duong Medical Technical University, 1 Vu Huu street, Hai Duong city, Vietnam³Department of Parasitology, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, 159 Stoletiya Street, Vladivostok, 690022**A NEW TREMATODE SPECIES, *BIANIUM TONKINENSIS* N. SP. (DIGENEA, LEPOCREADIIDAE), FROM HEADRABBIT PUFFER *LAGOCEPHALUS LUNARIS* (BLOCH & SCHNEIDER, 1801) IN THE GULF OF TONKIN, VIETNAM**

*A new species of Lepocreadiidae, *Bianium tonkinensis* n. sp., is described from Headrabbit Puffer *Lagocephalus lunaris* (Bloch & Schneider, 1801) in the Gulf of Tonkin, Vietnam. In addition, *Bianium Stunkard*, 1930 were reported for the first time from Vietnam. *B. tonkinensis* n. sp. is distinguished from its congeners in having ovary with 8–11 separate subglobular follicles.*

Key words: *Lepocreadiidae, *Bianium tonkinensis*, Gulf of Tonkin, Vietnam.*

**Ван Ха Нгуен¹, Ван Танг Нгуен^{1,2}, Зуй Нго Ха¹ и Алексей Ермоленко³
 НОВАЯ РАЗНОВИДНОСТЬ ТРЕМАТОД *BIANIUM TONKINENSIS* N.SP. (DIGENEA,
 LEPOCREADIIDAE) ОТ КАШТАНОВОГО ИГЛОБРЮХА *LAGOCEPHALUS*
LUNARIS (БЛОХ И ШНЕЙДЕР, 1801) В ТОНКИНСКОМ ЗАЛИВЕ
 РЕСПУБЛИКИ ВЬЕТНАМ**

*Новая разновидность *Lepocreadiidae*, *Bianium tonkinensis* была описана по каштановому иглобрюху *Lagocephalus lunaris* (Блох и Шнейдер, 1801) в Тонкинском заливе в Республике Вьетнам. Стоит добавить, что в 1930 г. во Вьетнаме впервые было сообщено о *Bianium Stunkard*. Новый вид *Bianium tonkinensis* n.sp. отличается от своих сородичей наличием завязей с 8–11 разделенными субглобулярными фолликулами.*

Ключевые слова: *Lepocreadiidae, *Bianium tonkinensis*, Тонкинский залив, Вьетнам.*

Introduction

In their checklist of Vietnamese fish parasites, Arthur and Bui (2006) listed fourteen lepopocreadiid species, of which nine species had been described by Oshmarin (1965), Oshmarin et al. (1961), Mamaev (1970) and Parukhin (1966) from Vietnamese waters. At present, eight species of Lepocreadiinae have been reported from the Gulf of Tonkin, namely *Callogonotrema fistulariae* Oshmarin 1965; *Hypocreadium cavum* Bray and Cribb, 1966; *Hypocreadium scaphosomum* (Manter, 1940); *Multitestis magnacetabulum* Mamaev, 1970; *Opechona formiae* Oshmarin, 1965; *Trigonotrema alatum* Goto and Ozaki, 1929 and some unname ‘Opechona-type’ species *Hypocreadium* sp.; *Lepocreadium* sp. (Oshmarin, 1965; Mamaev, 1970; Parukhin, 1971, 1989). In this paper we report a genera, *Bianium* Stunkard, 1930 for the first time from Vietnam with descriptions of a new species, *Bianium tonkinensis* n. sp. In addition, a key to species of *Bianium* is also provided.

Materials and methods

Digeneans collected from freshly killed fish were fixed by being pipetted into nearly boiling saline and immediately preserved in 70 % ethanol. Whole-mounts were stained with Mayer’s acid carmine, de-stained in 4 % HCl in 70 % ethanol, dehydrated in ascending concentrations of ethanol, cleared in graduated (increasing) concentrations of xilen in 100 % ethanol to 100 % xilen, and finally whole mounted in Canada balsam.

Measurements (in micrometer) are expressed as ranges with means in parentheses. Length is given before the width. Specimens were deposited in the Vietnam National Museum of Nature (VNMN).

Results

Fifteen specimens of Headrabbit Puffer *Lagocephalus lunaris* (Bloch & Schneider, 1801) in The Gulf of Tonkin, Vietnam, measuring from 19.5 to 23.0 cm in standard length (mean 21.5 cm), were netted and examined for parasites in October 2013. Of these, three fish were infected with 39 specimens of the new species of *Bianium*.

Family Lepocreadiidae Odhner, 1905

Subfamily Lepocreadiinae Odhner, 1905

Bianium Stunkard, 1930

Bianium tonkinensis sp. n. (fig. 1–3)

Description:

Based on 21 specimens. Body elongate oval. Tegument spinous; spines embedded in tegument, with short scale-like extremity protruding, reach to close to posterior extremity, sparser posteriorly. Scoop incomplete, not joined posteriorly; lateral flaps with spread lateral small patches in forebody (fig. 1, 3). Oral sucker oval, subterminal. Ventral sucker oval, smaller oral sucker. Prepharynx entirely within posterior concavity of oral sucker. Pharynx oval. Oesophagus straight. Caeca reach to posterior end where they terminate abutting against body wall; no evidence of ani seen.

Testes 2, subglobular, entire, tandem, contiguous, oblique. External seminal vesicle saccular, reaching to about level of ovary. Male terminal genitalia of ‘Opechona-type’ (fig. 2). Cirrus-sac reaching well into hindbody. Internal seminal vesicle oval. Pars prostatica oval, vesicular, lined with anuclear cell-like bodies. Ejaculatory duct long, muscular, folded. Genital atrium distinct. Genital pore just post-bifurcal, sinistrally submedian.

Ovary immediately pretesticular, medial, consists of about 8–11 separate subglobular follicles. Seminal receptacle large, oval, sinistral to ovary or oblique to testes. Laurer’s canal opens dorsally to seminal receptacle. Uterus preovarian, intercaecal, mainly in anterior hindbody but reaching sinistrally to ventral sucker. Eggs tanned, operculate. Metraterm muscular, about third length of cirrus-sac, enters genital atrium from left. Vitellarium follicular; fields reach from bifurcal level to posterior extremity, ventral, present laterally, confluent in forebody and post-testicular region. Excretory pore terminal. Vesicle wide, reaches almost to bifurcal level.

Taxonomic summary

Type host: Headrabbit Puffer *Lagocephalus lunaris* (Bloch & Schneider, 1801) (family Tetraodontidae)

Type locality: The Gulf of Tonkin, Cat Ba Island, Vietnam (20° 45’N; 107° 05’E).

Site of infection: Intestine.

Type specimens: VNMN holotype No. 2013, and paratypes No. 2014–2020.

Etymology: The new species is named after its type locality.

Discussion

Bray (2005) mentioned two diagnostic characteristics of the genus *Bianium* Stunkard, 1930, viz. ‘Opechona-type’ cirrus-sac and the scoop or lateral flanges incomplete in the anterior third of the body. Our specimens key to *Bianium* in Bray (2005). The genus *Bianium* have seven currently valid species:

B. plicatum (Linton, 1928) from the USA, Australia, India, China waters

B. hemistoma (Ozaki, 1928) from the northwest of Pacific (Japan, China)

B. indicum (Gupta, 1967) from Indian ocean

B. purii Gupta, 1968 from Indian ocean

B. rewa Bray, Cribb & Barker, 1996 from Australia

B. spongiosum Bray & Cribb, 1998 from Australia

B. tonkinensis n. sp. from the Gulf of Tonkin, Vietnam

Key to species of *Bianium*

- 1a. Anterior scoop absent; lateral flaps spread lateral patches in forebody *B. spongiosum* Bray & Cribb, 1998
 1b. Anterior scoop present; lateral edges of anterior part of body folded ventrally to form scoop 2
 2a. Vitelline follicles restricted to small lateral patches at level of cirrus-sac *B. indicum* (Gupta, 1967)
 2b. Vitelline follicles reach to posterior extremity 3
 3a. Genital pore sinistral at level of mid-ventral sucker or posterior margin of ventral sucker ... 4
 3b. Genital pore adjacent to antero-sinistral margin of ventral sucker 5
 4a. Ovary with 12-28 lobes *B. hemistoma* (Ozaki, 1928)
 4b. Ovary trilobed *B. rewa* Bray, Cribb & Barker, 1996
 5a. Ovary with 8-11 lobes *B. tonkinensis* n. sp.
 5b. Ovary with 20-23 lobes 6
 6a. Eggs shorter than 50 μm *B. purii* Gupta, 1968
 6b. Eggs longer than 50 μm *B. plicatum* (Linton, 1928)

Host n	<i>Lagocephalus lunaris</i> 10
Length	976–1,656 (1,296)
Width	320–488 (406)
Oral sucker	84–120 (106) x 96–132 (112)
Ventral sucker	64–128 (94) x 60–112 (92)
Sucker-ratio	1:0.54–1,12 (0,84)
Forebody	240–436 (319)
Pharynx	56–100 (73) x 48–104 (80)
Oral sucker: pharynx width ratio	1:1,12–2,33 (1,43)
Oesophagus	12–80 (29)
IB to AE	188–348 (260)
Anterior testis	140–240 (184) x 112–200 (146)
Posterior testis	140–268 (226) x 44–188 (145)
Post-testicular region	124–400 (258)
Cirrus-sac	144–284 (228) x 66–108 (88)
Genital pore to AE	232–432 (310)
Ovary	84–196 (140) x 144–212 (178)
Number of ovary lobes	8–11 (10)
Vitellarium to AE	240–432 (322)
Eggs	48–68 (58) x 32–54 (44)
Width %*	26–37 (32)
Forebody %*	19–28 (25)
Intestinal bifurcation to AE %*	17,4–25,0 (20,4)
Post-testicular region %*	13–25 (19)
Genital pore to AE %*	17,1–27,9 (24,0)

Table 1. Dimensions of *Bianium tonkinensis* n. sp.

* of body-length.

Abbreviations: AE, anterior extremity;

Acknowledgements

This research is funded by the Project of Basic Research, grant number VAST.DA47.12/16-19

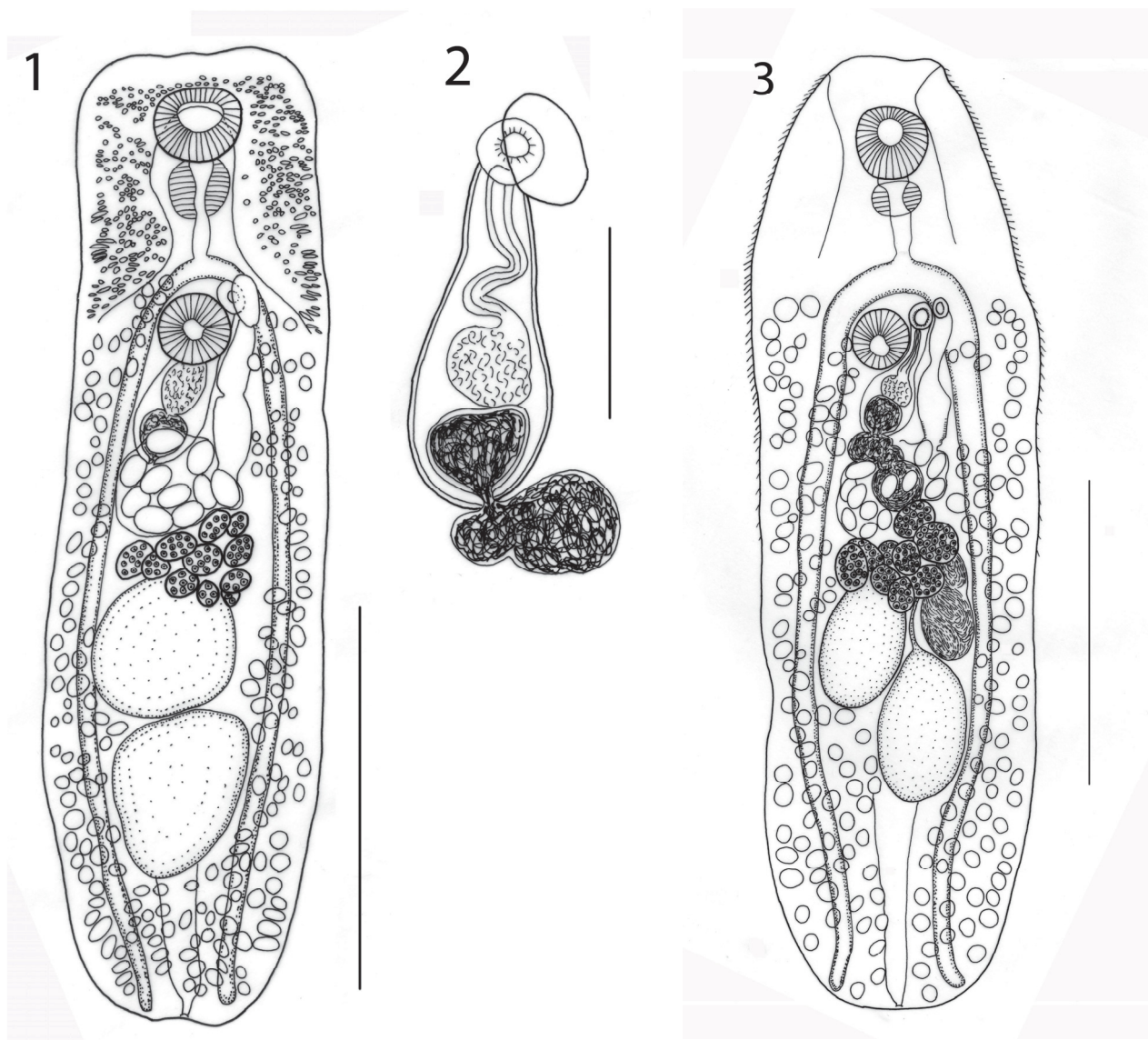


Fig. 1–3. *Bianium tonkinensis* n. sp. 1 – Ventral view of the holotype. 2 – Male terminal genitalia. Scale-bar: 500 µm, 100 µm. 3 – Ventral view of the paratype. Scale-bar: 500 µm

References

1. Arthur, J. R. and Bui, Q.T. 2006. Checklist of parasites of fishes of Vietnam. FAO Fisheries Technical Paper 369/2, Ho Chi Minh city, Vietnam. – 123 p.
2. Bray, R.A. 2005. Family Lepocreadiidae Odhner, 1905: In: Jones, A., Bray, R. A. & Gibson, D. I. (Eds) Keys to the Trematoda”, Wallingford: CABI Publishing and the Natural History Museum. – P. 545–602.
3. Bray, R.A. & Cribb, T.H. 1998. Lepocreadiidae (Digenea) of Australian coastal fishes: new species of *Opechona* Looss, 1907, *Lepotrema* Ozaki, 1932 and *Bianium* Stunkard, 1930 and comments on other species reported for the first time or poorly known in Australian waters. Syst. Parasitol. 41: 123–148.
4. Bray, R.A., Cribb, T.H. & Barker, S.C. 1996. Diploproctodaeinae (Digenea: Lepocreadiidae) from the coastal fishes of Queensland, Australia, with a review of the subfamily. J. Nat. Hist. 30: 317–366.

5. Bray, R.A. & Gibson, D.I. 1990. The Lepocreadiidae (Digenea) of fishes of the north-east Atlantic: review of the genera *Opechona* Looss, 1907 and *Prodistomum* Linton, 1910. *Systematic Parasitology*, 15, 159–202.
6. Mamaev, Yu.L. 1970. Helminths of some food fishes of the Gulf of Tonkin. p. 127-190. *In* Oshmarin, P.G., Mamaev, Yu.L. & Lebedev, B.I. *Gelminty Zhivotnykh Y ugo-Vostochnoi Azii*. Oshmarin, P.G. (ed.) Akad. Nauk SSSR, Sibirskoe Otdelenie, Dalnevost. Filial Biologo-Pochvenny Inst., Izd. "Nauka", Moscow. (In Russian).
7. Oshmarin, P.G. 1965. Materials on the trematode fauna of marine and freshwater fishes of the Democratic Republic of Viet Nam. p. 213-249. *In* Leonov, A.A., Mamaev, Yu.L. & Oshmarin, P. G. (eds.) *Paraziticheskie Chervi Domashnikh i Dikikh Zivotnykh*. (K 40-letiyu Nauchn. Ped. Deyat. Prof. A.A. Soboleva). Akad. Nauk SSSR, Biologo-Pochennui Inst. Filiala so AN SSSR, Dalnevost. Gos. Univ. (In Russian).
8. Oshmarin, P.G., Mamaev, Yu.L. & Parukhin, A.M. 1961. New species of the trematode family Diploproctodaeidae Ozaki, 1928. *Helminthologia*, 3: 254–260. (In Russian)/
9. Sey, O. 1995. Description of *Bianium arabicum* sp. n. (Trematoda, Lepocreadiidae) from the pufferfish, *Lagocephalus lunaris* (Bloch et Schneider, 1801) in Kuwait and a review of the genus *Bianium* Stunkard, 1930. *Parasit, hung.*, 28: 13–20.
10. Parukhin, A.M. 1966. On the study of the helminthofauna of fishes of the family Carangidae from the South China Sea. p. 80–96. *In* *Gelminto-fauna Zhivotnykh Y uzhnykh Morei*. "Naukova Dumka," Kiev. (In Russian).
11. Parukhin, A.M. 1971. On the helminth fauna of marine fish of North Vietnam (Tonkin) Gulf. *Uchenye Zapiski Gorkovskii Gosudarstv. Pedagog. Inst. im. M. Gorkogo, Ser. Biol. Nauk*, 116: 16–18. (In Russian).
12. Parukhin, A.M. 1989. Parasitic worms of bottom fishes from the southern seas. *Akademiya Nauk Ukrainskoi SSR, Institut Biologii Y uzhnykh Morei im. A.O. Kobalevskogo, Izdatelstvo "Naukova Dumka," Kiev.* – 154 p. (In Russian).

