

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Глубоковский М.К.</i> От главного редактора .....	3
<i>Переладов М.В.</i> От редактора .....	5
<i>Глубоковский М.К., Котенёв Б.Н.</i> Предисловие .....	7
ПРОМЫСЛОВЫЕ ВИДЫ И ИХ БИОЛОГИЯ	
<i>Переладов М.В.</i> Современное состояние популяции и особенности биологии рапаны ( <i>Rapana venosa</i> ) в северо-восточной части Чёрного моря .....	8
<i>Куманцов М.И.</i> Черноморская камбала-калкан: состояние запасов и пути их сохранения и восстановления .....	21
АКВАКУЛЬТУРА	
<i>Маслова О.Н.</i> Разведение и товарное выращивание черноморской камбалы-калкана <i>Scophthalmus macoticus</i> : проблемы и методы .....	35
<i>Скляр В.Я., Бондаренко Л.Г., Коваленко Ю.И., Петрашов В.И., Каширин А.В., Черных Е.Н.</i> Аквакультура юга России, перспективы развития .....	50
СРЕДА ОБИТАНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ	
<i>Агатова А.И., Лапина Н.М., Торгунова Н.И.</i> Биохимический мониторинг прибрежных вод Чёрного моря .....	57
<i>Сапожников В.В., Аржанова Н.В., Лапина Н.М., Агатова А.И., Торгунова Н.И., Зозуля Н.М., Бондаренко Л.Г., Вишневский С.Л., Радченко С.В., Рой В.И., Столярский С.И., Полонский В.Е.</i> Комплексные экологические исследования Керченского пролива и Таманского залива после катастрофы танкера с мазутом (2007–2010 гг.) .....	65
<i>Терентьев А.С.</i> Изменение видового состава донных биоценозов Керченского предпроливья Чёрного моря в результате заиления .....	78
РЫБОЛОВСТВО	
<i>Куманцов М.И., Кузнецова Е.Н., Лапшин О.М.</i> Комплексный подход к организации рыболовства на Чёрном море .....	91
ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ	
<i>Подкорытова А.В., Вафина Л.Х.</i> Химический состав бурых водорослей Чёрного моря: род <i>Cystoseira</i> , перспектива их использования .....	100
ТЕХНИКА ДЛЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
<i>Левашов Д.Е., Сапожников В.В.</i> Чёрное море как полигон отработки новых технологий океанологических съёмок .....	108
<i>Левашов Д.Е., Буланова Н.П.</i> Гидробиологические зонды серии ТРАП и особенности инструментального мониторинга мезопланктона в водах Чёрного моря .....	117
<i>Гончаров С.М.</i> Гидроакустические съёмки как средство мониторинга состояния запасов пелагических рыб на акваториях Черноморского бассейна .....	128
ИСТОРИЯ	
<i>Котенёв Б.Н.</i> К 150-летию со дня рождения Николая Михайловича Книповича .....	134
<i>Бондаренко М.В., Кловач Н.В.</i> К 100-летию со дня рождения выдающегося исследователя экологии и фауны южных морей России Екатерины Адамовны Яблонской (1912–2001 гг.) .....	152
Правила для авторов периодического научного издания «Труды ВНИРО» .....	157

## CONTENTS

<i>Glubokovsky M.K.</i> From the chief editor .....	3
<i>Pereladov M.V.</i> The Black Sea. From the editor .....	5
<i>Glubokovsky M.K., Kotenev B.N.</i> Forewords .....	7
COMERCIAL SPECIES AND THEIR BIOLOGY	
<i>Pereladov M.V.</i> Modern status and biological aspects of Veined Rapa Whelk ( <i>Rapana venosa</i> ) in the North-East Black sea .....	8
<i>Kumantsov M.I.</i> The Black Sea Turbot: the Stocks' Conditions and the Ways of Their Preservation and Restoration .....	21
AQUACULTURE	
<i>Maslova O.N.</i> Black sea turbot <i>Scophthalmus maeoticus</i> breeding and farming: problems and methods .....	35
<i>Sklyarov V.J., Bondarenko L.G., Kovalenko J.I., Petrashov V.I., Kashirin A.V., Chernykh E.N.</i> Aquaculture on the South of Russia, prospects for development .....	50
HABITAT OF AQUATIC LIVING RESOURCES	
<i>Agatova A.I., Lapina N.M., Torgunova N.I.</i> Biochemical monitoring of the Black Sea Coastal Waters .....	57
<i>Sapozhnikov V.V., Arzhanova N.V., Lapina N.M., Agatova A.I., Torgunova N.I., Zozulya N.M., Bondarenko L.G., Vishnevsky S.L., Radchenko S.V., Roi V.I., Stolyarski S.I., Polonsky V.E.</i> Complex ecological studies in Kerch Strait and Taman' bight after oil spill (2007–2010) .....	65
<i>Terentyev A.S.</i> Change in the bottom biocenoses species composition in the Black Sea area before the Kerch Strait as a result of silting .....	78
FISHERIES	
<i>Kumantsov M.I., Kuznetsova E.N., Lapshin O.M.</i> Comprehensive approach to fisheries management in the Black sea .....	91
PROCESSING TECHNOLOGY OF AQUATIC LIVING RESOURCES	
<i>Podkorytova A.V., Vafina L.Kh.</i> Chemical composition of brown algae from the Black Sea: genus <i>Cystoseira</i> , perspectives for their use .....	100
TECHNIQUES OF FISHERY RESEARCHES	
<i>Levashov D.E., Sapozhnikov V.V.</i> The Black Sea as a polygon of working off new technology of oceanological surveys .....	108
<i>Levashov D.E., Bulanova N.P.</i> Hydrobiological probes of TRAP family and the features of mesoplankton instrumental monitoring in the Black Sea .....	117
<i>Goncharov S.M.</i> Hydro-acoustic surveys as tool of monitoring of pelagic fish abundance in the Black Sea .....	128
HISTORY	
<i>Kotenev B.N.</i> On the occasion of 150 years of the birth of Nikolay Mikhailovich Knipovitch .....	134
<i>Bondarenko M.V., Klovach N.V.</i> On the occasion of centenary of the birth of Ekaterina Adamovna Yablonskaya, the distinguished researcher of ecology and fauna of the Southern Seas. 1912–2001 .....	152

## ОТ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



Вспомним, как проходило становление рыбохозяйственной науки в России. В середине XIX в. министр государственных имуществ П.Д. Киселёв обратился к российскому академику Карлу Эрнст фон Бэру, или, как его называли в России, Карлу Максимовичу Бэру, с предложением заняться изучением состояния русского рыболовства. В 1851 г. была организована и проведена специальная рыбохозяйственная экспедиция на Чудском озере и Балтийском море. По её итогам, в 1853 г., вышел первый том отчета «Исследование о состоянии рыболовства в России» (последующие были в 1854 и 1860 гг.) и принято законоположение «Правила об ограничении лова рыб в Псковском и Чудском озерах, для отвращения уменьшения крупной рыбы, происходящего от вылавливания ее в молодом возрасте и от употребления при том снарядов и способов, препятствующих рыбе спокойно метать икру». Это было первое в России официальное рыбохозяйственное исследование, первая публикация полученных материалов и выход научно обоснованного законодательного акта. Это было начало российской рыбохозяйственной науки.

В 1853 г. К. Бэр, в сопровождении Н. Данилевского, отправился в научно-промысловую экспедицию по изучению рыболовства и рыбных запасов Каспийского моря, продолжившуюся до 1856 г. По итогам уже первого года исследований он сделал доклад в Академии наук «Материалы для истории рыболовства в России и в принадлежащих ей морях», опубликованный в следующем году (1854). Работы продолжил его ученик, Н. Данилевский, выпустивший в 1871 г. «Описание рыболовства на Чёрном и Азовском морях». С 1886 по 1917 гг. выходил основанный О.А. Гриммом журнал «Вестник рыбопромышленности», в котором он был бессменным главным редактором. Для более подробных исследований основного водоёма для рыбного хозяйства тех времён, Каспийского моря, в Астрахани (в 1897 г.) и Баку (в 1912 г.) были образованы ихтиологические лаборатории, издававшие свои Труды, и существующие и до сих пор (КаспНИРХ и АзерНИРХ). В 1898–1910 гг. Н.М. Книпович проводит «Экспедиции для научно-промысловых исследований у берегов Мурмана» на специально построенном, первом в мире научно-промысловом судне «Андрей

Первозванный». В 1900–1901 г. П.Ю. Шмидт проводит на Дальнем Востоке корейско-сахалинскую рыбохозяйственную экспедицию. В 1904, а также 1912–1915 гг. Н.М. Книпович проводит три научно-промысловые экспедиции на Каспийском море. Научные результаты всех этих экспедиций опубликованы в многочисленных и очень обстоятельных Трудах этих экспедиций.

Рыбохозяйственная деятельность продолжалась и после революции. Во время Гражданской войны, в 1920 г., был основан журнал «Рыбное хозяйство», не прекращавший свою деятельность даже в годы Великой Отечественной войны. В 1921 г. был образован Плавморнин с легендарным «Персеем», а в 1923 г. стали выходить «Труды Плавморнина», эмблемой которых стал флаг с изображением созвездия Персея. Основной район рыбохозяйственных исследований был перенесён в северные (Белое и Баренцево), и в дальневосточные моря. Во Владивостоке в 1925 г., была образована Тихоокеанская научно-промысловая станция (ТОНС, с 1928 г. — ТИРХ, с 1934 г. — ТИНРО), на базе которой возникла сеть рыбохозяйственных институтов: в 1932 г. на Сахалине и Камчатке, в 1933 г. в Хабаровске. С 1928 г. издавались «Известия ТОНС» (с 1930 г. «Известия ТИРХ», с 1937 г. «Известия ТИНРО»). В 1933 г. на базе ГОИНа (преемника Плавморнина) и Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства (ВНИИ-МОРХа) было создано ВНИРО.

Таким образом, к моменту образования ВНИРО в стране был уже накоплен достаточный опыт не только рыбохозяйственных исследований, но и рыбохозяйственных публикаций. Во ВНИРО пришли люди, уже имеющие богатый опыт научных исследований. Поэтому нет ничего удивительного, что уже в первый ход существования института стали выходить «Доклады о научной деятельности ВНИРО». С 1935 г. стали выходить «Труды ВНИРО». Труды выпускались до 1980 г. (140-й том в 1980 г.). К сожалению, с 1980 г. по 2002 г. ВНИРО лишилось возможности продолжать нумерацию, и пришлось выпускаться тематические сборники научных трудов, без указания что это тома Трудов ВНИРО. Всего было издано 109 выпусков. В 2002 г. выпуск Трудов ВНИРО возобновляется, продолжая нумерацию со 141 тома. В 2013 г. началась работа по регулярному выпуску «Трудов ВНИРО» с целью занять достойное место в ряду рыбохозяйственных изданий.

«Труды ВНИРО» — многопрофильное, научное, рецензируемое периодическое издание, посвящённое всему спектру вопросов, связанных с рыбохозяйственными исследованиями, промысловыми ресурсами морских и пресных вод, рыболовством.

Труды ВНИРО — не единственное периодическое научное издание, рыбохозяйственных институтов. Как уже упоминалось выше, с 1928 г. издаются «Известия ТИНРО». Относительно недавно создано периодическое издание «Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана». Росрыболовство выпускает журнал «Рыбное хозяйство», издаются журналы «Вопросы рыболовства», «Рыбная промышленность». Кроме того, многие статьи, связанные с рыбным хозяйством, печатаются в различных академических журналах: «Вопросы ихтиологии», «Океанология», «Биология моря» и других. Тем не менее, достаточно часто возникает проблема, где печатать свои статьи. Для ряда научных дисциплин порой крайне сложно найти соответствующее издание. Новое издание «Труды ВНИРО» будет дополнять существующие ихтиологические и рыбохозяйственные периодические издания.

Главный редактор

*Глубоковский М.К.*, д.б.н., профессор,  
директор ФГУП ВНИРО

## ЧЁРНОЕ МОРЕ

Чёрное море, не случайно выбрано в качестве знакового региона для 150-го выпуска Трудов ВНИРО, и причин для такого выбора несколько.

Именно с Чёрного моря началась история планомерных гидробиологических исследований на территории Государства Российского.

Этот отсчёт можно с полным правом вести от того момента, когда в 1869 г. в Москве, на II съезде естествоиспытателей и врачей выступил Николай Миклухо-Маклай, призвавший создавать морские биологические станции для развития исследований на морях. Съезд поддержал его и принял решение о создании Севастопольской биостанции, открытие которой состоялось в 1871 г.

Стоит особо отметить, что это была первая в мире морская биологическая станция (аналогичная станция в Неаполе, учреждённая однокурсником Николая Миклухо-Маклая по Йенскому университету Антоном Дорном, открылась годом позже, в 1872 г.).

Пожалуй нет смысла рассказывать всю историю развития гидробиологических исследований в России, но стоит лишь отметить, что в это же десятилетие, в 1862 г. родился будущий величайший исследователь морей России Николай Михайлович Книпович, с именем которого связана значительная часть истории становления прикладного направления общей гидробиологии — рыбохозяйственных исследований в частности на Чёрном море. И именно поэтому в данный том Трудов ВНИРО включена мемориальная статья, посвящённая 150-летию Николая Михайловича.

Через полвека, в 1912 г., родился другой выдающийся гидробиолог — Екатерина Адамовна Яблонская, значительная часть научной деятельности которой также была посвящена изучению южных морей России. И статья об этом учёном не менее достойна включения в Труды института, которому она отдала значительную часть своей жизни.

За прошедшие почти полтора века гидробиологические исследования в акватории Чёрного моря, и рыбохозяйственные исследования в частности, пережили множество взлётов и падений, но однако никогда не прекращались, несмотря на все перипетии непростой истории нашего государства...

Собранные в данном выпуске Трудов ВНИРО статьи — это лишь часть тех результатов, которые были достигнуты в ходе проведения исследований в акватории Чёрного моря за последнее время.

Остаётся только пожелать, чтобы и в дальнейшем этот водоём оставался под пристальным взглядом научного сообщества.

Научный редактор

*Переладов М.В.*, к.б.н.,  
заведующий лабораторией прибрежных исследований ВНИРО

## THE BLACK SEA

The Black Sea, as a target region for the 150th issue of Proceedings of VNIRO was not chosen accidentally. And we had several reasons for this choice.

It was precisely the Black Sea from where began the history of systematic hydrobiological studies on the territory of the Russian Empire.

This count can rightly be held since the moment in 1869, when in Moscow, at the Second Congress of Naturalists and Doctors Nikolai Miklucho-Maclay, called to create marine research biological stations.

The Congress encouraged him and took a decision to create the Sevastopol Biological Station that was opened in 1871.

And it is worth to emphasize that it was the world's first marine biological station (a similar station in Napoli was founded by Nikolai Miklucho-Maclay's University classmate Anton Dorn a year later, i.e. in 1872).

There is little sense to repeat the whole history of Russian hydrobiological investigations, but we need only to mention that within the same decade, in 1862, the great explorer of the seas of Russia, Nikolai Mikhailovich Knipovich was born and his name is closely associated with the history of the development of applied direction of general hydrobiology, i.e. fishery investigations and in particular in the Black Sea. And that is the reason why this volume of Proceedings of VNIRO is fore-stalled by a memorial article devoted to the 150th anniversary of Nikolai M. Knippovich.

Half a century later, in 1912, another outstanding hydrobiologist, Catherine Adamovna Yablonskaya, was born. Her scientific activity also was devoted to the study of the South Seas of Russia. And this issue of Proceedings of the Institute involves a memorial paper about this well-known scientist whose life was appreciably connected with the VNIRO activities.

Over the past nearly century and half general hydrobiological investigations in the Black Sea region, and fishery studies in particular, have overcome a lot of difficulties, but never stopped, despite all the troubles in the complicated history of our state...

Collected papers in this issue of Proceedings of VNIRO are only a part of scientific results which have been achieved in the course of research work in the Black Sea region in recent years.

One can only wish that in the future this region would remain so under great attention of the scientific community.

Scientific editor

*Pereladov M.V.*, Ph.D  
Head of Coastal Research Laboratory of VNIRO

## ПРЕДИСЛОВИЕ

*М.К. Глубоковский, Б.Н. Котенёв (ВНИРО)*

Чёрное море было крупным промысловым районом России и Украины до конца 1980-х гг. В 1988 г. вылов (в основном мелких пелагических рыб) достиг 300 тыс. т. В то же время уже в 70–80-е гг. XX в. снизились уловы проходных рыб из-за гидротехнического строительства в 50–60 гг. на крупных реках Дунае, Днепре, Доне, Кубани. Крупные рыбы пелагического комплекса (пелагида, луфарь, ставрида, скумбрия) периодически заходили в Чёрное море из Средиземного на нагул и нерест в 1900–1960-х гг. С конца 60-х гг. они перестали встречаться в промысловых количествах. Не исключено, что это произошло из-за чрезмерного лова этих рыб в Дарданеллах, Босфоре и на юге моря рыбаками Турции.

С начала 1990-х гг. почти на четверть века, и особенно в первое десятилетие, экосистема северной части Чёрного моря вошла в фазу «коллапса» [Расс, 2001] под влиянием массового развития вселенца гребневика мнемнопсиса, обусловившего резкое снижение биопродуктивности прибрежных вод моря. С конца 1990-х и в начале 2000-х гг. после появления в море гребневика берое, питающегося мнемнопсисом, численность и биомасса последнего резко снизилась, и экологическая обстановка в прибрежных шельфовых водах стала улучшаться. Косвенным подтверждением этого экологического улучшения в 2000-х гг. стал рост запасов акклиматизанта с Дальнего Востока — пиленгаса — в пределах всей прибрежной шельфовой зоны северной части моря. Теперь он ловится в промысловых количествах и стал постоянным, довольно дешевым видом на рыбных рынках городов и поселков России и Украины.

С 2007–2008 гг. явным показателем улучшения биопродуктивности прибрежных вод моря стали весенние и зимние продажи на рынках прибрежных городов России и особенно Украины луфаря, ставриды, керченской сельди, черноморских кефалей, а также уже традиционных пиленгаса, камбалы-калкана, барабули, смариды. Это изменение видового состава уловов на рынках свидетельствует о явном выходе из «фазы коллапса» прибрежных вод Чёрного моря. Безусловно, это происходит под воздействием климатических изменений среды обитания, которые способствуют повышению биопродуктивности вод [Губанов и др., 2010].

Эти ободряющие научные и рыночные новости были одним из толчков, побудивших посвятить 150-й том трудов ВНИРО экосистеме Чёрного моря. Цель издания этого черноморского тома состоит в том, чтобы привлечь внимание исследователей, рыбаков, управленцев всех рангов — Президента, Правительства России, Министерства сельского хозяйства, Росрыболовства, администраций Краснодарского края и Ростовской области — и указать, во-первых, на важность более углубленного изучения современного состояния биоресурсов моря, во-вторых, на необходимость крупномасштабного воспроизводства проходных и ценных видов рыб (лосося, осетровых, крупного частика, камбалы-калкана), на создание правовых и финансовых основ развития марикультуры, а также рекреационного рыболовства. Для двух последних направлений уже имеется необходимая производственная база — сеть рекреационных организаций (санатории, дома отдыха, здравницы и т.д.) вдоль всего побережья Чёрного моря. По нашим оценкам, в прибрежных водах только российского побережья можно разместить товарные хозяйства мощностью до 25–30 тыс. т моллюсков (мидии и устрицы) и 5–7 тыс. т ценных морских рыб (форель, лаврак, горбыль, сибас, дорадо). Технологии их выращивания отработаны, а необходимое оборудование производится в России. Уже имеется опыт морского садкового выращивания сотен тонн форели в районе п. Хоста (Большой Сочи). Доказано, что искусственные рифы могут не только способствовать очистке вод, но и создавать дополнительные условия для развития рекреационного рыболовства.

Каждое из направлений развития рыбного хозяйства на Чёрном море потребует системного, программного подхода на государственном и региональном уровнях. ВНИРО со своим региональным филиалом готово к участию как в исследованиях, так и в подготовке и реализации таких программ.

УДК 574.32

**Современное состояние популяции и особенности биологии рапаны (*Rapana venosa*) в северо-восточной части Чёрного моря**

М.В. Переладов

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)  
E-mail: pereladov@vniro.ru

Рапана (*Rapana venosa*) впервые официально отмечена в Чёрном море в 1947 г. около Новороссийска и к 70-м гг. XX в. распространилась по всему морю. В этот период колебания её численности определялись только климатическими изменениями. В последнее время отмечено измельчение рапаны, нерест в раннем возрасте, оседание личинок на субстраты в толще воды, стирание региональных морфологических отличий. На основании анализа данных за период с 1970 по 2010 гг. обосновывается гипотеза, согласно которой изменения в биологии рапаны происходили из-за смены лецитотрофного типа развития личинок в годы с хорошей обеспеченностью рапаны кормом на планктотрофный тип развития в годы с низкой биомассой кормового бентоса.

**Ключевые слова:** Чёрное море, бентос, рапана, динамика популяции.

**ВВЕДЕНИЕ.** Хорошо известно, что в XX в. в Чёрном море появился хищный брюхоногий моллюск рапана, исходно обитающий на акватории Тихого Океана [Драпкин, 1953; Чухчин, 1961a]. К концу 60-х гг. прошлого века этот моллюск распространился по всей акватории Чёрного моря, и в 70-х гг. началась эксплуатация его запаса — вначале рапану стали добывать как сырьё для сувенирной продукции, а с конца 80-х гг. стали заготавливать и мясо. Оценить масштаб этого промысла трудно, так как рапана считалась «сорным» видом, нежелательным вселенцем и ограничений на её вылов (и, соответственно, учёта добычи) практически не было. По экспертной оценке можно предположить, что только у берегов СССР в 1970—1980-х гг. ежегодно добывалось от 5 до 15 млн экз. рапаны, что составляло не менее 1—2 тыс. т. В начале XXI в. официальный

вылов рапаны в водах России составлял первые тонны, в водах Украины — десятки тонн, у берегов Болгарии первые тысячи тонн, а у берегов Турции — десятки тысяч тонн.

Оценки общего запаса рапаны на акватории всего Чёрного моря, к сожалению, нет, а имеющиеся оценки у разных авторов разнятся на порядок в зависимости от применяемой методики оценки. В последние годы в пределах акватории России в 2004—2005 гг. общий запас рапаны варьировал от 55 до 63 тыс. т, из которых порядка 45—50 тыс. т составляли промысловые моллюски с высотой раковины более 50 мм [Милютин, Вилкова, 2006; Золотарёв, Евченко, 2010].

Так как рапана в качестве объекта промысла долгие годы не входила в спектр обязательных рыбохозяйственных исследований, её биология в период ранней интродукции и станов-



ления популяции системно не изучалась. Есть несколько работ В.Д. Чухчина о биологии и размножении рапаны в Севастопольской бухте в 50-х гг. прошлого века и его же статья, описывающая изменения бентоса Гудаутской бухты в период массового появления рапаны [Чухчин, 1961а, б, в; 1984], в которой рапана названа основной причиной гибели черноморской устрицы. В связи с устрицей рассматривает рапану и И.Д. Старк, описывая изменения бентоса Гудаутской банки [Старк, 1950].

Однако более поздние работы по изучению пищевого рациона рапаны показали, что устрица не является предпочтительным объектом питания рапаны [Иванов, Руденко, 1969]. Кроме того, на северо-западе Чёрного моря вспышка смертности среди устриц началась до массового появления рапаны, так что вопрос о влиянии рапаны на поселения устриц Чёрного моря до сих пор остаётся дискуссионным [Переладов, 2005].

В 90-х гг. прошлого века, когда началась перестройка черноморской экосистемы, рапана редко попадала в поле зрения исследователей. На фоне таких масштабных явлений, как развитие несъедобных форм фитопланктона, вспышки численности гребневиков, падение численности и видового разнообразия зообентоса, коллапс рыбного промысла, судьба рапаны мало кого интересовала. А после распада СССР осознанные биологические исследования на Чёрном море прекратились почти на 10 лет.

В начале XXI в. планомерные исследования состояния экосистемы Чёрного моря были продолжены. Обнаружилось, что в биологии рапаны произошли существенные изменения. Несмотря на то что промысел рапаны оставался все эти годы на минимальном уровне, численность её популяции резко сократилась, уменьшился максимальный размер, в спаривании стали участвовать мелкогабаритные особи и резко снизился коэффициент упитанности. Эти изменения традиционно стали связывать с общей деградацией бентосных сообществ и отсутствием для рапаны достаточного количества пищи. Была разработана концепция современной цикличности изменений зообентоса, которая связывает климатические типы года, интенсивность развития гребневиков, оседание двусторчатых моллюсков и их периодическое

выедание рапаной [Кучерук и др., 2002]. По этой модели рапана стала для Чёрного моря ключевым звеном, определяющим стабильность донной экосистемы.

Кроме того, в эти же годы неоднократно отмечалось интенсивное оседание молоди рапаны на субстратах в толще воды (особенно на коллекторах для выращивания мидий и устриц), питание другими моллюсками путём просверливания их раковины радулой, проникновение рапаны в черноморские лиманы и даже нападение рапан на крабов (сетевые и устные сообщения различных авторов).

Подробный анализ некоторых особенностей биологии и внутривидовой дифференциации рапаны сделан И.П. Бондаревым, однако он затрагивает преимущественно особенности морфогенеза раковины и в меньшей степени причины происходящих изменений [Бондарев, 2010].

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА.** Проведён анализ данных, собранных автором в ходе подводных наблюдений за рапаной в Чёрном море за период с 1970 по 2010 гг. и материалов наблюдений за рапанами в аквариумах в 2004–2011 гг.

**В июне 1970 г.** у берегов Крыма в районе пос. Мисхор, были получены данные о размере и распределении рапаны (выборка около 150 особей). Пробы отбирались с использованием лёгководолазного снаряжения на скалах и песчаном грунте от уреза воды до глубины 13 м.

**В период с 1981 по 1994 гг.** наблюдения проводились на акватории Судакского залива Чёрного моря, Керченского пролива в районе мыса Тузла, у берегов Кавказа — на акватории близ мыса Большой Утриш, близ посёлка Лазаревское (1987 г.). В этот период пробы моллюсков отбирались на всех типах грунтов в диапазоне глубин от уреза воды до 46 м с использованием лёгководолазного снаряжения и различных ручных пробоотборников грунта. При проведении судовых бентосных съёмок для отбора проб использовались дночерпатель Петерсена с площадью облова 0,025 м<sup>2</sup> и самодельная дрга с шириной захвата 1 м, оснащённая сетным полотном с ячейей 5 мм. Драгирование проводили на расстоянии до 1 мили от берега в районе расположения банок иловой

мидии на глубинах от 40 до 60 м. Время драгирования варьировало от 5 до 15 минут.

В период с 1999 по 2010 гг. наблюдения за рапаной проводились в разных точках у берегов Кавказа (от г. Адлер до Таманского полуострова), на акватории Таманского залива Азовского моря, Кизилташских лиманов Чёрного моря и в ряде прибрежных акваторий Крыма, включая солёное озеро Донузлав.

С октября 2004 г. несколько экземпляров рапаны, отловленные в районе г. Адлер, содержатся в морском аквариуме в помещении лаборатории прибрежных исследований ВНИРО. В качестве корма используются преимущественно мидии. Грунт в аквариуме — песок с галькой, солёность колеблется в течение года от 15 до 30 ‰. Температура комнатная.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** В 1970 г. у южного берега Крыма рапана была отмечена на границе скал и песка и на песке, на глубинах более 9 м. Плотность поселений рапаны составляла 0,5–1,0 экз/м<sup>2</sup> с тенденцией уменьшения по мере удаления от берега. Размер рапаны, собранной в диапазоне глубин от 10 до 15 м варьировал от 45 до 90 мм по высоте раковины, составляя в среднем 65 мм. Раковины рапаны имели чётко выраженные кольца роста. Спаривание отмечалось только у особей с высотой раковины более 60 мм. Спаривающиеся особи отмечены на глубинах 10–12 м на границе скал и песка. Молодь рапаны (особи с высотой раковины менее 15 мм) не обнаруживалась ни на каких сублитторальных субстратах, включая сваи пирса, обросшие мидией. Не отмечено также раков-отшельников, использующих раковины мёртвой молоди рапаны в качестве убежищ.

В 1981–1994 гг. на акватории Судакского залива Чёрного моря рапана в прибрежной зоне отмечалась круглогодично, однако её распределение существенно варьировало в зависимости от биотопа и сезона года.

В больших количествах вблизи берега она отмечалась только во время нереста в летний период. В это время отмечалась миграция рапаны со стороны моря к границе скал, где происходило спаривание и откладка коконов с икрой. В нерестовых скоплениях плотность моллюсков достигала несколько десятков экземпляров на квадратный метр, но эти скопления были локальны. Нерест проходил на глу-

бинах 10–15 м, в зависимости от того, где проходила граница скал и песка. После окончания нереста она равномерно рассредоточивалась по песку на глубинах от 15 до 30 м.

Размер рапаны на акватории Судакского залива изменялся от 30 до 120 мм. Характерной особенностью района были резкие морфологические различия моллюсков, обитающих в отдельных бухтах.

Таким образом, для этого периода исследований были характерны следующие особенности биологии и поведения рапаны:

1. В прибрежной зоне молодь рапаны менее 15 мм не отмечалась. Единичные особи с высотой раковины менее 15 мм отмечались только в пробах, собранных драгой на глубинах 30–50 м на мидийных банках в открытом море;

2. Так же, как и в 1970-е гг., не было отмечено раков-отшельников, использующих раковины мёртвой молоди рапаны в качестве убежищ.

Следует отметить, что у берегов Крыма в этот период молодь рапаны ни разу не была отмечена на коллекторах, установленных в толще воды. Этот вывод сделан на основании обработки многочисленных проб, собранных на коллекторах для выращивания мидий, которые выставлялись на акватории Судакского залива (бухта Капсель) на расстоянии порядка 1 км от берега над глубинами 13–23 м, выполняемых в рамках исследований ВНИРО по разработке биотехнологии промышленного выращивания моллюсков.

Аналогичное состояние рапаны (размеры, сроки нереста, наличие и биотопы обитания молоди) в 1980–90-х гг. отмечалось и в других районах Крыма, в частности у берегов горы Кара-Даг, близ г. Алушта и в бухте Ласпи. В отличие от Крыма, у берегов Кавказа в 1980-е гг. популяция рапаны была представлена двумя размерными группами — мелкой и крупной.

Крупные особи с модальным размером порядка 70–80 мм по высоте раковины отмечались в районе Керченского пролива и мыса Большой Утриш, в районе Геленджикской бухты и вдоль побережья на юг до траверза г. Туапсе и в целом соответствовали аналогичным данным других авторов [Золотарёв, Евченко, 2010].

В районе посёлка Лазаревское крупные особи рапаны отмечались только в открытом мо-

ре, на глубине 20–25 м на песке в биоценозе скафарки с плотностью не более 0,05 экз/м<sup>2</sup>. В прибрежной зоне, на глубине 2–5 м, в биоценозе мидии и митиллястера рапана была мелкой с высотой раковины до 30–50 мм, но при этом плотность её достигала в летний период 10–25 экз/м<sup>2</sup>. Здесь же было отмечено массовое использование раками-отшельниками раковин мёртвых рапан в качестве домика. Однако ранняя молодь рапаны по-прежнему отсутствовала в пробах и не оседала на субстраты в толще воды (в частности, на коллекторы для выращивания мидий и устриц в районе мыса Большой Утриш).

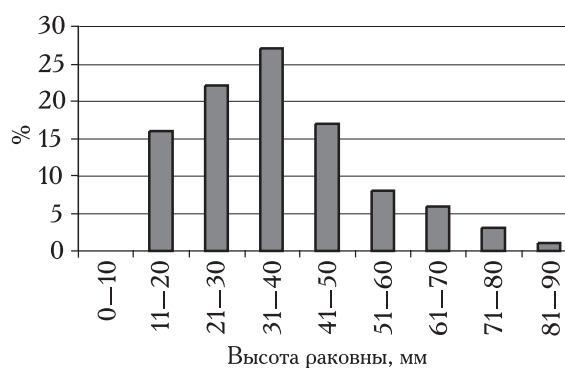
**В 1999–2010 гг.** у берегов Кавказа мелкая рапана с высотой раковины до 50 мм стала встречаться повсеместно, за исключением района мыса Большой Утриш и косы Тузла. Было отмечено спаривание рапаны при достижении размера раковины по высоте 25–30 мм, а на субстратах, экспонированных в толще воды, — массовое оседание молоди рапаны с высотой раковины 3–8 мм (рис. 1). Было отмечено, что основным способом питания этой молоди было сверление раковин моллюсков.

В 2008–2010 гг. в открытой части Чёрного моря (контрольный разрез на акватории Анапской банки на траверзе Бугазского Гирла) на рыхлых грунтах в диапазоне глубин от уреза воды до 6–7 м плотность распределения ра-



**Рис. 1.** Молодь рапаны, осевшая на экспериментальный садок с грациллярией, экспонированный в толще воды на ферме по выращиванию моллюсков близ мыса Большой Утриш. Высота раковины рапаны составляет 6 мм, срок экспозиции — с июля 2007 по апрель 2008 гг., глубина экспозиции 4 м, глубина моря в районе размещения садка 28 м

пан практически не менялась по сравнению с предыдущими годами и составляла порядка 0,01–0,05 экз/м<sup>2</sup>. Размерный ряд рапаны на Анапской банке в 2010 г. показан на рис. 2.



**Рис. 2.** Размерная структура рапаны на акватории Анапской банки в 2010 г.

В 2010 г. наблюдалось снижение плотности поселений рапаны на участке возле мыса Большой Утриш, где на глубинах 20–25 м на песчаном грунте она снизилась с 0,06 до 0,02 экз/м<sup>2</sup>.

В целом можно отметить, что снижение плотности поселений моллюска в первое десятилетие XXI в. происходило в первую очередь за счёт сокращения численности крупных особей. Средние размеры рапаны и доля особей промыслового размера (с высотой раковины более 55 мм) на рыхлых грунтах уменьшилась повсеместно, за исключением акватории Керченского пролива.

В эти же годы удалось понаблюдать за распределением рапаны на акватории солоноводных водоёмов, сопряжённых с Чёрным морем. В частности, летом 2007 г. на акватории озера Донузлав в Крыму рапана была единично отмечена в точке, находящейся на расстоянии порядка 2 км от открытого моря. Средняя высота раковины рапаны составляла 86 мм, кладки отмечены не были. Плотность поселений рапаны на этом участке озера была менее 0,01 экз/м<sup>2</sup>, а на участке, отстоящем от открытого моря на расстояние около 4 км, она вообще не встречалась, несмотря на обилие мидийных банок, живых реликтовых устричников и скоплений морского гребешка, вымершего в открытой части Чёрного моря в конце 90-х гг. прошлого века. По сообщению местных водолазов, рапана в озере Донузлав встречается

только близ пролива, соединяющего озеро с открытым морем.

В 2007–2009 гг. на акватории Таманского залива Азовского моря рапана, как и в озере Донузлав, отмечалась только в районе косы Тузла, отделяющей Таманский залив от Чёрного моря. В средней части Таманского залива (траверз пос. Гаркуша) и в куту залива она не отмечена, несмотря на сходство океанологических характеристик Таманского залива (равно как и озера Донузлав в Крыму) и Чёрного моря.

В летний период 2007 г. было отмечено проникновение рапаны на акваторию Кизилташского лимана Чёрного моря. Единичные особи рапаны с высотой раковины от 40 до 90 мм были отмечены на расстоянии 200–300 м от Гирла, соединяющего лиман с Чёрным морем. Молодь отмечена не была, хотя повсеместно отмечалось спаривание рапаны и откладка коконов с икрой. Летом 2008 г. в лимане близ Гирла в массе отмечалась молодь рапаны с высотой раковины до 10 мм; в 2009 г. — годовики с модальным размером 22–34 мм по высоте раковины (рис. 3) и отдельные особи промыслового размера; в 2010 г. — особи с модальным размером порядка 50–55 мм (рис. 4).



Рис. 3. Июнь 2009 г. Годовики рапаны, поедающие друзды митилястера в Бугазском лимане Чёрного моря. Высота раковины 22–34 мм

Все эти годы распределение рапаны в лиманах было ограничено только районом Гирла. В лиманах Бугаз и Цокур рапана отмечена не была, несмотря на обилие пищевых объектов (сердцевидки и мии). Мы предположили, что это вселение временное, так как при низких

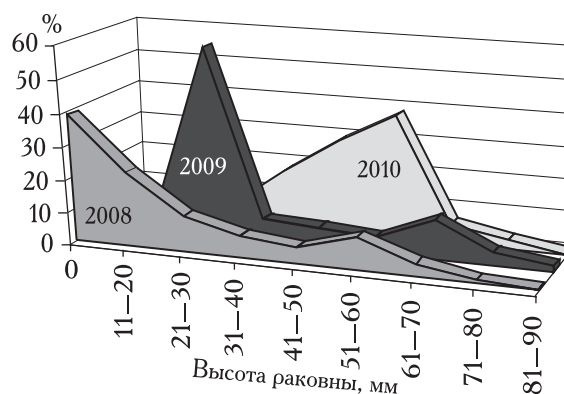


Рис. 4. Размерная структура рапаны в черноморских лиманах в 2008–2010 гг.

температурах рапана погибает. Однако, несмотря на то что зима 2009–2010 гг. сопровождалась низкой температурой и часть лиманов было покрыто льдом, рапана благополучно перезимовала, хоть и сократила свою численность и площадь распределения в лиманах. В настоящий момент распространение рапаны в лиманах Кизилташской группы ограничено акваторией лимана Бугаз. За косою Голенькой рапана не обнаружена.