УДК 591.524.12

Dinh Tu Nguyen^{1*}, Thi Man Pham¹, Thi Xuan Phuong Nguyen¹, Phu Hoang Lai¹,
Ann Chen – Cheng² and Vu Thanh Nguyen¹

¹Institute of Ecology and Biological Resources (IEBR)
Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

²Borneo Marine Research Institute, Universiti Malaysia Sabah, Malaysia

MEIOBENTHOS COMMUNITIES FOR DIFFERENT MANGROVE TYPES IN CAN GIO BIOSPHERE RESERVE, VIETNAM

*Can Gio mangrove is the first Biosphere Reserve of Vietnam created since 2000, with a total area of 75,740 ha. The major habitat types are rehabilitated mangrove (23,028 ha, in there *Rhizophora apiculata* with 96.7 %), and naturally regenerating mangrove (7,829 ha). Meiobenthic communities were investigated along Rachoc Creek. The samples were taken within a mud flat (Mud) site and 3 different types of mangrove from mouth to upper reaches of the creek: natural *Avicennia* (Avi) forest; natural mixed forest of *Avicennia* and *Rhizophora* (Mix) and rehabilitated *Rhizophora* (Rhi) forest during both dry and rainy seasons in. Meiobenthic composition mainly included nematodes, copepods, nauplii, foraminifera, polychaetes, oligochaetes, kinorhynchs, acari, ostracods, and others less abundant group (bivalves, gastropods, insect larvae, turbellaria, amphipods, nemertinea). Meiobenthic densities in Mixed forest were higher than in *Avicennia* forest or *Rhizophora* forest. Nematodes were most abundant in all stations and percentages in Mixed forest and Mudflat site were higher than in *Avicennia* and *Rhizophora* forests. Meiobenthic density in dry season was higher than in rainy season. Nematode and copepod densities increased, in the meantime nauplius and foraminifera reduced in dry season.*

Key words: *Can Gio mangrove, meiofauna, nematodes, seasonal.*

Динь Ту Нгуен^{1*}, Тхи Ман Фам¹, Тхи Суан Фуонг Нгуен¹, Фу Хоанг Лай¹,
Анн Тен – Тенг² и Ву Тхань Нгуен¹

МЕЙОБЕНТОСНЫЕ СООБЩЕСТВА В МАНГРОВЫХ ЛЕСАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА В БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ КАН ЗЬО, ВЬЕТНАМ

*Мангровые леса Кан Зьо – это первый биосферный заповедник Вьетнама, созданный с 2000 г., общей площадью 75740 га. Основные населяющие его виды – это восстановленные мангровые деревья (23028 га, из которых 96,7 % занимают *Rhizophora apiculata*) и естественно возобновлённые мангровые деревья, 7829 га). Мейобентосные сообщества исследовались в зал. Ракх Ок. Образцы были взяты на илистой отмели и из трёх различных видов мангровых деревьев от устья до верхних плёсов залива: из натуральных лесов авиценнии (*Avicennia*); натуральных смешанных лесов авиценнии и ризофоры (*Rhizophora*) и восстановленных лесов ризофоры в течение как сухого сезона, так и в период сезона дождей. Мейобентосная структура в основном включает в себя нематоды, копеподы, науплии, фораминиферы, полихеты (многощетинковые черви), олигохеты (малощетинковые черви), киноринхи, клещи (*Acarus*), остракоды (раковинчатые) и другие менее распространённые группы (двустворчатые моллюски, гастроподы, личинки насекомых, турбеллярии, разноногие ракообразные, немертины). Плотность мейобентоса в смешанных лесах была выше, чем в лесах авиценнии и ризофоры. Плотность мейобентоса в сухой сезон была выше, чем в сезон дождей. Плотность нематод и копепод возрастала, в то же время количество науплии и фораминифер сокращалось в сухой сезон.*

Ключевые слова: *мангровые леса Кан Гио, мейофауна, нематоды, сезонный.*

I. Introduction

Mangroves provide physical protection for communities in low lying coastal areas, more importantly, they are believed to play a major role in supporting tropical estuarine and coastal food web (Alongi & Christoffersen, 1992), by providing a major source of organic material and acting as nursery grounds and habitats for commercially important brackish water fish species (Robertson & Duke, 1987, Pinto & Punchihewa, 1996). Effort to rehabilitate Can Gio mangrove started since 1978. *Rhizophora apiculata* was chosen as they were fast growing tree and would be able to restore

forest cover at the fastest rate, otherwise the tree with the highest commercial value. Since 1984, other tree species, such as *Intsia bijuga*, *Ceriops tagal*, *C. decandra*, *Lumnitzera racemosa*, *Xylocarpus granatum*, *Thespesia populnea* were planted on higher land to recover the barren land at higher altitudes (Le Duc Tuan *et al.*, 2002).

Meiobenthos are mobile, sometimes also hapto-sessile animals, smaller than macrobenthos, but large than microbenthos. The size boundaries of meiobenthos are based on the standardized mesh width of sieve 500 μm (1000 μm) as upper and 42 μm (or 63 μm) as lower limit: all fauna passing the coarse sieve, but retained by the fine sieve is considering meiobenthos (Giere, 1993). In 2000, Olafsson *et al.* published a research of influences of spring tide inundation on meiobenthos of hypersaline tropical mangrove sediment. Recently, the first study on ecology of meiofauna in mangrove of the Red Sea was presented by Khalil (2001). In Vietnam there are only few studies concerning meiobenthos including nematodes in the mangroves. These initial studies were only concentrated on identification of free-living nematodes without taking into consideration of meiobenthic community structure as well as forest structure (rehabilitated vs natural forest) and its age (Nguyen Vu Thanh & Doan Canh, 2000; Gagarin & Nguyen Van Thanh, 2004; Nguyen Vu Thanh & Gagarin, 2004; Nguyen Thi Thu *et al.*, 2004; Nguyen Vu Thanh *et al.*, 2005; Lai Phu Hoang *et al.*, 2005 and Gagarin & Nguyen Vu Thanh, 2006).

II. Materials and methods

II. 1. Study area and location: The study was carried out in Can Gio Mangrove Biosphere Reserve, located about 65 km in the south of Ho Chi Minh City with latitude: $10^{\circ}22'14''$ – $10^{\circ}40'09''$ and longitude: $106^{\circ}46'12''$ – $107^{\circ}00'59''$.

II. 2. Sampling and data collection

Sampling times and sites/stations: Meiobenthic communities were investigated in Rachoc (RO) creek in Can Gio Forestry Park area. These creeks flow in nearly right angle direction to Dong

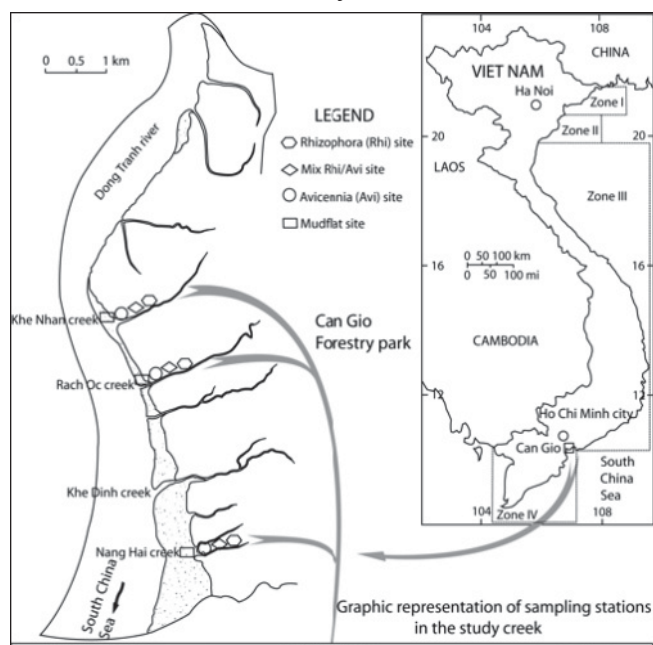


Fig. 1. Map of mangrove zones and sampling sites/stations in Can Gio Mangrove Biosphere Reserve, Ho Chi Minh City of Vietnam

Tranh River. Along the creek from the mouth to upper reaches, there are representatives of natural and rehabilitated mangrove forests. On the bank of Dong Tranh River and mouth of the creek there are natural forest with abundance of *Avicennia alba*, in the upper reaches there are rehabilitated forests with single species *Rhizophora apiculata* (since 1978–1982). In between two forest types there are mixed forests. These are also natural regeneration forest, including two main species *Avicennia alba*, *Rhizophora apiculata*, and others such as *Excoecaria agallocha*, *Xylocarpus* spp, *Aegyceras* spp, *Lumnitzera* spp (fig. 1).

Four sites were selected in range of mangrove forests including mud flat site (Mud) and three types of mangroves: natural *Avicennia* forest (Avi), natural mixed forest (Mix), rehabilitated *Rhizophora* forest (Rhi). The samples were collected in both creek banks “a” and “b” at three intertidal stations: low water tide (1), middle water tide (2), high water tide (3); and a station at shallow water subtidal zone “c”. In the mud flat (Mud) of a creek, four stations were sampled. (fig. 1).

low water tide (1), middle water tide (2), high water tide (3); and a station at shallow water subtidal zone “c”. In the mud flat (Mud) of a creek, four stations were sampled. (fig. 1).

Sampling, extraction and preparation of permanent slides: Samples were taken by a hand corer of 40 cm length and inner diameter of 10 cm² ($\varnothing = 3,5$ cm). Sediment was collected to a depth of 10 cm at each sampling station. These were preserved in 5 % neutralized formalin heated up to the point of 60–70 °C. Some hydrological parameters of the water were measured such as temperature (T), pH, salinity (NaCl), electric conductivity (EC), dissolved oxygen (DO), turbidity (Tu) at the time of the sampling procedure by the TOA (Model WQC-22A).

Decantation and Ludox extraction: The sediments were sieved through 1mm mesh size (to separate the coarse shells and plant remains from the sediment). The samples then were rinsed with tap water in a 5 litre beaker. After settlement (10 seconds) the supernatant was poured through a 63 μ m. The rinsing and decantation were repeated 10 times until the water became clear. After decantation, the sample consisting of a small amount of material was carefully washed bringing the extracted portion of the sediment to one side of the sieve. Then it was washed into a large beaker using Ludox (Heip *et al.*, 1985). At least 3 times the sample volume of Ludox solution was added, and stirred. Then it was left to settle for at least 40 minutes. Finally, the supernatant was carefully poured through a 40 μ m sieve. This process was repeated 3 times. The extracted fauna was washed thoroughly with tap water and then preserved with FAA (Formalin Acid Acetic) solution in a suitable container.

Data analysis: The extracted meiobenthos were categorized into the different higher taxonomic groups (nematodes, polychaete, copepods,...) under a stereomicroscope based on works of Higgins & Thiel (1988) and Giere (1993). Univariate measures were statistically tested using SPSS 13.0 software package. Differences of meiobenthic densities and biodiversity indexes between sites/stations were tested using one-way analysis of variance (ANOVA), based on $\lg(x+1)$ transformed data.

III. Results

III.1. Abiotic factors

Temperatures changed not much from 28 °C to 30,7 °C at different stations and seasons. Dissolved oxygen index (DO) varied among stations and seasons. DO trended to reduce from Rhizophora site to Avicennia site. pH index was nearly similar at three study stations. In the dry season, pH was a little higher than in the rainy season. The result of salinity showed that salinity increased from Avicennia site to Rhizophora site. Comparison of salinity between 2 seasons, result showed that salinity increased quite much from the rainy season to the dry season. In the rainy and dry seasons, turbidity index (Tu) also increased from Avicennia site to Rhizophora site. In contract, turbidity index decreased from Avicennia site to Rhizophora site in the rainy season.

III. 2. Changes in meiobenthic abundance

III. 2. 1. Total meiobenthos

In the dry season, average meiobenthic density was 2803 ind/10 cm², increased drastically approximately 30 % in comparison with density in the rainy season. Increased density was main in Mixed and Mudflat sites with 3129 and 3420 ind/10 cm² (average density increased 43-48%) (tabl. 1). Density of meiobenthos in Mudflat site was significantly higher than in Rhizophora and Avicennia sites. On the other hand, meiobenthic density in Mixed site was higher than in Rhizophora and Avicennia sites, but not significantly different among Rhizophora, Mixed and Avicennia sites ($P > 0,05$) (fig. 2,A). Among Mudflat stations, meiobenthic density in station Mud-4 was higher significantly than in Mud-2 and Mud-3 ($P < 0,05$).

Table 1

Meiobenthic composition in Rachoc Creek in the dry season 2013

Order	Station	Meiobenthic composition										
		Ne	Co	Na	Po	Ol	Ki	Ac	Os	Fo	Ot	Sum
1	RO-Mud-1	3455	68	27	7	13	0	2	2	7	28	3608
2	RO-Mud-2	1823	35	20	8	5	0	2	10	10	55	1968
3	RO-Mud-3	2717	140	30	13	5	2	0	0	7	71	2985
4	RO-Mud-4	4908	113	27	3	5	3	0	7	0	50	5117
	Ave Mud	3226	89	26	8	7	1	1	5	6	6	3420
	Percentage	94,3	2,6	0,8	0,2	0,2	0	0	0,1	0,2	0,2	100
5	RO-Avi-a1	2867	70	27	7	3	7	10	3	18	57	3068
6	RO-Avi-a2	1145	70	22	0	3	3	5	13	22	47	1330
7	RO-Avi-a3	1175	103	35	8	5	13	2	3	15	65	1425
8	RO-Avi-b1	5093	85	57	7	7	10	8	5	20	55	5347
9	RO-Avi-b2	2657	102	53	8	2	12	8	10	13	76	2941
10	RO-Avi-b3	1837	153	38	3	0	15	3	12	25	56	2143
11	RO-Avi-c	412	15	3	2	0	0	5	0	13	39	489
	Ave Avi	2169	85	34	5	3	9	6	7	18	57	2392
	Percentage	90,7	3,6	1,4	0,2	0,1	0,4	0,2	0,3	0,8	2,4	100
12	RO-Mix-a1	3682	137	57	3	7	0	23	2	22	50	3982
13	RO-Mix-a2	3313	65	17	5	0	5	2	0	20	74	3500
14	RO-Mix-a3	2958	20	28	2	7	0	0	0	75	61	3151
15	RO-Mix-b1	2950	85	15	2	8	5	2	2	43	56	3168
16	RO-Mix-b2	3188	115	32	7	3	10	7	0	40	63	3465
17	RO-Mix-b3	2992	143	80	7	2	2	2	3	35	55	3320
18	RO-Mix-c	1198	48	28	0	2	0	3	0	7	33	1319
	Ave Mix	2897	88	37	4	4	3	5	1	35	56	3129
	Percentage	92,6	2,8	1,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0	1,1	1,8	100
19	RO-Rhi-a1	2873	160	75	0	10	2	18	2	78	40	3258
20	RO-Rhi-a2	1110	132	52	0	0	0	10	0	222	33	1558
21	RO-Rhi-a3	1213	117	52	0	2	2	5	0	208	18	1616
22	RO-Rhi-b1	2972	115	28	2	7	0	8	15	40	58	3244
23	RO-Rhi-b2	1653	78	42	2	7	0	10	0	238	53	2083
24	RO-Rhi-b3	1532	113	62	0	7	0	8	2	283	16	2022
25	RO-Rhi-c	3745	57	30	3	10	2	8	0	32	68	3954
	Ave Rhi	2157	110	49	1	6	1	10	3	157	41	2534
	Percentage	85,1	4,4	1,9	0	0,2	0	0,4	0,1	6,2	1,6	100
Average		2539	94	37	4	5	4	6	4	60	51	2803
Percentage		90,6	3,3	1,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	2,1	1,8	100
Ne: Nematodes Co: Copepods Na: Nauplii Po: Polychaetes Ol: Oligochaetes Ki: Kinorhynchans Ac: Acari Os: Ostracods Fo: Foraminifera Ot: Others												

Density in Mud-1 was significantly higher than in Mud-2 ($P < 0,05$), but not significantly different than in stations Mud-4 and Mud-3 ($P > 0,05$) (fig. 3, A). In Avicennia site, density in Avi-a1 was significant higher than Avi-a3 ($P < 0,05$). In addition, density in station Avi-b1 also was significant

higher than station Avi-b2 and Avi-b3 ($P < 0,05$). In subtidal station Avi-c, density was significantly lower than all other stations ($P < 0,05$) (fig. 3, B). Between stations in Mixed site, there was no significant difference between intertidal stations, but subtidal station Mix-c was also significant lower than other intertidal stations ($P < 0,05$) (fig. 3, C). In Rhizophora site, density of meiobenthos in station Rhi-a1 significant higher than station Rhi-a2 and Rhi-a3 ($P < 0,05$), station Rhi-b1 was generally higher than stations Rhi-b2 and Rhi-b3 but no significant difference ($P > 0,05$), one exception that meiobenthic density in the station Rhi-c was significantly higher than in the station Rhi-a2 and Rhi-a3 ($P < 0,05$) (fig. 3, D).