**НАБЛЮДЕНИЯ В АКВАРИУМЕ.** 10 ноября 2004 г. на пирсе г. Адлер на глубине 1 м были отловлены 5 экз. рапаны с высотой раковины 31, 12, 18, 17 и 15 мм. они были перевезены в Москву и помещены в аквариум. К маю 2005 г. при периодическом питании живыми мидиями размер моллюсков увеличился в среднем на 7 мм. Следует особо отметить, что в этот период неоднократно отмечалось питание рапан перифитоном, образовавшимся на стенках аквариума. В июле 2005 г. температура воды в аквариуме превысила 28 °С и в условиях временного отсутствия аэрации произошёл замор, в результате чего в аквариуме погибли и разложились водоросли, содержащиеся вместе с рапанами. В результате гниения водорослей в аквариуме началось сероводородное заражение воды, продолжавшееся больше месяца. Несмотря на эти экстремальные условия, все особи рапаны остались живы.

В течение 2006–2010 гг. рапан кормили живыми мидиями (стандартная порция 20–40 шт. со средним размером 25–50 мм) в среднем раз в полгода. Порция корма полностью выедалась рапанами в течение недели. Между кормле-

ниями рапаны впадали в спячку на 3–4 месяца. К августу 2007 г. в живых осталось три самые крупные особи рапаны с высотой раковины 40, 35 и 30 мм, соответственно. Через сутки после кормления в августе 2007 г. отмечена копуляция двух рапан и откладка коконов с икрой. Вылупление личинок из коконов не отмечено.

В январе 2008 г. в аквариум помещена тихоокеанская устрица длиной 85 мм. Реакцию на устрицу проявила только одна рапана через неделю совместного обитания, в то время как остальные особи на неё не реагировали. И только через 14 суток устрица была съедена.

В марте–июне 2009 г. рапаны неоднократно спаривались и откладывали кладки (более 400 коконов). Личинки были отмечены в течение нескольких суток в толще воды. Оседание и развитие молоди не отмечено. В марте 2010 г. также было отмечено спаривание и откладка коконов (95 шт.).

С сентября 2010 до августа 2011 г. кормление не производилось. Всё это время рапаны находились в спячке, зарывшись в песок. Периодически, раз в 2–3 месяца отмечалось перемещение рапан в грунте (обычно в периоды частичной смены воды). В августе 2011 г. рапаны получили стандартную дружку мидий и одну тихоокеанскую устрицу размером 65 мм. Мидии были благополучно съедены за неделю, реакция на устрицу отсутствовала.

К 10 августа 2011 г., за 7 лет обитания в аквариуме размеры рапан достигли **52, 54 и 66 мм**, по сравнению с **12, 18, 31 мм** в сентябре 2004 г., соответственно. Средний прирост за 7 лет составил 37 мм.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Прежде всего, необходимо сделать замечание по поводу качества собранного материала и возможности его интерпретации. Прекрасно понимая степень его бессистемности, для дальнейшего анализа мы возмём только **однозначные** результаты, которые можно формализовать до уровня «да/нет».

Весь период обитания рапаны в Чёрном море можно разбить на несколько этапов: вселение и адаптация (до конца 1950-х гг.); экспансия и становление популяции (1960–1970 гг.); стабилизация биологии и рост популяции (с 1980 по 1987 гг.) и перестройка структуры популяции (после 1987 г. по настоящее время).

1987 год взят не случайно — именно в этом году в планктоне произошла массовая вспышка гребневика — вселенца *Mnemiopsis leydii*, обвал вылова пелагических видов рыб и целый каскад изменений в экосистеме, которые коснулись и бентосных сообществ.

Однако прежде чем обсуждать современное состояние популяции рапаны в Чёрном море, необходимо всё-таки разобраться с её происхождением в этом водоёме и ответить на вопрос — когда и откуда она появилась в Чёрном море? При всей парадоксальности этого вопроса точные сроки и конкретный способ интродукции рапаны до сих пор неизвестны.

В подробной сводке по биологии рапаны в Чёрном море И.П. Бондарев [2010] пишет: «В исходном ареале *R. venosa* обитает от средней части Японского моря (Приморье) на севере до южных провинций Китая, граничащих с Южно-Китайским морем. Южнее *R. venosa* экологически замещается близкородственным и внешне похожим, но более теплолюбивым видом *R. bezoar* Linnaeus, 1758, который шире распространён в западной Пацифике» [Бондарев, 2010].

Относительно Чёрного моря известно, что Е.И. Драпкин впервые нашёл живую рапану в Новороссийской бухте в 1947 г. и описал её как *R. bezoar* Linnaeus, 1758 [Драпкин, 1953]. В то же время И.Н. Старк [Старк, 1950] в своей работе ссылается на то, что в 1950 г. рыбаки в Сухуми уже отмечали взрослых рапан на гундерах ставников у берегов Абхазии. По данным В.Н. Чухчина, в 1953 г. в районе Новороссийска была найдена рапана в возрасте 11 лет [Чухчин, 1961в], что говорит о том, что рапана была в Чёрном море уже в 1942 г. (если это не завезённая особь).

Основной гипотезой, объясняющей проникновения рапаны в Чёрное море, считается перевоз её личинок с балластными водами с Дальнего Востока. Альтернативной гипотезой — перенос кладок рапаны на днищах судов. Ни одна из этих гипотез не выдерживает критики, так как срок развития личинок рапаны в кладках занимает 2–3 недели, а трансокеанский переход судов с Дальнего Востока в Чёрное море составляет несколько месяцев, как справедливо отмечают некоторые авторы [Кантор, 2003]. Также сомнительна гипотеза о том, что

взрослые рапаны «приехали» на днищах судов, так как трудно представить, что за время перехода из Японского моря в Чёрное рапаны, приросавшие к днищу, не отвалились по дороге.

Вполне вероятно, что процесс переселения рапаны в Чёрное море шёл поэтапно, с образованием промежуточных популяций на маршруте из морей Дальнего Востока в Чёрное. В пользу этой гипотезы говорит тот факт, что несколько раковин *R. venosa* описаны в Аравийском море [Bosch et al., 1995]. Однако это, скорее всего, возвратный занос рапаны из Чёрного моря, аналогично появлению в 1980–90-х гг. рапаны в дельте Ла Платы (Уругвай), в Чесапикском заливе и в Северном море у берегов Швеции [Кантор, 1998; 2003]. Как бы то ни было, с нашей точки зрения, **рапана могла попасть в Чёрное море единственным способом: во взрослом состоянии в замкнутом объёме морской воды.**

Биологически такая версия оправдана. Эксперименты по содержанию рапаны в аквариальных условиях ещё в 1947 г. проводил Е.И. Драпкин, он показал, что «рапана легко переносит колебания солёности и недостаток кислорода» [цит. по Старк, 1950]. Наши эксперименты также показали, что взрослые особи могут впадать в спячку и обходиться без пищи до года. При этом они выдерживают прогрев воды до 30 °С и длительные (до месяца) пребывания в бескислородной среде. Эти факты позволяют предположить, что рапана могла попасть в Чёрное море во взрослом состоянии в балластных водах судов, пришедших с Дальнего Востока.

Тогда под эту версию попадают следующие гипотезы:

- рапану могли завести с военно-морской техникой, перегоняемой с Дальнего Востока на Чёрное море (в Новороссийск) по железной дороге во время Великой Отечественной войны;
- рапана могла оказаться в трюмах судов, которые заходили в Чёрное море, возвращаясь с театра военных действий Русско-Японской войны 1904–1905 гг., или с каким-либо военно-морским оборудованием, которое эвакуировалось из Порт-Артура по КВЖД в порты Чёрного моря;
- аналогичным образом рапана могла быть в балластных водах гражданских судов, участво-

вавших в российском трафике грузов между Владивостоком и Одессой, который начался с 80-х гг. XIX в. [Лемачко, Яровой, 1991].

Есть ещё одно противоречие в ранней истории рапаны на Чёрном море — взрыв численности сразу после вселения. Известно, что любой интродуцированный вид в новой для него экосистеме проходит период адаптации, который составляет от 10 до 20 лет [Карпевич, 1998]. Этот период может быть и короче, но в любом случае, необходимо время, чтобы единичные особи, попавшие в Чёрное море, размножились и выросли.

Если пересчитать данные И.Н. Старк по численности рапаны в драгах, то получается, что на площади Гудаутской банки в 12,8 км<sup>2</sup>, в апреле 1950 г. было не менее 2,5 млн рапан в возрасте 4–6 лет, что вызвало резкое падение численности массовых видов бентоса (табл. 1). А годом раньше рапаны на банке практически не было. То есть, за 10 месяцев неизвестно откуда взявшиеся 2,73 млн особей рапаны средним возрастом 5 лет съели на банке 7 млн устриц, 15 млн мидий и 14 млн гребешков — 34 млн достаточно крупных моллюсков. А это означает, что стадия взрывного роста популяции рапаны должна была начаться не позже 40-х г. прошлого века.

**Таблица 1.** Численность моллюсков на Гудаутской банке на площади 12,8 км<sup>2</sup> при площади облова драги 50 м<sup>2</sup> [пересчёт по Старк, 1950], млн экз.

Вид моллюска	Июль 1949 г. (72 драги)	Апрель 1950 г. (30 драг)
Устрица	7,28	0,39
Мидия	19,5	4,42
Гребешок	16,38	2,34
Рапана	0,01	2,73

И ещё один факт, требующий объяснения. Если исходить из того, что Основное Черноморское течение у берегов Кавказа идёт с востока на запад, личинки рапаны физически не могли быть занесены в район Гудауты и Сухуми из района Новороссийска (даже с учётом возвратных прибрежных рингов).

Если принять в качестве основы версию о том, что рапану завезли в район Новороссийска, то в районе Сухуми она могла появиться

только после того, как появилась бы у берегов Крыма, затем на северо-западе Чёрного моря и так далее по Большому Черноморскому круговороту через Турцию и Грузию.

Так что в качестве «претендентов» на первичное место обитания рапаны в Чёрном море могут рассматриваться либо порты Грузии (Батуми, Поты, Сухуми), либо порты Турции (Трабзон, Синоп), куда рапана могла быть занесена судами, пришедшими с Дальнего Востока. Или Одесса, куда регулярно приходили суда из Владивостока ещё в конце XIX в.

Как бы то ни было в действительности, но гипотеза о том, что **рапана появилась в Чёрном море в начале XX в. в восточной части его акватории**, объясняет практически все «нестыковки» в истории её расселения.

Следующий блок вопросов о биологии рапаны касается её морфологических особенностей в разные периоды существования в Чёрном море. Эти особенности можно разделить на две категории: размер и изменчивость.

Данные особенности подробнейшим образом описаны в статье И.П. Бондарева [Бондарев, 2010], из которой можно сделать следующие выводы:

- на первом этапе экспансии рапаны в Чёрном море она повсеместно имела достаточно крупные размеры (не менее 90–100 мм по высоте раковины) и морфологически представляла собой однородную группировку в пределах всего моря;

- в дальнейшем в районах, где происходило истощение кормовой базы, рапана мельчала, а там, где кормовая база оставалась стабильной, — оставалась по-прежнему крупной (на возможное измельчение рапаны по мере истощения бентоса указывали ещё И.Н. Старк и В.Д. Чухчин [Старк, 1950; Чухчин, 1961в];

- по мере стабилизации популяции рапаны в отдельных районах стали образовываться группировки, отличающиеся друг от друга по своим морфологическим характеристикам.

*Наши данные также подтверждают этот вывод. В пробах, собранных на акватории Судакского залива в период с 1981 по 1987 гг., нами были отмечены все типы морфологической изменчивости рапаны, которые описаны в статье И.П. Бондарева;*

- после изменений, произошедших в экосистеме Чёрного моря после 1987 г., в ряде рай-

онов стали отмечаться группировки «карликовой» рапаны, способной размножаться при достижении высоты раковины порядка 25–35 мм. При этом И.П. Бондарев считает, что «если экологическая обстановка в Чёрном море будет ухудшаться и обеспеченность пищей рапаны будет существенно снижаться, то выживут и распространятся только карликовые формы». *Это не совсем так. «Карликовые» (по терминологии И.П. Бондарева) особи рапаны в массе отмечались ещё в середине 1980-х гг. у берегов Кавказа в мелководных биоценозах валунов и гальки при наличии доступной и обильной кормовой базы;*

- в ряде районов группировки «карликовых» рапан могут сосуществовать с «нормальными» по размеру рапанами. При наличии разнообразной по размерам кормовой базы это вполне логично и в перспективе может привести к ещё большей изолированности группировок друг от друга.

*Нами также отмечена аналогичная зависимость в районе Анапской банки, где крупноразмерные особи образуют достаточно изолированные группировки в местах с богатым крупноразмерным бентосом (мыс Большой Утриш, коса Тузла), а основное пространство Анапского мелководья занимает группировка мелкоразмерной рапаны.*

Следующий вопрос касается размножения рапаны и мест обитания её молоди.

Непосредственно после обнаружения рапаны в Чёрном море её молодь в природе долго не могли найти. На Гудаутской банке, даже в период взрывного роста численности, рапаны с высотой раковины менее 10 мм обнаружены не были [Старк, 1950].

В дальнейшем на акватории Новороссийской бухты сеголетки рапаны с высотой раковины 10–15 мм были отмечены в уловах драг в 1958 г. [Чухчин, 1961в]. В этой же работе упоминается о том, что аналогичные сеголетки рапаны были отмечены в уловах драг в Севастопольской бухте. К сожалению, в этих работах нет данных о глубине взятия проб.

В это же время Е.И. Драпкин при наблюдении за рапаной в аквариуме отметил, что молодь рапаны может зарываться в песок, становясь, таким образом, недоступной для облова драгой [Драпкин, 1953].

Данных о местах обитания молоди рапаны в период с 1960 по 1980 гг. в литературе нет. В период с 1981 по 1987 гг. на акватории Судакского залива на мелководьях молодь рапаны также не была отмечена, несмотря на подробный разбор проб, собранных дночерпателями и водолазными пробоотборниками. Отдельные мелкие особи рапаны были отмечены лишь в уловах драг на глубине более 40 м.

Лишь в начале XXI в. молодь рапаны стала в массе отмечаться на мелководье, причём практически на всех субстратах, включая те, которые экспонировались в толще воды. В частности, в мае 2005 г. у Кавказского берега отмечено массовое оседание личинок рапаны, плотность молоди которой с высотой раковины до 3 мм достигала 5 шт. на 1 см<sup>2</sup> поверхности [Вершинин, 2003; 2005]. Аналогичное массовое оседание молоди рапаны на коллекторы для выращивания мидий и устриц, экспонировавшиеся в толще воды, отмечено в осенне-зимний период 2010–2011 гг. [Адылова и др., 2009; Паньков, Мовян, 2011; устные сообщения].

Следует отметить, что развитие личинки черноморской рапаны может происходить по разным сценариям. В 1980-х гг., в аквариумах Крымской экспедиции ВНИРО мы проводили эксперименты по содержанию коконов рапаны и неоднократно наблюдали за вылуплением велигеров. В этих экспериментах время от вылупления личинки до оседания измерялось первыми часами.

В настоящее время при содержании рапан в аквариуме мы также получали коконы с икрой и отмечали вылупление личинок и их длительное (несколько суток) нахождение в планктоне. Следует отметить, что эти личинки были получены от рапан, которые находились в полуголодном состоянии.

Аналогичные различия в личиночном развитии рапаны в Чёрном море отмечает В.Е. Ершов (Ершов, сетевая ссылка). По его данным, развитие зародышей рапаны может идти двумя путями. В первом случае развитие личинок происходит в течение 2–3 недель, после чего личинка быстро оседает (стадия велигера может отсутствовать). У другого типа личинка развивается в коконе в течение 1 мес., а затем от 30 до 60 сут. живёт в планктоне на стадии

велигера. На это же указывает и А.С. Адылова [2009].

Отдельный вопрос заключается в том, каковы пределы дальнейшего расширения ареала рапаны в Азово-Чёрноморском бассейне и есть ли возможность заселения сопряжённых с морем водоёмов (лиманах, заливах, солёных озёрах). Известно, что в нативном ареале её расселение ограничено только эстуариями рек и прилегающими опреснёнными участками морей [Разин, 1934]. О высокой толерантности к солёности говорят и другие авторы, отмечая, что рапана способна существовать при солёности от 7 до 32 ‰ [Mann, Harding, 2003]. В наших собственных экспериментах рапаны выдерживали колебания солёности от 15 до 30 ‰.

Чёрное море, солёность которого в 2 раза ниже, чем в Тихом океане, и составляет в среднем 17 ‰, можно целиком рассматривать как «эстуарную» систему. Однако эстуарная система отличается от открытого моря не только пониженной солёностью, но и другими базовыми океанологическими характеристиками, в частности повышенным содержанием в воде взвешенного органического вещества.

В пределах Чёрного моря таким условиям больше всего соответствует район Керченского пролива. И именно на его акватории популяция рапаны сформировала наиболее стабильную группировку, в 70–80-е гг. прошлого века там были сосредоточены основные запасы рапаны и зарегистрированы самые крупные особи этого вида в пределах акватории бывшего СССР.

Между тем, на акватории сопряжённых с Чёрным морем водоёмов экспансия рапаны так и не произошла (пока), несмотря на то что солёность в них принципиально не отличается от солёности вод Чёрного моря. Единственный абиотический параметр, существенно отличающий экосистемы сопряжённых водоёмов от открытых вод Чёрного моря, — содержание органического вещества в воде, которое в заливах и лиманах выше, чем в море (включая Керченский пролив) [Агатова, 2011; устное сообщение]. По биотопическим параметрам лиманы и заливы Чёрного моря отличаются только обилием водной растительности. Лимита по кормовой базе для рапаны на этих акваториях нет. Можно предположить, что ограниченное проникновение рапаны в черноморские лиманы и



заливы определяется сочетанием абиотических и биотических факторов, к действию которых рапана пока что не адаптировалась. Наиболее вероятным фактором, ограничивающим проникновение рапаны в Азовское море выступает слишком низкая солёность (порядка 13 ‰). В отдельные годы её поселения находили вблизи Керченского пролива со стороны Азовского моря, но потом они исчезали.

В Чёрном море практически нет рапаны и на глубинах более 40–50 м, что подтверждает анализ обрастаний различных затонувших предметов и видовой состав макробентоса на глубоководных мидийных банках. Считается, что на больших глубинах развитие моллюска лимитирует низкая температура воды, но, с другой стороны, наблюдения в лиманах показали, что рапана способна благополучно выдерживать температуру воды близкую к замерзанию.

Интегральная картина перечисленных особенностей биологии рапаны в разные годы наблюдений приведена в табл. 2.

Таким образом, на разных этапах развития популяционной структуры биологические особенности рапаны в Чёрном море существенно отличались и характеризовались следующими параметрами.

На начальном этапе характерными чертами её биологии был интенсивный рост особей и быстрая экспансия по акватории бассейна, что было обусловлено богатой кормовой базой черноморского бентоса и длительной планктонной стадией развития личинки. Этот период продо-

лжался с момента появления рапаны в Чёрном море до 60–70-х гг. прошлого века.

В 80–90-х гг. прошлого века популяция рапаны заняла всю акваторию Чёрного моря и её запас стабилизировался. Размеры рапаны по-прежнему оставались большими, но было отмечено образование локальных группировок, каждая из которых имела свои особенности морфологии раковины и темпы роста. По-видимому, срок нахождения личинок рапаны в планктоне в этот период не превышал нескольких часов. То есть личинки рапаны оседали практически там же, где происходило спаривание их родителей, в связи с чем личинки и молодёжь рапаны не были отмечены в пробах планктона и мелководного бентоса.

В конце 80-х гг. прошлого века, в результате общей перестройки экосистемы Чёрного моря, была подорвана кормовая база рапаны, основу которой составляла мидия (*M. galloprovincialis*). В результате этого численность рапаны у берегов Крыма и Кавказа стала снижаться, а размеры особей в районах с бедной кормовой базой стали уменьшаться. Но при этом молодёжь рапаны по-прежнему оставалась малочисленной и вела скрытный образ жизни, малодоступный для объективного учёта. Можно предположить, что планктонная стадия в это время была всё ещё короткой.

В последнее десятилетие, когда деградация бентоса в отдельных районах Чёрного моря достигла критически высоких уровней, в развитии рапаны наблюдается та же картина, что и в пе-

**Таблица 2.** Особенности биологии рапаны в разные периоды развития её популяции в Чёрном море

Годы	Место вылова; максимальный размер, мм	Размер самок при спаривании, мм	Находки молоди менее 5 мм	Оседание в толще воды
1940–1950	Новороссийск — 150; Севастополь — 114; Гудаута — 97 [Чухчин, 1961в]	От 35 при недостатке корма, но в среднем 60–90 [Чухчин, 1961а]	Отмечена на банках в Севастопольской и Новороссийской бухтах [Чухчин, 1961а]	Нет данных
1960–1970	Керченский пролив — 170; Крым — 170; Кавказ — 100	Не менее 60–70 везде	На мелководье не отмечена, по банкам данных нет	Не отмечено
1980–1990	Керченский пролив — 150; Крым — 110; Кавказ — 100	Крым — не менее 50–70; Кавказ — от 25–30	На мелководье отсутствует, глубже 40 м — единично	Не отмечено
2000–2010	Керченский пролив — 100; Крым — 90; Кавказ — 90	Повсеместно от 25–30	От уреза воды повсеместно	В массе

риод экспансии — резкое увеличение длительности планктонной фазы и стремительная оккупация молодью всех доступных субстратов, в том числе находящихся в толще воды. С точки зрения стратегии вида, стремящегося выжить в неблагоприятных условиях, эти изменения вполне логичны.

**Таким образом, основная гипотеза, которая может объяснить отмеченные различия в биологических особенностях популяции рапаны в Чёрном море, заключается в том, что в зависимости от стадии интродукции и обеспеченности кормом, меняется тип развития личинки — с лецитотрофного на планктотрофный и наоборот.**

Вариации личиночного развития ряда видов беспозвоночных были описаны ещё Гуннаром Торсоном в 1946 г. [Thorson, 1946] и были объединены под общим термином «роесилогону» (пецилогония). Пецилогония отмечена, в частности, у некоторых видов полихет, у которых смена типа развития происходит в зависимости от обеспеченности родительских особей кормом [Levin, Creed, 1986]. Для раковинных моллюсков пецилогония в настоящий момент отрицается, хотя допускается для голожаберных моллюсков [Boushet, 1989]. По мнению этого автора, однозначным доказательством пецилогонии у раковинных моллюсков должны быть различия в структуре протоконха. К сожалению, для рапаны такой анализ не проводился.

Но если всё-таки принять гипотезу о наличии пецилогонии у рапаны в зависимости от обеспеченности родительских особей кормом, то описанные изменения в биологии рапаны становятся оправданными. Эта же гипотеза объясняет образование не только самостоятельных группировок «карликовой» рапаны в районах с крайне бедной кормовой базой, но и смешанных группировок (крупной и «карликовой» рапаны) в районах с достаточно богатым бентосом, на что указывают имеющиеся данные [Бондарев, 2010]. Образование группировок «карликовых» рапан в районах с богатым бентосом происходит за счёт смешения двух личиночных пулов — местного с коротким циклом и «мигрантов», которых за период длительной планктонной жизни принесло с водными массами из районов с бедной кормовой базой.

И ещё одно гипотетическое замечание, касающееся условий обитания и выживания молодёжи рапаны. После того как рапана проникла в акваторию Чесапикского залива Атлантического океана, было отмечено, что её молодёжь составляет значительную долю рациона обитающего там голубого краба-плавунца (*Callinectes sapidus*). Таким образом, голубой краб стал для рапаны серьёзным фактором, ограничивающим развитие её популяции [Harding, 2003].

В Чёрном море голубой краб впервые появился более 20 лет назад и в настоящее время, после длительной фазы адаптации к местным условиям, стал всё чаще встречаться на прибрежных мелководьях. В дальнейшем этот вид, вероятно, может стать не только перспективным промысловым объектом, но и сыграть роль стабилизатора численности рапаны в Чёрном море.

Можно также предположить, что в период удовлетворительного состояния бентосных сообществ Чёрного моря аналогичную роль в расселении и ограничении численности рапаны играли местные виды крабов-плавунцов, которые могли выедать молодёжь рапаны на мелководьях. Эта гипотеза, по крайней мере, может объяснить отсутствие молодёжи рапаны в мелководных песчаных биотопах в те периоды, когда прибрежные бентосные сообщества были стабильны.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Таким образом, гипотеза автора в отношении причин, вызывавших изменения в биологии рапаны, обитающей у берегов Крыма и Кавказа, за последние полвека, заключается в следующем.

Наличие планктотрофной личинки с длительной фазой развития на первом этапе адаптации к новым условиям обитания и становления популяции рапаны в Чёрном море способствовало экспансии вида по акватории, а в период «голодовок» — поиску благоприятных районов и генному обмену между популяциями и, как следствие, обеспечению низкой степени полиморфизма раковин на больших акваториях.

В дальнейшем, в период стабилизации и хорошего обеспечения кормом, развитие личинок рапаны шло по лецитотрофному пути, что привело к образованию локальных группировок, отличающихся по своим морфологическим показателям. После резкого изменения экологи-

ческих условий и резкого уменьшения запасов кормового бентоса, который произошёл после 1987 г., личинки рапаны снова стали развиваться по планктотрофному пути, что обеспечило её расселение и освоение неспецифических для этого вида биотопов (в том числе субстраты в толще воды).

Вероятно, что в настоящий момент в популяции рапаны Чёрного моря присутствуют две группировки, различающиеся по типу развития личинок:

в районах с бедной кормовой базой (большая часть Кавказского побережья) — мелкие «карликовые» [по Бондареву, 2010] формы, продуцирующие планктотрофных личинок с длительным сроком планктонной жизни;

в районах с достаточной кормовой базой (районы Керченского пролива и прибрежная зона Крымского полуострова) — крупные формы, продуцирующие лецитотрофных личинок с короткой планктонной фазой развития.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Адылова А.С., Битютский Д.Г., Гамаюнов О.А. 2009. Рапана в экосистеме Чёрного моря: вред и польза // Рыбное хозяйство Украины (Рибне Господарство України). № 4 (63).— С. 19–24.
- Бондарев И.П. 2010. Морфогенез раковины и внутривидовая дифференциация рапаны *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) // *Ruthenica*. V. 20, N. 2.— С. 69–90.
- Вершинин А.О. 2003. Жизнь Чёрного моря.— М.: Изд-во «Макцентр».— 175 с.
- Вершинин А.О. // blacksea-education.ru molluski.shtml
- Драпкин Е.И. 1953. Новый моллюск в Чёрном море // Природа. № 9.— С. 92–95.
- Еришов В.Е. Рапана // <http://www.shellclub.ru>
- Золотарёв П.Н., Евченко О.В. 2010. Некоторые черты биологии и оценка запаса рапаны *Rapana thomassiana thomassiana* (Gastropoda: Muricidae) в северо-восточной части Чёрного моря в 1988–1994 гг. // Вопросы рыболовства.— С. 442–452.
- Карпевич А.Ф. 1998. Аклиматизация гидробионтов и научные основы авакультуры // Избранные труды: в 2 т. Том 2.— М.: Изд-во ВНИРО.— 870 с.
- Кантор Ю.И. 1998. О нахождении рапаны *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) у восточного побережья США // *Ruthenica*, 8 (2).— 90 с.
- Кантор Ю.И. 2003. Биологические и исторические тайны рапаны // Природа. № 5.— С. 25–29.
- Кучерук Н.В., Басин А.Б., Котов А.В., Чикина М.В. 2002. Макрозообентос рыхлых грунтов Северо-Кавказского побережья Чёрного моря: многолетняя динамика сообщества // Комплексные исследования северо-восточной части Чёрного моря: Сб. работ.— М.: Наука.— С. 289–297.
- Лемачко Б.В., Яровой В.В. 1991. Краткий очерк деятельности Русского общества пароходства и торговли // «Гангут». Вып. 1.: Санкт-Петербург: ЛЕНКО, изд-во «Гангут».— С. 77–93.
- Милютин Д.М., Вилкова О.Ю. 2005. Черноморские моллюски-вселенцы рапана и анадара: современное состояние популяции и динамика запасов // Рыбное хозяйство, № 4.— С. 50–54.
- Переладов М.В. 2005. Современное состояние популяции черноморской устрицы // Труды ВНИРО. Т. 144. Прибрежные гидробиологические исследования.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 254–274.
- Разин А.И. 1934. Морские промысловые моллюски Южного Приморья // Известия ТИНРО. Вып. 8.— 175 с.
- Ревков Н.К. 2009. Некоторые замечания по составу и многолетней динамике фауны моллюсков рыхлых грунтов юго-восточного Крыма (Чёрное море) // Карадаг-2009: Сборник научных трудов, посвященных 95-летию Карадагской науч. станции и 30-летию Карадагского природного заповедника НАН Украины.— Севастополь: ЭКОСИ-ГидТаблица 2. Особенности биологии рапаны в разные периоды развития её популяции в Чёрном море офизика.— С. 251–261.
- Старк И.Н. 1950. Сырьевая база и распределение устриц на Гудаутской банке // Труды АзЧерНИРО. Вып. 14.— С. 247–262.
- Чухчин В.Д. 1961а. Размножение рапаны (*Rapana bezoar* L.) в Чёрном море // Труды Севастопольской Биологической Станции. № 14.— С. 163–168.
- Чухчин В.Д. 1961б. Рост рапаны (*Rapana bezoar* L.) в Севастопольской бухте // Труды Севастопольской Биологической Станции. № 14.— С. 169–177.
- Чухчин В.Д. 1961с. Рапана (*Rapana bezoar* L.) на Гудаутской устричной банке. // Труды Севастопольской Биологической Станции. № 14.— С. 178–187.
- Чухчин В.Д. 1968. Экология брюхоногих моллюсков Чёрного моря.— Киев.: Наукова думка.— 176 с.
- Bosch D.T., Dance S.P., Moolonbeck R.G., Oliver P.G. 1995. Seashells of Eastern Arabia.— Dubai: Emirates Printing Press.— 124 p.
- Boushet P. 1989. A review of poecilogony in Gastropods // *J. Moll. Stud.* N. 55.— P. 67–78.
- Harding J.M. 2003. Predation by Blue Crabs, *Callinectes sapidus*, on Rapa Whelks, *Rapana venosa*: Possible Natural Controls for an Invasive Species // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. N. 297.— С. 161–177.
- Levin L.A., Creed E.L. 1986. Effect of Temperature and Food Availability on Reproductive Responses of *Streblospio benedicti* (Polychaeta: Spionidae) with Planktotrophic or Lecithotrophic Development // *Marine Biology*. V. 92. N. 1.— P. 103–113.
- Mann R., Harding J.M. 2003. Salinity Tolerance of Larval *Rapana venosa*: Implications for Dispersal and Establishment of an Invading Predatory Gastropod on the

North American Atlantic Coast // Biological Bulletin.  
N. 204.— P. 96–103.  
Thorson C. 1946. Reproduction and Larval Development  
of Danish Marine Bottom Invertebrates; with Special

Reference to the Planktonic Larvae in the Sound (Øre-  
sund) // Meddelelser fra Kommissionen for Danmarks  
Fiskeri og Havundersøgelser. Serie Plankton 4 (1).—  
P. 1–523.

Поступило в редакцию 06.01.12 г. Принято после рецензии 04.04.12 г.

## **Modern status and biological aspects of Veined Rapa Whelk (*Rapana venosa*) in the North-East Black sea**

*M.V. Pereladov*

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

Veined rapa whelk (*Rapana venosa*) was first recorded in the Black Sea in 1947 near Novorossiysk and by the 1970s it spread along the whole Black Sea coasts. In this time interval the rapa whelk population was stabilized in number and during the 1980s its annual fluctuations depended only from climate changes. In recent years we have observed a decrease in rapa whelk size, its earlier spawning and larval settling on submerged substrate and flattening of regional morphological changes. Based on the data analysis for 1970–2010, we offered the hypothesis that the changes in the rapa whelk biology had occurred owing to the change of the lecithotrophic larval development pattern from the years of abundant food supply to the planktotrophic one in the years with low feeding benthos mass.

**Key words:** Black Sea, benthos, veined rapa whelk, population dynamics.

УДК 639.228.2

**Черноморская камбала-калкан:  
состояние запасов и пути их сохранения и восстановления**

М.И. Куманцов

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО).  
E-mail: vniro@vniro.ru

Охарактеризованы состояние запасов и динамика уловов камбалы-калкана в Чёрном море. Определены факторы, оказывающие наибольшее негативное влияние на его численность. Приведены сведения по промыслу этого вида причерноморскими странами, включая Турцию. Констатируется неустойчивое состояние запасов. Предложены пути восстановления численности калкана, в том числе с помощью искусственного воспроизводства по технологии, разработанной ФГУП «ВНИРО».

**Ключевые слова:** Чёрное море, камбала-калкан, запасы, траловый промысел, неучтённый вылов, искусственное воспроизводство, технология ВНИРО.

Черноморская камбала-калкан *Scophthalmus macoticus* (Pallas) — одна из самых ценных видов рыб Чёрного моря. Благодаря деликатесному вкусу её часто называют «черноморский тюрбо». В настоящее время на юге России калкан является одним из самых дорогостоящих черноморских рыбных продуктов, в Турции цена одного килограмма этой рыбы достигает 20 долл. США.

На протяжении длительной истории развития черноморского рыбного промысла калкан входил в перечень основных наиболее ценных и востребованных видов рыб. Ещё в XIV в. турецкий путешественник Э. Челеби упоминал рыбу калкан как одно из двух лакомств, которым славился средневековый город Керчь [Челеби, 1996]. В XIX в. «большая камбала», наряду с султанкой, имела «значительное местное употребление» [Данилевский, 1871]. В первом десятилетии XX в. камбала-калкан, представляя большую ценность, имела обеспеченный

сбыт среди населения и входила во вторую по значимости группу всего крымского улова. В то время объёмы добычи этого промыслового объекта в Крыму доходили до 40 тыс. пудов (640 т) [Александров, 1923].

Сегодня запасы этого вида, имевшего некогда большое промысловое значение, находятся в неустойчивом состоянии и подвержены существенным межгодовым колебаниям (на российском шельфе в 1993—2005 гг. они колебались в пределах 1,0—1,8 тыс. т [Дахно и др., 2006], а в 2009 и 2010 гг. составили 1,1 тыс. т). В динамике его численности тенденций к увеличению не просматривается, объёмы допустимого улова (ОДУ) калкана лимитируются, а состояние популяции оценивается как нестабильное.

Одним из определяющих факторов, приведших к такому положению дел, является (помимо ухудшения условий нагула и воспроизводства и др. причин экологического характера) многолетний сильный пресс рыболовства

(перелов). Однако в настоящее время по многим причинам, осуществлять контроль режима вылова калкана довольно затруднительно. Поэтому на сегодняшний день особенно важным представляется выявление наиболее конструктивных решений и перспектив для стабилизации и роста его запасов на черноморском шельфе.

Черноморская камбала-калкан *Scophthalmus macoticus* — это крупная рыба с длительным жизненным циклом, в Чёрном море достигает возраста более 17 лет при массе около 12 кг и длине до 85 см [Световидов, 1964]. В зависимости от промысловой длины всю популяцию камбалы-калкан принято делить на три части: молодь (до 35 см), пополнение (36–45 см) и остаток (более 46 см) [Надолинский и др., 2002]. Черноморский калкан относится к видам с большой продолжительностью жизни, и преобладание в его популяции остатка над пополнением является одной из характеристик стабильности запасов этого промыслового объекта [Луц и др., 2003].

Возраст, при котором калкан достигает половой зрелости, варьирует в зависимости от районов его обитания — от 3–5 лет в водах Болгарии [Иванов, 1985] до 5–6 лет в водах Украины и Российской Федерации [Попова, 1967]. Плодовитость калкана очень высокая — 13 млн. икринок [Попова, 1966]. Личинки и мальки первые два месяца обитают в пелагиали, потребляя зоопланктон. Взрослые особи питаются в основном рыбой (хамса, шпрот, ставрида, сельдь, мерланг, барабуля, бычки). Кормовыми объектами калкана являются также ракообразные, моллюски и полихеты.

Его нерест происходит с конца марта до середины или конца июня (пик в мае) при температуре воды 8–16 °С в местах с глубинами от 20–40 до 60 м. После нереста калкан мигрирует на глубины 50–90 м, но осенью вновь подходит к берегам, где интенсивно откармливается мелкой рыбой, в том числе выходящей из Азовского моря хамсой. Молодь камбалы предпочитает мелководья с глубинами менее 50 м. Однако в конце лета и осенью наиболее крупные экземпляры мигрируют в глубоководную часть шельфа (51–85 м) и переходят в промысловую часть популяции (группу пополнения). Особи промысловых размеров (групп

пополнения и остатка) зимуют в массе своей за 50-метровой изобатой [Надолинский и др., 2002] и встречаются на глубинах, достигающих до 140 м.

Распределяется калкан вдоль черноморского побережья неравномерно, что в большой степени определяется рельефом дна и шириной шельфовой зоны. В Чёрном море он представлен несколькими локальными популяциями, смешивающимися в смежных зонах [Попова, 1954; Карапеткова, 1964]. Самая мощная из них — «западная». Ареал её распространения охватывает шельфовые участки Украины, Румынии, и, возможно, Болгарии. Существование в турецких водах отдельной популяции *Scophthalmus macoticus* установлено исследованиями CFRI [Трабзон, Турция), базировавшимися на mtDNA-анализе калкана [Suzuki et al., 2004]. «Северо-восточная» («восточная») популяция распределяется в водах Российской Федерации, Украины и, возможно, Грузии и Абхазии. Наиболее плотная её концентрация отмечается на шельфе между Новороссийском и Феодосией с ядром на участке Анапа — м. Утриш (Анапская банка).

В настоящее время считают, что упомянутые выше популяции являются различными стадами единой черноморской популяции, что обусловлено отсутствием генетических различий в популяционной структуре вида на демерсальной стадии онтогенеза. Считается, что генетическое смешение популяционных групп и локальных стад определяется длительностью (2 месяца) пелагического периода эмбриональной и личиночной стадий развития вида и особенностями гидрологического режима Чёрного моря (генерального черноморского течения и т.н. «очков Книповича»). Черноморский калкан не совершает протяжённых миграций. Его локальные передвижения (нерестовые, нагульные и зимовальные) обычно направлены из мористых районов к берегам и обратно.

Многолетний сильный пресс рыболовства (перелов), приведший к истощению запасов калкана, был неоднозначен. Но в конечном итоге, как показывает исторический анализ (начиная с 50-х гг. XX в.) промысла калкана в Чёрном море, численность популяции была подорвана применением донных тралов и изъятием запасов калкана путём неучтённого вылова,

производящегося браконьерами, и незаявленного прилова при неспециализированном промысле.

Целевой промысел калкана донными тралами в водах, прилегающих к черноморским берегам СССР, был разрешён в 1950 г. и получил распространение только в районе Северного Кавказа, на участке Анапа—Утриш [Попова, 1955]. С его началом уловы калкана стали резко возрастать, как показано в табл. 1 (до 1950 г. годовые уловы редко превышали 100 т).

**Таблица 1.** Уловы и размерно-возрастные показатели камбалы-калкана в период разрешенного специализированного промысла донными тралами на участке Анапа—Утриш [Попова, 1955]

Показатели	Год			
	1950	1951	1952	1953
Вылов, т	—	540	605	319
Улов донных тралов, %	—	65	74	67
Вылов на 1 промысловое судно типа СРТ, т	—	—	64	29,3
Средняя длина калкана, см	43	40	37	36
Средний возраст выловленных особей, лет	—	6–9	5–6 (~ 50 %)	4–5 (45 %)

Наиболее эффективные результаты траловый промысел показывал на Анапской банке, где камбала образовывала наиболее плотные скопления. Так, в марте 1950—1951 гг. максимальные уловы калкана на глубинах 40—50 м составляли более 50 экз. за 1 час траления.

Такая усиленная трёхлетняя эксплуатация северо-восточной популяции калкана привела к значительным негативным изменениям количественных и качественных характеристик её структуры. Снижение уловов на единицу промыслового усилия; уменьшение средней массы вылавливаемых особей камбалы (с 3—4 кг в 1951 г. до 2,0—2,5 кг в 1953 г.); изменение возрастной структуры траловых уловов, где неполовозрелая молодь (длиной менее 35 см) стала составлять практически половину (47 %) уловов — все эти перемены были обоснованно квалифицированы как перелов вследствие ведения тралового промысла. Учитывая высокую уязвимость калкана, его относительно невысокую численность, локальность в распределении популяций и низкую селективность тралов, спе-

циализированный траловый промысел этого вида, ставший нерентабельным, в черноморских водах СССР с 1954 г. был запрещён.

Несмотря на показательность представленного примера и ярко выраженное негативное воздействие донного траления на популяцию калкана, донные тралы, наряду с сетями, продолжала использовать Турция. В 1970—1988 гг. её объёмы добычи черноморского калкана составляли 82 % общего вылова всех стран, причём в период с 1972 по 1984 гг. интенсивной эксплуатации подвергались не только запасы турецкой популяции калкана, но и западное и северо-восточное стада этого вида в нейтральных водах Чёрного моря. Там турецкий годовой вылов камбалы-калкана доходил до 4 тыс. т [Асага, 1985].

Такой интенсивный промысел на фоне ухудшившейся экологической обстановки [Попова и др., 1979; Шляхов, 1995, Надолинский и др., 1998] в конце концов уже в начале 70-х гг. XX в. привёл к новому сокращению численности калкана. На примере изменения характеристик восточной популяции (рис. 1) видно, что одновременно со снижением общего запаса черноморской камбалы-калкана изменились и качественные характеристики её популяционной структуры. Она приобрела несвойственный для стабильной системы вид: пополнение (особи длиной тела 35—45 см) стало доминировать над остатком (особи >45 см) (рис. 1,Б), снизились средний возраст и размерно-массовые показатели за счёт преобладания рыб младших возрастов (рис. 1,А) [Надолинский и др., 1998].

С 1985 г. в связи предстоящим разделом Чёрного моря на экономические зоны Турция прекратила промысел калкана в нейтральных водах, однако к этому времени запасы его западного и северо-восточного стад оказались подорванными. В территориальном море России они снизились до 1000 т, вследствие чего с 1986 г. приказом Минрыбхоза СССР № 64 от 31.01.1986 г. в СССР был введён полный запрет на промысел калкана [Луц и др., 2005]. Вскоре к этому присоединились Болгария и Румыния.

Отказ Турции присоединиться к решению о полном прекращении промысла калкана в Чёрном море сделал эту страну на срок до 1993 г.



**Рис. 1.** Соотношение групп и размерно-возрастная структура популяции камбалы-калкан в восточной части Чёрного моря (данные за 1960–1979 гг. — Поповой, Винарик [1979]; за 1980–1985 гг. — ЮгНИРО; за 1993–1997 гг. — АзНИИРХ) [примечание по Надолинский и др., 1998]

практически полным монополистом этого вида лова, хотя в эксплуатации его запасов за рамки ареала местной популяции Турция не выходила. Использование донных тралов в совокупности с избыточной промысловой мощностью турецкого рыболовного сектора (как следствие политики государственного стимулирования рыболовства, проводимой турецким правительством в 70–80-х гг. XX в.) крайне негативно отразилось на рыбных запасах Турции.

По оценкам Проданова с соавторами [Prodanov et al., 1997], произведённых на основании когортного анализа размерного состава

уловов, в период между 1989 и 1992 гг. биомасса калкана в водах Турции сократилась в 3,1 раза. Полученные результаты хорошо согласуются с данными Зенгина [Zengin, 2000], по мнению которого в те же годы произошло сокращение биомассы калкана в 3,9 раза (для оценки биомассы был использован независимый от промысла метод). Кроме того, состав турецких траловых уловов 1990–1995 гг., почти на 63 % состоявших из неполовозрелых и мелких особей (в возрасте 0+, 1+, 2+ и 3+), а также величина коэффициента промысловой смертности калкана (0,55–0,71), превышавшая все известные оценки его запасов [Zengin, 2000; 2003], прямо свидетельствовали о переломе этого промыслового объекта.

В это же время (к началу—середине 1990-х гг.) на остальной части ареала распространения *P. taeotica (maxima)* в результате временного запрещения и ограничения промысла произошло частичное восстановление его биомассы. В водах РФ к 1993 г., в результате появления ряда урожайных поколений, биомасса камбалы-калкана возросла до 1500 т.

С 1992 г., после открытия ограниченного промысла калкана, на долю Турции приходилось более 90 % улова всех причерноморских стран (их общая добыча на тот период составляла 1,6–2,2 тыс. т). Снижение с 1991 г. интенсивности рыболовства в большинстве причерноморских стран (исключая Турцию), обусловленное экономическими кризисами из-за их перехода к рыночной экономике, стимулировало возобновление нелегального облова турецкими рыбаками западного и северо-восточного локальных стад черноморского калкана за пределами своих территориальных вод. И снова здесь при интенсивном специализированном промысле применялось донное траление, что явилось фактором, крайне негативно повлиявшим на состояние запасов калкана. Использование донных тралов, а также турецких сетей (чьи конструктивные особенности обусловили увеличение сезонных нагрузок на одну сеть (табл. 2) наряду со значительным неучтённым выловом — все это явилось причинами замедления роста биомассы северо-восточной популяции калкана [Луц и др., 2005].

Прекратить нелегальный облов и ограничить промысел калкана своими территориаль-



**Таблица 2.** Динамика промысловой нагрузки на камбальные сети, выставявшиеся в различные временные периоды в районах черноморского шельфа России [по Луц и др., 2005]

Показатели	Годы	
	1970–1980	1992–2001
Количество камбальных сетей, шт.	1600	900*
Общая протяженность сетей, км	80	90
Сроки промысла	Апрель–июнь	–
Средние уловы на 1 сеть, кг		
Район:		
Керченско-Таманский	До 25	44
Большой Сочи	То же	50
На остальной акватории РФ	Не более 11	–

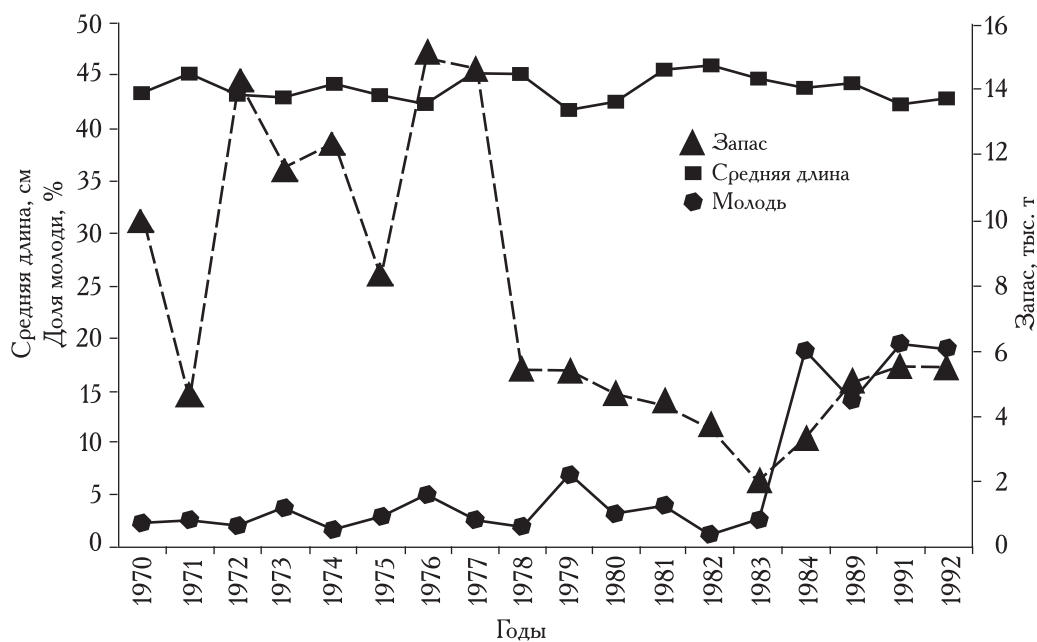
\* Вдоль российского побережья стали применяться турецкие сети, длина которых составляла не менее 100 м.

ными водами Турция была вынуждена с 2002 г., после усиления охраны странами Причерноморья своих экономических зон. В результате этого уловы Турции резко упали до 100–300 т, т. к. в тот период турецкая популяция калкана находилась в крайне угнетённом состоянии. В настоящее время её статус не подвергся боль-

шим изменениям — для турецких запасов камбалы-калкана достоверно установлено всё то же наличие перелома, в отличие от запасов остальных причерноморских стран, весьма интенсивно промышленявших этот ценный объект лова на протяжении всего периода 2000–2008 гг. в своих водах. Обусловлено такое состояние турецкой популяции, главным образом, официально разрешённым в Турции применением донных тралов, на которые ещё в начале нового тысячелетия приходилось 26 % общего вылова калкана (при 72 % уловов камбальными сетями и 2 % кошельковыми неводами) [Zengin, 2003].

Ещё одним фактором, оказавшим значительное негативное воздействие на запасы черноморского калкана, как уже говорилось ранее, явился неучтённый вылов этого ценного промыслового объекта — как браконьерский, так и незаъявленный его прилов, производящийся при неспециализированном промысле.

Весьма показательна в этом плане динамика запаса камбалы-калкана северо-восточной части Чёрного моря (по учётным съёмкам ЮгНИРО) в период 70–80-х гг. XX в. (рис. 2). Из рисунка видно, что до 1977 г. численность калкана колебалась в пределах 10–15 тыс. т, что, в совокупности с положительным трендом

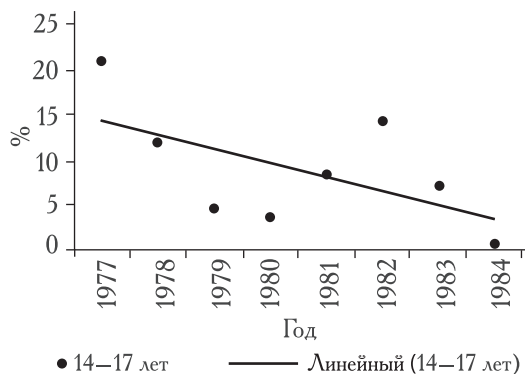


**Рис. 2.** Динамика запаса калкана, его средней длины и доли молоди в северо-восточной части Чёрного моря (Новороссийск–Феодосия), по данным учётных траловых съёмок ЮгНИРО (коэффициент уловистости учётного трала 0,15)

годовых уловов объяснялось незначительностью влияния применявшихся на промысле пассивных орудий лова (камбальных сетей и наживных крючьев).

Обвальное, более чем 2-кратное сокращение запасов калкана в течение всего лишь одного года (1977) и последующий, менее резкий, отрицательный тренд их показателей связывают с открытием промысла шпрота разноглубинными тралами в исследуемом районе. При этом довольно низкая (до 1984 г.) доля молоди калкана в учётных тралах и незначительность флуктуации средней длины рыб по годам (см. рис. 2) свидетельствовали об относительной стабильности структуры популяции. Такая ситуация в сочетании с явно выраженной тенденцией уменьшения численности промыслового объекта объяснялась только приблизительно равным темпом изъятия всех размерных и возрастных групп калкана, что, вероятнее всего, было обусловлено сочетанием высокой интенсивности тралового промысла с не менее высокой интенсивностью сетного турецкого промысла. Последствия такой чрезмерной промысловой деятельности после 1977 г. не замедлили проявиться в уменьшении в популяции доли рыб самых старших возрастных групп (рис. 3).

Представленный пример взаимосвязи падения численности калкана с открытием промысла шпрота разноглубинными тралами говорит довольно значительных объёмах его изъятия в качестве прилова. В настоящее время эта проблема более чем актуальна, т.к. в черноморской



**Рис. 3.** Динамика относительной численности старших возрастных групп (14–17 лет) калкана в северо-восточном районе Чёрного моря после начала интенсификации тралового лова шпрота и турецкого камбального промысла сетями и тралами (по данным ЮгНИРО)

рыболовственной деятельности статистический учёт приловов происходит очень необъективно, сведения о них подаются заниженные, приводя тем самым к превышению размеров выделяемых квот и в конечном итоге к перелову. Сегодня в качестве прилова изымается большинство черноморских промысловых объектов. Для примера, в российской зоне Чёрного моря основную часть добычи специализированного промысла составляют всего 3 вида рыб — хамса, шпрот и барабуля, остальные — в большей степени прилавливаются, а приловы камбалы-калкана составляют одну из самых значительных величин и доходят до 85 % от общего вылова (табл. 3).

Основными промысловыми орудиями, применяемыми сегодня в территориальном море России, являются разноглубинные тралы [Луц, Дахно и др., 2005]. Кроме того, на российском шельфе Чёрного моря применяются кошельковые и ставные невода, а также ставные сети и яруса. В зависимости от условий ведения промысла различаются и величины приловов калкана (табл. 4).

Как видно из таблицы, наибольший прилов калкана на российском шельфе изымается при целевом промысле шпрота (44 т) (в период 1998–1999 гг. они достигали 63,2 т) [Надолинский, 2000]. Почти на порядок меньше величина приловов при промысле хамсы (3,7 т) и мерланга (3,6 т). Ещё почти в 3 раза меньше величина прилова калкана (1 т), изъятая при промысле акулы катранскими сетями. Причиной таких значительных величин приловов являются довольно сходные условия промысла (время, глубина траления, техника лова и пр.) объектов специализированного лова и калкана. В период 2000–2003 гг. среднегодовые величины приловов калкана в разноглубинных тралах доходили до 45 кг/т, а в ставных катранских сетях — до 10–15 кг/т. Помимо этого, довольно значительные приловы калкана (до 40 кг/т) получали при ярусном промысле [Надолинский, 2004]. Правда, в российской зоне Чёрного моря лов рыбы наживными крючьями имел и имеет второстепенное значение, и его уловы отмечаются лишь эпизодически.

Проблема неучтённого прилова в современном промышленном рыболовстве является одной из наиболее острых и напрямую связана

**Таблица 3.** Среднегодовой специализированный вылов и среднегодовой прилов промысловых рыб на шельфе северо-восточной части Чёрного моря в 1993–2004 гг. [Надолинский и др., 2006]

Показатели	Вид рыб											
	Хамса	Шпрот	Мерланг	Ставрида	Барабуля	Камбала-калкан	Акула	Скат	Сарган	Смарид	Глосса	Бычки
Среднегодовой специализированный вылов, т	5000	6100	180	20	83	9	16	20	0,5	2	1	1
Среднегодовой прилов, т	610	112	419	33	43	52	59	94	2,5	6	4	17
Суммарная среднегодовая добыча, т	5610	6212	599	53	126	61	75	114	3	8	5	18
Добыча в качестве прилова, %	11	2	70	62	34	85	78	82	83	75	80	94

**Таблица 4.** Средний прилов (кг/т) камбалы-калкан при неспециализированном промысле 2004 г. [Надолинский, Дахно, 2006]

Промысел	Время года				В среднем	В среднем по районам	Вылов основного объекта	Общий вылов калкана
	зима	весна	лето	осень				
Траловый								
Шпрот							6100	44
Керченское предпроливье	–	4,2	4,3	4,1	4,2	7,3		
Новороссийск–Туапсе	–	20,0	5,7	5,7	10,5			
Хамса								
Черноморский шельф РФ	0,4	–	–	1,8	1,1	–	3400	3,7
Мерланг								
Малый Утриш–Южная Озереевка	–	40,9	18,1	26,3	28,4	20,2	180	3,6
Лазаревское–Адлер	–	9,4	5,6	21,1	12,0			
Ставными сетями								
Катран							16	1,0
Керченско-Таманский район	15,3	47,4	29,1	–	30,6			
Кавказский район	760,1	0,5	102,7	–		287,8	147,2	

с сохранением водных биоресурсов и их рациональным использованием. А принятая на сегодняшний день практика добычи рыбы на Чёрном море, производящаяся преимущественно по принципу монопромысла, может привести к перелову отдельных видов рыб (в нашем случае — калкана) и, как следствие, к подрыву их запасов. Это наглядно демонстрирует пример расчёта величины улова калкана, добытого на российском шельфе за 1998–1999 гг. По данным исследований за рассматриваемый промысловый сезон одной камбальной сетью вылавливалось более 40 кг камбалы, а катраньей сетью — 3,6 кг. Прилов камбалы в разноглу-

бинных тралах при промысле шпрота достигал 50–60 кг на 1 т улова. Произведённые расчёты (с учётом количества сетей, рабочих дней и уловов шпрота) показали, что добыча черноморского калкана только разрешёнными орудиями лова в 1998–1999 гг. колебалась в пределах 70–100 т, составляя в среднем 85 т, что значительно превышало данные статистики. В совокупности с уловами, полученными неучтёнными орудиями лова (примерно такое же количество), общая добыча черноморского калкана составляла в среднем 160–170 т в год, что более чем в 1,5 раза превысило определяемую квоту (100 т) [Надолинский, 2000].

Аналогично, используя данные среднегодовых приловов камбалы-калкана за десятилетний период (1993–2004 гг.) (см. табл. 4) можно приблизительно рассчитать приловы калкана, полученные при неспециализированном промысле в 2010 г. (табл. 5). Рассчитанный объём общего возможного прилова калкана за 2010 г., полученного при ведении промысла шпрота, хамсы, мерланга и катрана, составляет 57,15 т, что более чем в 2 раза превышает официальные данные улова камбалы-калкана за этот год (25,16 т) и почти в 1,5 раза больше установленного лимита ОДУ (40 т). Таким образом, на сегодняшний день в черноморском рыбном промысле продолжает осуществляться утвердившаяся практика предоставления некорректной (заниженной) информации полученных уловов камбалы-калкана, что способствует подрыву запасов этого ценного промыслового объекта.

**Таблица 5.** Расчёт приловов калкана рыбохозяйственными организациями и предприятиями России в Азово-Черноморском бассейне за 2010 г.

Объекты промысла	Общие уловы в Чёрном море, т	Среднегодовой прилов калкана за 1993–2004 гг.*, кг/т	Общий возможный прилов калкана за 2010 г., т
Шпрот	5908,55	7,3	43,13
Хамса азовская	12009,63	1,1	13,21
Мерланг	24,02	14,2	0,34
Акула-катран	8,54	54,5	0,47
Итого			57,15

\* Данные по [Надолинский и др., 2006].

Каковы объёмы неучтённого изъятия запаса калкана в виде незаявленных приловов в других причерноморских государствах, мы точно вычислить не можем, т.к. методика пересчёта требует использования среднескользящих данных по приловам с привязкой к конкретным условиям промысла (место, время, орудия лова и пр.), которыми мы не располагаем. Но предположить, насколько значительны их объёмы, мы можем исходя из того, что сегодня рыболовство всех причерноморских стран базируется, главным образом, на вылове мелкосель-

девых видов рыб (хамса, шпрот) и мерланга (табл. 6, 7).

Как видно из таблицы, наибольшая доля общих уловов приходится на хамсу (78 %), значительно меньше (9,7 %) составляет шпрот, 4 % — мерланг.

В настоящее время (см. табл. 7) в сздачах морских уловов Турции преобладает хамса — 60–70 %. Уловы траловых судов Болгарии в своей подавляющей части представлены шпротом, а в качестве прилова отмечаются и такие ценные промысловые виды, как калкан. Основными объектами промысла Украины в Азовском и Чёрном морях являются европейский шпрот, европейский анчоус (хамса), судак, кефалевые, камбала-калкан. Причём около 20 % уловов калкана изымается в качестве прилова в катраньи сети или наживными крючками. Более 95 % общего черноморского улова, произведённого в территориальном море России, составляют хамса и шпрот (17,9 тыс. т), при этом на долю разноглубинного трала приходится более 90 % всей российской добычи черноморской рыбы. Таким образом, возможные объёмы неучтённых приловов калкана, возрастая до общечерноморских масштабов, представляются довольно значительными. И они, несмотря на некоторые особенности в ведении рыбопромысловой деятельности каждой отдельной страной, должны полностью учитываться, чтобы предотвратить истощение запасов этого объекта промысла.

Принимая во внимание то, что приловы калкана являются обязательным сопутствующим фактором лова основных объектов черноморского промысла, изменить условия которого не представляется возможным, необходимо изыскать действующие альтернативы для предотвращения перелова этого ценного вида рыб. Несомненно, на первом этапе была бы важна организация учёта объёмов изъятия камбалы-калкана в качестве прилова при неспециализированном промысле. В этом направлении хорошо показала себя методика расчёта состава и структуры получаемых уловов, разработанная и опробованная на практике специалистами АзНИИРХ [Надолинский и др., 2006]. В её основу положен принцип использования среднескользящих величин прилова на 1 т добываемого объекта по районам промысла, сезонам

**Таблица 6.** Средние уловы рыб (по видам) за период 1993–2002 гг. в Чёрном море всеми причерноморскими странами [по данным ФАО, 2011]

Показатели	Объект промысла												Всего
	Хамса	Шпрот	Мерлан	Ставрида	Барабуля	Кефаль	Камбала	Акула	Скат	Сарган	Луфарь	Прочие	
Средний вылов, тыс. т	291,2	36,222	14,593	8,774	1,430	8,347	1,925	1,634	0,424	0,468	4,967	1,529	371,5
Доля от общего улова, %	78,38	9,75	3,93	2,36	0,38	2,25	0,52	0,44	0,11	0,13	1,34	0,41	100

**Таблица 7.** Вылов отдельных видов водных биологических объектов (ВБО) причерноморскими странами в подрайоне ГФКМ «Чёрное море» за период 2003–2009 гг., т [Fishstat Plus, 2011]

Объект промысла, страна	Год						
	2003	2004	2005	2006	2007*	2008*	2009*
ШПРОТ	62716	49466	53668	35071	39962	72772	91365
Болгария	9155	2889	2575	2655	2985	4310	4551
Грузия	2	12	10	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
РФ	20974	14324	13889	10616	6815	7814	8733
Румыния	1219	1350	1487	491	228	234	92
Украина	31366	30891	35707	21309	18013	21111	24604
ХАМСА	289193	322711	135109	232334	417982	298177	255165
Болгария	131	88	14	6	60	28	42
Грузия	2665	2562	2600	9222	17447	25938	24500
РФ	7999	7323	6706	3925	6636	9492	11261
Румыния	160	135	154	10	39	15	21
Турция	266069	306656	119255	212081	385000	251675	204699
Украина	12169	5947	6380	7090	8800	11029	14642
КАЛКАН	419,2	466,7	734,5	968,5	1178,8	895,7	780,3
Болгария	41	16	13	15	67	55	52
РФ	11,2	1,7	7,5	6,5	6,8**	4,7**	24,3**
Румыния	24	42	37	32	57	47	49
Турция	219	274	548	747	769	528	383
Украина	124	133	129	168	279	261	272
МЕРЛАНГ	7347	7490	6870	7914	13266	12406	11271
Болгария	13	2	3	<0,5	16	<0,5	2
Грузия	45	29	30	37	41	15	15
РФ	93	55	78	60	99	96	49
Румыния	113	118	92	5	106	55	42
Турция	7062	7243	6637	7797	12940	12231	11146
Украина	21	43	30	15	64	9	17
ВСЕГО	359675	380134	196381	276287	472389	384251	358581

\* За период 2007–2009 гг. показаны уловы причерноморских стран в Средиземном и Чёрном морях, Украины — в Чёрном и Азовском морях (37-й район ФАО).

\*\* Российские уловы калкана включают только уловы в Чёрном море.

года, орудиям лова. Определение величин приловов, в свою очередь, поможет выявить реальные объёмы изъятия черноморского калкана, которые в конечном итоге будут учтены при выдаче рыбодобывающим организациям квот на его вылов (принцип заблокированных квот). Кроме того, как учёным, так и организациям, осуществляющим контроль за ведением промысла, необходимо обратить особое внимание на правдивость предоставляемой статистики по получаемым объёмам приловов камбалы-калкана, разработать действующие алгоритмы (рычаги стимулирования) предоставления объективных данных по производимым приловам. Вероятно, для рыбаков одним из факторов, сдерживающих работу «прозрачной» схемы получения сведений по приловам калкана, является довольно малый объём разрешённых ОДУ (40 т), и они вынуждены скрывать реальные выловы, чтобы избежать штрафных санкций. В этом случае, вариантом решения может стать рассмотрение вопроса об увеличении объёмов ОДУ (предположительно до 100 т), что позволит рыбопромысловым организациям подавать правдивые сведения, не превышая границ разрешённых выловов.

В качестве одного из способов уменьшения рыболовного прессинга на запасы калкана можно рассматривать и ограниченное применение разноглубинных тралов и катранных сетей в местах наибольших скоплений этого ценного промыслового объекта, особенно во время его нереста [Надолинский, 2004]. В любом случае вопрос о воздействии тралового промысла малоценных видов рыб на состояние запасов черноморского калкана очень важен, требует дальнейшей разработки и принятия новых управленческих решений.

Предотвращение чрезмерного изъятия запасов камбалы-калкана — это только одна сторона вопроса, существует и другая. В настоящее время единственным источником увеличения численности черноморского калкана в северо-восточной части Чёрного моря является его естественное воспроизводство. Интенсивность его значительно снижена (как следствие прессинга избирательного промысла), и скорость пополнения популяции не обеспечивает компенсацию ежегодного изъятия промыслом 6–10 % запаса калкана. Медленные темпы естествен-

ного воспроизводства (даже в условиях запрета на промысел); наибольшая смертность калкана в период пелагической фазы (эмбриональной и личиночной) его развития; многочисленные факторы (температура воды, обеспеченность кормовыми организмами, пресс хищников-планктофагов, течение и ветры), влияющие на выживаемость калкана во время эмбрионального периода — все это говорит о чрезвычайно уязвимом состоянии калкана именно на этой фазе развития. До этапа вылупления личинок выживает не более 1 % эмбрионов, до 3–4-летнего возраста — около 10–15 особей на каждый миллион выметанной икры [Попова, 1975; данные АзНИИРХ].

При такой чрезвычайно низкой эффективности естественного воспроизводства черноморского калкана единственной действенной мерой для восстановления промыслового значения этого ценного вида является обеспечение регулярного выпуска в море его жизнестойкой молоди, полученной в искусственных условиях. Такая мера (по аналогии с выпуском молоди осетровых и лососевых) может стать эффективным методом увеличения численности естественной популяции калкана и поддержания её на уровне, позволяющем вести стабильный промысел.

Проблемы искусственного разведения калкана начали прорабатываться ещё в конце 1960 — начале 1970-х гг. несколькими научными организациями. В результате была подробно изучена биология, отработаны методы получения и инкубации икры, подрачивания молоди калкана, а также инкубации живых кормов для неё [Биологические основы ..., 1975; Чепурнов и др., 1985]. Эти исследования продолжались и в последующие годы, в результате чего ВНИРО была разработана высокоэффективная технология разведения камбалы-калкана, создан и успешно функционировал опытно-промышленный модуль. Результатом его работы явился ежегодный выпуск в течение трёх лет (1995–1997 гг.) по 50 тыс. экз. жизнестойкой молоди камбалы-калкана, которая составила около 20 % численности пополнения его среднеурожайного поколения. Действенность применяемой методики подтвердилась увеличением численности молоди калкана в районе Анапской банки (район выпуска), зарегистриро-

ваным ЮгНИРО, и оценкой его поколений 1993–1996 гг. (по данным АзНИИРХ) как высокоурожайных. Таким образом, взаимосвязь этих фактов наглядно продемонстрировала возможность ускоренного восстановления популяции калкана с применением методов искусственного воспроизводства.

На сегодняшний день ВНИРО подготовлен технический проект с комплектом рабочей документации на строительство фермы по разведению калкана мощностью 150 тыс. экз. молоди для ежегодного выпуска в Чёрное море. Такое пополнение через 10–12 лет обеспечит как минимум пятикратное увеличение численности промысловой части популяции [Маслова и др., 2000; Маслова, Дергалёва, 2001; Маслова, Разумеев, 2001], с дальнейшей перспективой повышения объёма годового вылова до 0,8–1,0 тыс. т (уровень 1950-х гг.). По завершении восстановительного периода продолжение работ по искусственному воспроизводству калкана обеспечит ежегодный интенсивный промысел с изъятием до 25 % промыслового запаса калкана без риска подрыва численности его популяции. Кроме того, организация товарного выращивания камбалы-калкана позволит наладить её стабильные поставки на рынок, создавая, таким образом, конкуренцию браконьерству.

Несмотря на то что результаты российских исследований в области разведения и товарного выращивания камбалы-калкана по ряду показателей превосходят мировые достижения [Патент РФ № 2073437 «Способ разведения черноморской камбалы-калкан», бюл. № 5, 1997], они, к сожалению, до сих пор так и не вышли за рамки экспериментов. Причём на сегодняшний день положение ещё более усугубилось тем, что все работы по воспроизводству морских объектов (включая опробованную методику получения жизнестойкой молоди камбалы-калкана) полностью прекратились. В странах Западной Европы на сегодняшний день индустриальное производство посадочного материала и товарной рыбы морских видов (тюрбо, морского окуня, морского карася, трески, палтуса, морского языка и др.), напротив, уже хорошо налажено. В последнее десятилетие объёмы выращивания угря и тюрбо (близкородственного черноморскому калкану вида сем. Scorpha-

thalmidae) увеличились в 14 раз за счёт строительства новых питомников и товарных ферм. Весьма показательны темпы роста объёмов продукции турецкой аквакультуры (восьмикратное увеличение в период 1996–2006 гг.), в которой в последние годы также прилагаются большие усилия по промышленному выращиванию альтернативных видов рыб, включая камбалу-калкан.

Учитывая такой показательный зарубежный пример и имея успешно зарекомендовавшую себя технологию выращивания жизнестойкой молоди, положительный опыт и интеллектуальную базу, российской аквакультуре необходимо возобновить работы по искусственному воспроизводству калкана и активно внедрять полученные результаты на практике. На сегодняшний день ФГУП «ВНИРО» подготовлены рыбо-водно-биологические обоснования (РБО) для организации двух предприятий (строительство завода по воспроизводству камбалы-калкана в пос. Катково-Щель Лазаревского района Краснодарского края и реконструкция «Кизилташского нагульно-воспроизводственного кефалево-калканового хозяйства» в пос. Джигинка Анапского района Краснодарского края), имеющих целью реализовать воспроизводство камбалы-калкана в промышленных масштабах. Оба проекта планировались к осуществлению в рамках Федеральной целевой программы (ФЦП) «Повышение эффективности использования и развитие ресурсного потенциала рыбохозяйственного комплекса в 2009–2013 гг.» и первоначально даже входили в неё. Но, к сожалению, впоследствии по необъяснимым причинам были выведены из списка финансируемых ФЦП работ, что опять отдалило реализацию производства по восстановлению запасов калкана на промышленном уровне на неопределённый срок. Учитывая, что разработанные ФГУП «ВНИРО» проекты в конечном итоге призваны не только расширить ресурсную базу рыболовства, но и удовлетворить растущий спрос населения Российской Федерации на рыбную продукцию, что созвучно первоочередным задачам Программы, необходимо снова изыскать возможности и включить вышеуказанные РБО в программный список.

Возможно, для развития воспроизводства калкана весьма полезна была бы организация

международного обмена новейшими технологиями, полученным опытом, выращенной продукцией. Подобный выход выращивания жизнестойкой молоди калкана на промышленный уровень способствовал бы восстановлению его численности на всём черноморском шельфе.

Несмотря на то что отсутствие протяжённых перемещений промысловой части популяции камбалы-калкана вдоль берега позволяет формировать и эксплуатировать её в пределах черноморской акватории одной страны, однако на каждом из причерноморских государств лежит огромная ответственность в области суверенного регулирования запасов калкана. Сходство проблем, связанных с сохранением популяционной структуры этого ценного промыслового объекта, возникающих во всей черноморской рыбной отрасли, во многих отношениях определяет необходимость международного согласования этого вопроса.

Корректировка с помощью международного регулирования неправильной эксплуатации запасов калкана (применение донных тралов) одной страной (Турцией), возможно, предотвратила бы истощение турецкой популяции. Кроме того, своевременная разработка международных нормативных актов, запрещающих применение донных тралов при промысле калкана на всей черноморской акватории, значительно снизила бы рыболовный прессинг на западную и северо-восточную популяции калкана, который они испытывали из-за нелегального промысла, производимого Турцией в различные периоды вне своих территориальных вод.

Проблема незаявленных приловов также выходит за рамки одностороннего регулирования. Основные приловы калкана производятся при промысле короткоциклических массовых пелагических видов рыб (хамса, шпрот), которые находятся в совместном пользовании всех государств бассейна Чёрного моря, и регулирование их промысла регламентируется международными соглашениями. Принимая во внимание масштабы неконтролируемых приловов черноморского калкана, данную проблему необходимо рассматривать при участии всех причерноморских стран.

Необходимость международного согласования регулирования запасов калкана обосновывается и смещением частей различных популя-

ций в смежных зонах, и постоянным «дрейфом» (смещением) наибольших скоплений (концентраций) объектов промысла внутри одной популяции, что выводит рассмотрение вопроса о регулировании численности популяции за рамки политики одного государства. Так, популяция калкана северо-восточной части Чёрного моря и Керченского предпроливья представляет собой общий для России и Украины запас, поэтому любое изменение мер регулирования его промысла или промысла других объектов, если это сказывается на запасе калкана, целесообразно согласовывать, например, в рамках Российско-украинской комиссии по вопросам рыболовства в Азовском море или какой-либо другой совместной организации.

Кроме того, поскольку данный вид является ценным объектом промысла для третьих стран, было бы желательно согласовать подходы к оценке его запасов не только между Россией и Украиной, но и между другими заинтересованными причерноморскими странами. Отсутствие единообразия в применяемых методах изучения популяционной структуры калкана (Россией и Украиной зачастую применяются различные методики оценки численности калкана, на турецком шельфе практически не ведется целевых исследований его запасов) усложняет своевременное определение состояния популяций (перелавливаются, эксплуатируются в максимальном объёме или недолавливаются). В дальнейшем объективное сравнение данных по запасам этого вида, полученных разными странами, позволит более эффективно регулировать промысел на основе всей доступной информации состоянии популяций черноморской камбалы-калкана.

В международном сообществе причерноморских стран уже сегодня наметилась тенденция к рассмотрению с повышенным вниманием проблем, связанных с промыслом *Scophthalmus taеoticus*. Необходимость текущих и дальнейших исследований динамики численности и промысловых запасов черноморского калкана была отмечена в ходе 13-й встречи Научно-консультационного комитета ГКРС (Генеральной комиссии по рыболовству в Средиземноморском регионе, GFCM SAC), которая прошла в Марселе (Франция) с 7 по 11 февраля 2011 г. На этой встрече представителем Болгарии была подчеркнута важность исследований



популяций калкана, проводимых научным, техническим и экономическим рыбохозяйственным комитетом ЕС (STECF-EU). Представителями Турции наряду с благодарностью ЕС за усилия, предпринимаемые в области сохранения запасов калкана, была также выражена готовность участвовать в программах исследования и сохранения этого вида [пп. 128 и 130, FAO, 2011].