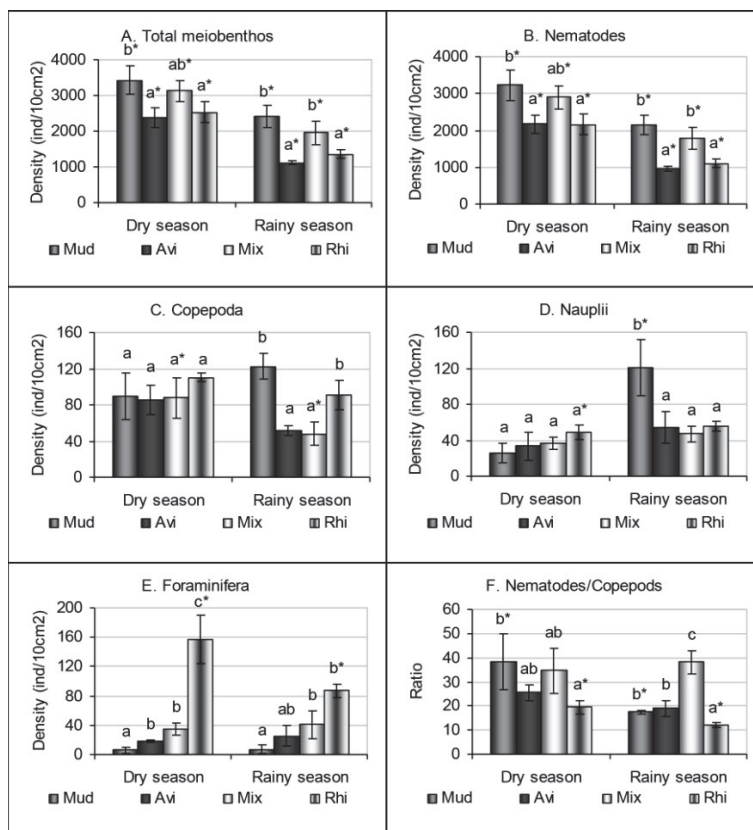


Fig. 2. Densities (mean \pm sd) of meiobenthos (A), major benthic groups (B, C, D, E) and ratio Nematodes/Copepods (F) in dry and rainy seasons

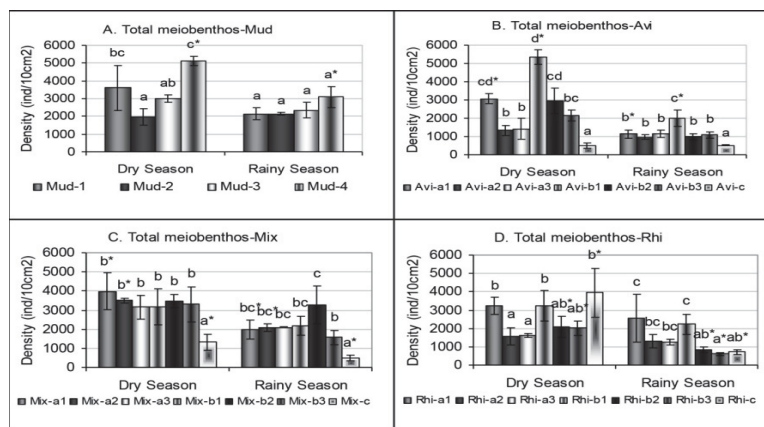


Fig. 3. Densities (mean \pm sd) of total meiobenthos in the Mud (A), Avi (B), Mix (C) Rhi (D) at different stations in dry and rainy seasons

Meiobenthic density in the rainy season reduced so much to average 1630 ind/10 cm², reduced 42 % of 2803 ind/10 cm² in dry season. Density reduction with the highest percentage was 53 % of average density in dry season in Avicennia site. Result remained only average 1118 ind/10 cm² in Avicennia site in rainy season. Assessment of meiobenthos in 4 sites in the rainy season showed densities in Mudflat and Mixed sites was significant higher than in Rhizophora and Avicennia sites ($P < 0,05$) (fig. 2, A). Between stations in Mudflat site, meiobenthic density had no significant difference. In Avicennia site, Avi-b1 was significantly higher than all other stations, in the meantime the subtidal station Avi-c was significant lower than all others ($P < 0,05$) (fig. 3, B). In Mixed site, between intertidal stations, Mix-b2 was significant higher than Mix-b3, and other intertidal stations were not significant difference. Change between intertidal and subtidal stations was significant ($P < 0,05$) (fig. 3, C). In Rhizophora area, densities in Rhi-a1 and Rhi-b1 were significantly higher than in Rhi-b2 and Rhi-b3 ($P < 0,05$), but not significant in Rhi-a2 and Rhi-a3 ($P > 0,05$) (fig. 3, D).

Change of meiobenthic density in dry season and rainy season was significant difference among all sites. Densities of meiobenthos in dry season was significantly higher than in rainy season ($P < 0,05$) (fig. 3, A). In Mudflat site, significant difference was in Mud-4 ($P < 0,05$) (fig. 3, A). In other sites, significant differences were at stations Avi-a1 and Avi-b1 in Avicennia site, stations Mix-a1, Mix-a2 and Mix-c in Mixed site, stations Rhi-b2, Rhi-b3 and Rhi-c in Rhizophora site ($P < 0,05$) (fig. 3, B; 3, C; 3, D).

III. 2. 2. *Nematodes*

In the dry season, result showed nematode percentage was 90,6 %, decreased in comparison with 87,2 % in the rainy season. The highest percentage of nematodes was remained in Mudflat site with 94,3 %. However, the lowest percentage was not in Avicennia site, but in Rhizophora site. On the other hand, to compare with nematodes in the rainy season, nematode density increased 35 %, reached average 2539 ind/10 cm², mainly in Avicennia and Mudflat sites. Density of nematodes in Mudflat site was significantly higher than in Avicennia and Rhizophora sites ($P < 0,05$). Density in Mixed site was higher than in Rhizophora, Avicennia sites and lower than in Mudflat site, however it did not varied significantly among sites ($P > 0,05$) (fig. 2, B).

Within stations, there was not significant difference of nematode density between stations in Mudflat site ($P > 0,05$) (fig. 2, E). In Avicennia site, density in Avi-a1 was significantly higher than in Avi-a2 and Avi-a3. In the opposite bank of the creek, Avi-b1 was also significantly higher than Avi-b2 and Avi-b3 ($P < 0,05$). Density in subtidal station Avi-c was significantly lower than all intertidal stations ($P < 0,05$) (fig. 4, B). In Mixed site, there was not significantly different between intertidal stations ($P > 0,05$) (fig. 4, C). However in subtidal station Mix-c, density was significantly lower than other intertidal stations ($P < 0,05$). Comparison of density in Rhizophora site, density in stations Rhi-a1, Rhi-b1, Rhi-c was significantly higher than in station Rhi-a2, Rhi-a3. Density in stations Rhi-b2, Rhi-b3 was lower than in station Rhi-b1, but the difference was not significant ($P > 0,05$) (fig. 4, D).

Nematode density was also investigated in the rainy season. Result showed that nematode percentage reduced in comparison with the dry season and equivalent with the rainy season, was 87,2 % of the total meiobenthos. But percentages in different site forests were changed. Percentage was the highest in Mixed site and lowest in Rhizophora site. Nematode density reduced drastically about 44 % to compare with the dry season. Average nematode density was only 1421 ind/10 cm² in the rainy season. Between 4 sites, densities in Mudflat and Mixed sites were significantly higher than in Rhizophora and Avicennia sites ($P < 0,05$) (fig. 2, B). In Mudflat site, there was no significant different between stations ($P > 0,05$) (fig. 4, A). In Avicennia site, nematode density in Avi-b1 was significantly higher than all others ($P < 0,05$), Avi-c was significantly lower than almost of them except Avi-a2. Between stations in Mixed site, subtidal station Mix-c was significantly lower than all other stations, Mix-b2 was not significantly different from Mix-a1, Mix-a2, Mix-a3, Mix-b1 ($P > 0,05$),

but significantly different from station Mix-b3 ($P < 0,05$) (fig. 4, C). In Rhizophora site, Rhi-a1 and Rhi-b1 were significantly higher than Rhi-b2, Rhi-b3 and Rhi-c ($P < 0,05$), but not significantly different from Rhi-a2 and Rhi-a3 ($P > 0,05$) (fig. 4, D).

Between the dry season and the rainy season in, difference of nematode density was significant in all 4 sites ($P < 0,05$) (fig. 2, B). In Mudflat site, difference between 2 seasons was significant at station Mud-4. In Avicennia site, significant difference between 2 seasons was at stations Avi-a1 and Avi-b1. In Mixed site, difference was significant at Mix-a2, Mix-b1 and Mix-c. In Rhizophora site, difference between dry and rainy seasons was significant at stations Rhi-b3 and Rhi-c ($P < 0,05$) (fig. 4, A; 4, B; 4 C; 4, D).

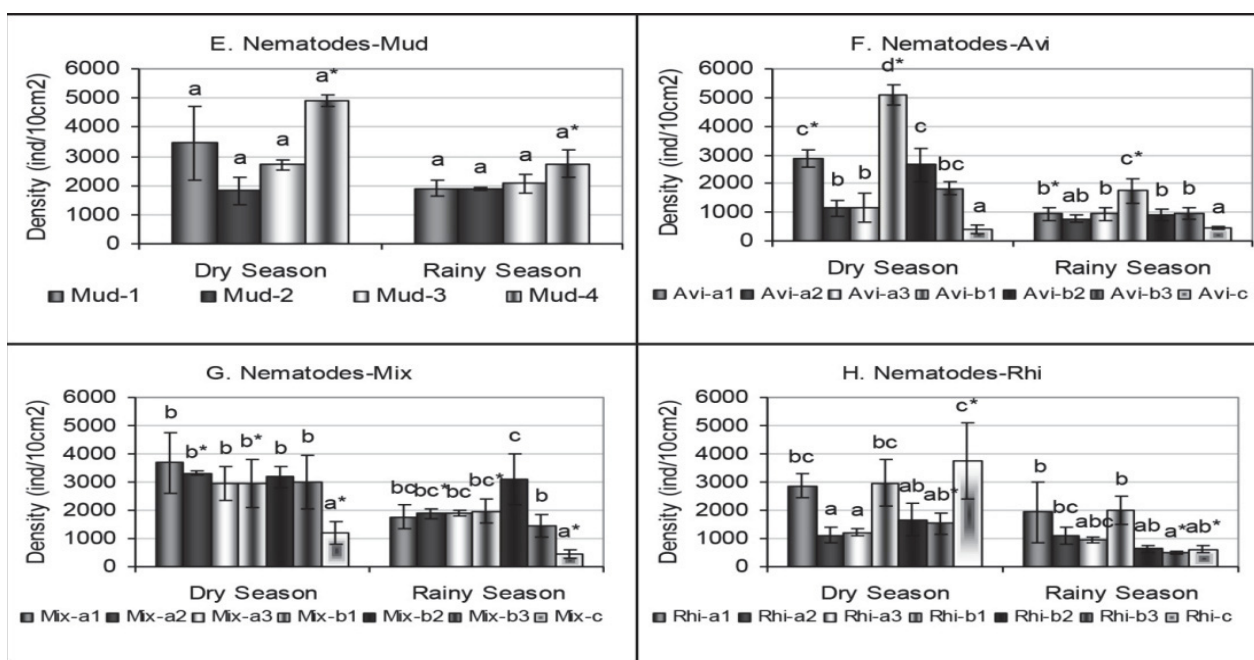


Fig. 4. Densities (mean \pm sd) of total meiobenthos in the Mud (A), Avi (B), Mix (C) Rhi (D) and nematodes in the Mud (E), Avi (F), Mix (G), Rhi (H) at different stations in dry and rainy seasons

III. 2. 3. Copepods and nauplii

In the dry season, result in Rachoc Creek showed copepods increased fairly and to be second abundance with average density 94 ind/10 cm² and percentage 3,3 % of total meiobenthos. Copepods were the highest density in Rhizophora site (110 ind/10 cm²) and also the highest in percentage (4,4 % of total meiobenthos). Comparison of copepod density between 4 sites, there was not significant difference in dry season ($P > 0,05$) (fig. 2,C).

Nauplii were the 4th abundance with average 1.3% of total meiobenthos. Nauplii density was the highest abundance 49 ind/10 cm² (1,9 % of total meiobenthos) in Rhizophora site. However there was not significantly different among different sites ($P > 0,05$) (fig. 2,D).

Copepod density in Rachoc Creek in the rainy season remained in the second abundance, but density reduced to average 73 ind/10 cm². However, copepod percentage remained at level 4,5 % of total investigated meiobenthos. Among them, density was the highest in area of the Mudflat site with average 122 ind/10 cm². Densities in Mudflat and Rhizophora sites were significantly higher than in Avicennia and Rhizophora sites ($P < 0,05$) (fig. 3, C). In rainy season, nauplii were the third abundant group with 63 ind/10 cm², occupied 3,9 % of total meiobenthos. The highest nauplii density was 121 ind/10 cm² (5 %) in Mudflat site. In addition, density in Mudflat site was significantly higher than in other sites ($P < 0,05$) (fig. 3, D). Difference of copepod densities between dry and

rainy seasons was significant in Mixed site only ($P < 0,05$) (fig. 3, C). On the other hand, nauplii density had a significant difference in Mudflat site ($P < 0,05$) (fig. 3, D).

III. 2. 4. Other less abundant groups

Some other groups as polychaetes, oligochaetes, acari and ostracods had a less abundance usually less than 1 % of total meiobenthos, but also showed their variations in different types of mangrove. In general, polychaete density reduced from Mudflat site to Rhizophora site in dry season. Difference between Rhizophora site and other sites was significant ($P < 0,05$). In rainy season, oligochaete density changed a little, exception in Rhizophora site, density was significant higher than in dry season ($P < 0,05$). However there was no significant difference among 4 sites in rainy season ($P > 0,05$) (fig. 5, A).

Oligochaete densities in dry season changed among 4 sites but these were not significantly different ($P > 0,05$). The same result was in rainy season. Comparison between 2 seasons, there was also no significant difference about density of oligochaetes ($P > 0,05$) (fig. 5, B).

Ostracods in dry season showed densities in Mudflat and Avicennia sites were significantly higher than in Mixed site ($P < 0,05$). But in rainy season, ostracod density reduced in all sites and there was no significant difference ($P > 0,05$). Comparison in 2 seasons, ostracod densities in Mudflat, Avicennia and Rhizophora sites in dry season were significantly higher than in same sites in rainy season ($P < 0,05$). In Mixed site change between 2 seasons was not significant ($P > 0,05$) (fig. 5, D).

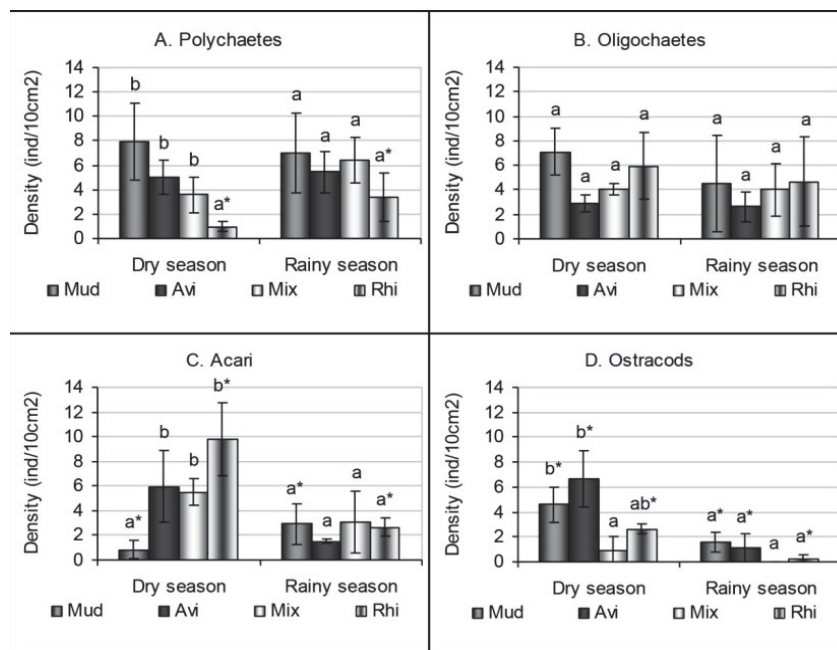


Fig. 5. Densities (mean \pm sd) of less abundant groups oligochaetes (A), Polychaetes (B), Acari (C) and Ostracods (D) in dry and rainy seasons

III. 3. Correlation with abiotic factors

The Table 2 showed a significant positive correlation between total meiobenthos, nematodes, copepods with water temperature ($T^{\circ}C$) ($P < 0,05$; $P < 0,01$). N/C ratio had a positive correlation with temperature also ($P < 0,05$). On the other hand, total meiobenthos and nematode density were significant positive correlation with pH ($P < 0,05$). In addition, polychaetes had significant positive correlation with oxygen in water (DO) ($P < 0,01$). The abundances of meiobenthos and major meiobenthic groups were not significant correlation with salinity (NaCl) and turbidity (Tu). Other meiobenthic groups as nauplii, foraminifera, oligochaetes did not showed a significant correlation with temperature, oxygen in water, pH, salinity, and turbidity in this study.

Table 2

Correlation (r-value) of the abundance of total meiobenthos and meiobenthic groups, and the nematode/copepod ratio (N/C) with some physical variables at the sampling stations

Variable	T (°C)	DO (mg/l)	pH	NaCl (‰)	Tu (mg/l)
Total meiobenthos	0,964**	-0,238	0,833*	0,601	-0,259
Nematodes	0,962**	-0,233	0,827*	0,592	-0,244
Copepods	0,847*	-0,363	0,749	0,638	-0,341
Nauplii	0,625	0,041	0,378	0,206	-0,007
Foraminifera	0,426	0,513	0,256	-0,103	-0,047
Polychaetes	-0,332	0,942**	-0,556	-0,807	0,414
Oligochaetes	0,388	0,636	0,014	-0,370	0,583
N/C ratio	0,892*	0,038	0,733	0,361	-0,020

Values with one star (*) are significant at P<0.05 Values with two stars (**) are significant at P<0,01

IV. Discussion

Composition and density of total meiobenthos

In a study meiobenthos in Malaysian mangrove, the result of Sasekumar (1994) seemed to be approximate with the result of Chinnadurai & Fernando (2007) when meiobenthic densities were 1109 ind/10 cm² in *Avicennia*, 583 ind/10 cm² in *Rhizophora*, and lowest 407 ind/10 cm² in *Bru-guiera* forest. Present study shows the similarity with Vanhove *et al.* (1992). Based on all the samples taken from Rachoc Creek, meiobenthos densities were 1755 ind/10 cm² in *Avicennia*, 2543 ind/10 cm² in mixed forest of *Avicennia* and *Rhizophora*, 1947 ind/10 cm² in *Rhizophora*. It seems that *Rhizophora* in Can Gio mangrove may be more attractive to meiobenthos than *Avicennia*. In addition, the highest densities of meiobenthos in mixed forest of *Avicennia* and *Rhizophora* suggested that mangroves with multi-plant species can create a habitat that more appropriate for development of meiobenthos than mono plant species mangroves.

Abundance of major meiobenthic groups

Normally, nematodes occupied over 80 % of total meiobenthos, sometimes up till 95–99 % Vanhove *et al.*, 1992, Olafsson (1995, 2000); Khalil, 2001; Netto & Gallucci, 2003; Armenteros *et al.*, 2006; Chinnadurai & Fernando, 2007). Nematodes seem to be less important in a study from Australian mangroves with 27–31 % (Alongi, 1987a), and in Cuba mangroves with percentages 35-61% (Lalana-Rueda & Gosselck, 1986). Nematodes are also recorded to be the most abundant taxa in the present study. The average nematode percentages were from 81,1–94,3 %. Among the three types of mangroves in Rachoc Creek, the nematode percentages and densities were generally higher in mud flat site and mixed forest site than *Avicennia* and *Rhizophora* sites. Between the two seasons, Rachoc Creek showed that nematode percentages and densities in dry season were higher than in rainy season. Heavy rains could disturb sediment surface and influence to ratio and density of meiobenthos as well as nematodes. Dry season in Can Gio created a more appropriate environmental condition for nematode development than rainy season. Our result showed that copepods were the second abundance in most study stations. Copepod percentages showed gradual change from *Rhizophora* sites (6,7 %), to mixed forest *Avicennia* site and *Rhizophora* sites (2,5 %). Among three types of forest, copepod percentages were higher in *Avicennia* and *Rhizophora* sites than in Mixed forest site. The difference was clearer in rainy season. The reason can be from forest structure. Plantation covers and number of tree in *Avicennia* and *Rhizophora* forests are much smaller than mixed forest. These could influence to sediment surface of forest types and subsequently change copepod distribution. Vanhove *et al.* (1992) noted low copepod percentages in silty/muddy

sediment suggested this taxon is more related to coarser grain texture. In addition, copepods and epsilonematid nematodes do not withstand high silt fraction. Copepods are report as one of the most sensitive taxon is sensitive for oxygen decrease and usually restricted in occurrence in oxic condition (Coull & Chandler, 1992).

In present study, nematode and copepod densities positively correlated with temperature. Nematode density also positive correlated with pH and polychaetes positively correlated with dissolved oxygen. Other meiobenthic group had no correlation with abiotic factors. However, Ólafsson (1995) pointed that lack of significant correlations between environmental factors and meiofauna taxa does not mean that these factors were not contributing to the density variations observed. They may indeed control the population densities of the major taxa differently and in different proportion at the various stations. An experiment approach when the factor of interest can be manipulated while fluctuations in all other variables kept to minimum may be more appropriate than simple correlation analyses, in evaluating the importance of community control mechanisms.

Acknowledgements. This research was supported by the Vietnam National Scientific Basic Programme for Biodiversity (DA 47), under Project VAST.ĐA.12/16-19.

References

1. Alongi DM (1987a). Intertidal zonation and seasonality of meiobenthos in tropical mangrove estuaries. *Marine Biology* 95: 447–458.
2. Alongi DM (1987b). Inter-estuary variation and intertidal zonation of free-living nematode communities in tropical mangrove systems. *Marine Ecology Progress Series* 40: 103–114.
3. Armenteros M, Martin I, Williams JP, Creagh B, Gonzalez-Santos, G & Capetilo N (2006). Spatial and temporal variations of meiofaunal communities from the western sector of the Gulf of Batabano, Cuba. I. Mangrove system. *Estuaries and Coasts* 29: 124–132.
4. Cang LT, Thanh NC, Schwarzer K, Czerniak P & Ricklefs K (2007). Hydrography. In: Project Report 'Ecosystem functioning of rehabilitated versus natural mangroves in the Can Gio Reserve, Vietnam': 29–62.
5. Chinnadurai G & Fernando OJ (2006). Meiobenthos of Cochin mangroves, Southwest coast of India with emphasis on free-living marine nematode assemblages. *Russian Journal of Nematology* 14(2): 127–137.
6. Chinnadurai G & Fernando OJ (2007). Meiofauna of mangroves of the southeast coast of India with special reference to the free-living marine nematode assemblage. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 72: 329–336.
7. Chinnadurai G & Fernando OJ (2007). Impact of mangrove leaves on meiofaunal density: an experimental approach. *The ICFAI Journal of Life Sciences*, 1(1): 62–70.
8. Commito JA & Tita G (2002) Differential dispersal rates in an intertidal meiofauna assemblage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 268: 237–256.
9. Coull BC (1999). Role of meiofauna in estuary soft-bottom habitats. *Australian Journal of Ecology* 24: 327–343.
10. Dittmann, S., (2000). Zonation of benthic communities in a tropical tidal flat of north-east Australia. *Journal of Sea Research* 43, 33–51.
11. Do Duc Nhuong (2000). Benthos in Can Gio mangrove forest and trend to sustainable use. Paper presented at the workshop on biodiversity in coastal areas. Hanoi 15-16 March 2000. 10 p.
12. Gee JM & Somerfield PJ (1997). Do mangrove diversity and leaf litter decay promote meiofauna diversity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 218: 13–33.
13. Gwyther J & Fairweather PG (2005). Meiofaunal recruitment to mimic pneumatophores in a cool-temperate mangrove forest: spatial context and biofilm effects. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 317: 69–85.

14. Heip C, Vincx M & Vranken G (1985). The ecology of marine nematodes. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 23, 399–489.
15. Le Duc Tuan (1998). Sustainable management of the mangrove ecosystem in Can Gio, Ho Chi Minh City. In: Hong PN; Tri NH, QQ Dao, eds. *Proceedings of the CRES/Mac Athur Foundation on Coastal Biodiversity in Vietnam*. Halong City 24-25 Dec. 1997: 27–39.
16. Netto SA & Gallucci F (2003). Meiofauna and macrofauna communities in a mangrove from the Island of Santa Catarina, South Brazil. *Hydrobiologia*, 505, 159–170.
17. Ólafsson E, Carlström S & Ndaró, SGM (2000) Meiobenthos of hypersaline tropical mangrove sediment in relation to spring tide inundation. *Hydrobiologia* 426: 57–64.
18. Rzeznik-Orignac. J., Fichet. D. and Boucher. G., (2003). Spatial-temporal structure of nematode assemblages of the Brouage mudflat, Marennes Oléron, France. *Estuarine coastal and Shelf Science* 58: 77–88.
19. Sérgio AN & Gallucci F, (2003). Meiofauna and macrofauna communities in a mangrove from the Island of Santa Catarina, South Brazil. *Hydrobiologia* 505: 159–170.
20. Vanhove S, Vincx M, Gansbeke DV, Gijssels W & Schram D, (1992). The meiobenthos of five mangrove vegetation types in Gazi Bay, Kenya. *Hydrobiologia* 247: 99–108.
21. Higgins RP & Thiel H, (1988). *Introduction to the study of meiofauna*. – Smithsonian Institution press, Washington, D. C., 488 p.
22. Tri NH, Hong PN & Cuc LT, (2000). Cangio Mangrove Biosphere Reserve Ho Chi Minh City. Report of the UNESCO – MAB Regional Workshop on 'Establishment of Mangrove Biosphere Reserve in Cangio, Southern Vietnam and Biosphere Reserve Network Initiative for South-east Asia' held in Ho Chi Minh City, Vietnam, 43 p.
23. Ngo Xuan Quang, (2006). Biodiversity of meiofauna in intertidal Khe Nhan mudflat, Cangio mangrove forest, Vietnam with special emphasis on free-living nematodes. MSc. thesis, Ghent University, Belgium, 100 p.

ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА

УДК 551.465

П.А. Стародубцев^{1,2}, Е.Н. Бакланов², Е.П. Стародубцев¹, М.В. Мироненко³

¹Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова,
690006, г. Владивосток, Днепровский переулок, 6

²Дальневосточный государственный технических рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

³Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований
ДВО РАН, 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Горького, 25

ПОМЕХОУСТОЙЧИВАЯ, ШИРОКОМАСШТАБНАЯ, МУЛЬТИСТАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ МОРСКОЙ СРЕДЫ И ЕЁ ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рассматриваются вопросы построения широкомасштабной помехоустойчивой мультистатической схемы мониторинга акваторий на базе измерения разности фаз спектральных компонент акустических сигналов, принимаемых на пространственно разнесённые приёмники. Приводятся технические характеристики и состав аппаратных средств, применяемых для развёртывания гидроакустического полигона мониторинга морской среды.

Ключевые слова: гидролокация, гидрофон, возмущение морской среды, акустический сигнал, параметрическая гидроакустика.

P.A. Starodubtcev, E.N. Baklanov, E.P. Starodubtcev, M.V. Mironenko RESISTANT TO INTERFERENCE, LARGE-SCALE, MULTI-STATIC SCHEME OF DETECTING PERTURBATIONS OF THE MARINE ENVIRONMENT AND ITS ORGANIZATIONAL, TECHNOLOGICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS

Issues of construction of a large-scale noise-immune multistatic circuit on the basis of measuring the phase difference of the spectral components of acoustic signals received on spatially separated receivers are discussed. The technical characteristics and composition of the hardware used to deploy the sonar polygon for monitoring the marine environment are presented.

Key words: sonar, acoustic signal, hydrophones, disturbance of marine environment, parametric hydroacoustics.

Мультистатическая схема представляет собой стационарное просветное гидроакустическое поле, сформированное на трассе о. Итуруп (излучатель(и) – мыс Ливенорна, о. Сахалин (приемники) (акватория закрытого Охотского моря), протяженностью, примерно, 345 км (рис.1, 2). Такие измерительные технологии низкочастотной нелинейной просветной гидроакустики как нового научного направления, объединяющего гидрофизику, геофизику и радиофизику, обеспечивают решение задачи дальнего и сверхдальнего параметрического приема волн малых амплитуд различной физической природы, формируемых акустически слабозаметными объектами (возмущения морской среды) на дистанциях до сотен километров.

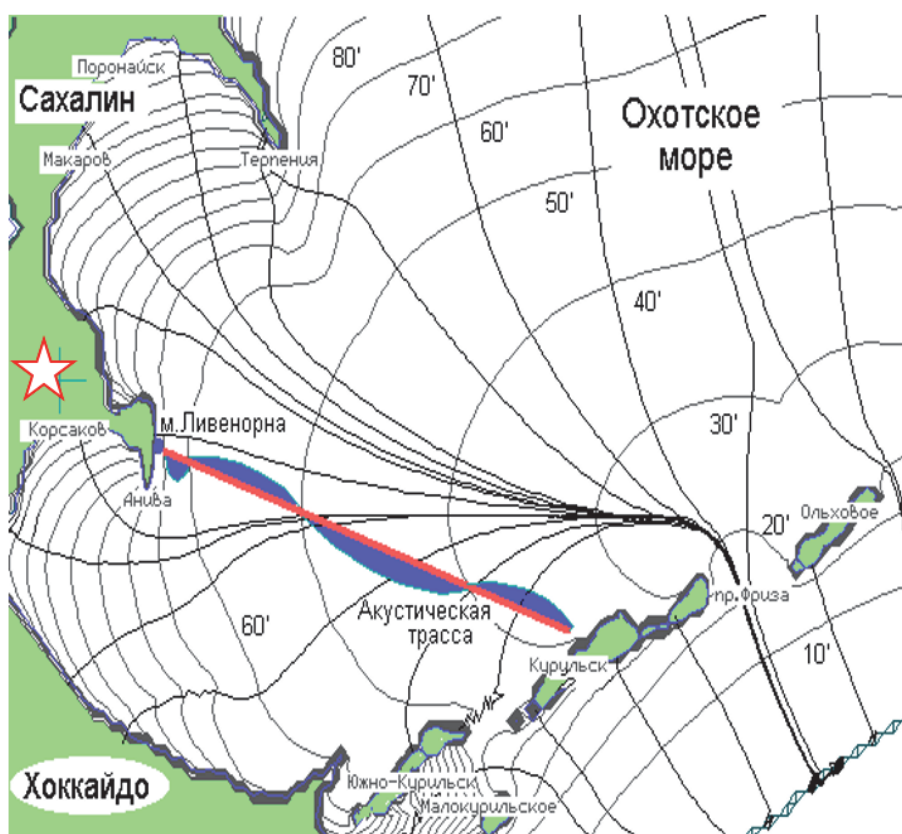


Рис. 1. Район оборудования стационарной просветной радиогидроакустической системы мониторинга и контроля морской среды:

- ★ – информационно-аналитический центр расчета спектра, фаз, синхронизации и определения разности фаз спектральных компонент (СК) $\Delta\phi_f$

Fig. 1. Area of Stationary luminal radio-acoustic system location:

- ★ – Information and analytical center for calculation of the spectrum, phases, synchronization and determination of the phase difference of the spectral components $\Delta\phi_f$

На базе данного стационара, проведя несложные дополнительные конструктивные изменения, технологически и технически была реализована активно-пассивная мультистатическая схема (МС), состоящая из:

1. Радиогидроакустического комплекса (два излучателя – подводный акустический маяк ПАМ-6К для формирования параметрических волн суммарной и разностной частот, два горизонтально разнесённых приемника – глубоководная донная автономная станция (ГДАС), открытый радиоканал передачи опорных излученных гидроакустических сигналов и радиосигналов работы системы в целом).

2. Гидроакустического канала распространения сигнала в водной среде в виде виртуальной, объемной, стационарной и бестелесной антенны (антенны бегущей волны).

3. Модулей космической связи с использованием низкоорбитальной системы «Гонец».

4. Радиогидроакустических автономных блоков обмена цифровой информацией от антенных систем ГДАС по каналам системы спутниковой связи «Гонец» на информационно-аналитический центр (ИАЦ) стационара.

5. ИАЦ, обеспечивающего обобщение, анализ комплексной информации и выдачу команд, по открытому радиоканалу или системе «Гонец», на управление работой системы в целом.

Измеряемым параметром в активно-пассивной МС такого стационара, для томографирования возмущений морской среды, является разность фаз спектральных компонент низкочастотных просветных сигналов $\Delta\phi_f$, принятых на два горизонтально разнесенных приемника, или спектр разности фаз этих же сигналов.

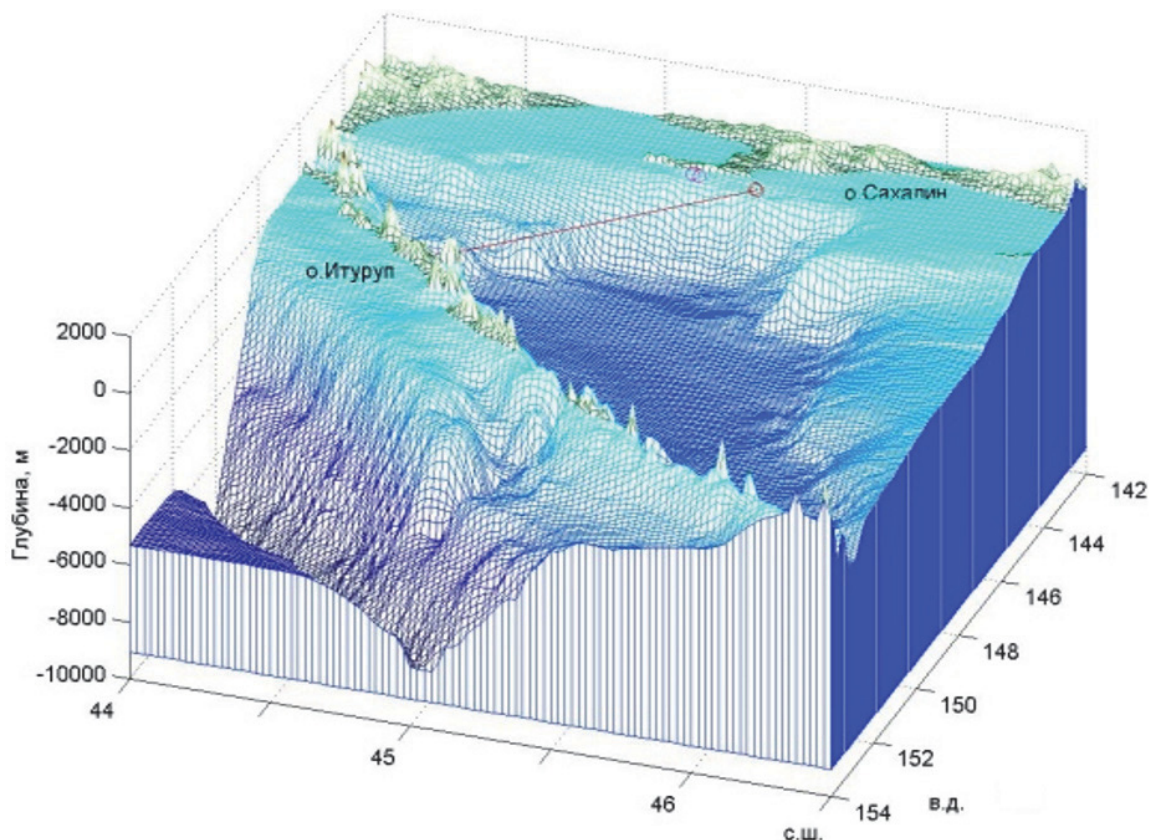


Рис. 2. Рельеф дна в районе приемной базы стационара
Fig. 2. Bottom relief in the area of receiver

Излучающая донная база просветной трассы (стационара) устанавливается на шельфе о. Итуруп (Курильская гряда). Она представляет собой техническую схему формирования необходимого вида просветного сигнала и автономного (неавтономного) излучателя, где в качестве автономного излучателя(ей) для формирования параметрических сигналов разностной и суммарной частот используется подводный акустический маяк ПАМ-6К (рис. 3), который функционирует в водной среде (пресной или морской) на рабочих глубинах до 6000 м во всех климатических зонах Мирового океана и является автономным функционально законченным изделием. В качестве неавтономного излучателя, связанного со схемой формирования вида сигнала, используется низкочастотный гидроакустический излучатель ПЗМ-400.