В конечном итоге межгосударственное согласование оценки запасов калкана как обитателя прибрежных вод Чёрного моря вполне вписывается в концепцию создания эффективной системы комплексного управления прибрежными зонами (КУПЗ), которая была отражена в решении международной конференции ООН по охране окружающей среды и устойчивому развитию (Рио-де-Жанейро, 1992). А вопросы, связанные с сохранением и приумножением запасов черноморской камбалы-калкана, могут с успехом пополнить список программ КУПЗ международного и национального уровней, к реализации которых подключились уже около 90 стран.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Александров А.И. 1923. Крымское рыболовство // Рыбное хозяйство. Кн. 2.— С. 133–162.
- Биологические основы морской аквакультуры / Под ред. В.Н. Грезе.— Киев: Наукова Думка, 1975.— 75 с.
- Данилевский Н.Я. 1871. Исследования о состоянии рыболовства в России.— С.-Петербург. Т. VIII.— 316 с.
- Дахно В.Д., Луц Г.И., Надолинский В.П., Рогов С.Ф. 2006. Распределение, состояние запасов и промысел основных видов морских рыб по районам черноморского шельфа России // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоёмов Азово-Черноморского бассейна (2004–2005 гг.): Сборник научных трудов АзНИИРХ.— Ростов-на-Дону: Эверест.— С. 172–175.
- Карпеткова М. 1964. О распределении и миграциях камбалы-калкан вдоль болгарского побережья Чёрного моря // Труды Института Океанологии. Т. 16.— С. 61–85.
- Луц Г.И., Дахно В.Д., Надолинский В.П., Рогов С.Ф. 2005. Рыболовство в прибрежной зоне Чёрного моря // Рыбное хозяйство. № 6.— С. 54–56.
- Луц Г.И., Рогов С.Ф., Дахно В.Д. и др. 2003. Состояние запасов и прогноз ОДУ морских рыб Азово-Черноморского бассейна // Мат-лы междунар. конф. «Режим и биологические ресурсы Азово-Черноморского бассейна: проблемы устойчивого развития рыбного хозяйства». Ростов-на-Дону, 17–19 декабря 2003 г. Ростов-на-Дону.— 160 с.
- Маслова О.Н., Дергалёва Ж.Т. 2001. К проблеме восстановления биоресурсов Чёрного моря // Мат-лы междунар. научн. конф. «Проблемы сохранения экосистем и рационального использования биоресурсов Азово-Черноморского бассейна». Ростов-на-Дону, 08–12 октября 2001 г.— Ростов-на-Дону.
- Маслова О.Н., Разумеев Ю.В. 2001. Морское рыболовство — эффективный элемент формирования промысловых запасов // Мат-лы междунар. научн. конф. «Проблемы сохранения экосистем и рационального использования биоресурсов Азово-Черноморского бассейна». Ростов-на-Дону, 08–12 октября 2001 г.— Ростов-на-Дону.
- Маслова О.Н., Разумеев Ю.В., Бурлаченко И.В. 2000. Инструкция по опытно-промышленному разведению и выращиванию посадочного материала камбалы-калкана.— М.: ВНИРО.— 43 с.
- Надолинский В.П. 2004. Многовидовой промысел на шельфе северо-восточной части Чёрного моря // Тез. докл. научно-практич. конф. «О приоритетных задачах рыбохозяйственной науки в развитии рыбной отрасли России до 2020 г.». Москва, 24–25 ноября 2004 г.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 108–110.
- Надолинский В.П., Дахно В.Д. 2006. Многовидовой промысел на шельфе северо-восточной части Чёрного моря // Рыбное хозяйство. № 6.— С. 56–59.
- Надолинский В.П., Дахно В.Д., Филатов О.В. 2002. Пространственно-временное распределение промысловых видов рыб в северо-восточной части Чёрного моря // Осн. пробл. рыбн. хоз-ва и охраны рыбохоз. водоёмов Азово-Черноморского бас. (2000–2001 гг.): Сб. научн. тр. АзНИИРХ. Ростов-на-Дону.— С. 369–381.
- Надолинский В.П., Дахно В.Д., Кольвах С.А. 1998. Камбалы российских вод Чёрного моря // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоёмов Азово-Черноморского бассейна (1996–1997 гг.): Сб. научн. тр. АзНИИРХ.— Ростов-на-Дону.— С. 161–167.
- Надолинский В.П. 2000. Естественное воспроизводство и промысел черноморского калкана в северо-восточной части Чёрного моря // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоёмов Азово-Черноморского бассейна (1998–1999 гг.): Сб. научн. тр. АзНИИРХ.— Ростов-на-Дону.— С. 114–120.
- Попова В.П. 1954. Распределение камбалы в Чёрном море // Тр. ВНИРО. Т. 28.— С. 151–159.
- Попова В.П. 1955. Влияние тралового лова на состав стада камбалы-калкана в северо-восточной части Чёрного моря // Тр. АзчерНИРО. Вып. 16.— С. 455–459.
- Попова В.П. 1966. Некоторые закономерности динамики численности камбалы-калкана Чёрного моря // Тр. АзчерНИРО. Вып. 24.— С. 87–95.
- Попова В.П. 1967. Методы оценки состояния запасов камбалы в Чёрном море // Тр. ВНИРО. Т. 62.— С. 197–204.

- Попова В.П. 1975. Исследования биологии камбалы-калкана в связи с вопросами её искусственного воспроизводства // Биологические основы морской аквакультуры. Вып. 1. Киев: Наукова Думка.— С. 5–12.
- Световидов А.Н. 1964. Рыбы Чёрного моря.— М.-Л.: Наука.— 551 с.
- Челеби Э. 1996. Книга путешествий. Походы с татарами и путешествия по Крыму (1641–1667 гг.).— Симферополь: Таврия.— 240 с.
- Чепурнов А.В., Битюкова Ю.Е., Ткаченко Н.К. 1985. Выращивание личинок морских рыб в установках с замкнутой циркуляцией воды // Биологические основы аквакультуры в морях европейской части СССР.— М.: Наука.— С. 97–109.
- Acara A. 1985. The Black Sea turbot. State Planning Organization.— Ankara, Turkey.
- Ivanov L., Beverton R.J.H. 1985. The Fisheries Resources of the Mediterranean // FAO studies and reviews. Part two: Black Sea.— P. 135.
- FAO Fisheries and Aquaculture report No. XXX // Report of the thirteenth session of the Scientific Advisory Committee.— Rome: FAO, 2011. 85 p.
- Fishstat Plus v 2.32.— Rome: FAO, 2011.
- Prodanov K., Daskalov G.M., Mikhailov K., Maxim K., Chash-chin A., Arkhipov A., Shiyakhov V., Ozdamar E. 1997. Environmental Management of Fish Resources in the Black Sea and Their Rational Exploitation // Studies and Reviews. GFCM. V. 68.— Rome: FAO. 178 p.
- Suzuki N., Nishida K., Yoseda C., Ustundag C., Amoka K. 2004. Phylogeographic Relationships with the Mediterranean Turbot Inferred by Mitochondrial DNA Haplotype Variation // Fish Biology. V. 65.— P. 1–6.
- Zengin M. 2000. Türkiye'nin Dogu Karadeniz Kilyilandaki Kalkan (*Scophthalmus maeoticus*) Baligmm Biyokolojik Ozelikleri ve Populasyon Parametleri.— Doktora Tezi. KTU Fen Bilimleri Estitusu. Balikilik Teknolojisi Mtihendisligi Anabilim Dalı.— P. 225.
- Zengin M. 2003. The Current Status of Turkey's Black Sea Fisheries and Suggestions on the Use of Those Fisheries // Workshop on Responsible Fisheries in the Black Sea and the Azov Sea, and Case of Demersal Fish Resources. April 15–17 2003. Sile, Istanbul. BSEF (Black Sea Environmental Programme): Country Report.— 34 p.

Поступило в редакцию 06.12.11 г. Принято после рецензии 20.03.12 г.

## The Black Sea Turbot: the Stocks' Conditions and the Ways of Their Preservation and Restoration

*M.I. Kumantsov*

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

The dynamics of stock status and turbot's catches in the Black Sea are characterized. The factors, making the greatest negative impact on number of this species are defined. The data on fishing of turbot by the Black Sea countries, including Turkey, are resulted. The unstable condition of stocks is ascertained. The ways of restoration of turbot's number, including by means of artificial reproduction technology, developed by FSUE «VNIRO» are offered.

**Key words:** Black Sea, black sea turbot, stocks, trawl fishing, unreported fishing, artificial reproduction, technology of VNIRO.

УДК 597.587.9.591.639

**Разведение и товарное выращивание черноморской камбалы-калкана *Scophthalmus taeoticus*: проблемы и методы**

О.Н. Маслова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО).  
E-mail: ktotam2@post.ru

Анализируется информация о достижениях стран Западной Европы и Турции в области разведения и товарного выращивания тюрбо *Scophthalmus maximus* — близкородственного черноморскому калкану *S. taeoticus* вида. Представлены результаты исследований ВНИРО по разработке технологии разведения черноморского калкана, а также её практической реализации. Показана принципиальная возможность повышения численности естественной популяции калкана путём выпуска в море молоди, полученной в искусственных условиях. Обсуждаются возможные перспективы развития искусственного воспроизводства и товарного выращивания калкана в условиях черноморского побережья России при реализации накопленного научного потенциала с учётом имеющихся прибрежных морских акваторий.

**Ключевые слова:** тюрбо, калкан, разведение, товарное выращивание, искусственное воспроизводство.

Черноморская камбала-калкан *Scophthalmus taeoticus* и атлантический тюрбо *S. maximus*<sup>1</sup> (Scophthalmidae) — ценные промысловые рыбы, пользующиеся большим спросом у населения благодаря высоким вкусовым качествам мяса. Это обстоятельство, наряду с ограниченными возможностями промысла по насыщению рынка, послужило предпосылкой для

<sup>1</sup> Согласно результатам современных исследований, черноморский калкан *S. taeoticus* (синоним *Psetta maxima taeotica*) не имеет таксономически значимых генетических и морфологических различий с атлантическим тюрбо *S. maximus* (синоним *P. maxima*) [Амаока et al., 2001; Suzuki et al., 2004; Воронина, 2010]. Принимая во внимание, что положение тюрбо в рамках рода *Scophthalmus* достаточно убедительно обосновано [Bailly, Chanet, 2010], в настоящей работе латинские названия тюрбо и калкана приводятся по FishBase [Froese, Pauly, 2011].

признания этих дорогостоящих видов перспективными объектами марикультуры. Программа по созданию метода промышленного культивирования тюрбо стартовала в Шотландии в начале 1970-х гг. [Jones, 1972; Jones et al., 1974]. В это же время в СССР были начаты исследования по изучению калкана с целью разработки технологии получения его жизнестойкой молоди в искусственных условиях [Попова, 1975; Спекторова и др., 1975; Аронович и др., 1977; Битюкова и др., 1978].

В настоящее время атлантический тюрбо является объектом марикультуры практически во всех странах Западной Европы, в прибрежных водах которых он обитает (Испания, Франция, Португалия, Нидерланды, Германия, Норвегия, Великобритания, Исландия, Дания, Ирландия). В 2009 г. объёмы его продукции до-

стигли 9238 т [FAO, 2011], что в 1,6 раза превышает величину вылова тюрбо в море этими странами. По экспертной оценке [Bjørndal, Øiestad, 2011], в случае реализации планов Португалии по расширению масштабов выращивания можно было ожидать увеличение продукции тюрбо до 16500 т уже в 2012 г.

Разработанная для черноморского калкана технология разведения была успешно апробирована в опытно-промышленных масштабах [Маслова, 1995; Маслова, Бурлаченко, 1997; Маслова и др., 1998, 2000; Maslova, 2002; Маслова, Разумеев, 2003], однако не нашла практического применения, и этот вид по-прежнему остаётся в категории «перспективных» объектов марикультуры.

Цель данной работы — ретроспективный анализ состояния марикультуры тюрбо, подведение итогов отечественных исследований и опытно-промышленных работ по разведению калкана и оценка перспектив развития искусственного воспроизводства и товарного выращивания калкана в условиях черноморского побережья России.

**МАРИКУЛЬТУРА ТЮРБО.** Камбалы были одними из первых морских рыб, в отношении которых в странах Западной Европы предпринимались попытки разведения в искусственных условиях. Поиск способов, противодействующих истощению прибрежных стад, приобрёл актуальность ещё в середине XIX в.: уже в то время наблюдалось сокращение численности разных видов камбал в результате чрезмерной промысловой нагрузки. Считалось, что масштабный выпуск в море личинок морских рыб сможет остановить процесс сокращения эксплуатируемых запасов, именно по этому в 1880—1890-х гг. в Норвегии, Шотландии и Англии были построены первые рыбоводные заводы для инкубации икры камбал и трески [Shelbourne, 1964]. Первые годы XX столетия Шелбурн [1964] называет «золотой эрой развития морского рыбоводства»: промышленные рыбоводные предприятия создавались во многих странах, ежегодный объём выпуска продукции вдоль побережья Европы исчислялся сотнями миллионов личинок на этапе эндогенного питания. Однако в отсутствие фактических данных, доказывающих эффективность этих мероприятий, их финансирование постепенно сокраща-

лось. Тем не менее, искусственное воспроизводство морских рыб как основное промышленное направление марикультуры просуществовало более полувека, хотя к 1950-м годам методы оставались теми же, что и в 1880-х гг. Если получение личинок камбал в массовых количествах не вызывало трудностей, то многочисленные попытки перевода их на питание терпели неудачи.

Первые обнадеживающие результаты, которые опровергли сложившееся к тому времени представление о трудности или даже невозможности массового производства жизнестойкой молоди камбал в искусственных условиях, были получены в ходе экспериментов с морской камбалой *Pleuronectes platessa*, проведённых в Шотландии в 1951—1962 гг. [Shelbourne, 1964]. Были выявлены основные факторы, ограничивающие выживаемость личинок, определены требования эмбрионов, личинок и молоди к условиям выращивания, разработано оборудование для обеспечения благоприятных условий, очерчен круг задач, требующих первоочередного решения. Наряду с основным назначением молоди — пополнение естественных популяций, в качестве перспективного пути развития рассматривалось её использование в качестве посадочного материала для выращивания товарной рыбы в отгороженных участках прибрежных акваторий, а также в прудах и бассейнах.

Успехи при разработке методов культивирования морской камбалы и языка *Solea solea* дали импульс для возрождения интереса к разведению тюрбо и интенсивного развития в 1970—1980-х гг. исследований по созданию промышленных технологий его разведения. Биологические и технологические основы получения и выращивания личинок с использованием живых кормов — коловраток *Brachionus plicatilis* и артемии *Artemia salina* — были заложены в начале 1970-х гг. [Jones, 1972; Jones et al., 1974]. Дальнейшие исследования по освоению тюрбо в Великобритании и Франции велись по пути создания интенсивных технологий «зелёной» и «чистой воды». Первые питомники по производству молоди тюрбо появились в этих странах уже в середине 1970-х гг., когда методы получения жизнестойкой молоди этого вида были далеки от совершенства. Дальнейшая до-

работка технологий разведения проходила в условиях действующих предприятий, что обеспечивало возможность проведения исследований, охватывающих весь технологический процесс получения молоди — от формирования маточного стада до создания искусственных стартовых кормов, а также для решения проблем следующих этапов — воспроизводство и товарное выращивание. Однако в сравнении с другими видами морских рыб, культивируемыми в Европе, тюрбо оказался более трудным объектом. На протяжении длительного времени препятствием для организации коммерчески выгодного производства его молоди оставалась не только высокая доля молоди с незавершённым метаморфозом и с аномалиями пигментации, но главным образом непредсказуемость результатов выращивания [Turbot culture ..., 1994; Shields, 2001]. Существенный прогресс в решении этих проблем был достигнут к концу 1980-х гг. Считалось что нестабильность процесса выращивания личинок является следствием неблагоприятного сочетания комплекса параметров (исходное качество икры и личинок, качество кормовых объектов и микробиологический режим). Исходя из этого предположения были определены критерии оценки качества икры, разработаны методы повышения пищевой ценности кормовых организмов, контроля микробиологической ситуации и другие приёмы, ориентированные на оптимизацию технологического процесса [Person-Le Ruyet, 1989]. Все последующие усовершенствования интенсивной технологии, как и экстенсивных и полунинтенсивных методов, были сделаны благодаря детальному изучению пищевых потребностей личинок [Kuhlmann et al., 1981; Witt et al., 1984; Quantz, 1989], влияния условий содержания производителей на качество половых продуктов [McEvoy, 1984; 1989], а также лучшему пониманию динамики бактериального загрязнения выростных систем [Nicolas et al., 1989].

В Норвегии во второй половине 1980-х гг. были организованы предприятия по получению молоди тюрбо на основе экстенсивной технологии с использованием в качестве живого корма естественного зоопланктона [van der Meeren, Naas, 1997]. Данная технология, по сравнению с интенсивными методами, характеризуется

меньшими затратами на выращивание и невысокой долей молоди с нарушениями пигментации, однако вследствие ограниченных возможностей контроля параметров среды и сезонного цикла развития планктонных организмов результаты выращивания также не предсказуемы. Из 15 питомников Норвегии, применявших экстенсивную технологию получения молоди тюрбо, к началу 1990-х гг. продолжал действовать лишь один [Urup, 1994]. В настоящее время этот метод больше не используется, хотя он и продемонстрировал высокое пищевое качество естественного зоопланктона, а также более высокую стабильность больших выростных систем (так называемых «мезокосмов») в сравнении с относительно небольшими бассейнами [Shields, 2001]. Вместе с тем это направление получило развитие в Дании, где был разработан метод массового культивирования копепод и полунинтенсивная технология получения молоди тюрбо [Urup, 1994]. Использование копепод обеспечивает производство молоди высокого качества (95 % и более не имеют нарушений пигментации), но существенно повышает затраты на выращивание. Данная технология используется в датском питомнике, основанном в 1991 г.; объём ежегодной продукции — 0,50–0,75 млн экз. [Støttrup et al., 1998].

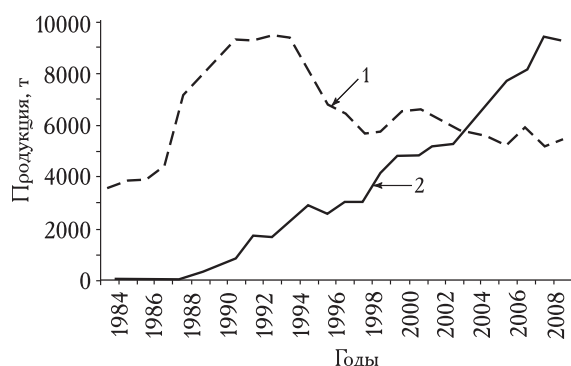
На основе опыта Шотландии, Франции и Норвегии, в Испании в начале 1990-х гг. разработана комбинированная технология (экстенсивная/полунинтенсивная), сочетающая элементы экстенсивного норвежского метода, обеспечивающего стабильность выростных систем, со строгим контролем микробиологического режима и пищевой ценности кормовых организмов, свойственным интенсивным технологиям. Данный метод обеспечивает высокое качество молоди (до 95 % молоди с нормальной пигментацией); выживаемость к концу первого месяца жизни составляет 12 % [Shields, 2001].

В Германии молодь тюрбо получают в небольших количествах (150 тыс. экз./год) в одном питомнике на основе интенсивной технологии «чистой воды» традиционным для этой страны путём — в установках с замкнутым циклом водоснабжения (G. Quantz — личное сообщение, 2001).

К началу 1990-х гг. благодаря усовершенствованию технологий разведения производство

молоди тюрбо стало коммерчески выгодным. Средний показатель выживаемости молоди к моменту перевода на искусственные корма (20–30-е сут после вылупления) в питомниках, применявших интенсивные технологии, достиг 20 % [Shields, 2001]. Следует подчеркнуть, что разработка методов получения молоди непосредственно в производственных условиях способствовала их скорейшему освоению. В результате этого масштабы производства стали стремительно расширяться. В 2001 г. объём продукции трёх крупнейших питомников Франции, Норвегии и Испании превысил 7 млн экз/год [Engelsen et al., 2004].

Прогресс в области разработки методов производства посадочного материала тюрбо обеспечил рост объёмов товарного выращивания (рис. 1). Предположение Шелбурна [1964] о высоком потенциале роста тюрбо было подтверждено ещё в 1970-х гг. на начальном этапе разработки методов его разведения. В это время в Шотландии приступили к отработке метода товарного выращивания на отработанных тёплых водах атомной электростанции [Svåsand et al., 2004]. Результаты этих работ продемонстрировали возможность организации высокоприбыльного производства товарной рыбы: при оптимальной температуре (15–16 °С) темп роста тюрбо оказался в 2 раза выше, чем при естественном температурном режиме. Однако продукция, полученная в районе расположения атомной электростанции, не получила признания у потребителя, поэтому в дальнейшем товарное выращивание тюрбо переместилось в районы с благоприятными естественными усло-



**Рис. 1.** Атлантического тюрбо *Scophthalmus maximus* в странах Западной Европы в 1984–2009 гг.: 1 — динамика вылова; 2 — выращивание товарной продукции [FAO, 2011]

виями — на атлантическое побережье Франции и Испании.

За период с 1984 г., с которого международная статистика ведёт учёт объёмов выращивания тюрбо по 2009 г. его суммарная продукция в странах Западной Европы возросла с 5 до 9238 т [FAO, 2011]. При этом начиная с 2004 г. продукция аквакультуры этого вида превышает величину его вылова. Динамика расширения масштабов товарного выращивания (см. рис. 1) чётко соответствует описанной выше хронологии совершенствования методов получения жизнестойкой молоди тюрбо: резкое увеличение темпа роста производства наблюдается с начала 1990-х гг. В настоящее время основную часть европейской продукции тюрбо выращивают в Испании: в 2009 г. её доля составила 78 %; второе и третье места занимают Португалия и Франция — 14 и 6 % соответственно. В ближайшие годы Португалия планирует укрепить свои позиции за счёт ввода в эксплуатацию новой фермы; выход на проектную мощность (7000 тыс. т) ожидался в 2012 г. По предварительным данным [Bjørndal, Øiestad, 2011], в 2010 г. на этой ферме уже было выращено около 1500 т тюрбо.

Разработка надёжных методов получения жизнестойкой молоди тюрбо и массовое производство посадочного материала создали предпосылки для организации работ по искусственному воспроизводству. В современных условиях в качестве ключевых проблем, требующих решения для обеспечения максимальной эффективности этих мероприятий, рассматриваются: определение оптимальных размеров молоди, рациональных объёмов выпуска, выявление благоприятных для обитания районов [Blaxter, 2000]. В европейских странах искусственное воспроизводство камбал не получило такого масштабного развития, как, например, в Японии. В литературе имеется информация лишь об оценке результатов программы по воспроизводству тюрбо в Дании [Svåsand, Moksness, 2004]. За период 1991–1998 гг. у побережья Дании выпускали меченую молодь тюрбо двух размерных групп: 4–6 и 11–16 см. По данным наблюдений, в течение первого года она оставалась на участке в пределах нескольких километров от места выпуска и характеризовалась высоким темпом роста. Причём дан-

ный показатель у молоди первой размерной группы был несколько выше, чем у диких рыб. Смертность выпущенных рыб была сравнима с таковой в естественной популяции: спустя 4 года после начала выпуска показатель промыслового возврата составил всего 2,8 % [Støttrup et al., 1998, цит. по: Howell, Yamashita, 2005].

Тюрбо относится к дорогостоящим видам; при существующем темпе расширения масштабов выращивания его цена остаётся относительно стабильной — около 9 €/кг. Поэтому несмотря на сравнительно высокие затраты на производство товарного тюрбо (4,58 и 3,98 €/кг — в рециркуляционных и проточных системах соответственно) его выращивание является высоко рентабельным [Bostock et al., 2008; Bjørndal, Øiestad, 2011]. Учитывая это обстоятельство, а также высокую стоимость посадочного материала тюрбо — 1,25–1,30 €/экз. [Engelsen et al., 2004; Bjørndal, Øiestad, 2011], с большой долей вероятности можно предположить, что в ближайшей перспективе основной формой получения товарной продукции этого вида останется интенсивное выращивание в контролируемых условиях.

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАРИКУЛЬТУРЫ ЧЕРНОМОРСКОГО КАЛКАНА. Итоги исследований и опытно-промышленных работ ВНИРО.** В результате выполненных в 1970-х гг. экспериментов по разведению черноморской камбалы-калкана были изучены закономерности эмбрионального и личиночного развития, особенности питания, определены требования эмбрионов и личинок к основным факторам среды [Спекторова и др., 1975; Ароневич и др., 1977; Борисенко, 1980]. Ограниченные технические возможности управления параметрами негативно сказывались на результативности исследований, тем не менее, полученные данные позволили подготовить исходные требования для проектирования первого в стране питомника для разведения морских рыб на Чёрном море, на котором предполагалось более эффективно проводить исследования с этим и другими перспективными объектами. К сожалению, работы по созданию питомника были прекращены на этапе проектирования, а к вопросу возобновления изысканий по разработке метода получения жизнестойкой молоди калкана вернулись спустя более чем 10 лет.

Программа «Марикультура» как направление государственной научно-технической программы «Перспективные процессы в перерабатывающих отраслях АПК» (начало реализации 1990 г.) формировалась на конкурсной основе. Главными условиями выбора проекта были короткие сроки проведения НИОКР и создание высокоэффективной технологии [Спичак, 1995]. Аргументом для включения проекта «Камбала-калкан» в данную программу послужил предложенный алгоритм решения проблемы. Исходя из того, что технология — это не только нормативы, но и биотехнические приёмы, которые, как и технические средства, обеспечивающие создание требуемых условий, в экспериментальных условиях принципиально отличаются от применяемых в производственных условиях, параллельно с проведением исследований приступили к созданию прототипа промышленного предприятия. Опытно-промышленный модуль был введён в эксплуатацию в 1994 г. и обеспечил завершение разработки высокоэффективной технологии разведения калкана. Первостепенное назначение разработки — организация регулярного выпуска молоди в море с целью повышения численности естественных популяций калкана и в конечном итоге увеличения объёма его вылова.

При проведении исследований опирались на мировой опыт в области разведения тюрбо с учётом экологических особенностей калкана. За основу была принята технология «зелёной воды» и схема производства молоди, сходная с применяемой при разведении тюрбо [Jones et al., 1974; Kuhlmann et al., 1981; Person-Le Ruyet, 1989]. Личинок выращивали в присутствии одноклеточных водорослей, первый корм — коловратки, затем науплии и метанауплии артемии; перевод на искусственный корм — к концу первого месяца жизни.

Для калкана был установлен сходный с тюрбо характер динамики смертности личинок в течение первого месяца выращивания. При выращивании личинок калкана отметили 3 критических периода, характеризующихся их повышенной смертностью. Первый пик смертности (3–4-е сут. после вылупления) наблюдается непосредственно перед переходом личинок на внешнее питание. В этот период погибают личинки, которые имеют различные дефекты в

развитии, т.е. основным фактором является качество икры и личинок. Повышенная смертность личинок калкана наблюдается также на 7–9-е сут (II пик смертности) и на 13–16-е сут после вылупления (III пик). Подавляющее большинство погибающих в эти периоды личинок хотя и не имеют видимых дефектов в развитии, но не питаются. Причинами смертности тюрбо в течение данных периодов принято считать неудовлетворительное качество живых кормов и бактериальное загрязнение выростных бассейнов [Witt et al., 1984; Nicolas et al., 1989; Person-Le Ruyet, 1989; Person-Le Ruyet et al., 1991].

Таким образом, вариабельность выживаемости личинок калкана определяется, с одной стороны, собственно качеством икры и личинок, а с другой — находится в зависимости от внешних факторов: адекватности кормов пищевым потребностям личинок и санитарного состояния выростных ёмкостей.

В связи с этим наши исследования были направлены на повышение выживаемости личинок, а также на стабилизацию результативности выращивания путём минимизации негативного влияния всех перечисленных факторов. Процесс разработки технологии разведения калкана можно разделить на два этапа, отличающиеся как направленностью исследований, так и их результативностью.

Так, на первом этапе разработки технологии разведения калкана (1990–1994 гг.) основное внимание было сосредоточено на изучении внешних факторов, т.е. на решении двух проблем: повышение пищевой ценности живых кормов и сохранение благоприятной микробиологической ситуации в выростных ёмкостях с целью повышения выживаемости личинок. Эти две проблемы тесно взаимосвязаны, т.к. именно живые корма являются мощным источником бактериального загрязнения выростных бассейнов. Поэтому получение урожая кормов с минимальным содержанием микрофлоры в сочетании с рациональным режимом внесения кормов является наиболее эффективным способом снижения бактериальной нагрузки на выростные системы.

Степень бактериального загрязнения живых кормов зависит от длительности культивирования и обогатителя, используемого для повыше-

ния их питательной ценности [Nicolas et al., 1989; Minkoff, Broadhurst, 1994]. С этой точки зрения наиболее «чистый» урожай кормов можно получить при накопительном режиме их культивирования и кормлении микроводорослями, качественный состав липидов которых в наибольшей степени соответствует пищевым потребностям личинок морских рыб. В первую очередь это *Monochrysis*, *Isochrysis*, *Pseudoisochrysis* и ряд других видов.

На основании сравнения интенсивности питания личинок калкана и их выживаемости при разной степени развития микрофлоры было определено предельно допустимое содержание микробных клеток в воде. Общее микробное число (ОМЧ) не должно превышать 1000–1500 микробных кл/мл. Предельно допустимые значения ОМЧ урожая живых кормов рассчитаны исходя из соотношения объёма каждого типа корма к объёму выростного бассейна и составляют для водорослей, коловраток и науплиев артемии — не более 50, 100 и 500 микробных кл/мл соответственно. С целью получения урожая кормов, соответствующего этим требованиям, отработан накопительный режим культивирования микроводорослей и коловраток с поэтапным увеличением объёма; длительность каждого последовательного этапа — не более 5–7 сут для снижения риска бактериального заражения.

Повышение питательной ценности коловраток происходит непосредственно в выростных бассейнах благодаря ежедневному внесению нескольких видов микроводорослей (*Monochrysis*, *Isochrysis*, *Pseudoisochrysis*) при поддержании их концентрации на уровне  $(0,3–0,5) \times 10^6$  кл/мл. Это обеспечивает благоприятные кормовые условия для интенсивного размножения коловраток, что снижает объёмы их внесения, что немаловажно, поскольку чем меньше объёмы среды с вносимыми кормовыми организмами, тем ниже степень риска загрязнения выростных ёмкостей.

При производстве артемии их яйца, а затем науплиев подвергали жёсткой дезинфекции, что надёжно обеспечивало снижение бактериальной обсеменённости науплиев до требуемого уровня. Для обогащения метаниуплиев артемии использовали как искусственные питательные смеси, так и микроводоросли. Для снижения



бактериального пресса на выростные системы эти два типа метанауплиев вносили в бассейны поочередно.

Выращивание и кормление личинок проводили по следующей схеме. Предварительную подготовку бассейнов (наращивание в них микроводорослей, а затем коловраток) начинают за 5–6 сут до посадки личинок. К моменту перехода личинок на экзогенное питание (3–4 сут после вылупления) плотность коловраток должна составлять 10 шт/мл. После перехода личинок на активное питание в бассейны ежедневно вносят смесь из нескольких видов водорослей. Дополнительно вносить коловраток в бассейны начинают при снижении их концентрации до 3 шт/мл.

Науплии артемии начинают вносить в бассейн наряду с коловратками при достижении личинками возраста 12–13 сут, т.е. значительно позднее приобретения личинками способности к их усвоению. Метанауплиев артемии, обогащённых питательной смесью, включают в рацион личинок на 14–15-е сут. Задержка перевода личинок калкана на питание науплиями артемии позволяет значительно сократить период питания кормом с неблагоприятным химическим составом. Благодаря этому удаётся повысить выживаемость личинок, хотя одновременно сдерживается темп их роста.

Личинок калкана начинают переводить на искусственный корм в 25–28-суточном возрасте.

Выживаемость личинок калкана при выращивании по этой схеме достигала 40 % и более к концу первого месяца выращивания, при этом доля личинок с нарушениями пигментации не превышала 5–7 % от числа выживших личинок. Однако не редки были случаи чрезвычайно высокой смертности личинок, вплоть до гибели всех личинок, к 16–20-суточному возрасту. При этом уровень бактериального загрязнения не всегда превышал предельно допустимое значение (1500 м. кл/мл). Кроме того, накопительный метод культивирования живых кормов гарантировал получение кормов стабильного качества как по химическому составу, так и по показателю ОМЧ. Поэтому не все случаи неудачного выращивания личинок калкана могут быть объяснены исключительно бактериальным прессом и неадекватностью кормов пищевым потребностям личинок.

Одним из вероятных объяснений нестабильности результатов выращивания может служить вариабельность выживаемости личинок к моменту перехода на активное питание, которая в конечном итоге определяет фактическую плотность посадки личинок на выращивание. При значительном отклонении уровня смертности личинок на завершающих этапах эндогенного питания в ту или иную сторону от среднего показателя нарушается равновесие между концентрацией коловраток и их потребителями. Следствием этого является снижение уровня стабильности выростной системы.

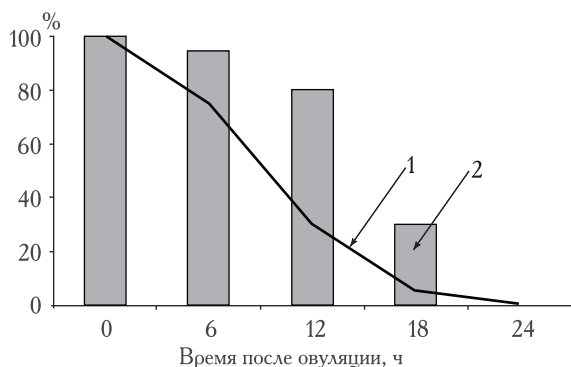
Вместе с тем достоверно установлено, что показатель смертности личинок калкана на завершающем этапе эндогенного питания чётко коррелирует с долей личинок с нарушениями в развитии в общем количестве посаженных на выращивание. Качество икры и личинок оценивали по показателю оплодотворения и вылупления. Пригодными для выращивания признавали личинок, полученных от партий икры с высоким уровнем оплодотворения и вылупления (не менее 75 %). Уровень аномальных эмбрионов и личинок также принимали во внимание, но с учётом характера нарушений развития и вероятных причин их происхождения. Анализ причин и динамики смертности личинок калкана показал, что их гибель на первых этапах выращивания в большой степени предопределяется условиями получения и инкубации икры.

В связи с этим на втором этапе разработки технологии выращивания калкана (1995–1997 гг.) основное внимание было уделено поиску методов стандартизации качества икры и личинок.

Получение половых продуктов. Половые продукты получали как от диких производителей, отлавливаемых в море в течение нерестового сезона, так и от производителей собственного маточного стада. В бассейнах спонтанный нерест диких производителей наблюдался крайне редко, в то время как производители маточного стада при совместном содержании нерестятся регулярно. Поэтому перед началом нерестовой кампании самок и самцов рассаживают в разные бассейны, чтобы исключить возможность естественного нереста. Каждая самка маточного стада нерестится до 10 раз

в течение нерестового периода с интервалом от 3 до 7 сут. Периодичность созревания последовательных порций икры не установлена, а ежедневный контроль созревания самок не гарантирует своевременное сцеживание икры. Длительное нахождение икры после овуляции в полости тела отрицательно сказывается на её качестве [McEvoy, 1984, 1989; Kjorsvik et al., 1990]: увеличивается доля икры с отрицательной плавучестью и снижается её способность к оплодотворению. При сцеживании икры через 24 ч после её овуляции вся икра погибает, показатель оплодотворения равен нулю (рис. 2). В течение первых 6 ч после овуляции процент оплодотворения снижается незначительно, но доля личинок с нарушениями в развитии резко возрастает после достижения предельно допустимого интервала от овуляции до сцеживания. Продолжительность этого интервала имеет индивидуальную вариабельность для каждой самки, поэтому показатель оплодотворения не может служить надёжным критерием качества икры.

Для отбраковки «перезревшей» икры разработан экспресс-метод, основанный на изменении проницаемости оболочек икры в зависимости от времени, прошедшего после овуляции. Овулировавшую икру помещают в раствор красителя; качество икры оценивают по скорости окрашивания и его интенсивности. Этот простой тест позволяет в течение нескольких минут определить потенциальную способность к оплодотворению и долю жизнеспособных икринок и на основании этих показателей выбрать наиболее перспективную партию икры.



**Рис. 2.** Зависимость качества икры черноморского калкана *Scophthalmus maeoticus* от времени её сцеживания: 1 — икра с положительной плавучестью; 2 — оплодотворённая икра

Оплодотворение икры. При оплодотворении икры калкана, так же, как и тюрбо, ранее использовали полусухой способ [Person-Le-Ruyet et al., 1991; Fauvel et al., 1992]: к сцеженной в сухую посуду икре приливали слегка разбавленную морской водой сперму, перемешивали и затем постепенно приливали морскую воду. Применение данного способа обычно обеспечивало высокий уровень оплодотворения икры (до 90–95 %). Однако до оплодотворения икра калкана имеет слабые оболочки, которые легко травмируются при перемешивании, особенно в случаях, когда с икрой сцеживается недостаточное количество овариальной жидкости. В последнем случае доля оплодотворённой икры с различными дефектами бывает выше. Это обстоятельство позволило предположить, что при использовании мокрого способа оплодотворения икра, сцеженная не в сухую посуду, а в морскую воду, будет находиться во взвешенном состоянии, что снизит вероятность её травмирования. Результаты сравнительных экспериментов по оплодотворению 6 партий икры калкана разными способами представлены в таблице.

**Таблица.** Результаты оплодотворения икры калкана разными способами, %

Способ оплодотворения	Показатель оплодотворения		Показатель вылупления личинок		
	общий	с дефектами	общий	с дефектами	нормальный
Полусухой	72–90	10–50	70–90	20–50	40–50
Мокрый	75–91	5–10	90–99	5–10	85–89

При сравнении результатов оплодотворения икры калкана полусухим и мокрым способом не получено существенных различий по таким показателям, как процент оплодотворения и процент вылупления личинок. Вместе с тем при применении мокрого способа оплодотворения икры показатель вылупления нормальных личинок значительно выше, чем при применении полусухого, за счёт существенного сокращения доли нежизнеспособных личинок с видимыми дефектами в развитии.