ПАМ-6К автономно выдает ультразвуковые импульсы с параметрами и частотой заполнения в $37,5 \pm 0,5$ кГц, что при их параметрическом применении позволяет формировать разностную частоту, близкую к 500 Гц. Излучающая часть радиогидроакустического комплекса МС выполняется в вариантах: стационарном – стационарные излучающие системы о. Итуруп (излучатель(и) – мыс Ливенорна (приемники), о. Сахалин или донные акустические станции; дрейфующем – с использованием активных РГАБ. Все варианты комплектации излучающего тракта обеспечивают двухстороннюю локацию водного пространства исследуемой акватории. Технические характеристики ПАМ-6К представлены в табл. 1.



Рис. 3. Подводный акустический маяк ПАМ-6К
 Fig. 3. Underwater acoustic beacon ПАМ-6К

Таблица 1

Технические характеристики ПАМ-6К

Table 1

Specifications of ПАМ-6К

Конструктивное исполнение	Цилиндр
Габаритные размеры, мм, не более	Ø33x102
Масса, кг, не более	0,255
ПАМ выдает ультразвуковые импульсы с параметрами: частота заполнения, кГц	37,5 ± 0,5
длительность импульс, мс	0,8...1,2
период следования импульсов, с	8...12
Среднее значение начальной амплитуды импульса звукового давления на расстоянии 1 м в плоскости оси ПАМ в нормальных условиях	Не менее 300 Па
Время непрерывной работы	Не менее 720 ч
Диапазон рабочих температур, °С	- 4 ÷ +40

Технологические решения, положенные в основу формирования излучающей части радиогидроакустического комплекса МС, определяются процессом формирования возмущенной области морской среды и ее геометрическими размерами. По этим характеристикам она была отнесена к мезомасштабным неоднородностям: в горизонтальной плоскости ≈ 20 км, что в 10 раз больше «френелевского» объема виртуальной антенны бегущей волны, где «физический» луч можно заменить геометрическим (перейти к лучевой теории описания процесса распространения акустической энергии); в вертикальной плоскости ≈ 500 м, что в 2 раза меньше «френелевского» объема в вертикальной плоскости. Горизонты излучения просветных сигналов выбираются в соответствии с гидролого-акустическими условиями контролируемой акватории и обеспечивают максимальную подсветку всех участков и горизонтов вероятного нахождения возмущений морской среды (рис. 4).

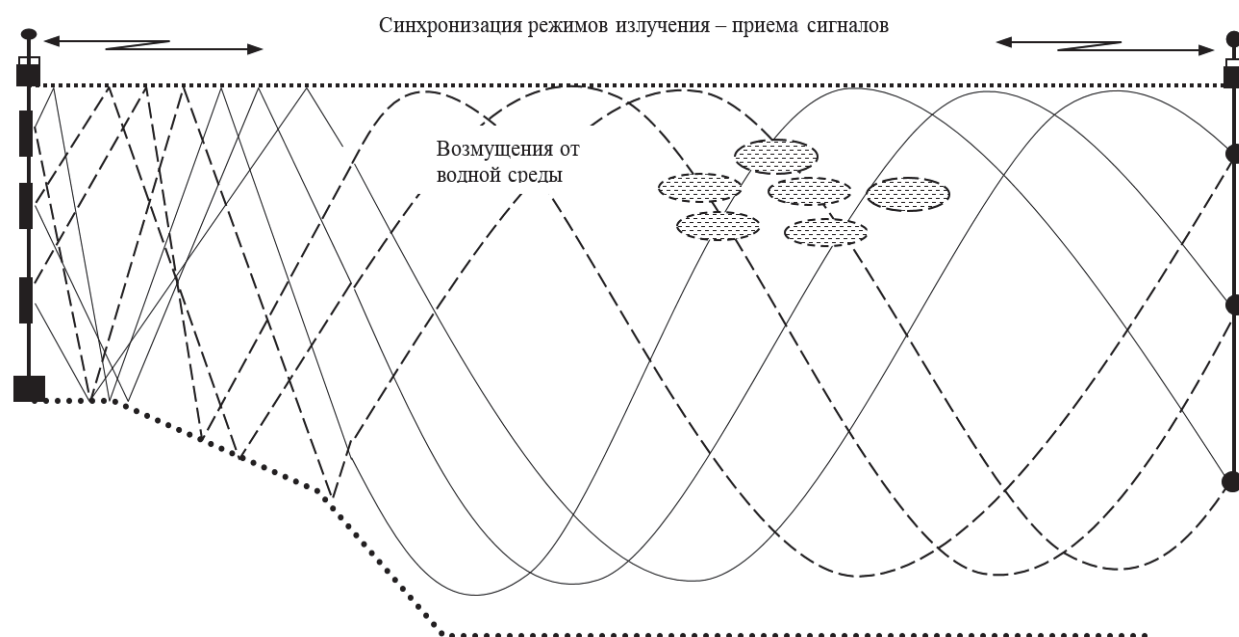


Рис. 4. Пространственное расположение приемников и излучателей мультистатической схемы
 Fig. 4. Spatial arrangement of receivers and radiators of a multistatic schema

Такая система мониторинга водной среды формирует интенсивные низкочастотные, гармонические, сложные, просветные сигналы от 150 до 500 Гц с уровнем звукового давления, способного обеспечивать отношение сигнал/помеха 10–15 дБ, в полосе частот 1 Гц; высокочастотные – от 2,3 до 3 кГц для обеспечения двухстороннего режима освещения обстановки в проливах, заливах и закрытых бухтах.

Вся система в целом работает в режиме синхронного излучения – приема просветных сигналов близкой частоты f_1, f_2 . Синхронизация работы системы и параметры «посылок» излучаемых сигналов задаются и определяются в приемном тракте через радиоканал с помощью блока обработки информации и системы единого времени. Длительность посылок τ кратна времени их распространения от излучателя к приемнику. Критическими τ расстояниями на акватории являются: минимальное расстояние между одним из излучателей и двумя приемниками. Исходя из этих условий, выбирается ширина исследуемой акватории или расстояния между излучателями, а также приемниками. Расстояния между приемниками, а также излучателями определяют площадь исследуемой акватории. При этом расстояние от излучателя до первого приемника должно соответствовать N полным циклам акустического луча, а расстояние от излучателя до второго приемника – $N+1$ (для получения набега времени (фазы) или разности фаз). Горизонтальное же расстояние между приемниками должно быть равно $\sqrt{2N+1}$, но не должно превышать ширины «френелевского» объема в горизонтальной плоскости. Сигналы синхронизации формируются и излучаются отдельно от просветных сигналов и передаются по радиоканалу (при большой площади акватории) или подводному кабелю (небольшие бухты, Курильские проливы или подходы к ним).

Излучение близких по частоте акустических волн (вариант ПАМ-6К) приводит к генерации в прилегающей к излучателю морской среде, содержащей газы, пузырьки и другие неоднородности, низкочастотных и высокочастотных параметрических составляющих суммарной и разностной частот. Теоретически и экспериментально доказано, что интенсивность формирования параметрических волн очень низка и составляет единицы или доли процента от исходных (излучаемых) волн.

Усиление интенсивности формирования параметрических волн суммарной и разностной частот может осуществляться не только вблизи излучателя сигналов накачки, но и на более удаленных от него участках среды, содержащих газовые области (завесы).

В этой связи следует напомнить о нелинейных свойствах и больших размерах пузырькового следа от возмущений морской среды. Пространственные размеры, как было отмечено выше, могут составлять в горизонтальной плоскости ≈ 20 км; в вертикальной плоскости – ≈ 500 м.

Преимущество использования повышенных нелинейных свойств при формировании параметрических сигналов заключается не только в их протяженности и объеме, но и в том, что они могут быть оперативно созданы в заданной точке «прозвучиваемой (исследуемой)» среды, а их продольная ось может быть сформирована в заданном направлении.

В этом случае обеспечивается интенсивное усиление параметрического взаимодействия исходных звуковых волн и формирование (параметрическое переизлучение) инфранизкочастотных, а также высокочастотных волн в заданном «прозвучиваемом» направлении, а само возмущение морской среды в этом случае представляет собой виртуальную, объемную, стационарную и бестелесную антенну (антенну бегущей волны).

Энергия сигнала из точки излучения А в точку приема В (рис. 5) распространяется в пределах определенной области пространства, границы которой определяются на основе принципа Гюйгенса и построения зон Френеля. На рис. 5 приведена качественная картина пространственной структуры зон Френеля между точками излучения и приема «просветных» сигналов. Каждая из зон (на рисунке они обозначены в порядке возрастания – $N - N$) в пространстве образуют эллипсоиды вращения.

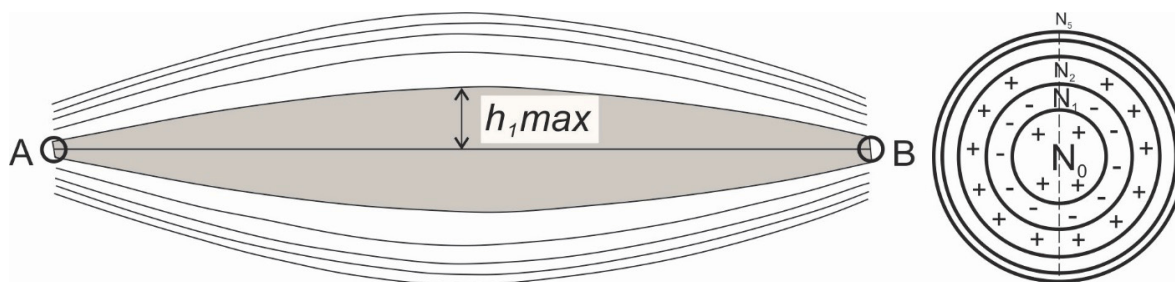


Рис. 5. Пространственная структура зон Фраунгофера между точками излучения-приема сигналов

Fig. 5. Spatial structure of the Fraunhofer zones between radiation-receiving points

При расположении возмущения морской среды в пределах пространства первой зоны Френеля будет происходить не только экранирование волн, но также их интенсивное параметрическое преобразование на рассеивающих неоднородностях. В этом случае первая зона Френеля выполняет функции пространственной (бестелесной) параметрической антенны бегущей волны с низкочастотной накачкой. При этом относительно классической параметрической антенны бегущей волны, формируемой с использованием ультразвуковой накачки среды в области излучателя или приемника сигналов, рассматриваемая антенна является симметричной (двухсторонней) приемоизлучающей.

Обнаружение возмущений морской среды в мультистатической схеме допустимо при использовании длительных с высокой стабильностью гармонических и сложных сигналов, что обеспечивает возможность их необходимого наблюдения и накопления в узкой полосе частот. Время наблюдения сигнала в этом случае большое. Оно определяется также временем пересечения объектом оси стационара и составляет единицы-десятки минут. То есть величина $\Delta f \cdot T$ при обнаружении объектов методом подсветки среды, как и для шумопеленгования, может быть достаточно большей. В этом случае имеем:

$$\Delta f \cdot T / k_{\delta}^2 > 1, \delta_{\text{подв.св}} \approx \sqrt{k_{\delta}} / \Delta f T, \quad (1)$$

где δ – коэффициент распознавания, выражающий отношение сигнала к помехе на входе прибора;

k_{δ} – коэффициент, выражающий для данного прибора отношение сигнал/помеха на его выходе, которое обеспечивает прием сигнала с заданной вероятностью;

Δf – частотная полоса пропускания прибора;

T – время наблюдения принимаемого сигнала.

Выражение (1) определяет максимально необходимые отношения сигнал/помеха на входе системы, основанной на подсветке среды, которые обеспечивают заданные (с учетом вероятности приема) значения этой величины на выходе (индикаторе устройства отображения информации и результатов расчетов). Таким образом, необходимая для реализации мультистатической схемы величина отношения сигнал/помеха на входе приемного тракта аналогична отношению, полученному для шумопеленгатора.

Возможность длительного узкополосного приема высокостабильных гидроакустических сигналов, получения разности их фазовых спектров и транспонирования в область высоких (МГц) частот, где повторно возможно произведение расчета разности фаз, но уже световых волн, существенно повышает ее помехоустойчивость в целом.

Следует отметить также, что рассмотренная величина помехоустойчивости приема ПС характеризует лишь возможность приема сигналов и дальнейшего выделения информационных признаков возмущений морской среды, например, признаков их искажения движущимся объектом или физическим явлением.

Известно, что использование одного приемного средства и одного излучающего приводит к образованию зоны обнаружения приближенно описываемой овалом Кассини. Уравнение этой замкнутой кривой имеет вид:

$$(x^2 + y^2 + a^2) - 4a^2x^2 = c^2. \quad (2)$$

Уравнение (2) задает геометрическое место точек, для которых произведение расстояний до точек a , o – места излучателя и a , o – места приемника равно c^2 . Очевидно, что кривая (2) симметрична относительно осей x и y . Уравнение (2) для $x > o$ и $y > o$ можно переписать в виде:

$$y(x) = [-x^2 - a^2 + (4a^2x^2 + c^4)^{1/2}]^{1/2}. \quad (3)$$

Следовательно, площадь, освещаемая парой приемник–излучатель, равна:

$$S_1 = 4 \cdot \int_0^d [-a^2 - x^2 + (4a^2x^2 + c^4)^{1/2}]^{1/2} dx. \quad (4)$$

Проведенная оценка эффективности такой системы показала, что площадь, освещаемая парой приемник–излучатель, равна по критерию C_i (стоимость 1 км² освещаемой площади в год), при предполагаемых геометрических размерах возмущения $a = 20$ км, протяженности трассы o . Итуруп (излучатель(и) – мыс Ливенорна, о. Сахалин (приемники) – 345 км, примерно 3000 км².

При необходимости быстрого обмена информацией с наземными постами наблюдения за морской обстановкой или стационарно-дрейфующего варианта формирования МС на базе

донных акустических станций и активных РГАБ используются модули космической связи с использованием низкоорбитальной системы «Гонец».

Российская система спутниковой связи (ССС) «Гонец» (рис. 6) предназначена для обеспечения передачи информации в цифровом виде между стационарными и подвижными абонентами и может быть использована для первоочередных задач информатизации в регионах, где в настоящее время отсутствует надежная связь. ССС «Гонец» обеспечивает предоставление следующих услуг:

- передача любых данных в цифровой форме – телекс, текст, изображение, обмен информацией между базами данных, между компьютерами, сбор телеметрических данных от необслуживаемых датчиков, определение местоположения подвижных объектов;
- засекречивание пользовательской информации по отдельному требованию заказчика.

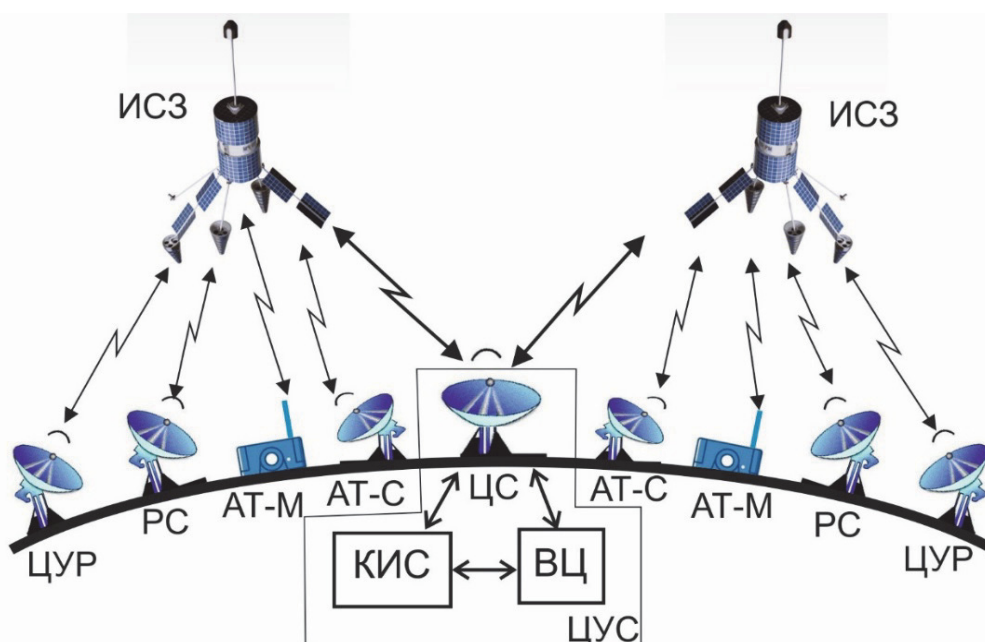


Рис. 6. Структура системы «Гонец».
Fig. 6. Structure of the «Gonets» system

Первые опытные образцы акустических ГДАС серии «Монитор» созданы в 1986–1990 гг. и предназначены для измерения и регистрации фоновых гидроакустических полей на глубинах до 5000 м в автономном режиме работы. Установка ГДАС на дно обеспечивается свободным погружением с помощью балласта на гайдропе и всплытием на поверхность за счет положительной плавучести прочного корпуса при отделении балласта. ГДАС могут работать в комплекте до 5 шт., при этом обеспечивается независимое управление по гидроакустическому каналу и автономное измерение взаимной дистанции после постановки на дно. ГДАС обеспечивает усиление, предварительную обработку и регистрацию на 14-канальный измерительный магнитограф гидроакустической информации с вертикальной гирлянды гидрофонов или с гидрофона на корпусе станции с включением по заданной программе: магнитного регистратора; измерителя глубины (ИГ); системы измерения дистанции; исполнительного механизма сброса балласта (ИМСБ).

Прочный корпус, состоящий из двух полусфер, выполненный из высокопрочного алюминиевого сплава, обеспечивает защиту от гидростатического давления на глубинах до 5000 м. ГДАС в транспортном положении, а также при подготовке и проверке перед постановкой

в море размещается на транспортировочной тележке, оснащенной подъемным механизмом для верхней полусферы (рис. 7).



Рис. 7. Внешний вид ГДАС «Монитор» на монтажно-транспортировочной тележке
Fig. 7. Appearance of the acoustic station «Monitor» on the assembly transport trolley

Привязка кода времени, регистрируемого на магнитную ленту, к единой системе точного времени на обеспечивающем судне или на нескольких ГДАС осуществляется от стабильного кварцевого генератора с точностью не хуже $5 \cdot 10^{-8}$ за 10 сут. По гидроакустической команде, передаваемой с обеспечивающего судна, возможно включение аппарата магнитной записи и механизма сброса балласта (всплытие станции). Опытные образцы ГДАС являются результатом отработки, оптимизации и экспериментальной проверки технических решений в результате проведенных научно-исследовательских работ СКБ САМИ ДВО РАН, выполняемых в последние десятилетия прошлого столетия и по настоящее время.

Состав комплекса глубоководных донных станций (ГДАС) серии «Монитор» приведен на рис. 8, а структурная схема ГДАС серии «Монитор» приведена на рис. 9. Для учета гидрологической обстановки во время работы комплекта ГДАС одна из ГДАС комплекта оснащается датчиками глубины, температуры, скорости звука с микропроцессорной системой сбора и обработки измерительной информации, которая измеряет и заносит в память профиль скорости звука во время погружения станции. Основные характеристики ГДАС серии «Монитор» приведены в табл. 2.

Специализированный комплект судовой аппаратуры для диагностики и предварительной проверки ГДАС обеспечивает оперативность подготовки ГДАС к автономной работе и надежность ее работы в автономном режиме. Основные функции этого комплекта: оперативная перезарядка источника питания ГДАС; сведение опорных генераторов системы измерения дистанции; диагностика аппарата точной магнитной записи; подготовка магнитной ленты для аппарата точной магнитной записи; диагностика цепей питания ГДАС перед постановкой; формирование гидроакустических команд управления ГДАС.

Применение судовой аппаратуры для подготовки ГДАС (рис. 10) в морских условиях технологически обеспечивает время полной подготовки комплекта из 5 ГДАС к автономной работе в течение 4 ч. Комплект специальных устройств постановки и выборки ГДАС с борта судна позволяет производить работы при волнении до 5 баллов, обеспечивая постановку и выборку в течение 10–15 мин.

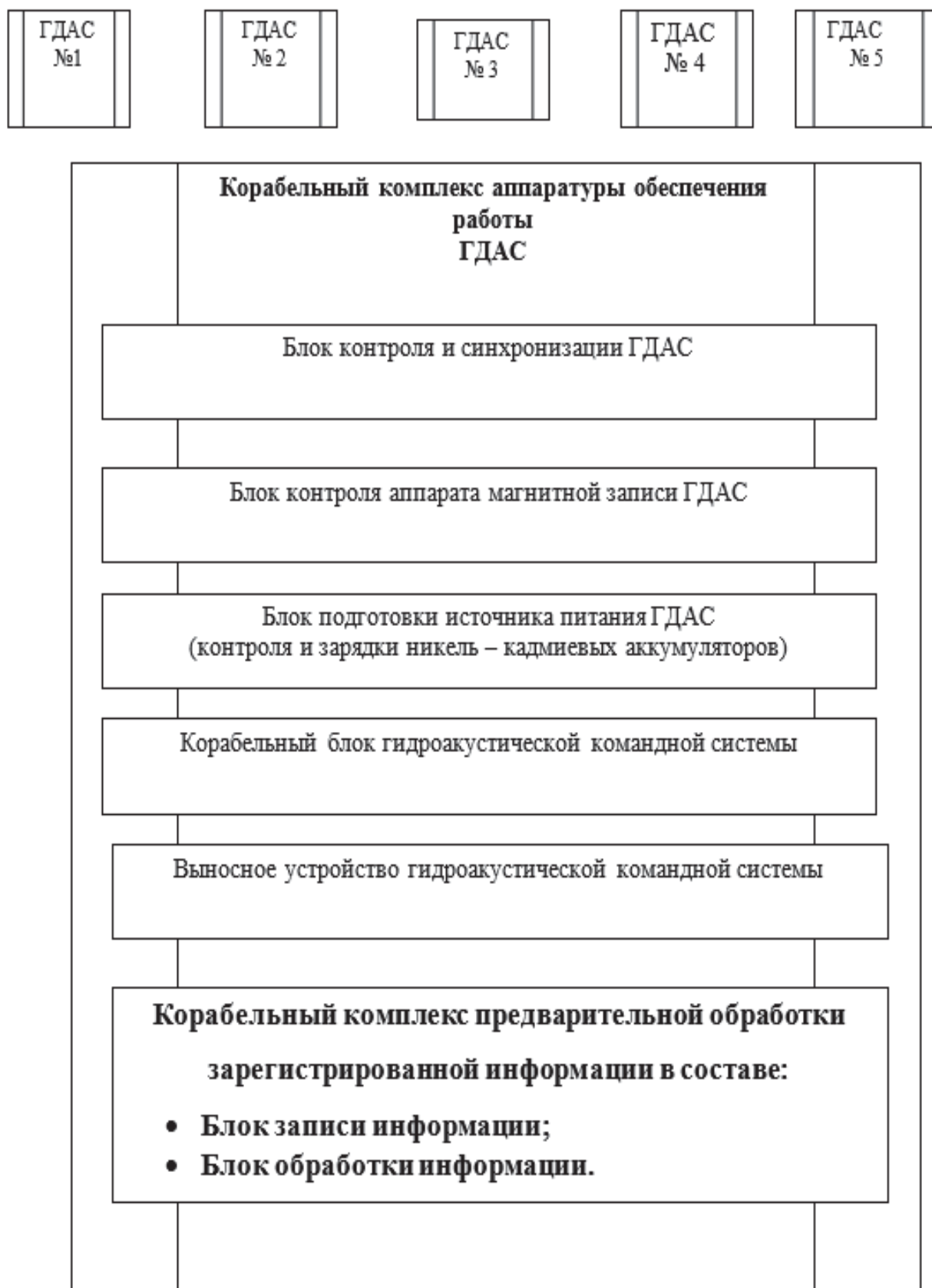


Рис. 8. Состав комплекса глубоководных донных станций (ГДАС) серии «Монитор»
 Fig. 8. Composition of the complex of the deep-state denial stations «Monitor»

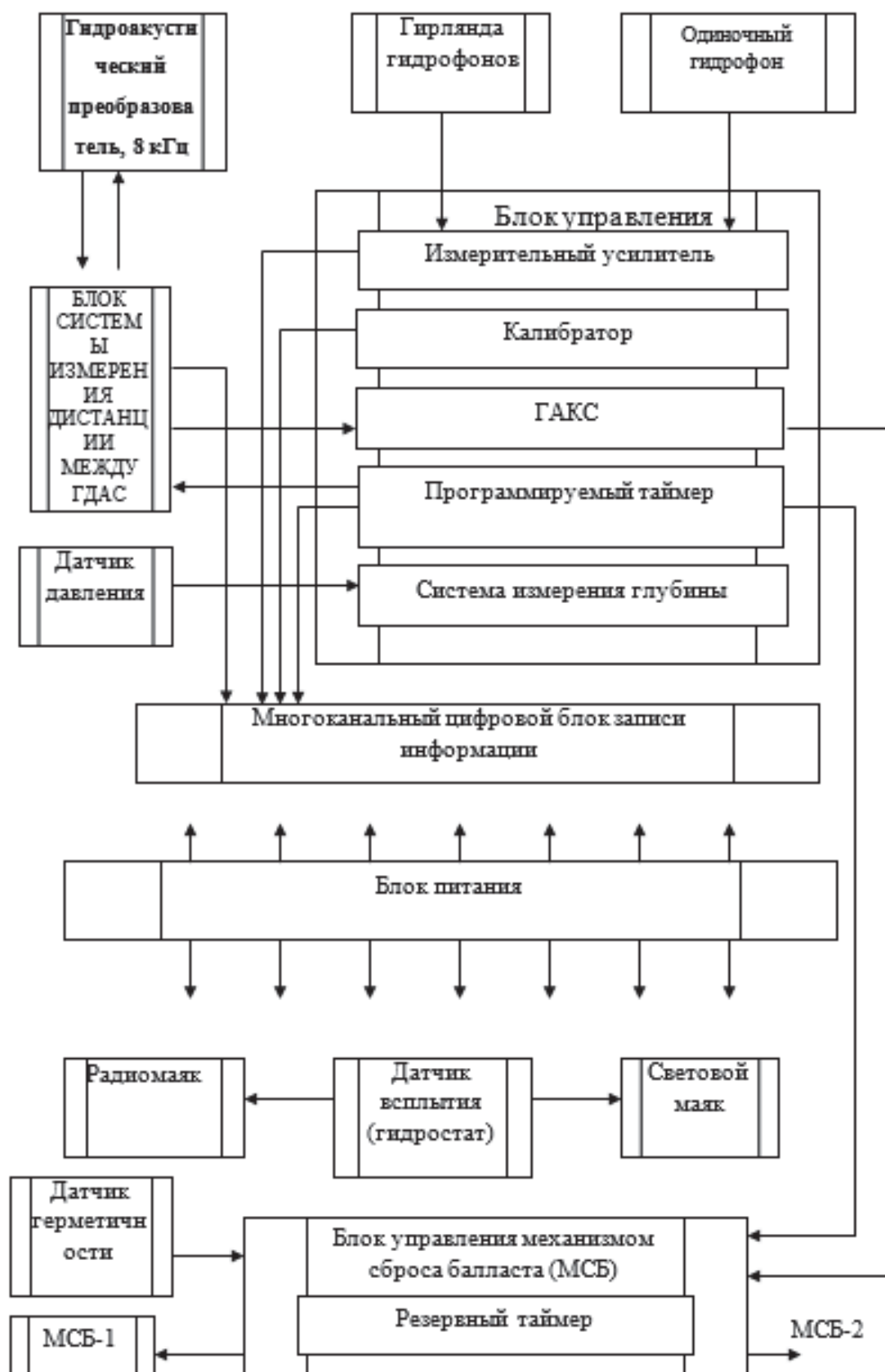


Рис. 9. Структурная схема ГДАС серии «Монитор»
 Fig. 9. Structural scheme of the deep-state denial stations «Monitor»

Таблица 2

Основные характеристики ГДАС серии «Монитор»

Table 2

Main characteristics of the acoustic station «Monitor»

Параметр	Значение
Предельная глубина постановки, м	5000
Максимальная длительность автономной работы, сут	10
Длительность непрерывной регистрации данных на магнитную ленту в диапазоне частот, ч:	
	1 ... 500 Гц
1 ... 100 Гц	70
Динамический диапазон приемно-регистрирующего тракта, дБ	70
Основная доверительная погрешность приемно-регистрирующего тракта, дБ	2
Погрешность системы измерения взаимной дистанции, м	6
Погрешность измерения глубины постановки, %	2
Автономность, сут	10
Вес на воздухе, кг	200
Диаметр прочного корпуса, мм	925

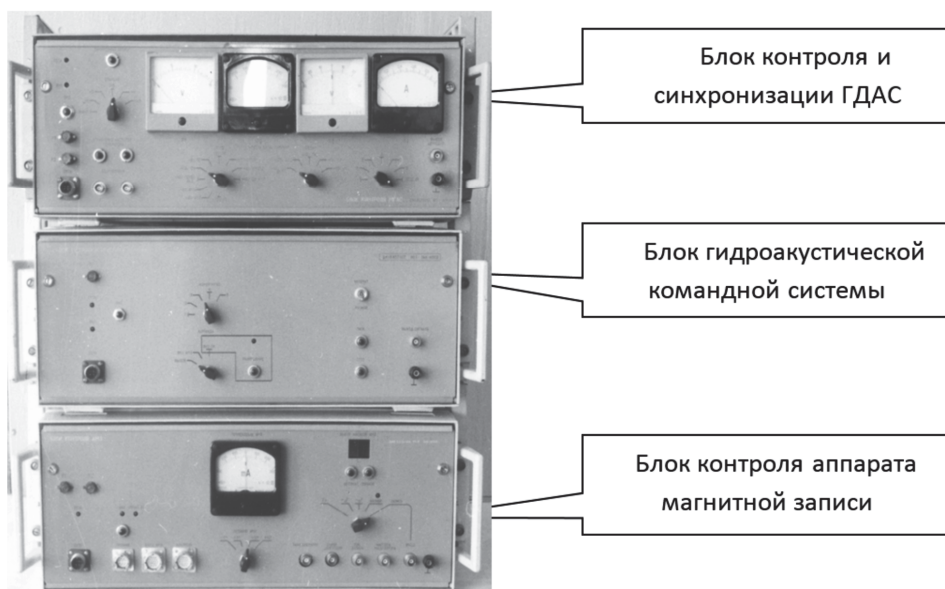


Рис. 10. Внешний вид судовой аппаратуры для обеспечения работы ГДАС
 Fig. 10. Appearance of ship's equipment for the operation of the deep-state denial stations

Список литературы

1. Кадыков, И.Ф. Акустика подводных землетрясений / И.Ф. Кадыков. – М.: Наука, 1986.
2. Петроченко, С.П. Конверсионное применение стационарных гидроакустических систем / С.П. Петроченко. – Петропавловск-Камчатский, 1997.

3. Ринемак, Т. Предсказание землетрясений / Т. Ринемак. – М.: Мир, 1979.

4. Белавин, Ю.С. Регистрация фаз Т в сигналах землетрясений в северо-западной части Тихого океана / Ю.С. Белавин, И.Ф. Кадыков, С.Л. Соловьев // Вулканология и сейсмология. – 1980. – № 1. – С. 60–69.

Сведения об авторах: Стародубцев Павел Анатольевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: spa1958@mail.ru;

Бакланов Евгений Николаевич, доцент, e-mail: baklanoven@mail.ru;

Стародубцев Евгений Павлович, e-mail: spa1958@mail.ru;

Мироненко Михаил Владимирович, доктор технических наук, профессор, e-mail: professor@mail.primorye.ru.

ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 664.95

В.Д. Богданов, Н.В. Дементьева, А.А. Симдянкин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 526

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ СУХОГО КОНЦЕНТРАТА ТРЕПАНГА

В Дальрыбвтузе разработана технология производства сухого концентрата трепанга, позволяющая практически полностью сохранить структуру и свойства функциональных макромолекул биологического сырья и создать высокоэффективный продукт пищевого, лечебно-профилактического назначения.

По результатам исследований установлено, что сухой концентрат трепанга обладает высокой пищевой ценностью, является высокобелковым продуктом, с низкой долей липидов. Сухой концентрат трепанга богат минеральными солями. По микробиологическим показателям он удовлетворяет требованиям технического регламента таможенного союза ТР/ТС 021 – 2011. Безопасность сухого концентрата трепанга подтверждают исследования на содержание токсичных элементов, пестицидов, полихлорированных бифенилов и радионуклеидов. Данный факт свидетельствует о гарантированной безопасности готовой продукции. По результатам исследований на новый вид продукции разработан и утвержден СТО 00471515-052-2017. Сухой концентрат трепанга. Требования к качеству и безопасности. Требования к производству, хранению, реализации.

Ключевые слова: сухой концентрат трепанга, химический состав, качество, безопасность.

V.D. Bogdanov, N.V. Dementeva, A.A. Simdyankin

ASSESSMENT OF THE QUALITY AND SAFETY OF DRY CONCENTRATE OF SEA CUCUMBER

In the technology of production of dry concentrate of sea cucumber that allows you to almost fully preserve the structure and functional properties of macromolecules of biological raw materials and create a highly effective product nutritional, medicinal and prophylactic purpose.