Инкубация икры. Основным условием успешной инкубации икры калкана является

строгий контроль параметров среды в пределах их оптимальных значений. Инкубация икры при постепенном подъёме температуры от 13 до 15 °С, стабильной солёности (17–18 ‰) и постоянной смене воды, обеспечивающей плавное перемешивание икры, позволяет получить высокий выход личинок (до 90–95 %). Но при данных условиях выживают также и эмбрионы, имеющие врождённые дефекты, поэтому доля вылупившихся личинок с различными нарушениями в развитии в разных партиях икры варьирует в широких пределах, составляя в среднем 25–30 %. В дальнейшем этот показатель в большой степени определяет смертность личинок на начальных этапах развития. Поэтому элиминация нежизнеспособных личинок на этапе инкубации является наиболее эффективным способом снижения смертности личинок. С этой целью была создана новая конструкция инкубационного аппарата.

В этом аппарате одновременное с интенсивным водообменом (0,5–1,0 об/ч) перемешивание икры воздухом (10–30 мл/мин) создаёт достаточно жесткие условия, приводящие к гибели нежизнеспособных эмбрионов. По показателю выхода личинок результаты инкубации икры в аппаратах данной конструкции уступают результативности инкубации икры калкана в других устройствах. При инкубации в аппаратах новой конструкции в условиях интенсивного перемешивания слабые и имеющие различные нарушения в развитии эмбрионы погибают на первых этапах. Таким образом, уже на этапе инкубации происходит естественный отбор наиболее жизнеспособных эмбрионов (рис. 3).

Таким образом, применение всех перечисленных приёмов получения икры калкана, её оплодотворения и инкубации позволило стабильно получать личинок хорошего качества. Это привело к повышению выживаемости личинок калкана на начальных этапах выращивания и в конечном итоге к большей стабильности всего процесса получения молоди в целом. Выживаемость личинок к концу первого месяца жизни повысилась в 2 раза (рис. 4) и практически соответствует максимально возможной (теоретической) величине этого показателя, приведённой в работе Person-Le Ruyet [1989].

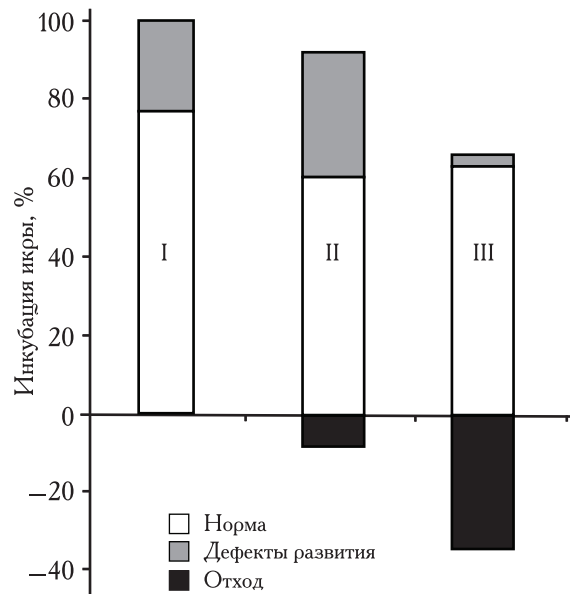


Рис. 3. Результаты инкубации икры черноморского калкана *Scophthalmus maeoticus*: I — оплодотворённая икра; вылупившиеся личинки в аппаратах: II — новой конструкции, III — старой конструкции

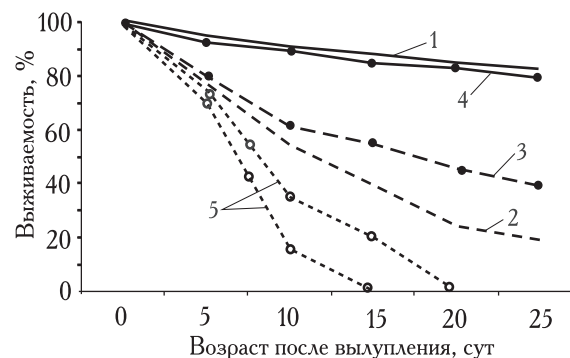
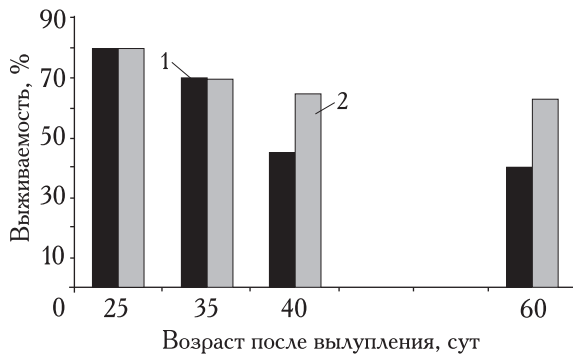


Рис. 4. Выживаемость личинок тюрбо *Scophthalmus maximus* и калкана *S. maeoticus* к 25-суточному возрасту: 1 — максимально возможная (теоретическая) выживаемость тюрбо [по: Person-Le Ruyet, 1989]; 2 — типичная кривая выживаемости личинок тюрбо и калкана в 1990–1991 гг.; 3 — выживаемость личинок калкана в 1992–1994 гг.; 4 — выживаемость личинок калкана в 1995–1997 гг.; 5 — типичные кривые неудачного выращивания личинок калкана в 1990–1994 гг.

Динамика выживаемости калкана на разных этапах развития (при использовании разного вида корма) до 2-месячного возраста представлена на рис. 5. Повышенная смертность калкана в течение второго месяца выращивания обусловлена использованием неспециализированных кормов (стартовый корм для сиговых рыб



**Рис. 5.** Выживаемость калкана *Scophthalmus taoticus* от вылупления до 2-месячного возраста при кормлении в течение второго месяца: 1 — стартовыми кормами для сигов; 2 — артемией в сочетании с мясом рыб

и метанауплии артемии в сочетании с мясом рыбы)<sup>1</sup>. Тем не менее, можно констатировать, что разработанная технология по своей результативности существенно превосходит известные зарубежные методы разведения тюрбо.

В период с 1992 по 1997 г. в Чёрное море было выпущено более 165 тыс. экз. молоди калкана, полученной в искусственных условиях, в т.ч. в 1995–1997 гг. объём выпуска составлял по 50 тыс. экз. ежегодно. Одновременно с началом проведения этих работ было зарегистрировано существенное увеличение численности молоди калкана именно в районе Анапской банки (район выпуска), а поколения 1993–1996 гг. оценивались АзНИИРХ как высокоурожайные. Эти совпадения являются косвенным подтверждением предположения о возможности восстановления численности популяции калкана путём выпуска его молоди в море.

По оценке АзНИИРХ, численность поколений 3–4-летних рыб варьирует в пределах 50–160 тыс. экз., что при пересчёте с использованием коэффициентов годовой смертности составляет 57–181 тыс. экз. сеголеток. Согласно расчётам [Маслова, Дергалёва, 2001], ежегодный выпуск 150 тыс. экз. молоди калкана через 10–12 лет после начала работ обеспечит как минимум 5-кратное увеличение численности промысловой части популяции. С этого момента объём годового вылова калкана может

быть увеличен до 0,8–1,0 тыс. т, что соответствует уровню добычи в северо-восточной части Чёрного моря в 1950-х гг. Дальнейшее продолжение работ по искусственному воспроизводству калкана позволит стабильно поддерживать численность популяции на уровне, обеспечивающем интенсивный промысел с изъятием 25 % промыслового запаса без риска нанесения ущерба популяции.

Для реализации этих мероприятий научные основы уже подготовлены: высокая эффективность технологии получения жизнестойкой молоди подтверждена в опытно-промышленных условиях, созданы конструкции специализированного оборудования, на основе эксплуатации модуля разработан технологический регламент производства молоди и технический проект питомника. Помимо этого, на основе анализа отечественного и зарубежного опыта сформулированы основные принципы современной стратегии искусственного воспроизводства [Маслова и др., 2004]. Единственным препятствием для реализации имеющегося природного и накопленного научного потенциала является отсутствие специализированного предприятия для реализации готовой технологии<sup>2</sup>. В последние годы этот же фактор препятствует и развитию прикладных исследований по разработке новых методов разведения морских гидробионтов. В России марикультуру рассматривают как фермерское направление, обеспечивающее занятость населения и удовлетворение спроса на внутреннем рынке. Это подразумевает, что в условиях рыночных отношений нет необходимости в специальных мерах со стороны государства по поддержке развития этого сектора, поскольку объёмы производства будут увеличиваться пропорционально росту спроса. Такое понимание, вероятно, было бы оправданным по отношению к традиционным отраслям, сложившимся в предшествующий период плановой экономики, в то время как марикультура в

<sup>1</sup> Исследования по разработке специализированных стартовых кормов для калкана завершить, к сожалению, не удалось в связи с прекращением финансирования работ.

<sup>2</sup> Опытно-промышленный модуль, созданный в рамках выполнения НИР, находился на арендуемой территории. Все попытки исследователей — разработчиков технологии разведения придать модулю статус государственного питомника с функциями учебно-производственного центра оказались тщетны. Вскоре после прекращения финансирования арендодатель уничтожил модуль и ремонтно-маточное стадо калкана.

нашей стране в число таковых не входит. Этап становления марикультуры невозможен без участия государства, роль которого, наряду с финансированием исследований и осуществлением благоприятной законодательной, инвестиционной, налоговой политики, заключается в создании исходной материально-технической базы для производства молоди морских объектов. Именно наличие посадочного материала на начальном этапе является ключевым моментом в схеме «запуска» марикультуры. В противном случае результаты исследований после получения опытных партий останутся невостребованными, как это произошло в отношении большинства готовых разработок.

**Развитие марикультуры калкана в Турции.** В качестве наглядного примера, иллюстрирующего успешное освоение калкана как объекта разведения и товарного выращивания, можно привести опыт Турции. Калкан в этой стране входит в число наиболее дорогостоящих и вместе с тем наиболее востребованных на рынке видов рыб. Разработка технологии получения посадочного материала калкана проходила в рамках японо-турецкого проекта, участниками которого являлись Центральный рыбохозяйственный НИИ Турции (CFRI) и Международное агентство Японии (JICA). Следует особо подчеркнуть, что началу исследований предшествовал этап создания в г. Трабзон опытного питомника для разведения калкана мощностью 10 тыс. экз. молоди калкана в год. На конференции, посвящённой подведению промежуточных итогов исследований (1997–2001 гг.), руководитель проекта доктор Широ Хара [Hara, 2002] отметил, что этому питомнику, наряду с обеспечением возможности проведения изысканий по разработке технологии получения молоди, апробации этих методов и производством посадочного материала, отводится роль учебного центра, который должен способствовать продвижению передовых технологий в промышленные предприятия.

В ходе реализации проекта (1997–2007 гг.) сформировано ремонтно-маточное стадо калкана, разработана технология получения его молоди, опытный питомник выведен на проектную мощность; подготовлен производственный персонал, в т.ч. и для других питомников, занимающихся получением посадочного мате-

риала морских рыб и планирующих освоение производства молоди калкана [Özdemir, 2007]. Помимо этого, отработаны методы выращивания до товарной массы в бассейнах с проточной системой водоснабжения, рейсвеях и морских садках; в качестве перспективного направления рассматривается использование рециркуляционных систем [Özdemir, 2007]. Поскольку товарную продукцию других видов морских рыб в Турции получают преимущественно путём садкового выращивания, этому направлению уделяется особое внимание [Aksungur et al., 2007]. Опытные партии посадочного материала охотно покупают для товарного выращивания на коммерческих предприятиях. Ожидается, что в ближайшие годы Турция пополнит число стран-производителей тюрбо.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Черноморская камбала-калкан — один из наиболее ценных промысловых объектов, запасы которого в экономической зоне России в настоящее время крайне низки — около 1 тыс. т, что соответствует объёму его вылова в этом районе в 1950–1960-х гг. Приёмная ёмкость шельфа Чёрного моря вдоль побережья Краснодарского края допускает как минимум 5-кратное увеличение запаса калкана [Маслова, Дергалёва, 2001]. Искусственное воспроизводство может стать действенной мерой повышения численности его популяции. Ярким примером высокой результативности этого направления марикультуры может служить опыт Японии в отношении ложного палтуса *Paralichthys olivaceus* [Yamachita, Yamada, 1999]. На начальном этапе работ, как и в случае с выпуском молоди тюрбо у побережья Дании [Svåsand, Moksness, 2004], величина промыслового возврата была не велика — всего 1–3 %. Однако в результате оптимизации стратегии воспроизводства и пастбищного выращивания этот показатель возрос до 30 %. Выпуск молоди, сочетающийся со строгим регламентированием промысла (объём вылова, минимальный размер вылавливаемых рыб), уже на 6-й год после начала работ обеспечил увеличение уловов в 5 раз по сравнению с предшествующим периодом [Imamura, 1999].

Калкан, как и ложный палтус, не совершает протяжённых миграций, поэтому при рациональной организации его искусственного воспроизводства также можно ожидать, что пока-

затель промыслового возврата будет высоким. Понятие «рациональная организация» подразумевает комплексный подход, объединяющий выполнение работ по следующим трём направлениям в рамках единой программы: 1 — массовое производство жизнеспособной молодежи с применением научно обоснованных технологий, обеспечивающих сохранение генетического разнообразия пополняемых популяций; 2 — разработка стратегии выпуска молодежи, обеспечивающей её высокую выживаемость; 3 — постоянная оценка эффективности искусственного воспроизводства и его воздействия на экосистему (получаемые данные служат ориентиром для корректировки работ по двум первым направлениям).

Разработанная технология разведения калкана позволила бы приступить к массовому производству молодежи. Однако начатые в ходе выполнения исследований работы по искусственному воспроизводству этого объекта не получили дальнейшего развития. Хотя модуль «Калкан» и являлся прототипом питомника, его эксплуатация осуществлялась исключительно исследователями-разработчиками, т.е. по сути он представлял собой экспериментальную базу с функцией организации производства в опытно-промышленных масштабах. А в отсутствие промышленного питомника не было возможности для внедрения технологии и обучения производственного персонала. В итоге основную идею МКЦП «Марикультура» — «создание опытно-промышленных типовых модулей-комплексов, использующих высокоэффективные технологии культивирования и переработки с их последующим тиражированием» [Спичак, 1995: с. 11] — воплотить в жизнь не удалось. Если научно-исследовательская составляющая этой и всех прочих программ выполнялась полностью, то к созданию производственных мощностей так и не приступали. Более того, декларируемые в этих программах контрольные цифры объёмов производства объектов культивирования, на которые должна выйти эта ветвь рыбного хозяйства в результате их выполнения, не были подкреплены финансированием капитального строительства предприятий. Иными словами, взяв на себя функцию создания научных основ развития марикультуры, государство устранилось от формирования производствен-

ной базы для внедрения инноваций. Такую схему планирования развития марикультуры (минуя этап становления) можно объяснить неадекватным пониманием сути проблемы, а именно ориентацией исключительно на малый и средний бизнес. Такой подход оправдан по отношению к способам получения товарной продукции, которые не требуют значительного начального капитала и позволяют постепенно расширять производство. Малому и среднему бизнесу под силу организация ферм для культивирования беспозвоночных (на основе сбора молодежи от естественного нереста), а при наличии источника посадочного материала и товарного выращивания морских рыб. Но создание питомников для получения молодежи посадочного материала, связано с существенными капитальными затратами на развитие производственной базы<sup>1</sup>, поэтому невозможно обойтись без мощной государственной поддержки.

Исходя из этого необходимо создать реальные предпосылки для становления и развития промышленной марикультуры. При этом первоочередной задачей, решение которой даст импульс для развития как экстенсивной (пастбищной), так и интенсивной формы марикультуры, является создание питомников для разведения морских рыб. Роль государства в решении этой проблемы не может ограничиваться одним только признанием марикультуры приоритетным направлением деятельности, а должна выражаться в создании реальных условий (инвестиционных и законодательных) для её становления и эффективного развития.

Целесообразность использования зарубежной модели проведения прикладных исследований по разработке методов культивирования морских рыб в условиях действующего предприятия подтверждена результатами изысканий ВНИРО в условиях опытно-промышленного модуля «Калкан». Эксплуатация модуля показала преимущества проведения исследований в опытно-промышленных условиях. Возможность использования большого объёма био-

<sup>1</sup> В ценах 2000 г. общая стоимость технологического оборудования для оснащения питомника мощностью 300 тыс. молодежи калкана (при круглогодичном производстве на основе эксплуатации 6 групп маточного стада) составляет около \$ 3 млн.

логического материала, а также исключение переходного этапа исследований — адаптация биотехнических приёмов, разработанных в экспериментальных условиях, к обстановке индустриального производства — обеспечивают быстрое достижение результата и в итоге существенное повышение эффективности исследований. Помимо этого, совместное проведение биологических и инженерно-конструкторских изысканий позволяет оперативно создавать и испытывать новые конструкции устройств, отвечающих требованиям разрабатываемой технологии, вносить корректировки в технологический регламент, а также подготовить полный комплект документации для проектирования современного предприятия. Учитывая, что современная марикультура как наукоёмкая инновационная сфера деятельности нуждается в высококвалифицированных кадрах, ключевым преимуществом зарубежной модели является постоянное обучение производственного персонала и передача технологии в промышленное производство в максимально сжатые сроки.

Таким образом, в качестве наиболее эффективного пути комплексного решения научных задач марикультуры и их внедрения можно рассматривать создание опытно-промышленных комплексов или научно-производственных холдингов, которые одновременно с производством ценной продукции будут служить полигоном для проведения исследований. Помимо перечисленных выше преимуществ проведения прикладных изысканий, исследователи получают возможность более продуктивно проводить изыскания, не отвлекаясь на выполнение несвойственных их квалификации функции (создание модуля, рутинные операции по производству продукции, поиск инвесторов и пр.), как практикуется в настоящее время, и оперативно передавать ноу-хау производственному персоналу, который обеспечит получение продукции. А квалифицированный менеджмент, опираясь на совокупность знаний, принципов, средств и форм управления производством в условиях рыночной экономики [Большой энциклопедический словарь, 2010], обеспечит высокую рентабельность научной и производственной деятельности такого объединения, в т.ч. за счёт дальнейшего продвижения научной

продукции. Благодаря рациональному распределению обязанностей между участниками научно-производственного комплекса будет достигнута максимальная степень согласованности всех этапов: НИОКР опытная апробация внедрение инноваций в производство, и как следствие, будут созданы реальные основы для развития марикультуры.

В заключение можно лишь констатировать, что вопрос о перспективах организации искусственного воспроизводства и товарного выращивания калкана, как и развития отечественной марикультуры рыб в целом, по-прежнему остаётся открытым. Его решение всецело зависит от того, насколько быстро руководство отрасли и правительство страны осознают свою роль в развитии этого важного направления.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Аронович Т.М., Воробьёва Н.К., Борисенко В.С. 1977. Метаморфоз личинок камбалы-калкана в лабораторных условиях // Рыб. хоз-во. № 7. — С. 20–23.
- Большой энциклопедический словарь. 2010. <http://dic.academic.ru/contents.nsf/enc3p/>
- Борисенко В.С. 1980. Морфо-экологические особенности личинок камбалы-калкана (*Scophthalmus maeoticus* P.) и кефали-лобана (*Mugil cephalus* L.) в связи с искусственным воспроизводством // Автореф. дис. канд. биол. наук. — М.: ВНИРО. — 28 с.
- Битюкова Ю.Е., Ткаченко Н.К., Чепурнов А.В. 1978. К вопросу о морфофизиологических показателях эффективности перевода личинок камбалы-калкана Чёрного моря на внешнее питание при искусственном разведении // Тез. докл. 2-й Всесоюз. конф. по биологии шельфа. Ч. 1. — Киев: Наукова думка. — С. 22–23.
- Воронина Е.П. 2010. К морфологии и систематике представителей семейства Scophthalmidae // Вопр. ихтиологии. Т. 50. № 6. — С. 725–733.
- Маслова О.Н. 1995. Получение посадочного материала камбалы-калкана в опытно-промышленных условиях // Тез. докл. Междунар. симп. по марикультуре. Краснодар, Небуг, 24–27 сентября 1995. — М.: ВНИРО. — С. 63–64.
- Маслова О.Н., Бурлаченко И.В. Способ искусственного разведения черноморской камбалы-калкана. Патент № 2073432 RU C1 6A01K61/00. № 93003040/13, заявл. 18.01.93, опубл. 20.02.97. Бюл. № 1. — 14 с.
- Маслова О.Н., Дергалёва Ж.Т. 2001. К проблеме восстановления биоресурсов Чёрного моря // Матер. междунар. научн. конф. «Проблемы сохранения экосистем и рационального использования биоресурсов Азово-Черноморского бассейна». Ростов на Дону, 8–12 октября 2001 г. — С. 136–137.

- Маслова О.Н., Разумеев Ю.В. 2003. Разведение морских рыб: проблемы и методы // Матер. междунар. симп. «Холодноводная аквакультура: старт в XXI век». Россия, Санкт-Петербург, 08–13 сентября 2003 г.— М.: Росинформагротех.— С. 53.
- Маслова О.Н., Разумеев Ю.В., Дергалёва Ж.Т. 1998. Морское рыбководство: возможности и реальность // Рыбн. хоз-во. № 3.— С. 54–57.
- Маслова О.Н., Разумеев Ю.В., Бурлаченко И.В. 2000. Инструкция по опытно-промышленному разведению и выращиванию посадочного материала камбалы-калкана.— М.: Изд-во ВНИРО.— 43 с.
- Маслова О.Н., Микодина Е.В., Зайцева Ю.Б. 2004. Роль искусственного воспроизводства ценных видов промысловых гидробионтов в формировании сырьевой базы рыболовства: отечественный и зарубежный опыт // Обз. инф. сер. «Прибрежное рыболовство и аквакультура».— М.: ВНИЭРХ. Вып. 2.— 64 с.
- Попова В.П. 1975. Исследования биологии камбалы-калкана в связи с вопросами её искусственного воспроизводства // Биологические основы морской аквакультуры. Вып. 1.— Киев: Наукова думка.— С. 5–12.
- Спекторова Л.В., Дорошев С.И., Маслова О.Н. 1975. Закономерности питания и роста личинок и молоди черноморского калкана в условиях бассейнового выращивания.— М.: ВНИРО.— 20 с.
- Спичак М.К. 1995. Направление «Марикультура» государственной научно-технической программы «Перспективные процессы в перерабатывающих отраслях АПК» // Тез. докл. Междунар. симп. по марикультуре. Краснодар, Небуг, 24–27 сентября 1995 г.— М.: ВНИРО.— С. 10–11.
- Aksungur N., Aksungur M., Akbulut B., Kutlu I. 2007. Effects of stocking density on growth performance, survival and food conversion of turbot (*Psetta maxima*) in net cages on the southeastern coast of the Black Sea // Fish. and Aquat. Sci. V. 2.— P. 147–152.
- Amaoka K., Yoseda K., Şahin T. et al. 2001. Field guide: flatfishes (Order Pleuronectiformes) found in Black Sea and its adjacent waters.— Turkey, Trabzon: CFRI, JI-CA.— 27 p.
- Bailly N., Chanet B. 2010. *Scophthalmus Rafinesque, 1810*: the valid generic name for the turbot, *S. maximus* (Linnaeus, 1758) [Pleuronectiformes: Scophthalmidae] // Cybium. V. 34. N. 3.— P. 257–261.
- Bjørndal T., Øiestad V. 2011. Turbot — production, technology and markets // Globefish Res. Programme. V. 103.— Rome: FAO.— 31 p.
- Blaxter J.H.S. 2000. The enhancement of marine fish stocks // Adv. Mar. Biol. V. 38.— P. 1–54.
- Bostock J., Muir J., Young J. et al. 2008. Prospective analysis of the aquaculture sector in the EU. Pt. 1: Synthesis Report / Ed. I Papatryfon. EUR 23409 EN/1. Joint Research Centre—Institute for Prospective Technological Studies.— Luxembourg: European Communities Publ.— 156 p.
- Engelsen R., Asche F., Skjennum F., Adoff G. 2004. New species in aquaculture: some basic economic aspects // Culture of cold-water marine fish / Eds. E. Moksness, E. Kjørsvik, Y. Olsen.— Oxford: Blackwell Publ.— P. 487–515.
- FAO. 2011. Global aquaculture production (online). <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>
- Fauvel C., Omnes M.H., Suquet M., Normant Y. 1992. Enhancement of the production of turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), larvae by controlling overripening in mature females // Aquaculture and Fisheries Management. V. 23.— P. 209–216.
- FishBase. 2011. Eds. R. Froese, D. Pauly. Version (06/2011). World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org),
- Hara S. 2002. Present status of fish culture development project in the Black Sea under JICA program // Fish. and Aquat. Sci. V. 2. N. 1.— P. 1–3.
- Howell B.R., Yamashita Y. 2005. Aquaculture and stock enhancement // Flatfishes: biology and exploitation / Ed. R.N. Gibson.— Oxford: Blackwell Publ.— P. 347–371.
- Imamura K. 1999. The organization and development of sea farming in Japan // Stock enhancement and sea ranching. Chapter 7.— Oxford: Fishing News Books.— P. 91–102.
- Jones A. 1972. Studies of egg development and larval rearing of turbot, *Scophthalmus maximus* L. and brill, *Scophthalmus rhombus* L. in laboratory // Mar. boil. Assoc. U. K. V. 52.— P. 965–986.
- Jones A., Alderson R., Howell B.R. 1974. Progress toward the development of a successful rearing technique for larvae of the turbot, *Scophthalmus maximus* L. // Early life history of fish / Ed. J.H.S. Blaxter.— Berlin, Yeidelberg, New York: Springer-Verlag.— P. 731–737.
- Kjørsvik E., Mangor-Jensen A., Holmeffjord I. 1990. Egg quality in fishes // Advances in Marine Biology. V. 26. P. 71–113.
- Kuhlmann D., Quantz G., Witt U. Rearing of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) on cultured food organisms and post metamorphosis growth on natural and artificial food // Aquaculture. 1981. V. 23.— P. 183–196.
- Maslova O.N. 2002. Problems and achievements in seed production of the Black Sea turbot in Russia // Fish. and Aquat. Sci. V. 2. N. 1.— P. 23–35.
- McEvoy L.-A. 1984. Ovulatory rhythms and overripening of eggs in cultivated turbot *Scophthalmus maximus* L. // Fish. Biol. V. 24. N. 4.— P. 437–448.
- McEvoy L.-A. 1989. Reproduction of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) in captivity // Cuadernos de Area de Ciencias Marinas, Seminario de Estudios Galegos. V. 3.— P. 9–28.
- Minkoff G., Broadhurst A.P. 1994. Intensive production of turbot, *Scophthalmus maximus*, fry // Proc. Satellite Workshop of World Aquaculture '93: «Turbot culture: Problems and prospects». Spec. Publ. EAS. N. 22.— P. 14–31.
- Nicolas J.L., Robic E., Asquer D. 1989. Bacterial flora associated with a trophic chain consisting of microalgae, ro-



- tifers and turbot larvae: Influence of bacteria on larval survival // *Aquaculture*. V. 83.— P. 237–248.
- Özdemir A. 2007. Development in turbot farming // *Marine aquaculture in Turkey* / Eds. A. Candan, S. Karata, K. H. I. Okeme. — Istanbul: Turkish Mar. Res. Foundation.— P. 33–47.
- Person-Le Ruyet J. 1989. The hatchery rearing of turbot larvae (*Scophthalmus maximus*) // *Cuadernos de Area de Ciencias Marinas, Seminario de Estudios Galegos*. V. 3.— P. 57–91.
- Person-Le Ruyet J., Baudin-Laurencin F., Devauchelle N. et al. 1991. Culture of turbot (*Scophthalmus maximus*) // *Handbook of mariculture. V. II: Finfish aquaculture* / Ed. J.P. McVey.— U. K.: CRC Press Publ.— P. 21–41.
- Quantz G. 1989. Larval feeding // *Cuadernos de Area de Ciencias Marinas, Seminario de Estudios Galegos*. V. 3.— P. 37–55.
- Shelbourne J.E. 1964. Artificial propagation of marine fish // *Advances in marine biology*. V. 2.— London; New York: Acad. Press.— 83 p.
- Shields R.J. 2001. Larviculture of marine finfish in Europe // *Aquaculture*. V. 200.— P. 55–88.
- Støttrup J.G., Shields R.J., Gillespie M. et al. 1998. The production and use of copepods in larval rearing of halibut, turbot and cod // *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* V. 98. N. 4.— P. 41–45.
- Suzuki N., Nishida M., Yoseda K. et al. 2004. Phylogeographic relationships within the Mediterranean turbot inferred by mitochondrial DNA haplotype variation // *J. Fish Biol.* V. 65.— P. 580–585.
- Svåsand T., Moksness E. 2004. Marine stocks enhancement and sea-ranching // *Culture of cold-water marine fish* / Eds. E. Moksness, E. Kjørsvik, Y. Olsen.— Oxford: Blackwell Publ.— P. 433–474.
- Svåsand T., Otter H.M., Taranger G.L. 2004. The status and perspectives for the species // *Culture of cold-water marine fish* / Eds. E. Moksness, E. Kjørsvik, Y. Olsen.— Oxford: Blackwell Publ.— P. 475–486.
- Turbot culture: problems and prospects. 1994. Proc. Satellite Workshop of World Aquaculture'93. Torremolinos, Spain, May 25–27, 1993 / Eds. P. Lavens, R.A.M. Remmerswaal.— Spec. Publ. European Aquaculture Society. N. 22.— 360 p.
- Urup B. 1994. Methods for the production of turbot fry using copepods as food // *Proc. Satellite Workshop of World Aquaculture'93: «Turbot culture: Problems and prospects»*. Spec. Publ. EAS. N. 22.— P. 47–53.
- Van der Meeren T., Naas K.E. 1997. Development of rearing techniques large enclosed ecosystems in the mass production of marine fish fry // *Rev. Fish. Sci.* V. 5.— P. 367–390.
- Witt U., Quantz G., Kuhlmann D. 1984. Survival and growth of turbot larvae *Scophthalmus maximus* L. reared on different food organisms with special regard to long chain poly-unsaturated fatty acids // *Aquacultural Engineering*. V. 3.— P. 177–190.
- Yamachita Y., Yamada H. 1999. Release strategy for Japanese flounder fry in stock enhancement programmes // *Stock enhancement and sea ranching*. Chapter 13.— Oxford: Fishing News Books.— P. 191–204.

Поступило в редакцию 20.09.11 г. Принято после рецензии 20.03.12 г.

## Black sea turbot *Scophthalmus maeoticus* breeding and farming: problems and methods

O.N. Maslova

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

Information on the achievements of Western Europe and Turkey in breeding and farming of the turbot *Scophthalmus maximus* (closely related species of the Black Sea turbot *S. maeoticus*) are analysed. The results of VNIRO researches on the development of the Black Sea turbot hatchery technology and also results of its practical implementation are submitted. Possible prospects of development artificial reproduction and cultivation of turbot in Russia Black Sea coast are discussed at realization of the saved up scientific potential with the account of available coastal sea water areas.

**Key words:** turbot, Black Sea turbot, breeding, hatching, farming, enhancement.

УДК 639.3\6(470)

**Аквакультура юга России, перспективы развития**

*В.Я. Скляр, Л.Г. Бондаренко, Ю.И. Коваленко,  
В.И. Петрашов, А.В. Каширин, Е.Н. Черных*

Краснодарский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КФ ВНИРО). E-mail: kfvniro@vniro.ru

В статье приведен анализ состояния аквакультуры на юге России, обозначены причины снижения уровня производства товарной рыбы в пресноводных водоемах южных регионов страны.

Определены перспективы восстановления и развития товарного рыбоводства в условиях прудовых хозяйств, в хозяйствах озерного типа. Изложены резервы в расширении направлений аквакультуры, в том числе марикультуры в прибрежной части Черноморского побережья Краснодарского края.

**Ключевые слова:** аквакультура, товарное рыбоводство, карп, растительноядные виды рыб, лососевые, моллюски, марикультура.

В Российской Федерации осуществляется государственная политика, отдающая приоритет развитию рыбного хозяйства во внутренних водоемах. Особое место при этом отводится аквакультуре. Разработан проект федерального закона «Об аквакультуре», утверждена «Стратегия развития аквакультуры Российской Федерации на период до 2020 г.». Стратегия учитывает существующие условия и прогноз экономического развития страны на среднесрочную перспективу. Общий планируемый объем производства по всем направлениям аквакультуры в 2012 г. должен составить 260 тыс. т; в 2020 г. — 410 тыс. т.

Главная цель развития аквакультуры в нашей стране — надёжное обеспечение населения свежей и переработанной рыбопродукцией широкого ассортимента по ценам, доступным для населения с различным уровнем доходов.

Рассматривая отдельные секторы аквакультуры, отметим, что удельный вес прудового рыбоводства, как основы классической товарной аквакультуры, в 2012 г. составил 52,4 %, а в результате реализации стратегии — 65,4 %. Роста объема производства продукции аквакультуры возможно добиться в основном за счёт интенсификации и расширения используемых площадей.

В настоящее время объем производства продукции аквакультуры у нас в стране составляет всего 115–120 тыс. т, из которых более 60 % товарной рыбы производится на юге страны (Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская, Астраханская и Волгоградская области).

Южные регионы России относятся к пятой и шестой рыбноводным зонам и характеризуются как наиболее благоприятные для развития аквакультуры, однако их водные ресурсы используются не всегда эффективно.

Основными объектами товарного рыбоводства на юге страны являются карп и растительноядные рыбы, а также радужная форель, осетровые, канальный сом и некоторые другие виды рыб. Основные направления в развитии аквакультуры: прудовое, пастбищное, рекреационное, индустриальное, марикультура.

По регионам юга России состояние аквакультуры складывается следующим образом.

Водное зеркало пресноводных и слабосолёных естественных и искусственных водоёмов в **Краснодарском крае** насчитывает более 500 тыс. га. Площади нагульных прудов для интенсивного выращивания товарной рыбы составляют около 50 тыс. га, которые в настоящее время используются не более чем на 60 %, в основном без интенсификационных мероприятий. Питомные площади для выращивания рыбопосадочного материала составляют около 5 тыс. га, более 50 % которых не используются. Объём производства товарной рыбы 2010 г. составил 10–12 тыс. т (в 1990 г. этот показатель в Краснодарском крае находился на уровне 28–30 тыс. т) [Скляр, Сержант, 2011].

Аналогичную картину можно наблюдать и в других регионах юга России.

Территория **Ставропольского края** и **Республики Калмыкия** расположена на водоразделе Чёрного и Каспийского морей. Фонд рыбохозяйственных водоёмов представлен множеством рек, наиболее крупные из которых — Кубань, Терек, Кума, их притоки. Площадь водохранилищ комплексного использования, озёр и прудов различного назначения составляет около 70 тыс. га.

Общий улов во всех типах водоёмов, включая пруды, достигает 5–6 тыс. т рыбы (в 1990 г. вылов товарной рыбы составлял 14–15 тыс. т).

Товарное рыбоводство в Ставропольском крае базируется в основном на использовании русловых и пойменных прудов. Ставропольский край располагает значительными возможностями для ускоренного развития рыбного хозяйства во внутренних водоёмах. Его потенциал — 32 тыс. га озёр и водохранилищ, 3,7 тыс. га прудов и водоёмов комплексного назначения, около 8 тыс. га рыбоводных прудов.

Рыбное хозяйство **Астраханской области** характеризуется огромными рыбоводными ре-

сурсами и имеет большой потенциал для роста производства товарной рыбы без привлечения дополнительных площадей. Производство рыбы в области носит экстенсивный характер, рыбопродуктивность составляет только 4–5 ц/га. Поскольку более 80 предприятий осуществляют морской и речной промысел, прудовое рыбоводство развивается слабо.

Общая площадь рыбоводных прудов **Ростовской области** составляет 25,5 тыс. га, в том числе 22,7 тыс. га нагульных водоёмов и около 2,7 тыс. га выростных прудов. Используется для выращивания товарной рыбы около 80 % нагульных площадей и около 70 % выростных для производства рыбопосадочного материала. Рыбопродуктивность нагульных прудов в хозяйствах достигает 15–16 ц/га. Мощности по производству товарной рыбы в регионе составляют более 26 тыс. т, по рыбопосадочному материалу — более 110 млн шт. В среднем за последние годы в области производство рыбы превысило 17 тыс. т (в 1990 г. этот показатель составлял более 32 тыс. т).

Наиболее динамичное развитие аквакультуры наблюдается именно в Ростовской области. Наряду с множеством фермерских хозяйств, в области широко представлены крупные рыбоводные организации, производящие 500–1000 и более тонн товарной рыбы в год.

Проблемы, влияющие на эффективность развития аквакультуры, могут быть условно разделены на внешние и внутренние факторы, актуальность их решения несомненна.

Внешние факторы зависят от степени благоприятности проводимой государством экономической, налоговой, инвестиционной политики с учётом особенностей отрасли. Внутренние факторы зависят непосредственно от хозяйственной деятельности предприятий, уровня профессионализма сотрудников, оптимального использования имеющихся в их распоряжении материальных, трудовых, водных и земельных ресурсов. В качестве примера можно привести самое крупное и эффективно работающее в России рыбоводное хозяйство — ООО «Рыбколхоз им. Абрамова», где объём производства товарной рыбы составляет 4,0–4,5 тыс. т, в том числе 60–65 % 2-леток карпа средней массой 1,5–2,5 кг. Такие показатели достигаются за счёт внедрения самых передовых технологий, в

том числе и при выращивании сеголеток средней массой 150 г и выше. В ООО «Рыбколхоз им. Абрамова» используются комбикорма и кормосмеси собственного производства, что позволяет снизить себестоимость выращивания товарной рыбы. Имеется живорыбная база для передержки товарной рыбы, что позволяет расширить период реализации, повысить рентабельность производства в целом.