By results of researches it is established that the dry concentrate of sea cucumber has high nutritional value, is a high-protein product, with a low proportion of lipids. Dry concentrate of sea cucumber is rich in mineral salts. Microbiological indicators it meets the requirements of the technical regulations of the customs Union TR/TS 021 – 2011. Safety dry concentrate trepang confirmed by research on the content of toxic elements, pesticides, polychlorinated biphenyls and radionuclides. This fact indicates the guaranteed safety of the finished product. The results of research on a new product is developed and approved one STO 00471515-052-2017. Dry concentrate of sea cucumber. Requirements for quality and security. Requirements for the production, storage, and implementation.

Key words: dry concentrate of sea cucumber, chemical composition, quality, safety.

Введение

Известно, что водные биоресурсы представляют собой физиологически ценное пищевое сырье. Они служат природным источником многих биологически активных веществ, введение которых в продукты питания придает им функциональные свойства.

В частности моллюски являются важным источником пищевого белка, витаминов, аминокислот и других биологически активных веществ. По содержанию незаменимых аминокислот

кислот (аргинина, лизина, триптофана) они превосходят рыбу. Моллюски содержат вещества, обладающие противовирусным, противомикробным и противораковым действием. Среди биологически активных веществ моллюсков наиболее известны терпены, гетероциклические, ароматические и алифатические соединения.

Главное отличие иглокожих от многих наземных и водных организмов в существенном разнообразии метаболитов, среди которых большая часть представлена функциональными соединениями, такими, как каротиноиды, фосфолипиды, сапонины, полиненасыщенные жирные кислоты класса омега три, омега шесть.

В Дальневосточном регионе одним из самых ценных объектов морского промысла является трепанг (*Stichopus japonicus*). Ареал обитания дальневосточного трепанга простирается близ побережья материка и островов, расположенных в Японском, Желтом, Восточно-Китайском морях. В пределах России этот вид распространен у берегов Приморья и о-вов Сахалин, Монерон, Кунашир.

Трепанг – беспозвоночное животное типа иглокожих из класса голотурий. Мышечная ткань трепанга достаточно обводнена (91–93 %). В его тканях содержится 4,4–4,7 % белка, липидов – 0,40–0,42 %, минеральных веществ – 3,1–3,2 %. Трепанг обладает невысокой калорийностью (38–60 ккал/100). Белки соединительной ткани, относящиеся на 53–72 % к группе коллагеноподобных белков, представляют наибольшую долю белковой фракции. В то же время ткани трепанга отличаются высоким содержанием глицина, пролина и аспаргиновой кислоты. Также в состав коллагенов дальневосточного трепанга входят аргинин, лизин, треонин, глутаминовая кислота и др. Всего 17 аминокислот, из которых около трети аминокислотных остатков принадлежит к числу незаменимых [1].

В последние годы спрос на трепанга значительно возрос как в нашей стране, так и за рубежом благодаря его уникальным целебным свойствам. Эти свойства объясняются наличием в тканях трепанга химических соединений, проявляющих биологическую активность, таких, как гликозиды (2,2–2,6 мг/г сырой ткани), представленные прежде всего тритерпенами, аминокислотами (0,84–2,3 мг/г сырой ткани), каротиноиды, минеральные вещества, витамины и другие важные для организма человека активные комплексы. За счет идеального насыщения микроэлементами и биологически активными веществами трепанг оказывает омолаживающий эффект [2, 3].

Таким образом, высокоспецифичный состав физиологически функциональных веществ делает целесообразным использование данного вида сырья при производстве широкого спектра продуктов функционального назначения, спрос на которые в настоящее время имеет тенденцию к росту [4].

Одним из перспективных способов консервирования сырья является сублимированная сушка, перед которой продукт замораживают и удаляют основную массу воды в условиях вакуума и при непосредственном переходе льда в парообразное состояние, минуя жидкую фазу.

Обезвоживание материала при отрицательных температурах в условиях вакуума обеспечивает сохранение первоначальной структуры материала, предотвращая изменение термолabile веществ (липидов, белков, углеводов), исключая возможность развития микробных, ферментативных, окислительных процессов.

Сублимированные продукты из гидробионтов представляют собой белковые концентраты. В них практически полностью сохраняются незаменимые аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты, витамины, вкусовые и ароматические вещества. Степень усвоения сублимированных продуктов приближена к усвоению замороженного сырья.

В Дальрыбвтузе разработана технология производства сухого концентрата из трепанга, позволяющая практически полностью сохранить структуру и свойства функциональных макромолекул биологического сырья и создать высокоэффективный продукт пищевого, лечебно-профилактического назначения.

Целью научной работы являлось исследование показателей качества и безопасности сухого концентрата трепанга.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования служил сухой концентрат трепанга, полученный из замороженного сырья путем криоизмельчения и сублимационной сушки.

Отбор проб сырья и подготовку проб к анализу проводили по стандартным методикам (ГОСТ 31339-06, ГОСТ 7631-08, ГОСТ 8756.0-70).

Определение азота общего, содержание воды, липидов, минеральных веществ, соли осуществляли по ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки (методы анализа)».

Энергетическую ценность продукции рассчитывали по методике А.А. Покровского (1977).

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) определяли по ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных и аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов».

Определение бактерий группы кишечных палочек (БГКП) проводили согласно ГОСТ 30518-97 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек».

Содержание токсичных элементов определяли по ГОСТ Р 51301, ГОСТ 30178, ГОСТ 30538; свинец – по ГОСТ 26932, мышьяк – по ГОСТ Р 51766, ГОСТ Р 51962, ГОСТ Р 53182, кадмий – по ГОСТ 26933, ртуть – по ГОСТ 26927, ГОСТ Р 53183.

Пестициды определяли по МУК 2142, МУК 2482, полихлорированные бифенилы – по ГОСТ Р 53991, ГОСТ Р 53184, МУК 4.1.1023, радионуклеиды – по ГОСТ Р 54016, ГОСТ Р 54017, МУК 2.6.1.1194.

Результаты и их обсуждение

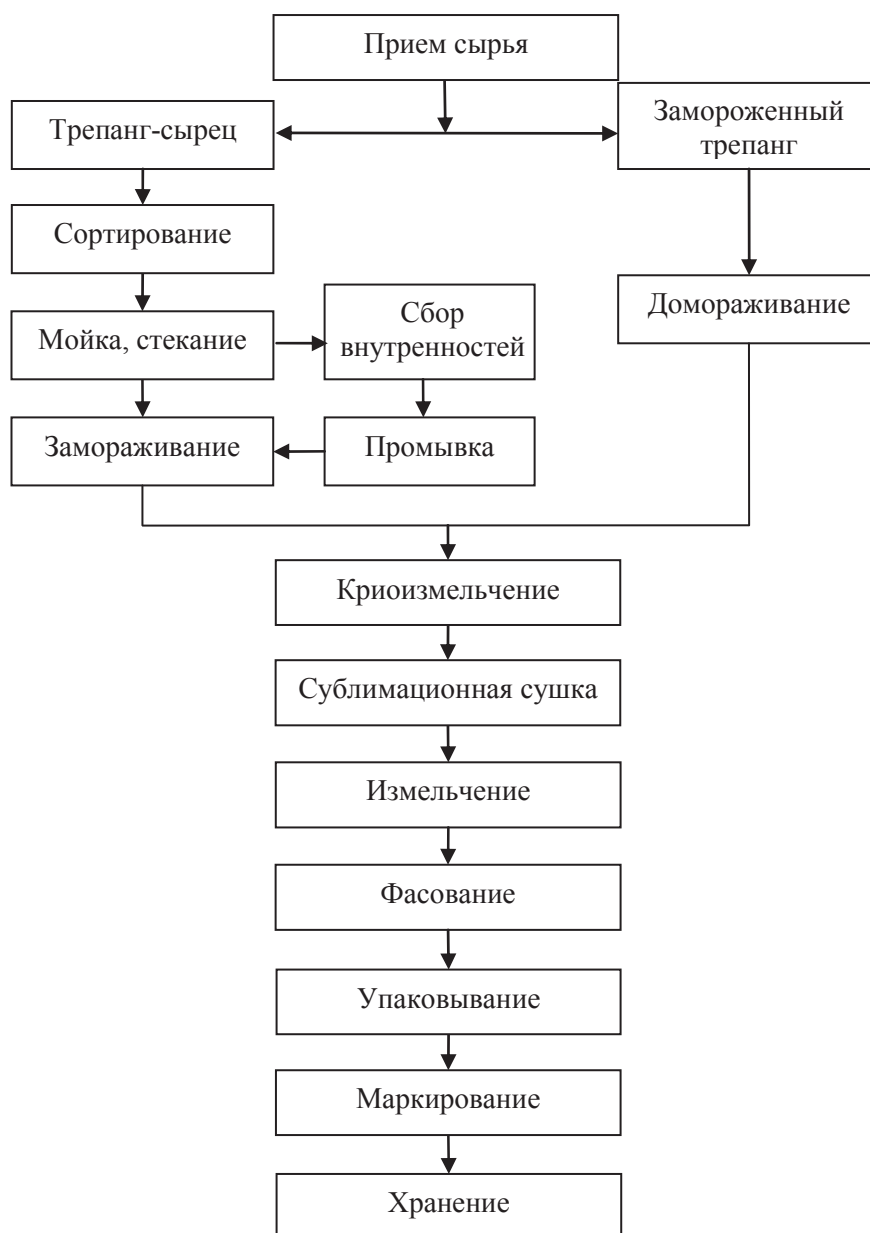
Для производства сухого концентрата трепанга использовали свежельвовленный и мороженный трепанг. Свежельвовленный трепанг сортировали на группы по размеру и массе и направляли на мойку. Для этого трепанг помещали в пресную воду температурой не выше 25 °С, в которой происходил выброс внутренних органов из полости трепанга. Затем осуществляли промывку внутренней полости и венчика трепанга с помощью гидронасадки морской водой под давлением. После промывки трепанг выдерживали в течение 3–5 мин на перфорированных решетках для обеспечения стекания лишних остатков воды, укладывали в технологические емкости и направляли на замораживание. Замораживание осуществляли в морозильных аппаратах воздушного типа при температуре минус 30–35 °С до температуры в центре продукта не выше минус 27 °С.

Трепанг, поступивший на переработку в замороженном виде, имеющий температуру в центре продукта минус 18 °С, направляли на домораживание, с целью снижения температуры в центре продукта до минус 27 °С.

Мороженный трепанг измельчали на криоизмельчителе (криомельнице) до размера частиц 0,1–3,0 мм. Полученный мороженный измельченный материал из ткани трепанга раскладывали тонким слоем (не более 10 мм) в поддоны, охлажденные до температуры не выше минус 25 °С, и направляли в сублимационную сушильную установку.

Сублимационную сушку осуществляли при температуре минус 15–20 °С под вакуумом 8–9 Па. При этом происходило удаление 75–90 % воды. Оставшуюся воду удаляли при досушивании при температуре 40–60 °С. Общая продолжительность процесса составляла 16–20 ч. Содержание воды в материале после сушки не должно превышать более 12 %. Высушенный трепанг подвергали дополнительному измельчению до порошкообразного состоя-

ния с размером частиц 20–200 мкм. Технологическая схема производства сухого концентрата трепанга представлена на рисунке.



Технологическая схема производства сухого концентрата трепанга
Technological scheme of production of dry trepanga concentrate

К наиболее важным показателям, характеризующим качество пищевых продуктов, можно отнести органолептические свойства, химический состав, энергетическую, биологическую ценность, микробиологические показатели безопасности и др.

При исследовании химического состава сухого концентрата трепанга установлено, что он характеризуется высоким содержанием белка – 51,1 %, небольшим количеством липидов – 4,8 %. Сухой концентрат трепанга богат минеральными веществами, общее количество которых составляет 30,5 %. Энергетическая ценность сухого концентрата трепанга составляет 264,8 ккал (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав и энергетическая ценность сухого концентрата трепанга

Table 1

Chemical composition and energy value of dry concentrate of sea cucumber

Наименование продукта	Белок, %	Липиды, %	Углеводы, %	Вода, %	Минеральные вещества, %	Энергетическая ценность, ккал
Сухой концентрат трепанга	51,1	4,8	4,3	9,3	30,5	264,8

Результаты исследования органолептических, физических и химических показателей сухого концентрата трепанга приведены в табл. 2.

Таблица 2

Органолептические и физико-химические показатели сухого концентрата трепанга

Table 2

Organoleptic and physico-chemical characteristics of dry concentrate of sea cucumber

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид	Сыпучая, без слежавшихся, плотных комков, однородная сухая масса
Цвет	От кремового до коричневого
Запах и вкус	Свойственный данному виду продукта, без постороннего, порочащего привкуса и запаха
Консистенция	Однородная по всей массе
Размеры частиц, мкм	От 20 до 200
Массовая доля влаги, %	Не более 12
Массовая доля белка, %	Не менее 35
Массовая доля минеральных веществ, %	Не менее 20
Массовая доля жира, %	Не более 6
Наличие посторонних примесей	Не допускается

При исследовании микробиологических показателей сухого концентрата трепанга установлено, что они не превышают микробиологические показатели, указанные в ТР ТС-021-2011 «О безопасности пищевой продукции» (табл. 3).

Таблица 3

Микробиологические показатели сухого концентрата трепанга

Table 3

Microbiological characteristics of dry concentrate of sea cucumber

Наименование показателя		Норма	Фактическое значение показателей с учетом погрешности
Количество мезофильных аэробных и факультативно-аэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более		2x10 ⁴	4x10 ³
Масса продукта (г), в которой не допускаются	БГКП (колиформы)	1,0	Не обнаружено
	S.aureus	1,0	Не обнаружено
	Сульфитредуцирующие клостридии	1,0	Не обнаружено
	Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы	25	Не обнаружено
Плесени и дрожжи, КОЕ/г не более		100	Не обнаружено

Безопасность сухого концентрата трепанга подтвердили исследования на содержание токсичных элементов, пестицидов, полихлорированных бифенилов и радионуклеидов. Результаты исследований представлены в табл. 4.

Таблица 4

Содержание токсичных элементов, пестицидов, полихлорированных бифенилов и радионуклеидов в сухом концентрате трепанга

Table 4

The content of toxic elements, pesticides, polychlorinated biphenyls and radionuclides in a dry concentrate of sea cucumber

Наименование показателя	Допустимые уровни, мг/кг, не более	Фактическое значение показателей с учетом погрешности
Токсичные элементы: Свинец Мышьяк Кадмий Ртуть	1,0 1,0 0,2 0,5	Ниже предела обнаружения Ниже предела обнаружения Ниже предела обнаружения Ниже предела обнаружения 0,0010±0,0002
Гистамин (в перерасчете на исходный продукт с учетом содержания сухих веществ в нем и конечных продуктах)	100	Ниже предела обнаружения
Нитрозамины: сумма НДМА и НДЭА	0,03	Ниже предела обнаружения
Пестициды: ГХЦГ (α,β,γ-изомеры)	0,2	Ниже предела обнаружения
ДДТ и его метаболиты	0,2	Ниже предела обнаружения
Полихлорированные бифенилы (в перерасчете на исходный продукт с учетом содержания сухих веществ в нем и конечных продуктах)	2,0	Ниже предела обнаружения

Полученные результаты исследования качества и безопасности сухого концентрата трепанга использованы при разработке нормативной документации на его промышленное производство.

Выводы

Таким образом, по результатам исследований установлено, что сухой концентрат трепанга обладает высокой пищевой ценностью, является высокобелковым продуктом, с низкой долей липидов. Сухой концентрат трепанга богат минеральными солями. По микробиологическим показателям он удовлетворяет требованиям технического регламента таможенного союза ТР/ТС 021-2011. Безопасность сухого концентрата трепанга подтверждают исследования на содержание токсичных элементов, пестицидов, полихлорированных бифенилов и радионуклеидов. Данный факт свидетельствует о гарантированной безопасности готовой продукции. По результатам исследований на новый вид продукции разработан и утвержден СТО 00471515-052-2017. Сухой концентрат трепанга. Требования к качеству и безопасности. Требования к производству, хранению, реализации.

Список литературы

1. Левин, С.В. Дальневосточный трепанг: биология, промысел, воспроизводство / С.В. Левин. – СПб.: Голанд, 2000. – 200 с.
2. Аюшин, Н.Б. Химический состав и содержание физиологически активных веществ в мышечной ткани трепанга / Н.Б. Аюшин, А.Г. Ким, Т.Н. Слуцкая // Пищ. технология. – 2014. – № 4 (340). – С. 5–37.
3. Перцева, А.Д. Сезонные изменения протеолитической активности и реологических характеристик тканей дальневосточного трепанга / А.Д. Перцева, Ю.М. Позднякова, Н.Н. Ковалев и др. // Пищ. пром-сть. – 2016. – № 9. – С. 50–52.
4. Богданов, В.Д. Криотехнология сухого пищевого концентрата из голотурий / В.Д. Богданов, А.В. Назаренко, А.А. Симдянкин // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2016. – Т. 38. – С. 64–68.

Сведения об авторах: Богданов Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru;

Дементьева Наталья Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: dnvdd@mail.ru;

Симдянкин Андрей Андреевич, ст. преподаватель, e-mail: And-sim@mail.ru.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

УДК 664.02+639.3.043

М.О. Холдобо, С.Д. Угрюмова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЛИНИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМА ДЛЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА

Рассмотрена надежность технологической линии приготовления корма для дальневосточного трепанга и разработаны этапы надежного проектирования линии приготовления корма для дальневосточного трепанга. Выявлена последовательность операций при анализе характера и последовательности отказов. Произведен расчет вероятности безотказной работы линии.

Ключевые слова: линия, надежность, эксплуатация, проектирование, трепанг.

M.O. Kholdobo, C.D. Ugrymova

ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF THE LINE FOR PREPARATION OF THE FOOD FOR THE FAR EASTERN TREPANG

The reliability of the technological line for the preparation of feed for Far Eastern trepang is considered, and the stages of reliable design of the feed preparation line for Far Eastern trepang are developed. A sequence of operations is identified in the analysis of the nature and sequence of failures. The probability of failure-free operation of the line is calculated.

Key words: line, reliability, operation, design, trepang.

Важнейшей характеристикой, учитываемой при проектировании, разработке и эксплуатации технологического оборудования, является его надежность. Любой аппарат после изготовления или ремонта должен отработать определенное время. Несовершенный аппарат выходит из строя раньше заданного времени из-за недостаточной надежности его элементов и преждевременного их износа. Необходимость и частота ремонтов определяются надежностью машины или аппарата.

На предприятиях очень важно сохранять надежность оборудования, входящего в линию, а именно, свою работоспособность и технические характеристики в определенных условиях эксплуатации на протяжении заданного срока службы. Под работоспособностью понимается такое состояние линии, при котором она в текущий момент времени соответствует всем техническим требованиям, установленным в отношении основных параметров, характеризующих нормальное выполнение заданных функций [1, 4].

Надежность оборудования закладывается на стадиях его проектирования, изготовления и эксплуатации.

Основными проблемами обеспечения надежности в линии приготовления корма для дальневосточного трепанга на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации могут быть:

1. На стадии проектирования – это обеспечение равнопрочности всех деталей машины, выявление наиболее быстро изнашивающихся узлов и деталей, исключение мест концентрации напряжений, обеспечение ремонтпригодности машины, разработка предохранительных устройств.

2. На стадии изготовления – использование эффективных средств упрочнения поверхностных слоев трущихся пар, соблюдение точности и чистоты обработки деталей, усовершенствование методов контроля изготовления и сборки, повышение требований к сварке и испытанию машины, высококачественное выполнение обкатки оборудования.

3. На стадии эксплуатации – выполнение рекомендаций по смазке, техосмотрам, соблюдение сроков ремонтов, температурных режимов и т.д.

Требование надежности оказывает влияние на конструкцию машины. При уменьшении числа конструктивных элементов надежность машины увеличивается. В машине сложной конструкции не удастся добиться равнопрочности всех деталей.

В конечном счете, надежность является экономическим параметром. При повышении затрат на изготовление машин с целью повышения ее надежности уменьшаются затраты на ремонт в течение всего срока службы эксплуатации машин. Суммарные затраты имеют некоторое минимальное значение, соответствующее оптимальной надежности.

Целью работы является оценка надежности технологической линии приготовления корма для дальневосточного трепанга.

Реализация данной цели требует решения следующих задач:

- обеспечение последовательности надежности технологических операций;
- разработки этапов проектирования технологической линии приготовления корма для трепанга.

При рассмотрении технологической линии приготовления корма для дальневосточного трепанга нами была разработана надежность данной линии для уменьшения возникновения отказов в работе оборудования и затрат на ремонт в течение всего срока службы машин.

Надежность технологической линии приготовления корма для дальневосточного трепанга напрямую зависит от стабильности, надежности и срока службы всего оборудования, входящего в данную линию. Линия приготовления корма для трепанга может работать непрерывно в течение всего цикла выращивания молоди трепанга, 4 месяца (июнь–сентябрь), но каждый месяц нужно проводить профилактику оборудования. И ежедневно проводить проверку производственных и эксплуатационных отказов (течь корпуса, разрыв или разгерметизация корпуса и т.д.) [2, 3].

Чтобы определить надежность линии приготовления корма для дальневосточного трепанга, нами была разработана последовательность операций при анализе характера и последовательности отказов (рис. 1).

Линия приготовления корма для дальневосточного трепанга состоит из 2 ванн, конвейера, измельчителя.

На рис. 2 изображена блок-схема из 4 аппаратов: R1 – ванна для мойки, R2 – ванна для промывки, R3 – конвейер, R4 – измельчитель, соединенных последовательно. Такая блок-схема выходит из строя только в случае отказа всех ее элементов при условии, что все элементы системы функционируют и находятся под нагрузкой, а отказы элементов статистически независимы.

Предположим, что из 4 одинаковых элементов, которые подвергаются испытаниям, через 3 месяца, вероятно, выходит из строя 0,5 элемента, а 3,5 сохраняют работоспособность. Вероятность безотказной работы в этом случае определяется как [5]:

$$R(t) = \left(1 - \frac{n_s(t)}{n_s(t) + n_f(t)} \right) = 1 - \left(1 - \frac{n_s(t)}{n_0} \right), \quad (1)$$

$$R(t) = 1 - \left(1 - \frac{3,5}{4}\right) = 1 - (1 - 0,875) \cdot 100\% = 0,875 \cdot 100\% = 87,5\%,$$

где $n_s(t)$ – аппараты, сохраняющие работоспособность;

$n_f(t)$ – аппараты, вышедшие из строя; n_0 – всего аппаратов в линии.

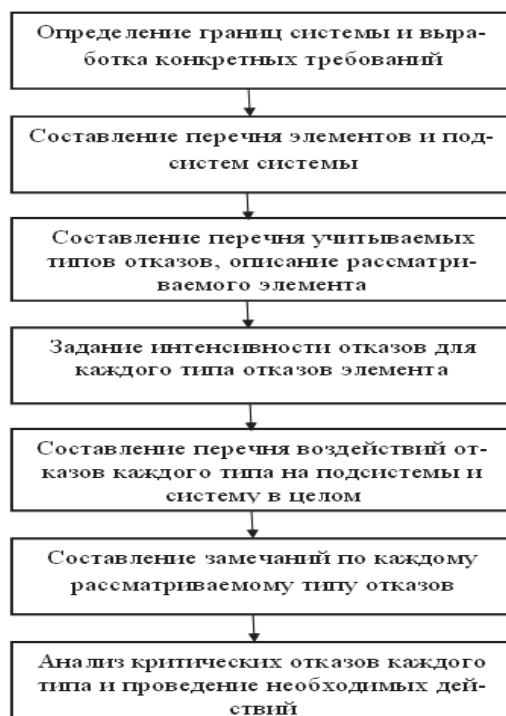


Рис. 1. Последовательность операций при анализе характера и последовательности отказов

Fig. 1. Sequence when analyzing the nature and sequence of failures



Рис. 2. Блок-схема с последовательным соединением аппаратов

Fig. 2. Flowchart with serial connection devices

Величина $R(t)$ и вероятность появления отказов $F(t)$ в момент времени t (3–6 месяца) связаны соотношением (формула 2) [1, 2]:

$$R(t) + F(t) = 1. \quad (2)$$

Вероятность появления отказов в момент времени t (3–4 месяца):

$$F(t) = 1 - \left(1 - \left(1 - \frac{n_s(t)}{n_0}\right)\right) = 1 - \left(1 - \left(1 - \frac{3,5}{4}\right)\right) \cdot 100\% = (1 - 0,875) \cdot 100\% = 0,125 \cdot 100\% = 12,5\%$$

На рис. 3 разработаны этапы проектирования надежной линии приготовления корма для дальневосточного трепанга.

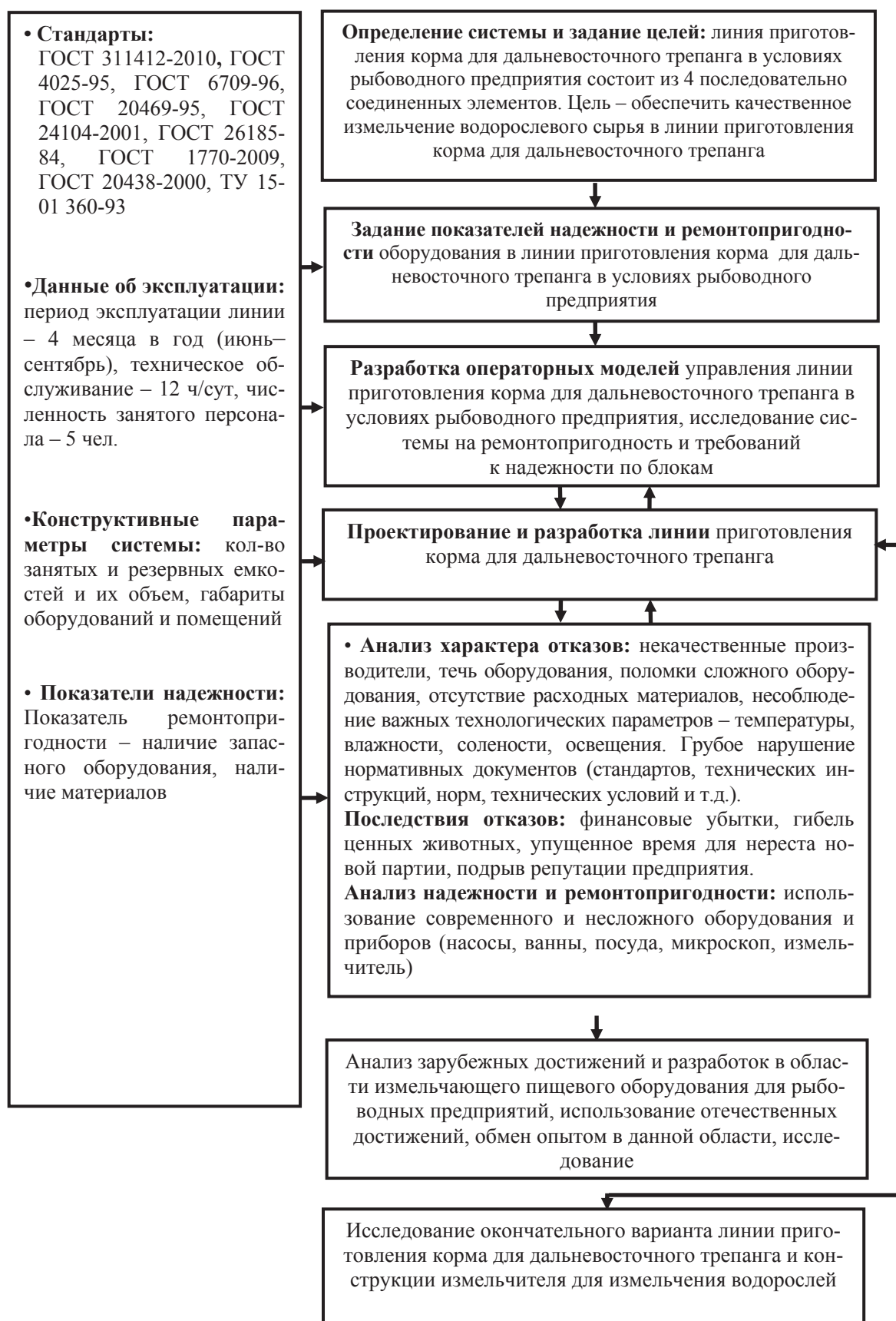


Рис. 3. Этапы надежного проектирования линии приготовления корма для дальневосточного трепанга
Fig. 3. Stages of robust design line of cooking food for far east marine

Проведенное прогнозирование вероятности безотказной работы технологической линии приготовления корма для дальневосточного трепанга является приближенным, однако в какой-то мере может характеризовать уровень проектируемого оборудования.

Для обеспечения надежности линии приготовления корма для дальневосточного трепанга определена последовательность операций при анализе характера и последовательность отказов, которая удовлетворяет техническим условиям долгой работоспособности всей линии.

Предложенное и сгруппированное последовательно в технологическую линию оборудование для трепанга подобрано на основании его технологических характеристик и обладает высокой надежностью, что обеспечивает ее безотказную работу в течение всего срока службы.

Список литературы

1. Лебедев, А.М. Ресурсы дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в Приморском крае / А.М. Лебедев. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – 140 с.
- 2 ГБТ 550. Разработка проектного решения оптимальных конструкций насыпных фильтрующих устройств и совершенствование линий для подготовки морской воды на рыбободных и рыбоперерабатывающих предприятиях / С.Д. Угрюмова, А.Н. Виктор, А.И. Фёдорова, М.О. Зеленкова. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2013. – 151 с.
- 3 ГБТ 574. Разработка инновационных технических решений усовершенствования механических, тепловых и эколого-защитных комплексов для рыбободных и рыбоперерабатывающих предприятий / С.Д. Угрюмова, А.И. Фёдорова, Т.И. Ткаченко, М.О. Зеленкова, А.А. Дерябин, Д.Ю. Проскура. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2014. – 189 с.
- 4 Авдудевский, В.С. Надежность и эффективность в технике / В.С. Авдудевский. – М.: Машиностроение, 1989. – 563 с.
- 5 Малкин В.С. Надежность технических систем и техногенный риск / В.С. Малкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 432 с.

Сведения об авторах: Угрюмова Светлана Дмитриевна, доктор технических наук, профессор;

Холдобо Марина Олеговна, аспирант, e-mail: mir.world2011@yandex.ru.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Статья должна соответствовать научным требованиям, быть интересной достаточно широкому кругу российской научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы и содержать очевидный элемент создания нового знания.

За точность воспроизведения имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть от 4 до 12 страниц; текст – в формате А4; наименование шрифта – Times New Roman; размер (кегель) шрифта – 12 пунктов; все поля должны быть 2 см, отступ (абзац) – 1 см, межстрочный интервал – одинарный.

Текст статьи набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Границы таблиц и рисунков должны соответствовать параметрам полей текста. Математические уравнения и химические формулы должны набираться в редакторе формул Equation (MathType) или в Редакторе MS Word, одним объектом, а не состоять из частей, сами формулы должны быть 12-14 кегля.

Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате *.jpg или *.tiff. Подрисуночная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Графики, диаграммы и т.п. рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Допускаются смысловые выделения – полужирным шрифтом.

Статья должна включать следующие данные:

1. Индекс УДК (на первой странице в левом верхнем углу).
2. Инициалы и фамилии всех авторов, через запятую.
3. Полное название учреждения (место работы), город, почтовый адрес и индекс.

Если авторов несколько и они работают в разных учреждениях, возле названия каждого учреждения и фамилии автора ставится соответствующий надстрочный символ.

4. Над фамилиями авторов справа указывается один из следующих разделов сборника:

- **Ихтиология. Экология.**
- **Промышленное рыболовство. Акустика.**
- **Судовые энергетические установки, устройства и системы, технические средства судовождения, электрооборудование судов.**
- **Технология и управление качеством пищевых продуктов.**
- **Технологическое и транспортное оборудование рыбохозяйственной отрасли.**

5. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов). Заголовок набирают полужирными заглавными буквами. В заглавии не допускается употребление сокращений, кроме общепризнанных.

6. Аннотацию (не более 700 печатных знаков) набирают курсивом.

7. Ключевые слова (не более 9).

8. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы (возможно выделение данных разделов в тексте):

Введение

Объекты и методы исследований

Результаты и их обсуждение

Выводы

9. Список литературы оформляется согласно ГОСТ 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте в квадратных скобках [1, 2, 3].

На английском языке необходимо предоставить следующую информацию (после ключевых слов на русском языке):

- инициалы и фамилии авторов;
- заглавие статьи;
- текст аннотации;
- ключевые слова (Key words);
- подписи к рисункам и названия таблиц (приводятся в тексте по смыслу).

Сведения об авторах приводятся в конце статьи (после списка литературы) и включают в себя: Фамилия, имя, отчество (полностью), научная степень, звание, должность, e-mail.

В редакцию предоставляются:

1. Электронная версия статьи в программе MS Word 3 на CD диске, флэш-носителе или отправляется на электронный адрес редакции (nauch-tr@dgtru.ru). Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – Петров А.А.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов.
2. Распечатанный экземпляр статьи, строго соответствующий электронной версии.
3. Сопроводительное письмо на имя главного редактора сборника на бланке направляющей организации о возможности опубликовать научную статью в сборнике, с подписью руководителя учреждения (заверенной печатью), в котором выполнена работа, или его заместителя (сотрудникам Дальрыбвтуза не требуется сопроводительное письмо).
4. Экспертное заключение о возможности публикации в открытой печати с гербовой печатью организации.
5. Заявка (Ф.И.О., город, учреждение, название статьи, название рубрики, контактные (рабочий, сотовый) телефоны, дата подачи статьи).

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Пример оформления статьи

УДК 123

Ихтиология. Экология

А.А. Иванов¹, И.Б. Петров²

¹ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

² Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, 690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4.

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ

Аннотация.

Ключевые слова: гидробионты.

Данные на английском языке.

Текст статьи (по ширине страницы) [1, 2, 3].

Список литературы

Сведения об авторах: Иванов Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: ivanovaa@mail.ru;

Петров Игорь Борисович, кандидат биологических наук, профессор, научный сотрудник, e-mail: petrov@mail.ru.

Адрес: 690087, Россия, Владивосток, ул. Луговая, 52б, каб. 412б
Тел./факс: (4232) 44-11-76
e-mail: nauch-tr@dgtru.ru
сайт: <http://nauch-tr.dgtru.ru>

Научное издание

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Сборник научных статей

Том 41

Свидетельство Роскомнадзора о регистрации
ПИ № ФС77-45533 от 16 июня 2011 г.

Подписной индекс 64553
(каталог агентства «Роспечать»)

Редактор Т.В. Ломакина
Художественный редактор С.П. Конищев
Макет, обложка О.В. Нечипорук
Мастер печати Н.В. Сауцкая

Подписано в печать 19.06.2017. Дата выхода в свет 29.06.2017.
Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 13,02. Уч.-изд. л. 10,80.
Заказ 0643. Тираж 400 экз. (1-й завод 52 экз.). Цена свободная.
Отпечатано: Издательско-полиграфический комплекс Дальневосточного
государственного технического рыбохозяйственного университета
690000, г. Владивосток, ул. Светланская, 27