Известна решающая роль науки и научно-технического прогресса в развитии как экономики в целом, так и каждой конкретной отрасли. Однако достичь ускорения разработки нововведений и их широкого освоения можно лишь при безусловной активной поддержке государства. Особое значение имеет использование проверенных временем технологий для прудового рыбоводства V–VI зон, это технология выращивания рыбопосадочного материала и товарной рыбы: базовая — с выходом 17–24 ц/га; интенсивная — 60 ц/га; технология модифицированного трёхлетнего оборота с рыбопродуктивностью 15–30 ц/га; высокоинтенсивная технология выращивания товарной рыбы с выходом продукции 40–60 ц/га. Одним из главных вопросов в развитии аквакультуры является организация полноценного кормления рыб различных видов и возрастных групп.

Для решения задач в этом направлении нами разработаны: ТУ и ТИ на комбикорма для объектов товарного рыбоводства в промышленных условиях (каarp, форель, осетровые, сом); ТУ и ТИ на комбикорма для прудового рыбоводства с использованием местных кормовых ресурсов и отдельно для спортивного рыболовства. Разработаны рекомендации и методические указания для всех этапов технологического процесса выращивания рыбы [Мамонтов, Скляр, Стецко, 2010].

Накоплен большой фактический материал по содержанию маточных, ремонтно-маточных и коллекционных стад, разработаны новые способы и приёмы работы с производителями различных объектов разведения.

Особенно следует отметить, что в 2007 г. по инициативе Росрыбхоза некоммерческим партнерством «Краснодаррыба» после длительного перерыва (начало 60-х гг. прошлого столетия — первый завоз) были завезены из Китая чистые линии растительноядных рыб (белый и пестрый

толстолобики, белый амур). В условиях рыбоводных хозяйств юга России были сформированы ремонтные стада растительноядных рыб — белый и пестрый толстолобики, белый амур, от завезённых в 2007 г. личинок из Китая в СПК «Рыбколхоз Синюхинский», ООО РСП «Ангелинское», СПК «Рыбколхоз Шапариевский» и ООО «Староминский рыбхоз». Общая численность выращенных четырехлеток составила более 8 тыс. шт. Личинки чистых линий были переданы в другие регионы страны (Ростовская, Смоленская, Волгоградская области, Ставропольский край). Проведена оценка четырехлеток по рыбоводно-биологическим и экстерьерным показателям. Разработаны рекомендации по организации выращивания племенного материала и формированию ремонтно-маточных стад в 2010–2012 гг., что является основой для повышения эффективности товарного рыбоводства на юге страны в целом [Скляр, 2009].

Разработаны и внедрены рыбоводно-биологические нормативы по выращиванию карпа на тепловодных хозяйствах, которые позволяют получать до 300 кг товарной рыбы с 1 м<sup>2</sup> (200 кг/м<sup>3</sup>) [Скляр, Шацкий, Яковчук, 2002].

По настоящее время развитие промышленного рыбоводства (в садках, бассейнах и других рыбоводных ёмкостях) при высокой плотности посадки при организации полноценного кормления чрезвычайно актуальны. Промышленное направление аквакультуры рассматривается как самый эффективный метод выращивания особо ценных видов рыб (лососёвые, осетровые, канальный сом, тилапия). Это направление позволяет получать в среднем с 1 м<sup>2</sup> садков и бассейнов свыше 100 кг товарной рыбы, сократить сроки производства товарной рыбы, повысить степень механизации и автоматизации производственных процессов, расширить границы географического размещения объектов рыбоводства [Скляр, Бондаренко, 2010].

Новое направление в России — выращивание рыбы в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ), сегодня активно обсуждается. Государственная поддержка проекта по производству пищевой икры из осетровых в России даст возможность приобретения опыта, создания отечественных аналогов оборудования и по-

следующую возможность строительства подобных производств на коммерческой основе. На сегодняшний день разработаны рыбоводно-биологическое обоснования, бизнес-планы, предложены проектные решения на строительство УЗВ различной мощности для выращивания осетровых и получения пищевой икры.

Резервы повышения эффективности пастбищного рыбоводства очень обширны. Так, например, Кубанские лиманы (60–70 тыс. га) — их приёмная мощность по зарыблению составляет не менее 22 млн шт. растительноядных, в том числе белый амур, который, являясь прекрасным мелиоратором, обладает великолепными вкусовыми качествами и высокой продуктивностью. В Китае белый амур является одним из основных объектов аквакультуры. На юге России он также может стать стратегическим объектом в повышении эффективности пастбищного рыбоводства, как уже было сказано, в Кубанских лиманах и в водоёмах комплексного назначения, ильменях. Только в Кубанских лиманах при устойчивом зарыблении в течение 4–5 лет в соответствии с рекомендациями учёных, вылов рыбопродукции за счёт пастбищного рыбоводства может составить 10–12 тыс. т, сегодня этот показатель составляет всего 1,0–1,2 тыс. т [Скляров, Демьянко, Кулий и др., 2006]. Водохранилища Ставропольского и Краснодарского краёв, Республики Калмыкия и Республики Адыгея (Краснодарское, Чограйское, Отказненское, Мокрая буйвола, Лысый лиман, Строй-Маньч, Крюковское, Варнавинское, Тахтамукайское) общей площадью более 60 тыс. га обладают хорошей кормовой базой. Однако их продуктивность, точнее естественный потенциал, используется неэффективно. Так, например, вылов товарной рыбы, в том числе и после зарыбления растительноядными рыбами, колеблется от 1,5 кг/га (Краснодарское водохранилище) до 100–120 кг/га (Отказненское водохранилище, озеро Мокрая Буйвола и другие). В Ростовской области наиболее привлекательными водоёмами для пастбищного рыбоводства являются водохранилища (Цимлянское, Пролетарское, Веселовское), Миусский лиман, где общая площадь, пригодная для пастбищного рыбоводства, составляет не менее, чем 350–380 тыс. га.

По всем вышеперечисленным водоёмам научными институтами разработаны рыбоводно-биологические обоснования по зарыблению различными видами рыб (белый и пестрый толстолобик, белый и чёрный амур, сазан и др.). Даже при невысокой естественной продуктивности (20–50 кг/га) объём производства товарной рыбы по технологии пастбищного рыбоводства может составить 10–20 тыс. т. Такие объёмы могут быть обеспечены при стабильном зарыблении вышеперечисленных водоёмов. Производственные мощности для выращивания посадочного материала в регионах имеются. Необходим контроль за неукоснительным исполнением государственного заказа при зарыблении естественных водоёмов.

Наряду с традиционными направлениями, в развитии аквакультуры на юге страны очень большие перспективы имеет разведение и производство морских гидробионтов. Так, например, по очень скромным оценкам специалистов, в Чёрном море возможно выращивание не менее 20 тыс. т двусторчатых моллюсков, что имеет особое значение для развития курортов черноморского побережья не только России. Разработаны и внедрены в производство технологии по выращиванию черноморской мидии. Кроме мидии, перспективным является выращивание в подвесной культуре устрицы и скафарки. Имеются технологии, позволяющие получать широкий спектр продукции из моллюсков (пищевой, кормовой, косметической, лечебно-профилактической). Но развитие этого направления в настоящее время сдерживается отсутствием законодательной базы, регулирующей отдельные этапы выращивания. Помимо своего основного назначения — получения товарной продукции, марикультура моллюсков имеет большое значение в пополнении естественной популяции моллюсков, существенно сократившихся к настоящему времени под антропогенным и биологическим прессингом. Более того, выращивание мидий в зонах, подверженных активному антропогенному воздействию, позволяет существенно снизить экологические риски [Петрашов, Коваленко, 2010].

Большие перспективы имеются и в развитии морского садкового выращивания в прибрежной части Чёрного моря. За 2010 г. компанией

«Экофиш» произведено и реализовано более 300 т форели, выращенной в морской воде (п. Хоста, район Большого Сочи). Продукция имела великолепное качество. Кроме форели, в морских садках возможно выращивание таких высокоценных объектов, как сибас, дорадо, которые успешно производятся в Турции и поставляются на российский рынок.

Возвращаясь к резервам в развитии аквакультуры на юге России, следует отметить, что в настоящее время фактором, сдерживающим наращивание объёмов производства, является практически полное отсутствие перерабатывающих предприятий по производству высококачественной, конкурентоспособной рыбной продукции.

При реализации рыбной продукции, выращенной в прудах, наиболее проблемным является сбыт растительных рыб небольшой массы (300–800 г). Производство консервов из такого сырья было наиболее эффективным в период плановой экономики. В настоящее время большим спросом пользуются кулинарные изделия, например, из толстолобика массой менее 1 кг. Изделия из рыбного фарша (котлеты, рыбные палочки, голубцы, тефтели и множество других наименований кулинарной продукции) возможно использовать для широкого круга потребителей, в том числе для школьного и детского питания. Нами разработаны ТУ и ТИ на производство таких кулинарных изделий. На практике уже показана высокая эффективность производства и сбыта рыбной кулинарии: как полуфабрикатов, так и готовых изделий.

Наряду с вышеизложенными проблемами, в прудовом рыбоводстве важное место занимает организация полноценного кормления рыб. Специализированные заводы рыбных комбикормов уже много лет занимаются производством комбикормов для сельскохозяйственных животных, где требования к их качеству значительно ниже, чем для рыбохозяйственных предприятий. В настоящее время поставки комбикормов, в первую очередь для ценных видов рыб, осуществляется из-за рубежа (Дания, Голландия, Финляндия, Франция, Германия и др.).

Стоимость таких кормов в значительной степени завышена по целому ряду причин (таможенные пошлины, доставка, услуги посред-

ников и т.д.), что никак не способствует развитию отечественной аквакультуры.

Учитывая сложившиеся обстоятельства, а также наличие у многих рыбохозяйственных организаций на юге страны земельных наделов, позволяющих производить значительные объёмы кормового сырья: пшеница, подсолнечник, соя, которые составляют до 80 % в составе комбикормов для карпа при выращивании в прудах и не менее 40–45 % в комбикормах для форели, осетровых и других высокоценных видов рыб, необходимо обеспечить производство отечественных полноценных комбикормов [Скияров, Студенцова, 2002; Скияров, 2008].

Разработаны рецепты комбикормов и кормосмесей, ТУ, ТИ, технологический регламент для производства продукции, которая востребована при развитии товарного рыбоводства [Скияров, Гамыгин, 2003]. Сегодня имеется множество примеров их внедрения в рыбохозяйственных организациях отрасли (ООО «Рыбколхоз им. Абрамова», ООО СПК «Синюхинский», ООО «Староминский рыбхоз», ООО СПК «Рыбколхоз Шапариевский», ООО «Рыбколхоз им. Мирошниченко» и целый ряд других). Для строительства таких мини-цехов (мощность 250–1000 кг/ч) нами разработаны соответствующие проекты, в рабочем режиме совершенствуется набор необходимого оборудования с учётом их поставок заказчику.

Опыт использования таких цехов показывает их высокую эффективность. Подобные направления внутрихозяйственной деятельности рыбноводных хозяйств являются сегодня главными аргументами для повышения эффективности развития товарного рыбоводства на юге России.

С учётом вышеизложенного следует обратить внимание на то, что прудовое рыбоводство (выращивание товарной рыбы в пойменных и русловых прудах, пастбищная аквакультура) требует внимания со стороны государства: мелиорация прудов, противоэпизоотические мероприятия, использование (вселение) новых объектов, таких, как пелингас, веслонос, гигантская пресноводная креветка, канальный сом и целый ряд нетрадиционных для России объектов аквакультуры.

Развитие аквакультуры на юге страны предполагает в большей степени классическое пруд-

довое рыбоводство, как это происходит в большинстве стран Восточной Европы.

Как уже отмечалось, такие объекты, как веслонос, пелингас, канальный и клариевый сомы, креветки, могут существенно расширить ассортимент продуктов питания за счёт получения высококачественной продукции, продукции, оказать положительное влияние на привлечение частных инвесторов.

Согласно данным ФАО и прогнозу до 2015 г., производство рыбопродуктов в мире выглядит следующим образом (таблица).

**Таблица.** Производство рыбной продукции в мире, млн т

Продукция	1999–2001 г.	2010 г.	2015 г.
Рыболовство	93,8	101,1	105,1
Аквакультура	35,6	57,8	66,8
Общая	129,4	159,9	171,9
Непищевая	35,6	42,7	45,6
Пищевая	93,8	116,2	126,3

Несомненным лидером в развитии аквакультуры является Китай, а также другие страны Юго-восточной Азии.

В Китае производится более 40 млн т продукции аквакультуры, в том числе 10–12 млн т водорослей.

Лучшие инвестиции, известные человечеству, — это инвестиции в собственное здоровье и активное долголетие. Известно, что на планете Земля выгодно отличаются по этим показателям те люди, в чьём рационе преобладает рыба. Больше всего рыбы и других морепродуктов потребляют жители Японии, где на каждого человека приходится по 60 и более килограммов в год.

В России потребление рыбы в расчёте на душу населения сейчас составляет порядка 17–18 кг в год. Во времена Советского Союза этот показатель достигал 20–22 кг.

Как уже отмечалось ранее, на юге России имеются очень широкие возможности для развития аквакультуры в целом, как пресноводной, так и морской, что послужит существенным подспорьем в обеспечении населения полноценными продуктами питания, увеличит сред-

недушевое потребление рыбной продукции у нас в стране.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Мамонтов Ю.П., Скляр В.Я., Стецко Н.В. 2010. Прудовое рыбоводство. Современное состояние и перспективы развития рыбоводства в Российской Федерации. — М.: ФГНУ «Росинформагротех». — 216 с.
- Мамонтов Ю.П., Стецко Н.В., Скляр В.Я. 2010. Рыбоводство России в условиях рыночных отношений. Резервы развития // Рыбоводство № 1. — С. 8–12.
- Петрашов В.И., Коваленко Ю.И. 2010. Рекомендации по объёмам выращивания моллюсков в Чёрном море на искусственных носителях // Тез. докл. междунар. научн.-прак. конф. «Мировые тенденции развития аквакультуры и современные методы переработки водных биоресурсов». — М. — С. 27–29.
- Скляр В.Я. 2008. Корма и кормление рыб в аквакультуре. — М.: Изд-во ВНИРО. — 150 с.
- Скляр В.Я. 2010. О состоянии рынка продукции аквакультуры в России // Тез. докл. междунар. научн.-прак. конф. «Мировые тенденции развития аквакультуры и современные методы переработки водных биоресурсов». — М. — С. 81–82.
- Скляр В.Я., Бондаренко Л.Г. 2010. Способы производства и перспективы развития аквакультуры в России // Тез. докл. Междунар. научн.-прак. конф. «Мировые тенденции развития аквакультуры и современные методы переработки водных биоресурсов». — М. — С. 31 с.
- Скляр В.Я., Гамыгин Е.А. 2003. ТУ9296–001-13250589-2002. — Краснодар. — 62 с.
- Скляр В.Я., Сержант Л.А. 2011. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Краснодарского края // Рыбоводство. № 1. — С. 28–30.
- Скляр В.Я., Студенцова Н.А. 2001. Биологические основы рационального использования кормов в аквакультуре. — М.: Росинформагротех. — 56 с.
- Скляр В.Я., Черных Е.Н. 2010. Способы повышения эффективности кормления рыбы в прудовых хозяйствах // Тез. докл. Междунар. научн.-прак. конф. «Мировые тенденции развития аквакультуры и современные методы переработки водных биоресурсов». — М. — С. 29.
- Скляр В.Я., Шацкий С.Ю., Яковчук М.П. 2002. Рыбоводно-биологические нормативы для эффективного производства карпа на тепловодных хозяйствах (2-е издание). — Краснодар. — 16 с.
- Скляр В.Я., Демьянко В.Ф., Кулий О.Л. 2006. Рыбоводно-биологические обоснования «Использование Кубанских лиманов для вселения растительноядных рыб в целях мелиорации и увеличения производства товарной рыбы». — Краснодар. — 30 с.
- Стратегия развития аквакультуры Российской Федерации на период до 2020 года. 2007. — М. — 35 с.

## **Aquaculture on the South of Russia, prospects for development**

*V.J. Skljarov, L.G. Bondarenko, J.I. Kovalenko,  
V.I. Petrashov, A.V. Kashirin, E.N. Chernykh*

The Krasnodar affiliate of VNIRO (VNIRO KA)

The analysis of aquaculture status on the south of Russia is given in the paper, causes for level recession of farmed fish production in freshwater bodies of southern country regions are shown.

Prospects of reconstruction and development of fish farming under conditions of fish cultivation in ponds and lakes are specified. Reserves for extension of aquaculture trends, including mariculture in the Black Sea coastal zone, are outlined.

**Key words:** aquaculture, fish farming, carp, plant-eating fish species, salmons, mollusks, mariculture.



Среда обитания  
водных биологических ресурсов

УДК 551.465

## Биохимический мониторинг прибрежных вод Чёрного моря

*А.И. Агатова, Н.М. Лапина, Н.И. Торгунова*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО);  
E-mail: vniro@vniro.ru

Проведён анализ пространственно-временной изменчивости количества и биохимического состава растворённого и взвешенного органического вещества (ОВ) в прибрежных водах Чёрного моря. Показано, что скорости окисления ОВ на Кавказском шельфе Чёрного моря увеличиваются осенью, что приводит к уменьшению содержания ОВ в 1,5–3 раза от лета к осени как в поверхностном, так и в придонном слое. Среднее время оборота фосфатов по всему побережью — 10–20 ч, что обеспечивает интенсивное первичное продуцирование ОВ летом на их рециклинге. В течение суток весь имеющийся белок утилизируется прибрежными экосистемами благодаря активной протеазе.

**Ключевые слова:** прибрежная экосистема, взвешенное и растворённое органическое вещество, биохимический состав, активность ферментов, трансформация.

**ВВЕДЕНИЕ.** Прибрежные воды Чёрного моря в течение долгого времени подвергаются значительному антропогенному воздействию из-за высокой техногенной активности в прибрежной зоне и на акватории шельфа (в основном связанной с объектами нефтегазового комплекса), рекреационной нагрузки, материкового стока с сопутствующим загрязнением, что оказывает серьёзное негативное влияние на условия среды обитания морских гидробионтов (в том числе и промысловых объектов) и биопродуктивность. Биохимический мониторинг прибрежных морских экосистем, основой которого является изучение пространственно-временной изменчивости концентраций растворённого и взвешенного органического вещества (РОВ и ВОВ соответственно), его основных биохимических компонентов (белков, углеводов, липидов и нуклеиновых кислот), а также изучение скорости преобразования органического вещества (ОВ), да-

ёт возможность проследить за изменением, как первичной продуктивности, так и продуктивности высших трофических уровней экосистемы под влиянием антропогенных и природных факторов.

За последние десятилетия биохимические методы исследования морских экосистем приобрели большое значение, т.к. они позволяют не только качественно оценить изменчивость ОВ в продукционно-деструкционном цикле, но и с помощью методов энзимологии проследить короткопериодную кинетику продукционно-деструкционных процессов.

Репрезентативными показателями содержания РОВ и ВОВ являются концентрации растворённого и взвешенного органического углерода ( $C_{\text{орг}}$ ), позволяющие судить о запасах ОВ и трофности водоёма. Для всей шельфовой зоны большое значение имеет речной сток, влияние которого неоднозначно и зависит от

объёма стока и концентрации ОВ в приносимых водах.

Преобразование ОВ в экосистеме осуществляется главным образом с помощью ферментов — белковых катализаторов, обладающих высокой каталитической активностью и специфичностью. Главная роль в этих преобразованиях принадлежит микроорганизмам, поэтому измерение активности соответствующих ферментов катаболизма во взвеси даёт возможность сравнить скорости и пути преобразования ОВ, скорости регенерации биогенных элементов и их оборачиваемость в продукционно-деструкционном цикле, а также оценить полноту использования вещества и энергии в метаболизме морской экосистемы.

В настоящей работе проанализированы закономерности распределения ОВ, его основных биохимических компонентов и активность окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов в шельфовой зоне северо-западной и северо-восточной частях Чёрного моря, причём, в северо-восточной части анализ проводился в разные сезоны в течение последних 20 лет.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Представленные данные были получены в июле—августе 1989 г. (24-й рейс НПС «Академик Книпович»), в сентябре 1996 г. (15-й рейс НИС «Южморгеология»), во время комплексных экспедиций по изучению прибрежной зоны северо-восточной части Чёрного моря (включая Керченский пролив) в июле 2003 г., сентябре 2005 г., в июле—августе 2010 г., в мае и августе 2011 г.

Пробы воды отбирали пластиковыми батометрами, опускаемыми на тросе или непосредственно с лебёдки, либо с помощью зондирующего комплекса «Нейл Браун». Методы отбора проб, выделения взвеси и определения растворённого и взвешенного  $C_{орг}$  и основных биохимических компонентов РОВ и ВОВ подробно описаны в «Справочнике гидрохимика» [1993].

Растворённый  $C_{орг}$  определяли как методом мокрого сожжения на автоанализаторе «Technicon», так и методом высокотемпературного каталитического сожжения на приборах ТОС-500 и ТОС-5000 фирмы «Shimadzu». Взвешенный  $C_{орг}$  определяли исходя из суммы основных биохимических компонентов ВОВ.

Коэффициент пересчёта и растворённого, и взвешенного  $C_{орг}$  в соответствующую концентрацию ОВ принимали равным 2.

Для оценки скоростей трансформации ОВ и регенерации биогенных элементов в прибрежных экосистемах мы определяли: 1) активность фосфатазы, катализирующей гидролитическое отщепление неорганического фосфата от фосфоорганических соединений; 2) активность протеазы, катализирующей гидролитическое расщепление белков на составляющие их аминокислоты; 3) активность окислительно-восстановительных ферментов электрон-транспортной системы (ЭТС), катализирующих окисление соответствующих субстратов до  $CO_2$  и воды. Таким образом, измеренные активности ЭТС позволили судить о скоростях потребления кислорода, т.е. о гетеротрофной активности микропланктона; измеренные активности щелочной фосфатазы — о скоростях регенерации фосфатов и степени лимитирования ими продукционных процессов; а активность протеазы — о скоростях регенерации азота. Активность всех вышеуказанных ферментов измеряли при температуре *in situ* спектрофотометрическими методами, которые подробно описаны в «Руководстве по современным биохимическим методам исследования водных экосистем» [2004].

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.** При широкомасштабном рассмотрении летнего распределения растворённого ОВ в шельфовой зоне всего Чёрного моря была выявлена тенденция последовательного уменьшения концентраций растворённого  $C_{орг}$  от устья Дуная и северо-западного шельфа (около 800 мкМ), до берегов Крыма (около 400 мкМ) и Кавказа (около 300 мкМ) (рис. 1). Основными источниками ОВ здесь являются крупные реки (Днепр, Днестр, Буг, Дунай) и повышенная первичная продукция северо-западного шельфа Чёрного моря. Выделяющееся же пятно повышенных концентраций (600 мкМ  $C_{орг}$ ) в проливной зоне северо-восточного шельфа связано с влиянием вод Азовского моря, распространение которых при определённых гидрометеорологических условиях и динамике вод прослеживается вплоть до Анапы.

Аналогичным образом меняется и концентрация взвешенного  $C_{орг}$ , её значения колеблются от максимальных 125 мкМ  $C_{орг}$  на болгар-

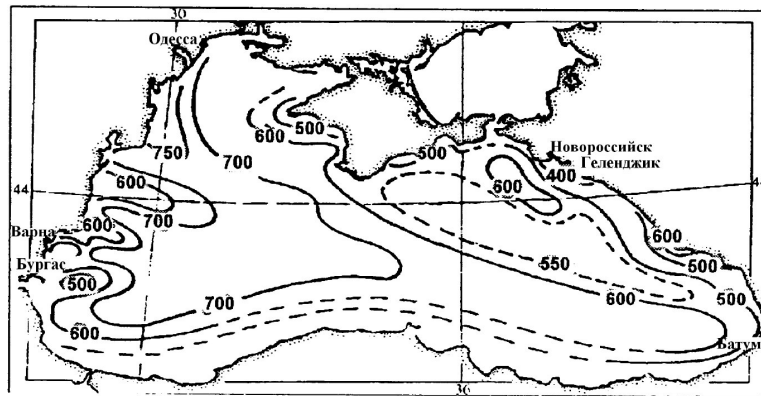


Рис. 1. Распределение растворённого  $C_{орг}$ , мкМ, на поверхности в Чёрном море в летний период

ском и северо-западном шельфах до минимальных 6,2 мкМ  $C_{орг}$  на кавказском шельфе. Доля взвешенного ОВ в общем пуле ОВ меняется от 10–15 % (в зонах впадения больших рек, влияния вод Азовского моря и во время усиленной ветровой деятельности на мелководье) до 2–5 % (в зонах незначительного влияния берегового стока и минимальной биомассы микропланктона). Довольно трудно дать количественную оценку межсезонной изменчивости концентраций ОВ, т.к. слишком велика их межгодовая изменчивость. Однако по имеющимся данным проведенных исследований в предпроливной зоне северо-восточной части Чёрного моря в разные сезоны 2010–2011 гг. прослеживается тенденция сначала увеличения содержания растворённого ОВ от весны к лету в 1,5 раза, а затем уменьшения в 1,5–2 раза от лета к осени как в поверхностном, так и в придонном слое, что связано в первую очередь с интенсивностью продукционно-деструкционных процессов. Так, снижение интенсивности первичного продуцирования ОВ к осени приводит к уменьшению концентраций РОВ в этот сезон.

На формирование локальных областей повышенных и пониженных концентраций ОВ в прибрежной зоне Чёрного моря оказывают большое влияние как береговой сток, так и процессы обмена «вода—дно», причём в прибрежных водах большое влияние оказывает речной сток не только крупных, но и мелких рек. Возросшая в последнее десятилетие антропогенная нагрузка вызывает бурное развитие микроорганизмов, которые не только потребляют поступающее с береговым стоком ОВ, но и укорачивают трофические цепи в потреблении пер-

вичнопродуцируемого ОВ [Сорокин, 1982]. Это приводит к развитию таких неприхотливых видов как желетелье моллюски и медузы, вытесняющие ценные породы промысловых рыб. Надо отметить, что в пелагиали Чёрного моря запасы ОВ на порядок превышают его запасы в Мировом океане за счёт накопления растворённого  $C_{орг}$  в глубинных сероводородных водах [Торгунова, 1994], что делает его практически недоступным для потребления на высших трофических уровнях.

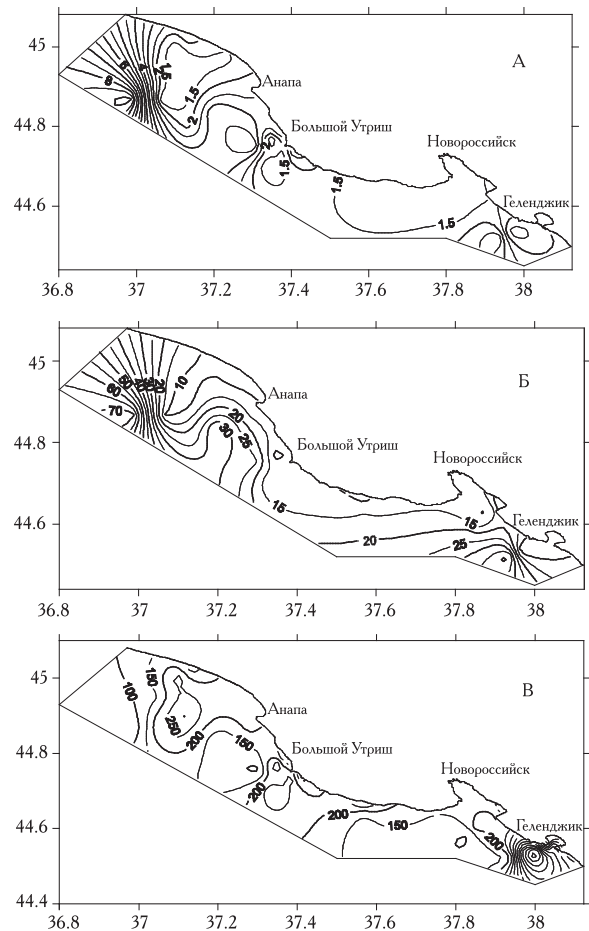
Наибольшая пространственно-временная изменчивость концентраций ОВ проявляется именно на шельфе, причём прибрежные воды различных районов Чёрного моря отличаются не только по концентрациям растворённого и взвешенного  $C_{орг}$ , но и по биохимическому составу ОВ. Так, ОВ болгарского и северо-западного шельфов по сравнению с кавказско-крымским шельфом обогащено липидами. Здесь концентрация липидов в растворённом ОВ часто превышает содержание углеводов, а концентрации взвешенного белка в западных прибрежных водах в 4–8 раз выше, чем в восточных, что указывает на более высокую трофность этих вод. В местах культивирования мидий на северо-восточном побережье в районе Туапсе—Магри летом почти вдвое увеличивается содержание нуклеиновых кислот и азотистых оснований во взвешенном ОВ. Вполне возможно, что в это время идет интенсивное развитие микрогетеротрофов на метаболитах мидий [Торгунова и др., 1992; Agatova, Sapozhnikov, 1998].

Как правило, концентрация РОВ в придонном слое ниже концентрации в поверхностных водах. Особенно эта закономерность хорошо

выражена в проливном районе и в районе Анапы. Однако в этих районах как летом, так и осенью поверхностные воды практически не отличаются от придонных по биохимическому составу, что указывает на их хорошее перемешивание. Создается впечатление, что уменьшение концентрации РОВ в придонном слое происходит за счёт его частичной сорбции на поверхности осадка.

В прибрежных черноморских экосистемах за счёт активизации целого ряда ферментов возрастает скорость деструкционных процессов ОВ и ускоряется оборот биогенных элементов. Здесь наблюдаются большие пределы колебаний активности окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов, что связано с большим разнообразием в популяциях гетеротрофного микропланктона, заселяющего мелководную береговую зону Чёрного моря. Значения общей активности ЭТС во все годы наблюдений (1989–2010 гг.) по северо-кавказскому побережью изменялись практически на 2 порядка (от 0,43 до 33,8 мкг ОВ/л·ч). Как правило, максимальные величины получены в проливной зоне, а минимальные — в районе Новороссийск–Геленджик (рис. 2).

Интересно, что по активности ферментов ЭТС летом прослеживается такая же закономерность, как в случае с описанным выше распределением ОВ — значительное уменьшение активности от проливной зоны до района Новороссийск–Геленджик, а затем увеличение активности в 5 раз в районе Сочи-Адлер [Агатова и др., 2005]. Осенью изменение окислительно-восстановительной активности от проливной зоны до района Сочи-Адлер не такое резкое, от 8–10 мкг ОВ/л·ч до минимального (3,81 мкг ОВ/л·ч) в районе установки мидийных коллекторов (Туапсе–Магри). Следует отметить, что более высокая активность ферментов ЭТС (как удельная, так и общая) осенью по сравнению с летом, за исключением района Сочи-Адлер, обусловлена как увеличением биомассы микрогетеротрофов, так и активированием самих окислительно-восстановительных ферментов. Интенсификация процессов окисления ОВ осенью приводит к заметному уменьшению (в 1,5–2 раза) концентраций и растворённого, и взвешенного ОВ. Значительное падение (в ряде случаев более, чем на по-



**Рис. 2.** Распределение активности ферментов ЭТС в поверхностном слое в летний сезон: *А* — общая, мкг ОВ/л·ч; *Б* — удельная, мкг ОВ/ч·мг белка; *В* — времена регенерации ОВ, сут

рядок) концентраций липидов позволяет предположить, что в первую очередь окисляются эти высокоэнергетические соединения.

Как правило, значения общей активности ЭТС в поверхностных водах выше этих значений в придонном слое, в то время как удельные активности ЭТС, за исключением проливной зоны, часто увеличиваются с глубиной. Непропорциональное изменение общей активности относительно изменения удельной указывает на колебание количества микропланктона, способного на соответствующую ферментативную реакцию в данной популяции. В проливной же зоне зарегистрированная максимальная удельная активность ферментов ЭТС соответствовала и максимальной общей активности, т.е. высокая окислительно-восстановительная активность во фракции взвеси определялась здесь высокой

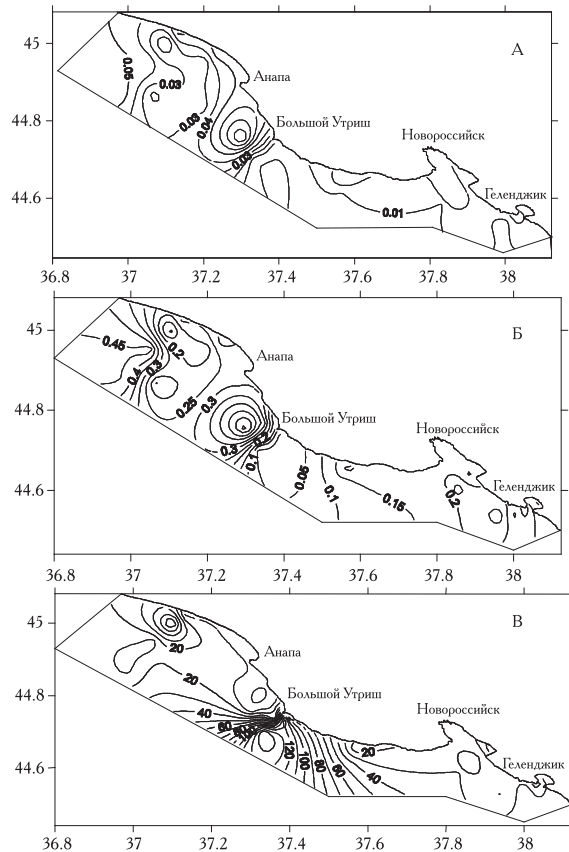
окислительно-восстановительной способностью микропланктона. Интересно, что во многих районах (Тамань, Б. Утриш, Новороссийск—Геленджик) при удалении от берега в пелагиаль увеличивается общая активность ферментов ЭТС за счёт увеличения их удельной активности, т.е. в популяции микропланктона возрастает доля гетеротрофов, способных окислять различные ОВ.

Определение скоростей реакций, катализируемых ферментами ЭТС в северо-восточной части Чёрного моря, позволило нам оценить время распада ОВ в этом районе. Широкий диапазон значений общей активности ЭТС обусловил и большие колебания времени полного окисления ОВ — от 16 до 463 сут. Полученные максимальные значения активности ЭТС в проливной зоне, несмотря на высокие концентрации растворённого и взвешенного ОВ, определяют здесь минимальные времена рециклинга ОВ (от 23 до 99 сут). Исключая проливную зону, по всему побережью от Тамани до Сочи среднее время оборота ОВ равно примерно 200 сут, т.е. ОВ в прибрежной зоне обновляется меньше, чем за год.

Минерализация фосфоорганических соединений наиболее активно происходит также в проливной зоне (рис. 3), а летом 2011 г. здесь были получены максимальные значения общей активности фосфатазы (до 0,325 мкМ Р/л·ч).

Следует отметить очень высокую межгодовую изменчивость величин и общей, и удельной активности фосфатазы, поэтому трудно точно определить, какова сезонная изменчивость этих величин. Можно говорить только о тенденции. Так, в районе Новороссийск—Геленджик скорости расщепления фосфоорганических соединений осенью в 1,5—2 раза выше, чем летом. Тогда как в районах Туапсе—Магри и Сочи—Адлер осенью в поверхностном слое общая и удельная активности фосфатазы были ниже, чем летом. В то же время в прибрежной зоне проливного района значения общей активности фосфатазы были максимальными летом, когда после исчерпания зимнего запаса биогенных элементов во время весеннего цветения образование первичной продукции идет в основном на их рециклинге.

Определение величин общей активности фосфатазы и концентраций органического фос-

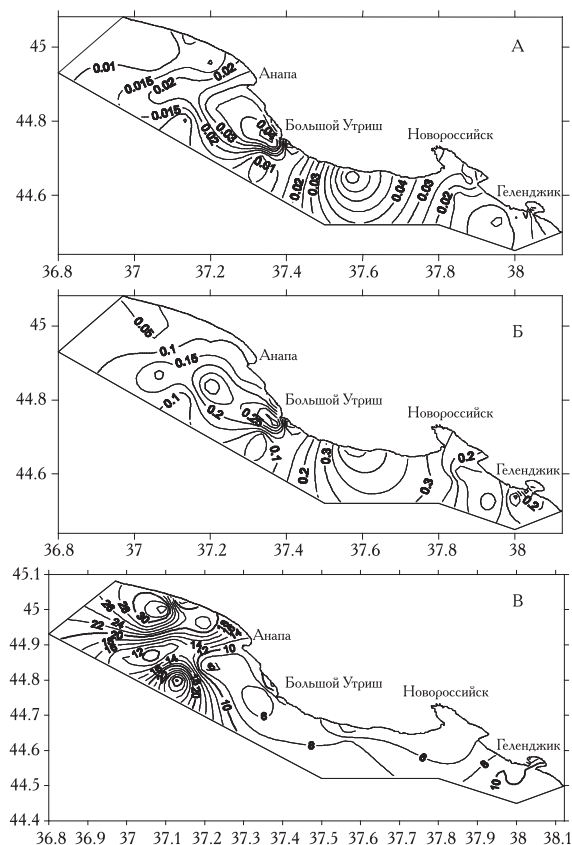


**Рис. 3.** Распределение активности фосфатазы в поверхностном слое в летний сезон: *A* — общая, мкМ Р/л·ч; *B* — удельная, мкМ Р/ч·мг белка; *B* — время регенерации фосфатов, ч

фора позволило нам рассчитать время полной регенерации фосфатов в прибрежной части северо-восточной части моря (см. рис. 3). Несмотря на максимальные значения общей активности в проливной зоне, среднее время оборота фосфатов такое же, как по всему побережью (10—20 ч). Здесь это объясняется высокой концентрацией органического фосфора (около 1,2 мкМ), превышающей среднюю концентрацию, характерную для северо-восточного побережья, в 3—4 раза. В районе же Туапсе—Магри при одинаковых средних значениях концентраций органического фосфора, повышенное значение общей активности фосфатазы обуславливает минимальное время рециклинга фосфатов (3—5 ч). Ранее [Агатова, Торгунова, 1992] нами было показано, что летом и у берегов Крыма, и на Болгарском шельфе время регенерации фосфатов не превышает суток. А у берегов Варны в поверхностных во-

дах даже не удалось определить концентрацию органического фосфата, так быстро он минерализовался (около 6 мин), хотя продукция была очень высокой — 1174 мг С под м<sup>3</sup> в сут. Таким образом, быстрая оборачиваемость фосфатов может обеспечить интенсивное первичное продуцирование ОВ на их рециклинге.

Насколько быстро происходит гидролиз других ОВ (помимо фосфоорганических соединений), можно было составить представление, измеряя активность протеаз. Следует отметить, что самые большие пределы изменения значений общей активности ферментов на шельфе северо-восточной части моря характерны именно для протеазы. Средние значения общей протеазной активности изменяются от 0,015 до 0,210 мг азоказ/л·ч, а удельной — от 0,060 до 0,395 мг азоказ/мг·белка ч. Для пространственного распределения протеазной активности характерна пятнистость с максимумами и минимумами (рис. 4).



**Рис. 4.** Распределение активности протеазы в поверхностном слое в летний сезон: *А* — общая, мг азоказ/л·ч; *Б* — удельная, мг азоказ/ч·мг белка; *В* — время оборота белка, ч

Величины протеазной активности во всех прибрежных районах (за исключением проливного района) уменьшаются практически в 2 раза от поверхности до дна. В проливном же районе протеаза почти на порядок активнее в придонном слое, чем в поверхностном. Это может быть связано с тем, что в динамически активной зоне происходит довольно интенсивный обмен на границе «вода—дно», в результате которого либо в придонный слой попадает микробентос, обладающий протеазной активностью, либо происходит активация фермента на частичках взвеси. Второе более вероятно, т.к. в этом случае не происходит увеличения концентрации ни взвешенного, ни растворённого белка, тогда как величина удельной активности возрастает более, чем в 6 раз по сравнению с поверхностными водами. Среднее время оборота белка, рассчитанное исходя из величины протеазной активности и концентрации белка в исследуемом регионе, не превышает 20 ч, т.е. в течение суток весь имеющийся белок утилизируется прибрежными экосистемами. В придонном же слое проливного района и в поверхностном слое в районе Туапсе—Магри это время минимально (около 3 ч).

Таким образом, прибрежные экосистемы вырабатывают пути утилизации привносимых веществ не только за счёт увеличения биомассы микропланктона, но и за счёт перестройки его метаболизма, что позволяет микроорганизмам перерабатывать разнообразные по химическому строению ОВ. Это способствует быстрой нейтрализации поступающих загрязнений и очищению прибрежных вод от метаболитов культивируемых беспозвоночных. Скорость преобразования ОВ возрастает благодаря активации различных гидролаз, а также активации окислительно-восстановительных процессов.

Быстрая утилизация прибрежной экосистемой поступающих веществ за счёт изменения метаболизма микрофлоры может приводить к образованию большой биомассы как гетеротрофного, так и автотрофного планктона, а также к ускорению оборота ОВ и биогенных элементов в продукционно-деструкционном цикле.

В целом ряде случаев происходят катастрофические изменения экосистемы, например вредоносное цветение водорослей — «красный

прилив». Биохимический анализ причин, вызвавших подобное цветение водорослей у берегов Болгарии, показал, что на болгарском шельфе в прибрежных водах на входе в Варненский залив происходит накопление продуктов полураспада ОВ в результате его интенсивного гидролитического расщепления [Agatova, Sapozhnikov, 1998]. В то же время активность ферментов ЭТС, катализирующих окисление продуктов полураспада до  $\text{CO}_2$  и тем самым выводящих их из экосистемы шельфа, была равна аналитическому нулю. Накопление низкомолекулярных ОВ, в основном мочевины и аминокислот, привело к переходу некоторых видов фитопланктона на гетеротрофное питание, в процессе которого они использовали эти субстраты. В частности, бурно развивается *Goniaulax polyedra*, способный окислять эти соединения до  $\text{CO}_2$ .

Изменения в метаболизме прибрежных экосистем могут оказаться необратимыми и привести к их глубокой перестройке на высших трофических уровнях. Например, к массовому развитию короткоциклового вида (в основном желетелых), распространению чужеродных видов (вселенцев) и довольно существенным изменениям в донных биоценозах как на западном, так и на восточном шельфах.

Для оздоровления природной среды Чёрного моря необходимо осуществлять комплекс природоохранных мероприятий. Одним из перспективных способов борьбы с эвтрофикацией является развитие марикультуры беспозвоночных (мидии, устрицы) в прибрежных водах. Помимо отфильтровывания поступающего с береговым стоком ВОВ культивируемыми моллюсками здесь очень интенсивны деструкционные процессы, в результате которых происходит не только расщепление ОВ до низкомолекулярных соединений, но и его полная минерализация.

Биохимические исследования морских экосистем, особенно сопоставление активности соответствующих ферментов расщепления ОВ до низкомолекулярных соединений и скорости окисления этих соединений до  $\text{CO}_2$ , являются

перспективными для быстрой оценки степени опасности тех или иных воздействий на прибрежные экосистемы Чёрного моря.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края (грант № 08–05–96500–р-юг-а)

#### ЛИТЕРАТУРА

- Агатова А.И., Лапина Н.М., Торгунова Н.И., Кирпичёв К.Б. 2001. Биохимические исследования морских экосистем солоноватых вод // Водные ресурсы. Т. 28. № 4. — С. 470–479.
- Агатова А.И., Торгунова Н.И. 1992. Биологическая активность взвеси и регенерация биогенных элементов в зоне шельфа Чёрного моря // Экология прибрежной зоны Чёрного моря / Ред. В.В. Сапожников. — М.: ВНИРО. — С. 275–305.
- Агатова А.И., Аржанова Н.В., Лапина Н.М., Торгунова Н.И., Красюков Д.В. 2005. Пространственно-временная изменчивость органического вещества в прибрежных экосистемах кавказского шельфа Чёрного моря // Океанология. Т. 45. — С. 670–677.
- Руководство по современным биохимическим методам исследования водных экосистем, перспективных для промысла и марикультуры / Ред. А.И. Агатова. — М.: Изд-во ВНИРО. 2004. — 123 с.
- Сорокин Ю.И. 1982. Роль микрогетеротрофов в функционировании морских экосистем // Успехи современной биологии. Т. 93. № 2. — С. 236–252.
- Справочник гидрохимика / Ред. В.В. Сапожников. — М.: Агропромиздат. 1991. — 224 с.
- Торгунова Н.И., Агатова А.И., Козлов Ю.И. 1992. Распределение в прибрежной зоне растворённого и взвешенного органического вещества и его биохимических компонентов // Экология прибрежной зоны Чёрного моря. — М.: ВНИРО. — С. 306–319.
- Торгунова Н.И. 1994. Новые представления о распределении растворённого органического вещества в Чёрном море // Океанология. Т. 34. № 1. — С. 57–61.
- Agatova A.I., Sapozhnikov V.V. 1998. Ecological aspects of the biochemical studies in the coastal waters of the Black Sea // Conservation of the biological diversity as a prerequisite for sustainable development in the Black Sea region / Ed. Kotlyakov V.M. — Kluwer Acad. Publ. — P. 243–257.
- Cotner J.B., Sada R.H., Bootsma H. 2000. Nutrient limitation of heterotrophic bacteria in Florida Bay // Estuaries. V. 23. N. 6. — P. 611–620.
- Nausch M. 1998. Alkaline phosphatase activities and the relationship to inorganic phosphate in the Pomeranian Bight (southern Baltic Sea) // Aquat. Microb. Ecol. V. 16. — P. 87–94.

## Biochemical monitoring of the Black Sea Coastal Waters

*A.I. Agatova, N.M. Lapina, N.I. Torgunova*

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

Spatial and temporal variability in stocks and biochemical composition of dissolved and particulate organic matter (OM) in the Black sea shelf waters. Rates of the OM oxidation in the Caucasian shelf waters of the Black Sea increase in autumn leading to decline in the OM stocks by 1,5–3 times compared to summer both in the surface, and the bottom layers. Average period of the phosphate turnover is 10–20 h along the entire studied coastal area; thus, the phosphate recycling provides for intensive primary production of OM in summer. Owing to the active protease, coastal ecosystems utilize all the available protein during one day.

**Key words:** coastal ecosystem, dissolved and particulate organic matter, biochemical constituents, enzyme activity, transformation.



Среда обитания  
водных биологических ресурсов

УДК: 551.465

**Комплексные экологические исследования Керченского пролива  
и Таманского залива после катастрофы танкера с мазутом  
(2007–2010 гг.)**

*В.В. Сапожников<sup>1</sup>, Н.В. Аржанова<sup>1</sup>, Н.М. Лапина<sup>1</sup>, А.И. Агатова<sup>1</sup>,  
Н.И. Торгунова<sup>1</sup>, Н.М. Зозуля<sup>1</sup>, Л.Г. Бондаренко<sup>2</sup>, С.Л. Вишневский<sup>2</sup>,  
С.В. Радченко<sup>1</sup>, В.И. Рой<sup>1</sup>, С.И. Столярский<sup>1</sup>, В.Е. Полонский<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)  
E-mail: vniro@vniro.ru

<sup>2</sup> Краснодарский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства  
и океанографии (КФ ВНИРО). E-mail: kfvniro@vniro.ru

В течение трёх лет после катастрофического разлива нефтепродуктов в ноябре 2007 г. в Керченском проливе выполнялись гидролого-гидрохимические исследования самого пролива, предпроливных зон Чёрного моря и Таманского залива для оценки условий функционирования экосистем пролива и формирования биопродуктивности. Проведенные исследования показали, что предшествующая катастрофа не оказала видимого воздействия на условия жизнедеятельности гидробионтов. Уже через год, в 2008 г. никаких загрязнений нефтепродуктами обнаружить не удалось, кроме придонных «луж» мазута в Таманском заливе. В дальнейшем, в 2009 и 2010 гг. наблюдалось обычное распределение кислорода и биогенных элементов, достаточно интенсивное развитие фитопланктона, биомасса которого практически повсеместно свидетельствовала о высоком уровне трофности вод.

**Ключевые слова:** Керченский пролив, гидролого-гидрохимические исследования, биохимические параметры, продукционно-деструкционные процессы.

**ВВЕДЕНИЕ.** Керченский пролив играет важную роль в формировании особенностей гидролого-гидрохимического режима Азово-Черноморского бассейна. В то же время сам пролив является одним из главных промысловых районов и важной судоходной магистралью. Эти обстоятельства предъявляют значительные требования к изучению его как самостоятельного объекта, а в условиях увеличения антропогенной нагрузки необходим его постоянный экологический мониторинг.

Ночью 10–11 ноября 2007 г. со стороны Балканского региона на акваторию Чёрного моря вышел циклон со скоростью 70 км/ч и устремился в сторону Крыма. В Керченском проливе скорость ветра достигала 30 м/с, а волна — высоты 4 м. Естественно, что все суда, которые стояли в проливе на якорях на глубине 3–5 м, были разломаны при ударах о дно. В результате затонуло 4 судна (сухогрузы «Вольногорск», «Нахичевань», «Ковель», «Хач Измаил»), но самым страшным было то, что около

южной оконечности о. Тузла потерпело катастрофу нефтеналивное судно типа «река—море» «Волгонефть-139», перевозившее мазут. В результате в море вылилось около 1600 т мазута и на дне оказалось около 6800 т технической серы, находившейся в трюмах других затонувших кораблей.

По данным вертолётного обследования МЧС России, были обнаружены загрязнения мазутом южнее о. Тузла, на косе Чушка, в Таманском заливе, поскольку господствовали юго-западные и юго-восточные ветры, которые нагнали в пролив черноморскую воду вплоть до порта Кавказ [Матишов и др., 2008]. В морской воде солёностью 16–17 ‰ мазут не тонет, а выбрасывается на берег. Берега косы Чушка пришлось затем чистить в течение 2007–2008 гг. После прекращения шторма и восстановления компенсационного течения из Азовского моря, мазут стал тонуть в азовской воде солёностью 10–11 ‰ и был выброшен на берег на выступающие участки украинского берега — м. Ак-Бурун и Аршинцевскую косу [Фащук и др., 2009].

Максимальный урон катастрофа 11 ноября 2007 г. могла нанести биоценозам фито- и зообентоса, которые были наиболее богаты вдоль косы Чушка и в зоне фарватера в открытой части пролива. Именно над этими районами в течение 4 суток располагалось пятно мазута. Отмечены большие потери зостеры, цирастодермы, мидии, митилиястра, нерейса, усоногого рачка.

Так как многие представители зообентоса являются основными объектами питания донных промысловых рыб пролива, то нефтяное загрязнение дна в указанных районах, вероятнее всего, существенным образом отразится на популяции бычка, который в марте—апреле подходит здесь к берегу для нереста, а с июля—августа и до ноября нагуливается в зоне портов Крым и Кавказ. Аналогичных негативных последствий в результате гибели кормовой базы следует ожидать и для другого донного вида рыб — кефалей, которые подходят в зону пролива в середине марта для нагула (сингиль) или нагуливаются здесь в июле—сентябре (лобан).

Нефтяное загрязнение дна Керченского пролива может отразиться также на результатах нереста камбалы-гlossы, который начинается в проливе в январе—марте, помешает нагулу в

проливе мелкой ставриды и камбалы-калкан, которые заходят сюда из Чёрного моря с этой целью в августе—октябре. В то же время, на сегодняшний день не стоит ожидать каких-либо серьёзных последствий катастрофы для популяций фито- и зоопланктона, обитающих в толще вод, а также для промысловых пелагических рыб, так как их взрослые особи долго в проливе не задерживаются, а ранние стадии их развития протекают вне зоны пролива.

Основной целью исследований является оценка современного состояния водных экосистем Керченского пролива (предпроливных зон, Керченской бухты и Таманского залива включительно) после разлива нефтепродуктов и серы в ноябре 2007 г., а также изучение условий функционирования экосистем пролива и формирования биопродуктивности, в том числе и рыбной.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.** В июле 2008 г. в Керченском проливе и Таманском заливе была выполнена комплексная океанологическая съёмка, организованная ФГУ «Черноморо-Азовская дирекция по техническому обеспечению надзора на море» (рис. 1,а). Для участия в этих работах были приглашены сотрудники лаборатории морской экологии ВНИРО. На 38 станциях в российских водах пролива определялись гидрологические и гидрохимические показатели вод, отбирались пробы грунта и воды для проведения анализов на содержание компонентов нефтяного и химического загрязнения. На станциях 31 и 32, расположенных в Таманском заливе на глубине 8–9 м, на дне обнаружен мазут из танкера «Волгонефть-139». При отборе проб воды и грунта на остальных станциях съёмки признаков нефтяного загрязнения не обнаружено.

Съёмка Керченского пролива была выполнена на 24–26 июля на катере КРС с водомётным движителем и осадкой 40 см. Последнее обстоятельство дало возможность работать на малых глубинах (до 1 м). Работа проходила при лёгком ветре южных румбов и волне высотой не более 40 см. Такая погода позволяла работать на этом мелкосидящем катере. Только в последний день съёмок (26 июля) задул северный ветер и разогнал волну до 1 м высотой, что вынудило завершить работу, ограничив съёмку северной частью Керченского пролива на границе с Азовским морем.

Для определения *in situ* температуры, солёности, рН, еН и растворённого кислорода был использован ручной автономный STD, O<sub>2</sub>, рН, еН-зонд «Гидролаб» (США), предварительно откалиброванный в лаборатории морской экологии ВНИРО: датчики температуры — по Бекмановскому термометру с точностью до ±0,001 °С в диапазоне от 10 до 36 °С; датчик рН по двум буферным растворам 6,86 и 9,18 ед. рН при 20 °С; датчик окислительно-восстановительного потенциала по раствору Зобелла с точностью ±0,1 в, показания датчика получены по отношению к хлорсеребряному электроду; датчик растворённого кислорода по двум точкам: концентрации 0 мг/л, которая достигалась в растворе сульфита натрия (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), и концентрации 5,86 мг/л, которая получена в дистиллированной воде при температуре 20 °С и определена методом Винклера с точностью ±0,02 мг/л; датчик солёности по двум растворам 17,50 и 8,75 ‰, которые были приготовлены соответствующим разведением «нормальной» морской воды с солёностью 35,00 ‰. Пробы воды на биогенные элементы и нефтяное загрязнение отбирали с поверхности и придонного горизонта батометром Нискина объёмом 5 л, а пробы донных осадков — дночерпателем (0,1 м<sup>2</sup>). Отобранные пробы в конце каждого дня отправлялись в Южное отделение института Океанологии РАН для последующего анализа.

В июле 2009 г. на водомётном катере «Печенга» были выполнены комплексные исследования в Керченском проливе в районе о. Чушка и в Таманском заливе.

В конце июля — начале августа 2010 г. в соответствии с подписанным Меморандумом о научном сотрудничестве между ЮгНИРО (г. Керчь, Украина) и ФГУП «ВНИРО» (г. Москва, Россия) сотрудниками ВНИРО одновременно с сотрудниками ЮгНИРО проведены комплексные экологические исследования Керченского пролива (рис. 1, б). Исследования проводились двумя судами: с российской стороны, охватывающей восточную половину пролива и Таманский залив, — на водомётном катере «Печенга», с украинской стороны, охватывающей западную половину акватории пролива, — на судне «ПМБ ЯКР 1022». Всего выполнено 35 океанологичес-

ких станций, 26 из них — с полным комплексом исследований. Измерение температуры и солёности водной толщи проводилось с помощью зонда STD «Гидролаб» (ВНИРО) и зондирующего биоокеанологического комплекса производства МГИ НАН Украины (ЮгНИРО). Пробы воды отбирались из поверхностного и придонного слоёв. В каждой пробе проанализирована концентрация растворённого в воде кислорода, минерального и органического фосфора, аммонийного, нитритного, нитратного и органического азота, кремния.

В российской части пролива выполнены также биохимические исследования, включающие

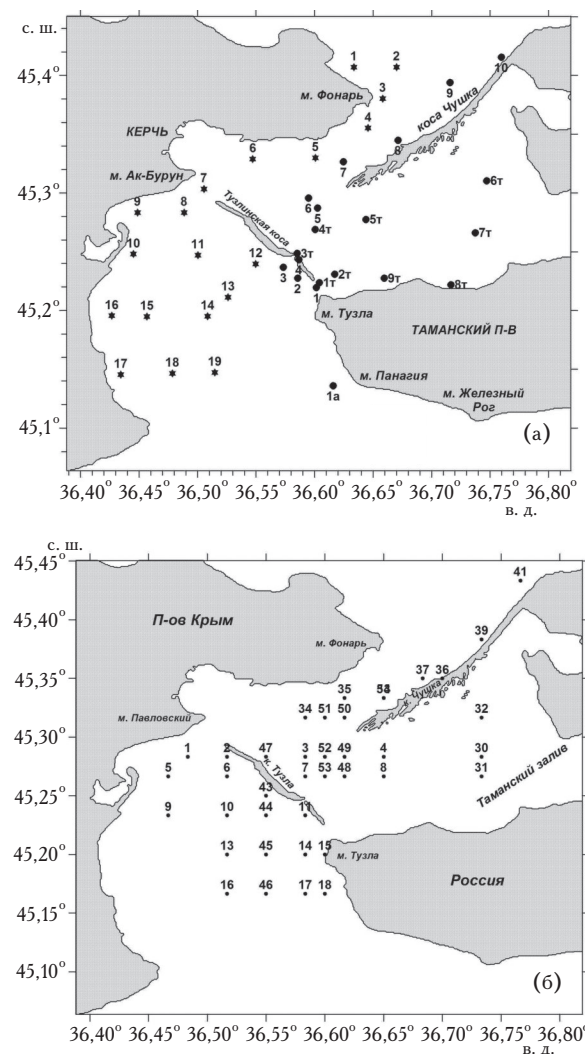


Рис. 1. Схема станций экспедиционных исследований в Керченском проливе и Таманском заливе:

а — летом 2008 г.; б — летом 2010 г.

\* — станции, выполненные ЮгНИРО (Украина);

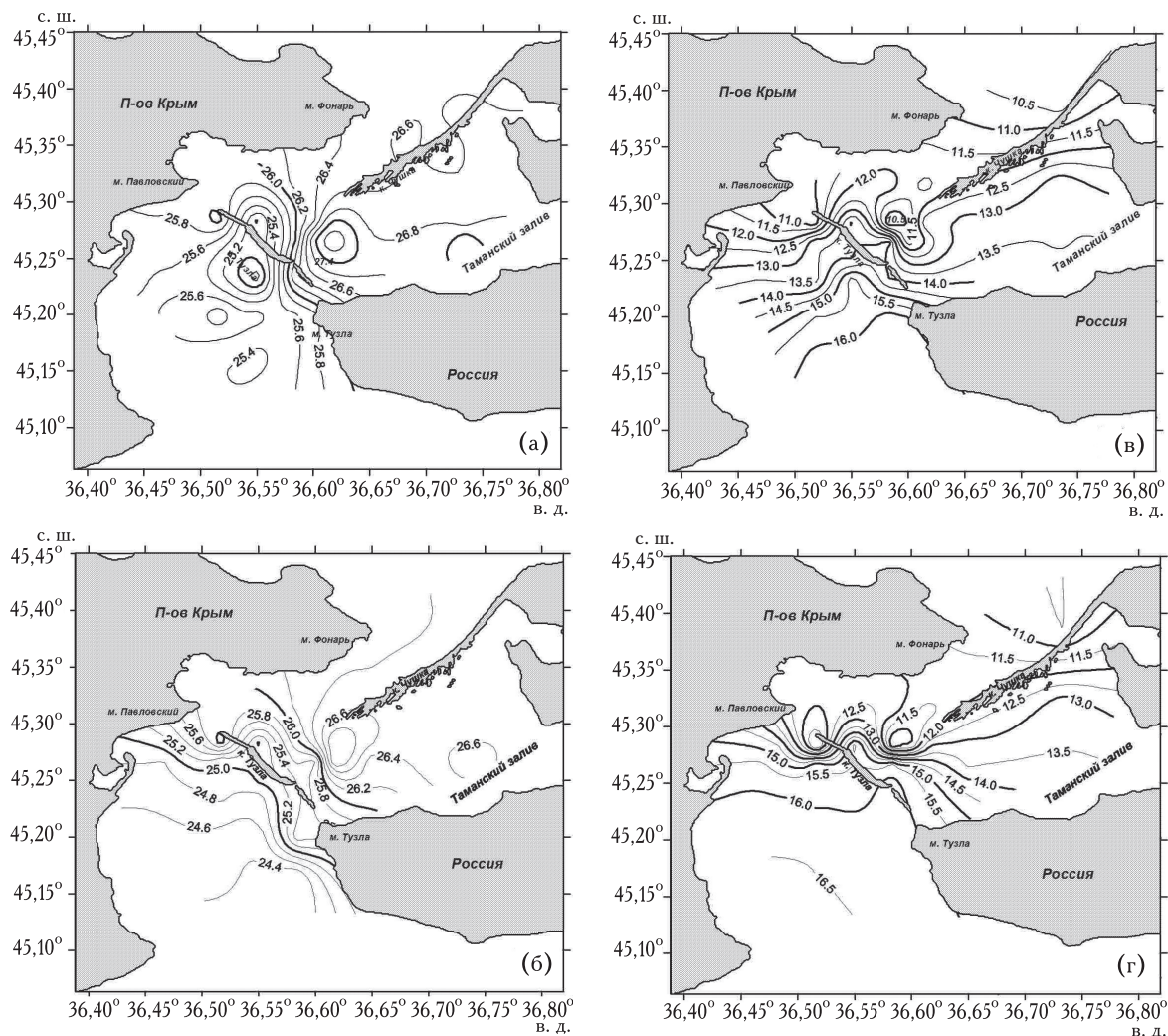
• — станции, выполненные ФГУП «ВНИРО» (Россия)

определение содержания растворённого и взвешенного углерода, белков, липидов, углеводов, а также активности окислительно-восстановительных (ЭТС) и гидролитических (фосфатазы и протеазы) ферментов. Гидрохимический анализ проб проводился в условиях аттестованных лабораторий ФГУП «ВНИРО» и ЮгНИРО согласно принятым методикам. Кроме того, были отобраны пробы для оценки состояния фито-, зоо-, ихтиопланктона и бентоса, обработка которых проводилась в береговых лабораториях КФ ВНИРО и ЮгНИРО согласно принятым методикам.

Результаты и обсуждение. Данные зондирования СТД-зондом «Гидролаб» указывают на то, что в 2008 г. на большинстве мелководных станций вся водная толща была однородна

от поверхности до дна. Для поверхностного и придонного горизонта были построены карты распределения температуры, солёности, растворённого кислорода, рН и еН.

Характер распределения температуры воды на поверхности и у дна (рис. 2, а; в) в 2008 г. свидетельствует о росте температуры с юго-запада на северо-восток, от Чёрного моря к Азовскому. Отмечено наличие фронта с резким перепадом температуры от 24,6 до 26,4 °С, который вытянут от южной оконечности к о. Чушка до м. Павловский. Только в Таманском заливе температура поверхностных вод поднимается до 27,39 °С. Это же пятно повышенных температур наблюдается и в придонном слое Таманского залива, где температура достигает 27,01 °С.



**Рис. 2.** Распределение температуры (°С) и солёности (‰) летом 2008 г.: а, б — на поверхности (соответственно); в, г — в придонном слое (соответственно)

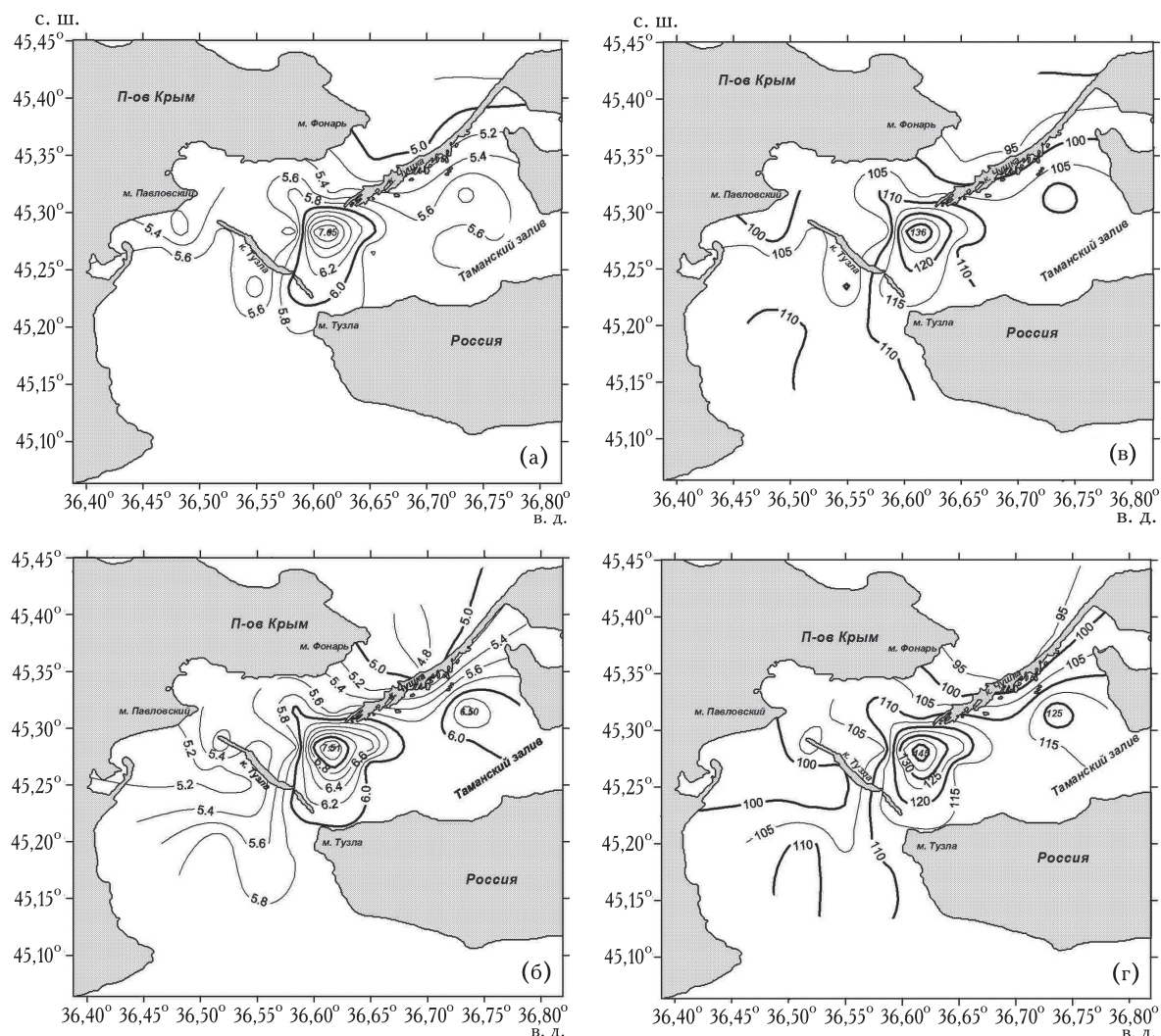
По солёности (рис. 2,б; з) фронтальная зона просматривается ещё лучше, чем по температуре. Причём наиболее резкий перепад солёности (от 15,5 до 12 ‰) проходит в районе северной части косы Тузла, хотя общий перепад солёности от азовской воды (10,5 ‰) до черноморской (16,5 ‰) значительно больше. Интересно, что в придонном слое солёностный фронт более чёткий и горизонтальный градиент солёности больше.

Анализ пространственного распределения растворённого кислорода (рис. 3) показал, что на большей части исследованной акватории его содержание составляло 4,8–6,0 мл/л (95–110%). К северо-западу от косы Чушка на поверхности и у дна прослеживается зона максимальной концентрации кислорода — более 6 мл/л.

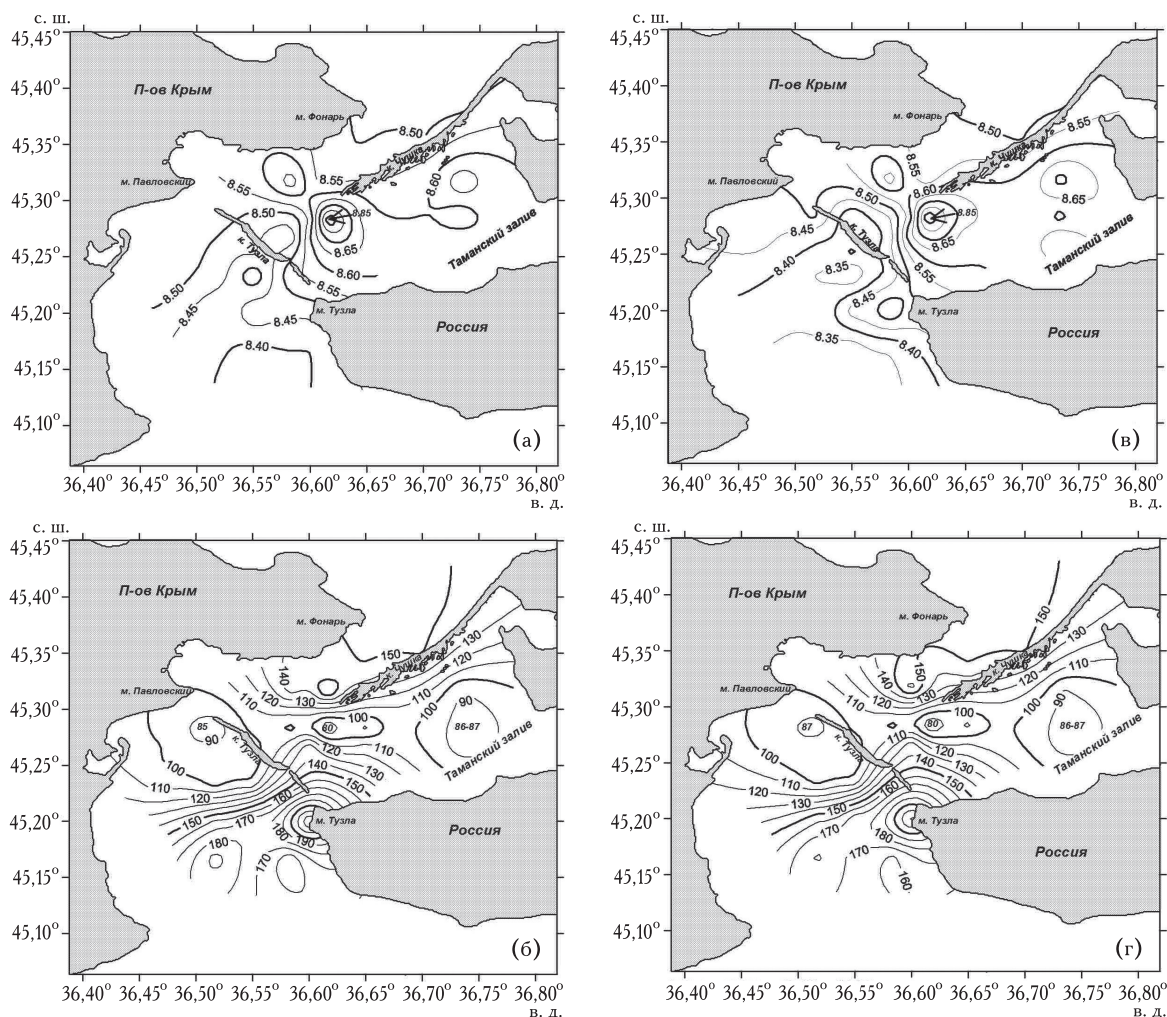
Карты распределения рН, как и следовало ожидать, повторяют картину распределения кислорода (рис. 4,а; в). В точке с максимальными значениями кислорода величина рН достигала 8,85.

От областей с максимальным значением рН в центре пролива и южнее оконечности косы Чушка величина рН равномерно падает как по мере приближения к Чёрному морю до 8,35, так и по мере приближения к выходу из Керченского пролива в Азовское море до величины 8,40.

Картина распределения окислительно-восстановительного потенциала (еН) соответствует распределению рН и растворённого кислорода (рис. 4,б; з). В центре пролива, где величины рН и кислорода максимальны, про-



**Рис. 3.** Распределение кислорода (мл/л, %) летом 2008 г.:  
а, б — на поверхности (соответственно); в, з — в придонном слое (соответственно)



**Рис. 4.** Распределение величины рН и еН летом 2008 г.:

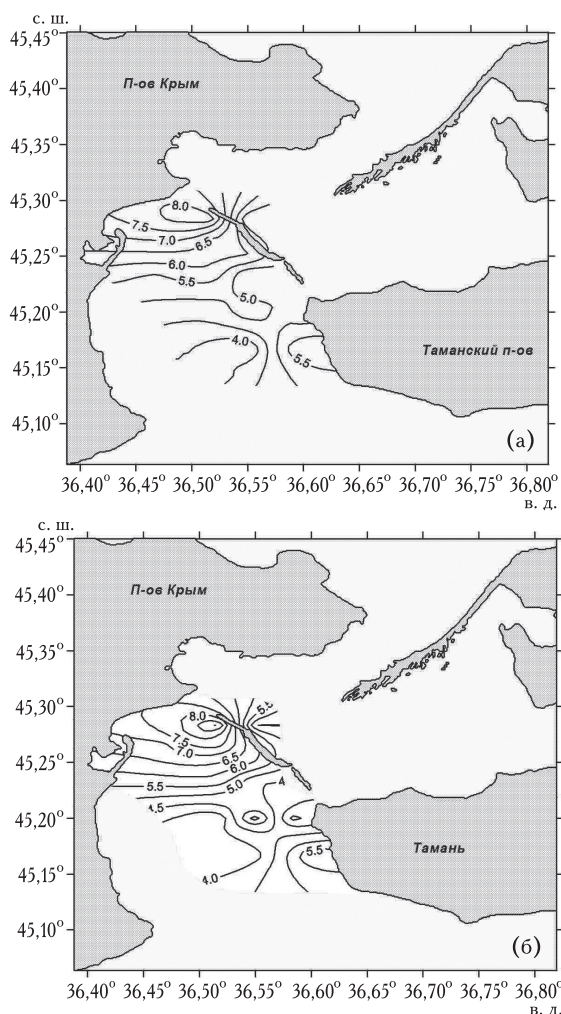
а, б — на поверхности (соответственно); в, з — в придонном слое (соответственно)

слеживается зона минимальных значений еН, и эта зона несколько смещена к югу.

Безусловно, надо понимать, что наблюдаемая нами картина положения фронта между черноморскими и азовскими водами в середине пролива и максимальные концентрации кислорода и рН в Таманском заливе — это следствие сложившейся в данное время суперпозиции ветров и течений, а также ясной солнечной погоды. В другое время, при северных и западных ветрах, картина будет иной, и вся поверхность Керченского пролива будет занята азовской водой. При южных и восточных ветрах большей силы, чем в период наших наблюдений, черноморская вода может вытеснить азовскую воду практически из всего пролива. Каким при этом будет распределение кислорода, рН и биогенных элементов должны показать дальнейшие исследования.

Анализируя распределение растворённого органического углерода на поверхности и у дна (рис. 5) в южной части Керченского пролива можно отметить максимальные значения у западной оконечности косы Тузла (8 мг С/л) и постепенное уменьшение концентрации к югу до выхода из пролива, где значения падают до 4 мг С/л и менее.

Стоит отметить, что материалов по комплексным экосистемным исследованиям в Керченском проливе нам обнаружить не удалось. В монографиях ГОИНа «Чёрное море» [1991] и «Азовское море» [1991], выполненных в рамках проекта «Моря России», изложены данные только об уровне и течениях. Уровень Азовского моря выше в среднем на 4–5 см. В многоводные годы (как в настоящее время) уровень Азовского моря увеличивается на 5 см, а Чёр-



**Рис. 5.** Распределение растворённого органического углерода летом 2008 г.: а — на поверхности; б — в придонном слое

ного моря — на 7 см. Таким образом, разность уровней между Азовским и Чёрным морем сокращается до 2 см. Другими словами, все зависит от ветровой ситуации, как было показано выше.

Мелководный пролив с отдельными «ямами» (до 25 м) мало пригоден для численного моделирования [Чёрное море, 1991]. Реальные наблюдения за течениями, совмещенные с гидрохимическими исследованиями, могут дать значительно больше информации для понимания процессов, происходящих в проливе.

Многообразие типов течений в Керченском проливе может быть сведено к трём основным (по направлению переноса воды): устойчивое азовское — со стороны Азовского моря; устойчивое черноморское — со стороны Чёрного

моря; неустановившееся смешанное, переменное по направлению и обычно слабое течение. Иногда могут наблюдаться одновременно двухслойные и двухсторонние течения [Чёрное море, 1991].

Проведённые в 2009 г. исследования показали, что наблюдалось обычное распределение кислорода и биогенных элементов, на которое предшествующая катастрофа не оказала никакого воздействия. Более того, в Таманском заливе не были обнаружены придонные «лужи» мазута, как это было зафиксировано в 2008 г. Очевидно, мазут был засыпан во время зимних штормов донными осадками, и частично переработан нефтеокисляющими бактериями.

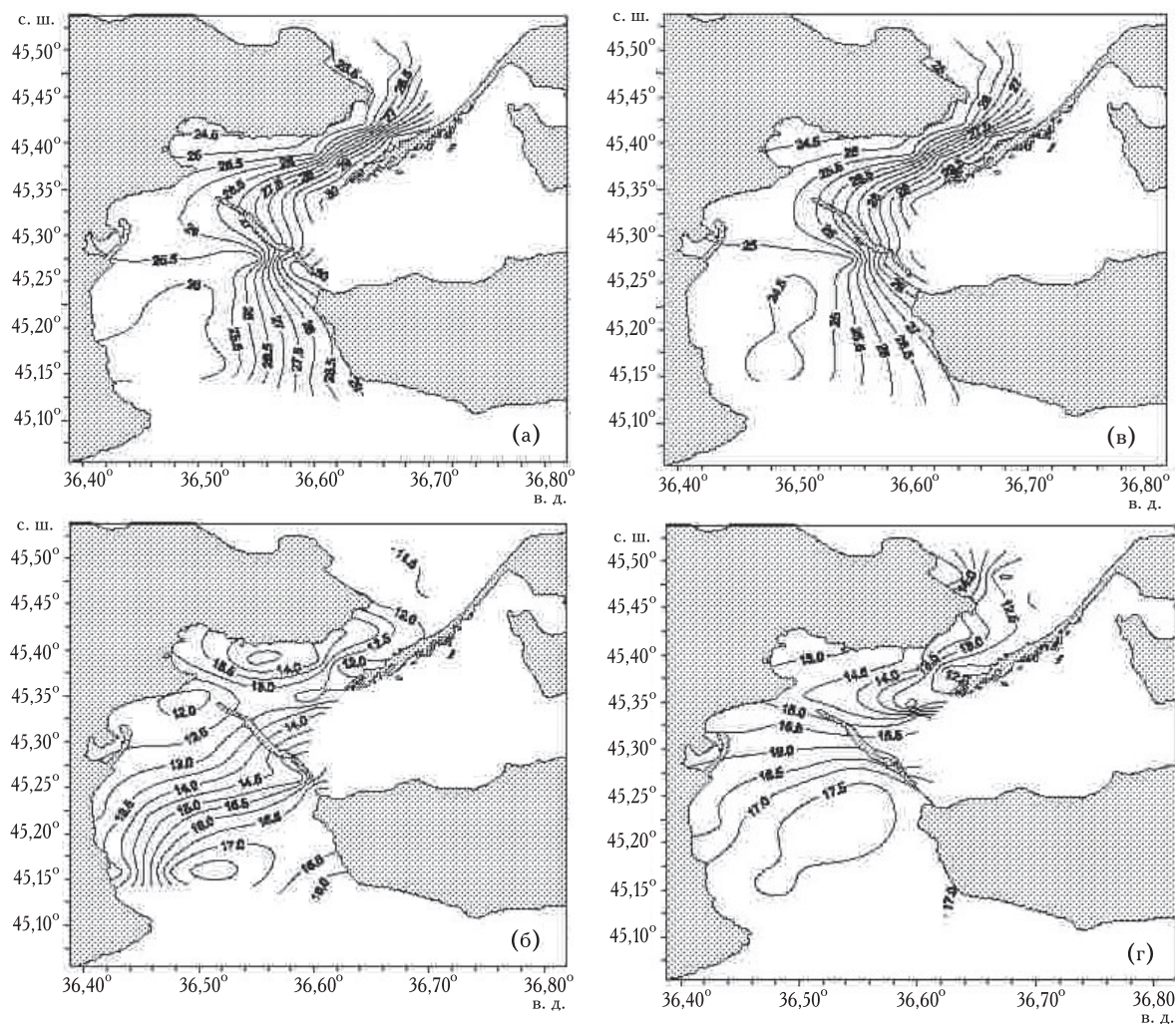
Следует констатировать, что уже в 2008 г., т.е. через год после катастрофы, экосистема вернулась в исходное состояние и никаких загрязнений нефтепродуктами или последствий этих загрязнений обнаружить не удалось.

Летом 2010 г. в период с 24 июля по 1 августа большая часть пролива на поверхности была заполнена трансформированными азовскими водами с солёностью 12–15 ‰ (рис. 6,б).

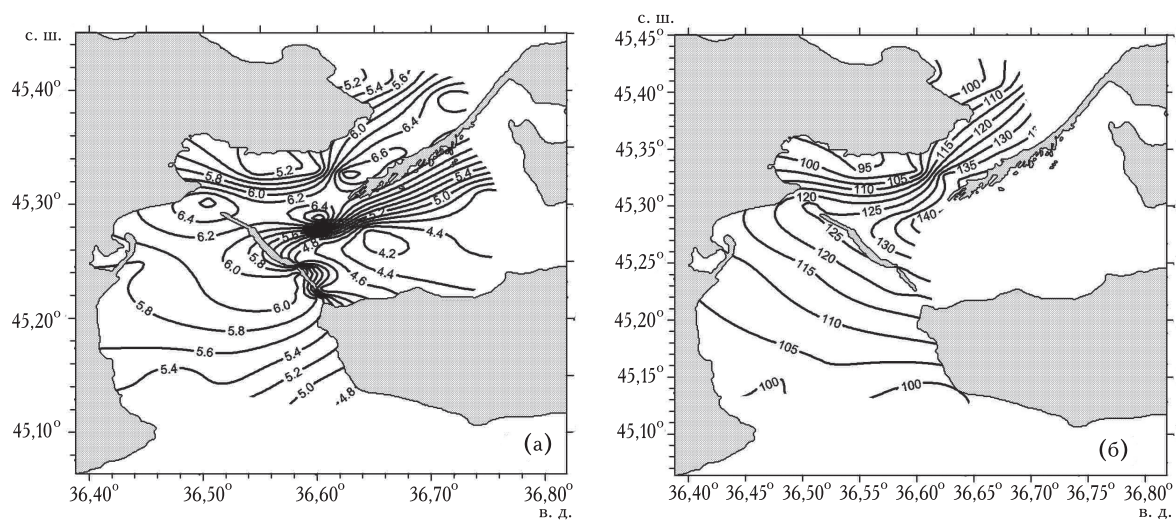
Собственно черноморские воды прослеживались лишь в относительно небольшой области юга акватории ( $S$  более 17 ‰). В придонном слое они, распространяясь к северу, занимали большую площадь, чем на поверхности (рис. 6,г). Вся толща воды была прогрета до 24,5–30 °С (рис. 6,а; в). Максимальная температура была характерна для восточной части пролива, она уменьшалась по направлению к западному побережью.

В тёплых водах Керченского пролива концентрация растворённого в воде кислорода не превышала 6,6 мл/л, а закономерность пространственного распределения содержания кислорода на исследуемой акватории была обусловлена преимущественно интенсивностью продукционных процессов (рис. 7).

Зона повышенного содержания кислорода (более 6,0 мл/л) соответствовала зоне наибольшего пересыщения воды кислородом (120–130 %). Снижение интенсивности продукционных процессов (до 100–105 %  $O_2$ ) сопровождалось уменьшением концентрации кислорода (до 5,00–5,25 мл/л). Если в восточной части пролива продукционные процессы преобладали во всей толще воды от поверхности до



**Рис. 6.** Распределение температуры (°C) и солёности (‰) летом 2010 г.:  
 а, б — на поверхности (соответственно); в, г — в придонном слое (соответственно)



**Рис. 7.** Распределение кислорода (мл/л, %) летом 2010 г.:  
 а, б — на поверхности (соответственно); в, г — в придонном слое (соответственно)



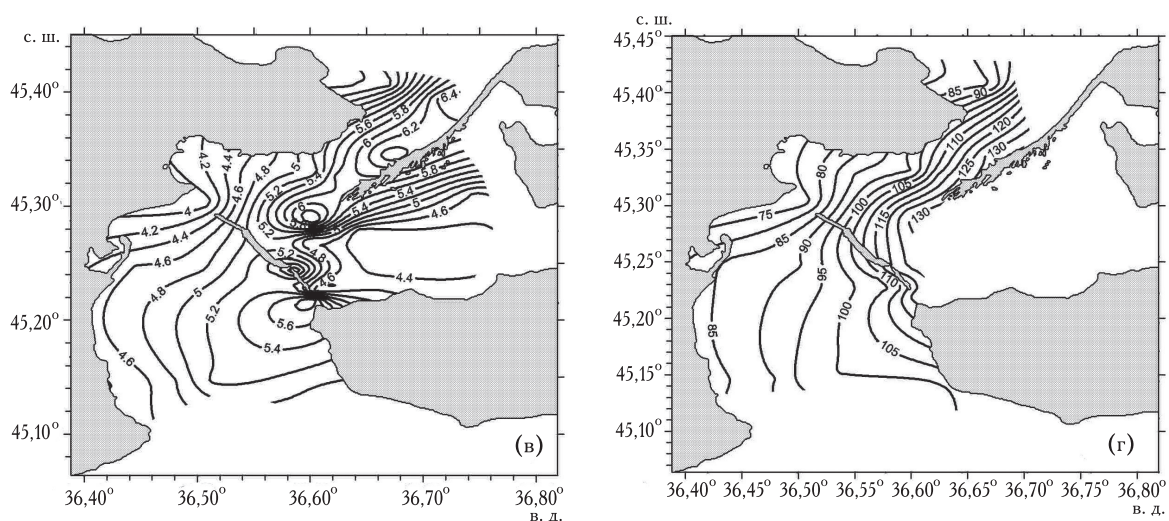


Рис. 7. Окончание

дна ( $O_2 = 105-130\%$  у дна), то в придонном слое западной части доминировали деструкционные процессы, сопровождающиеся заметным снижением содержания кислорода (до 4–5 мл/л и 75–90 %).

Характер пространственного распределения содержания биогенных элементов (минерального фосфора, аммонийного и нитратного азота, кремния) был в полном соответствии с интенсивностью продукционно-деструкционных процессов (рис. 8, 9). Чем более интенсивны продукционные процессы, тем меньше концентрация биогенных элементов. Содержание их увеличивалось с востока на запад в соответствии с изменением в том же направлении величины насыщения воды кислородом.

В период исследований концентрация органических форм азота и фосфора значительно превышала концентрацию их минеральных форм, на долю которых в валовом количестве приходилось в среднем около 1,5 и 20 %, соответственно. Содержание органического фосфора на большей части исследованной акватории было не менее  $1\ \mu\text{M}$ , а органического азота — не менее  $50\ \mu\text{M}$ .

Результаты биохимических исследований в российской части Керченского пролива и Таманском заливе показали, что количество взвешенного органического углерода изменялось от  $\sim 0,3$  до  $\sim 1,3$  мг/л (рис. 10,а). Максимальные величины отмечены на границе с Азовским морем, а наименьшие — в Таманском заливе и при-

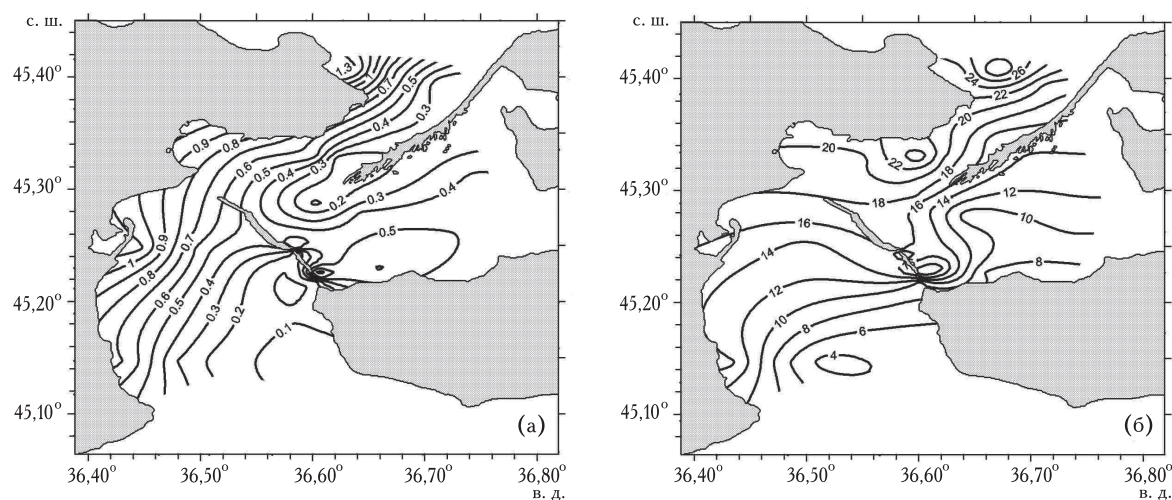


Рис. 8. Распределение фосфора и кремния ( $\mu\text{M}$ ) летом 2010 г.: а, б — на поверхности (соответственно); в, г — в придонном слое (соответственно)

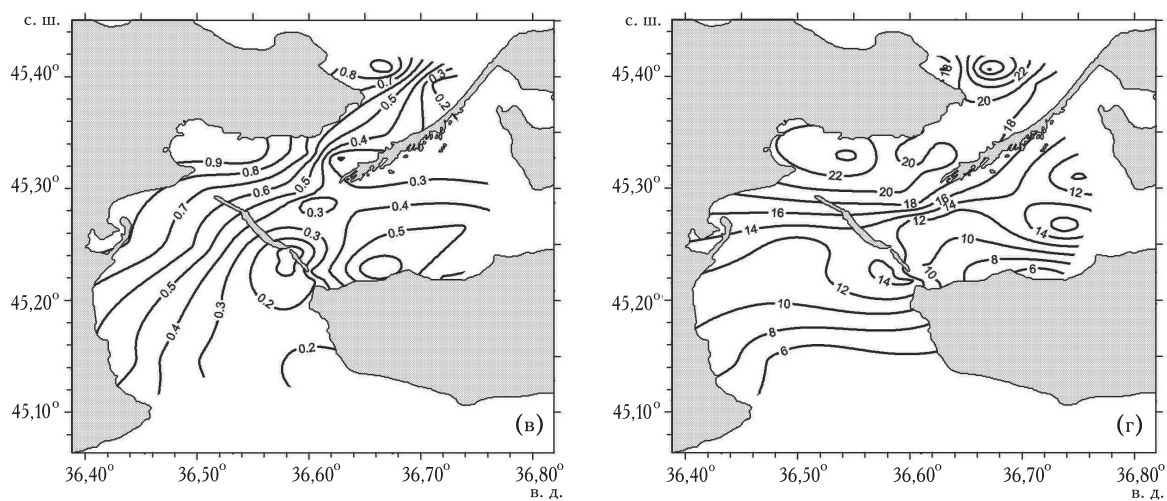


Рис. 8. Окончание

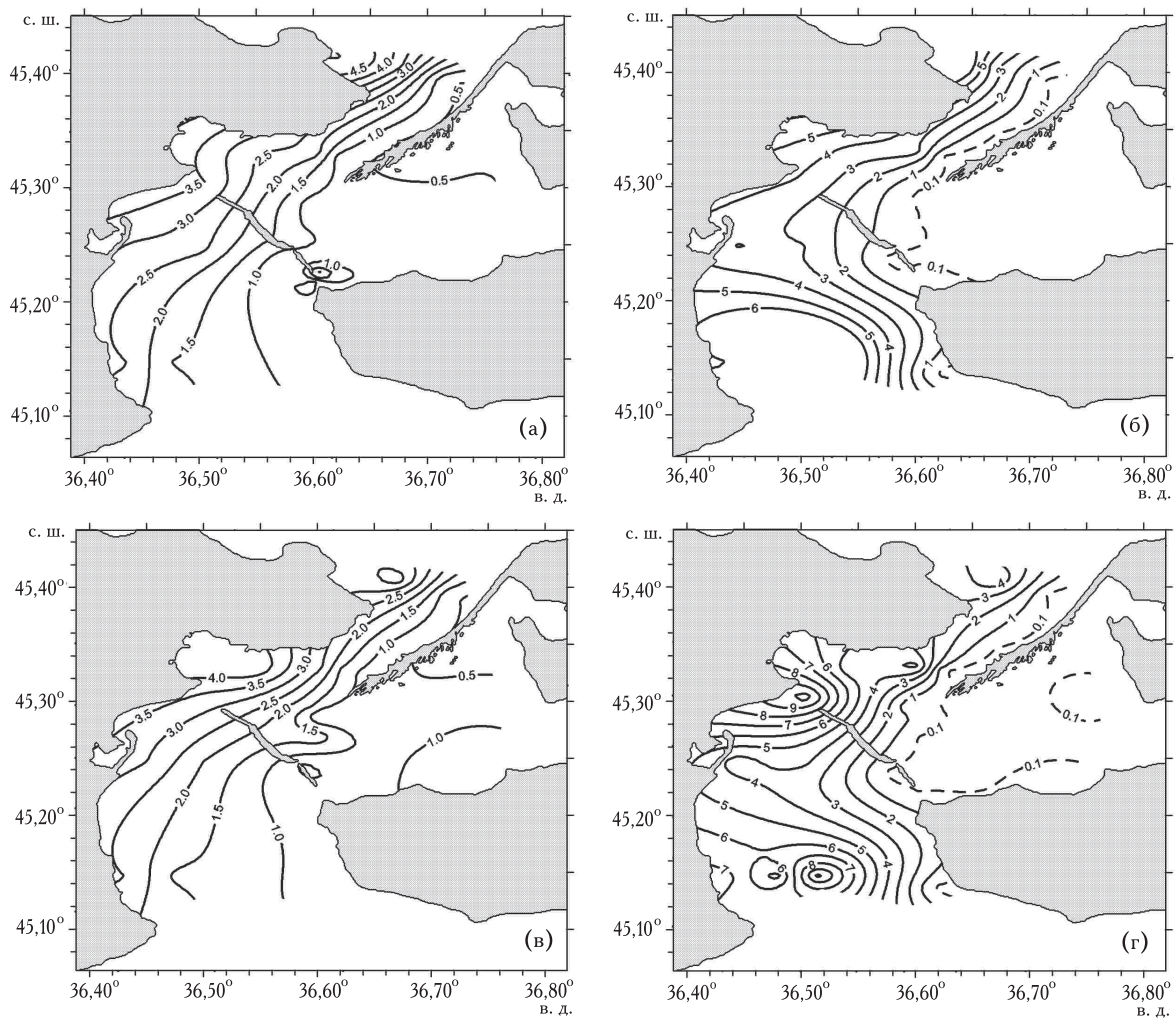


Рис. 9. Распределение аммонийного и нитратного азота ( $\mu\text{M}$ ) летом 2010 г.:  
 а, б — на поверхности (соответственно);  
 в, г — в придонном слое (соответственно)

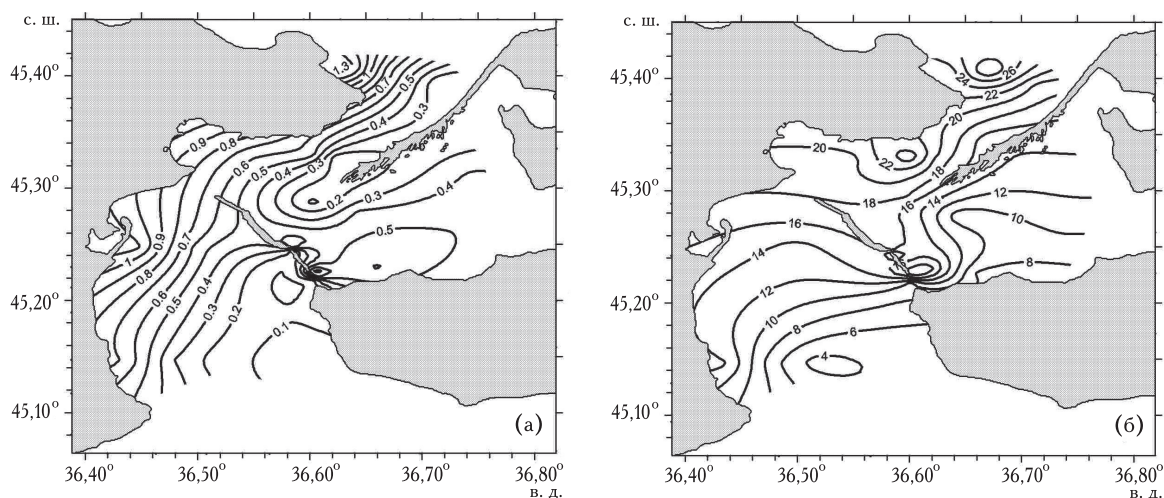


Рис. 10. Распределение органического углерода (мг/л) на поверхности летом 2010 г.:  
а — взвешенного; б — растворённого

легающих районах Керченского пролива. Распределение растворённого органического углерода (рис. 10,б) показывает, что максимальные значения концентрации  $C_{орг}$  (6,8 мг С/л) наблюдались у западного берега пролива, что связано с распространением азовоморских вод вдоль правого берега Керченского пролива.

Непосредственно в водах Керченского пролива в среднем ~34 % взвешенного органического вещества приходилось на долю углеводов, 23 % — на долю белка и ~30 % — на долю липидов. В Таманском заливе во взвешенном органическом веществе заметно возросла доля белка (до ~38 %) и снизилась доля углеводов (до 20 %), что свидетельствует об изменении в Таманском заливе соотношения между биомассами гетеротрофных организмов и автотрофов, которые количественно связаны с содержанием взвешенных белков и углеводов соответственно.

Пространственное распределение растворённых белков и углеводов сходен с максимумом их содержания в водах Керченского пролива (0,30–0,55 мг/л и 2,1–2,3 мг/л соответственно) и довольно заметным уменьшением (до 0,05–0,1 мг/л и до 1,7–1,9 мг/л соответственно) в Таманском заливе (рис. 11,а; б). Полной противоположностью являлось распределение растворённых липидов: с минимумом (менее 1,2 мг/л) в водах Керченского пролива и максимумом (более 2,0 мг/л) в Таманском заливе (рис. 11,в).

Измерение активности ферментов электрон-транспортной системы (ЭТС), ферментов щелочной фосфатазы и протеазы даёт представление о скоростях преобразования органического вещества (ОВ) в продукционно-деструкционном цикле в исследуемый период.

Очень показательным распределением удельных активностей ферментов щелочной фосфатазы и протеазы, по максимальным величинам которых (0,5–1,4  $\mu\text{M}$  Р/ч·мг белка и 2–9 мг азоказ/ч·мг белка соответственно) чётко выделялась зона наиболее активного гидролитического расщепления ОВ у оконечности косы Чушка (рис. 12). Эта зона характеризуется низкой концентрацией минерального фосфора (менее 0,2  $\mu\text{M}$ ) и азота (менее 0,3  $\mu\text{M}$ ). Самые высокие скорости окислительно-восстановительных процессов (активность ЭТС 45–80 мкл  $\text{O}_2$ /ч·мг белка) были отмечены в Керченском проливе у южной оконечности дамбы.

Результаты гидробиологических исследований показали, что летний фитопланктон Керченского пролива был представлен 135 видами, относящимися как к типично черноморским, так и азовоморским видам. Доминирующую роль (по встречаемости) составляли наиболее многочисленные виды, относящиеся к классу диатомовых (54 вида) и перидиниевых (57 видов).

Кроме этого, практически повсеместно встречались представители кокколитин (11 видов), синезеленых (7 видов), эвгленовых (4 вида) и криптононад (2 вида). Биомасса фитопланктона в поверхностном слое в целом по району



плоских червей. Кроме кормового зоопланктона в пробах были отмечены гидромедузы (2 вида) и гребневники (мнемиопсис и берое). Доминирующую роль (по встречаемости) на данный период в зоопланктоне играли коловратки, копеподы и личинки донных животных. Средняя численность зоопланктона по исследованным станциям составляла 123203 экз/м<sup>3</sup>, биомасса — 329,8 мг/м<sup>3</sup>.

Заключение. В течение трёх лет (в 2008, 2009 и 2010 гг.) в Керченском проливе проводились комплексные экологические исследования с целью выявления последствий нефтяного загрязнения пролива после катастрофы 2007 г. Полученные результаты показали, что в период исследований не обнаружено видимых отклонений от обычного распределения гидрохимических и биохимических параметров в Керченском проливе. Можно констатировать, что экосистема, благодаря высокой скорости продукционно-деструкционных процессов, быстро

и полностью справилась с очень мощным антропогенным воздействием.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края (грант № 08–05-96500-р-юг-а)

#### ЛИТЕРАТУРА

- Азовское море. Гидрологический режим // Проект «Моря СССР». Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. V.— С.-П.: Гидрометеоздат, 1991.— С. 54–104.
- Матишов Г.Г., Бердников С.В., Савицкий Р.М. 2008. Экосистемный мониторинг и оценка воздействия разливов нефтепродуктов в Керченском проливе. Аварии судов в ноябре 2007 г.— Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН.— 78 с.
- Фашук Д.Я., Монин В.Л., Сапожников В.В., Овсиенко С.Н., Зацепя С.Н., Ивченко А.А. 2009. Керченский пролив: год спустя после катастрофы танкера «Волгонефть-139» // Тр. ГОИН. № 212.— С. 186–196.
- Чёрное море. Динамика вод Керченского пролива // Проект «Моря СССР». Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. IV. Вып. 1.— С.-П.: Гидрометеоздат, 1991.— С. 291–324.

Поступило в редакцию 27.12.11 г. Принято после рецензии 20.03.12 г.

## Complex ecological studies in Kerch Strait and Taman' bight after oil spill (2007–2010)

V.V. Sapozhnikov<sup>1</sup>, N.V. Arzhanova<sup>1</sup>, N.M. Lapina<sup>1</sup>, A.I. Agatova<sup>1</sup>, N.I. Torgunova<sup>1</sup>,  
N.M. Zozulya<sup>1</sup>, L.G. Bondarenko<sup>2</sup>, S.L. Vishnevsky<sup>2</sup>, S.V. Radchenko<sup>1</sup>, V.I. Roi<sup>1</sup>,  
S.I. Stolyarski<sup>1</sup>, V.E. Polonsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

<sup>2</sup> The Krasnodar affiliate of VNIRO (VNIRO KA)

Three years after an oil spillage in Kerch Strait (November 2007), we undertook a hydrological and hydrochemical survey in the Strait body itself and adjacent waters of the Black Sea and Taman' Bight aimed at assessment of conditions of the Strait ecosystem functioning and productivity formation. The survey showed that this spillage did not affect life conditions of the local biota directly. Already a year later (2008), there was no oil contamination found, except some puddles of fuel oil in the Taman' Bight bottom waters. Later, in 2009 and 2010, we observed usual distribution of oxygen and nutrient concentrations, a fairly intensive development of phytoplankton which biomass indicated a high trophic level almost everywhere.

**Key words:** Kerch Strait, hydrological and hydrochemical survey, biochemical parameters, production and destruction processes.

Среда обитания  
водных биологических ресурсов

УДК 574.58(262.54.04)

Изменение видового состава донных биоценозов Керченского  
предпроливья Чёрного моря в результате заиления

А.С. Терентьев

Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО), Керчь, Украина. E-mail: iskander65@bk.ru

В конце 80-х — начале 90-х гг. Керченское предпроливье Чёрного моря подверглось сильному антропогенному заилению, в результате которого площадь, занимаемая всеми биоценозами, за исключением биоценоза *Terebellides stroëmi*, сократилась в 1,8 раза с 4,399 тыс. км<sup>2</sup> до 2,491 тыс. км<sup>2</sup>. Полностью исчез биоценоз *Asciidiella aspersa*. Его исчезновение объясняется также стоком из Керченского пролива. Произошла сукцессия биоценоза *Modiolus phaseolinus* и частично биоценоза *Mytilus galloprovincialis* в биоценоз *T. stroëmi*. Во всех заиленных биоценозах наблюдалось сокращение видового богатства и численности. Большую роль в уменьшении численности биоценозов играло уменьшение численности доминантных видов. Видовой состав разрушенных участков по отношению к исходным биоценозам стал более выровненным. Конечным результатом стало образование сообществ *Pitar rudis* и *Spisula subtruncata* и увеличение площади биоценоза *Terebellides stroëmi*. Лучше всего переносят заиление *Nephtys hombergii*, *N. longicornis* и *T. stroëmi*. Совершенно не переносят заиление губки.

**Ключевые слова:** Чёрное море, предпроливье, бентос, биоценоз, антропогенное воздействие, заиление, видовой состав.

Заиление акватории Керченского предпроливья Чёрного моря из-за воздействия донного тралового промысла и сброса грунтов привело к разрушению донных биоценозов района. Исключением являлся характерный для илов биоценоз *Terebellides stroëmi*, увеличивший свою площадь за счёт биоценозов *Mytilus galloprovincialis* и *Modiolus phaseolinus*. Сформировались сообщества *Pitar rudis* и *Spisula subtruncata*. Уменьшение численности зообентоса произошло во многом за счёт снижения численности доминантных видов. Наиболее устойчивы к заилению полихеты *Nephtys hombergii*, *N. longicornis* и *T. stroëmi*. Совершенно не переносят заиление губки.

В конце 1980-х — начале 1990-х гг. район Керченского предпроливья Чёрного моря под-

вергся сильному антропогенному воздействию, приведшему к заилению поверхностного слоя грунта дна на значительной части его акватории. Основными причинами заиления являлись дампинг грунта (на акватории предпроливья существуют несколько закрытых и действующих свалок грунта), донный траловый промысел (в период с 1986 по 1990 гг., по данным городского архива здесь, ежегодно производилось около 10 тыс. донных тралений), а также перенос взвеси из Керченского пролива [Боровская, 2006; Кон-Кее Liu et al., 2008]. Негативное влияние этих факторов на донные сообщества уже неоднократно обсуждалось в литературе [Мокеева, 1983; 1987; Солдатова, 1984; Замбриборщ, 1984; Самышев и др., 1986; Зайцев и др., 1992; Золотарев, 1994;

Зарабиева, Агаева, 2000; Базелян и др., 2001; Болтачёв, 2006; Warwick, Pearson 1987]. В настоящее время сброс грунта при очистке фарватера Керченского пролива продолжается в объёме 50–100 тыс. м<sup>3</sup> в год. Донный траловый промысел запрещён, а дампинг осуществляется до сих пор и его воздействие продолжает сказываться на донном сообществе. В середине 80-х гг. XX в. ЮгНИРО проводил исследования структуры донных сообществ района Керченского предпролива, в ходе которых было изучено воздействие антропогенных факторов на бентос. Целью данной работы является представление результатов воздействия донного тралового промысла и дампинга на видовой состав донных сообществ района.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА.** В настоящей работе были использованы материалы ЮгНИРО, собранные в 5 экспедициях, проводившихся в мае–июле 1986–1990 гг. Пробы бентоса отбирались дночерпателем «Океан» площадью охвата 0,25 м<sup>2</sup> на глубинах от 10 до

100 м. В улове дночерпателя визуально определяли характер и структуру грунта. Улов промывали через систему сит и отбирали всех пойманных донных животных. В течение всего периода исследований выполнено 340 станций на площади 5,3 тыс. км<sup>2</sup> (рис. 1).

На каждой станции определяли видовой состав и численность донных животных. Таксономическая обработка проб осуществлялась по трёхтомному определителю фауны Чёрного и Азовского морей [1968, 1969, 1972]. Название биоценоза выделяли по виду, имеющему наибольшую биомассу, при этом учитывалась его численность [Воробьёв, 1949).

Видовая структура сообществ и её изменения изучалась с помощью индекса полидоминантности Симпсона:

$$S_{\alpha} = \frac{N(N-1)}{\sum_i n_i(n_i-1)},$$

где  $n_i$  — численность  $i$ -го вида;  $N$  — общая численность.

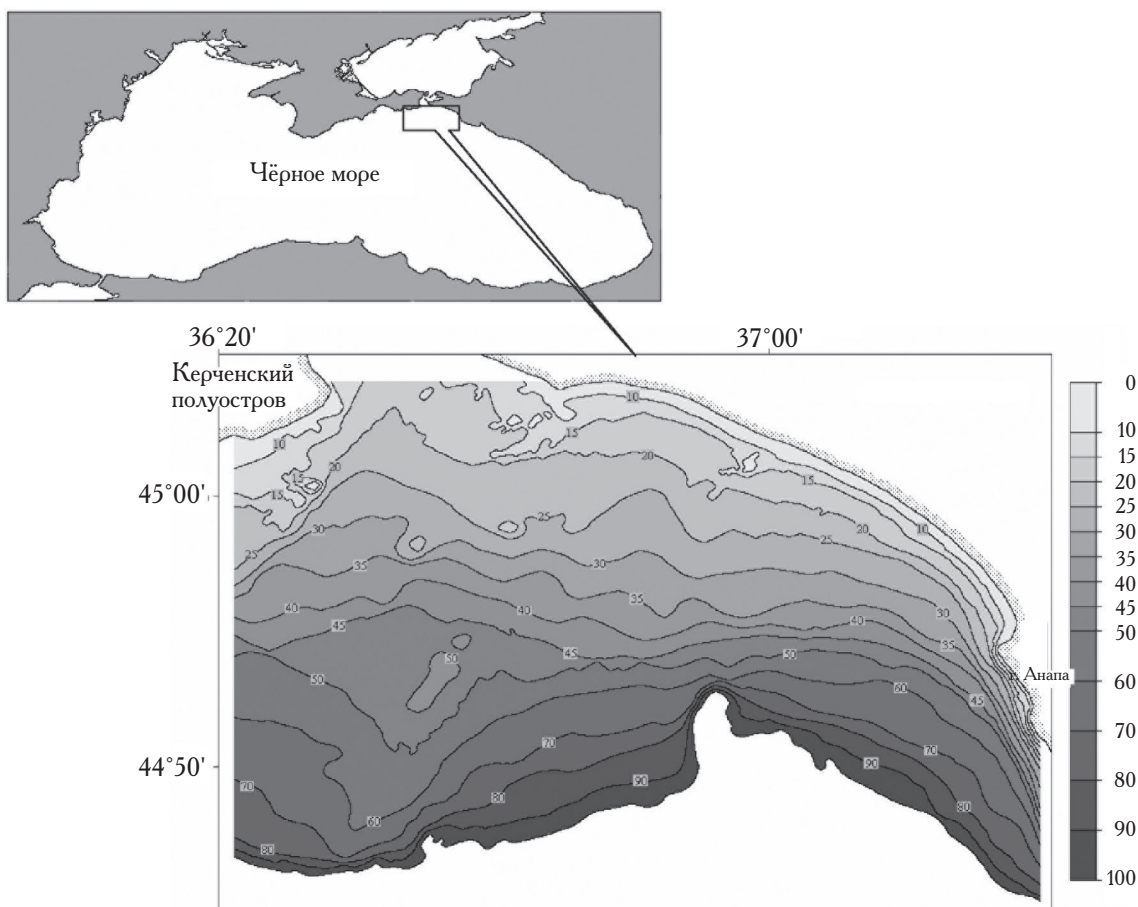


Рис. 1. Район исследований и его рельеф

Этот индекс показывает, какое количество видов будет присутствовать, если все виды равнообильны, а разнообразие будет таким же, как и в рассматриваемом сообществе [Песенко, 1982].

Приверженность массовых видов к тому или иному биоценозу оценивалась при помощи коэффициента верности:

$$K = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x},$$

где  $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{M}$  — средняя численность ида в регионе;

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{M-1}},$$

$\bar{x}$  — средняя численность вида в  $i$ -м биотопе;

$M$  — число биотопов.

При положительных значениях коэффициента вид считался характерным, при значениях

близких к 0 вид характеризовался как индифферентный, а при отрицательных считался чуждым [Ердаков и др., 1978].

В основу классификации грунтов была положена схема, предложенная S.K. Eltringham [1971].

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ.** На акватории Керченского пролива Чёрного моря выявлено 8 типов грунта: песок, илистый песок, песчаный ил, ракушка, песчаная ракушка, заиленная ракушка, фазеолиновый ил и ил. В период проведения работ наблюдалась сильная пространственная динамика грунтов вследствие осадения илистых частиц на поверхностном слое грунта за счёт их поставок при дампинге и переосаждения взмученных частиц при донном траловом промысле черноморской кильки (рис. 2). Толщина переосажденных илов на различных участках и глубинах варьировала от 1 до 20 см. Наибольшая толщина слоя переосаждённого ила наблюдалась на глубинах 50–

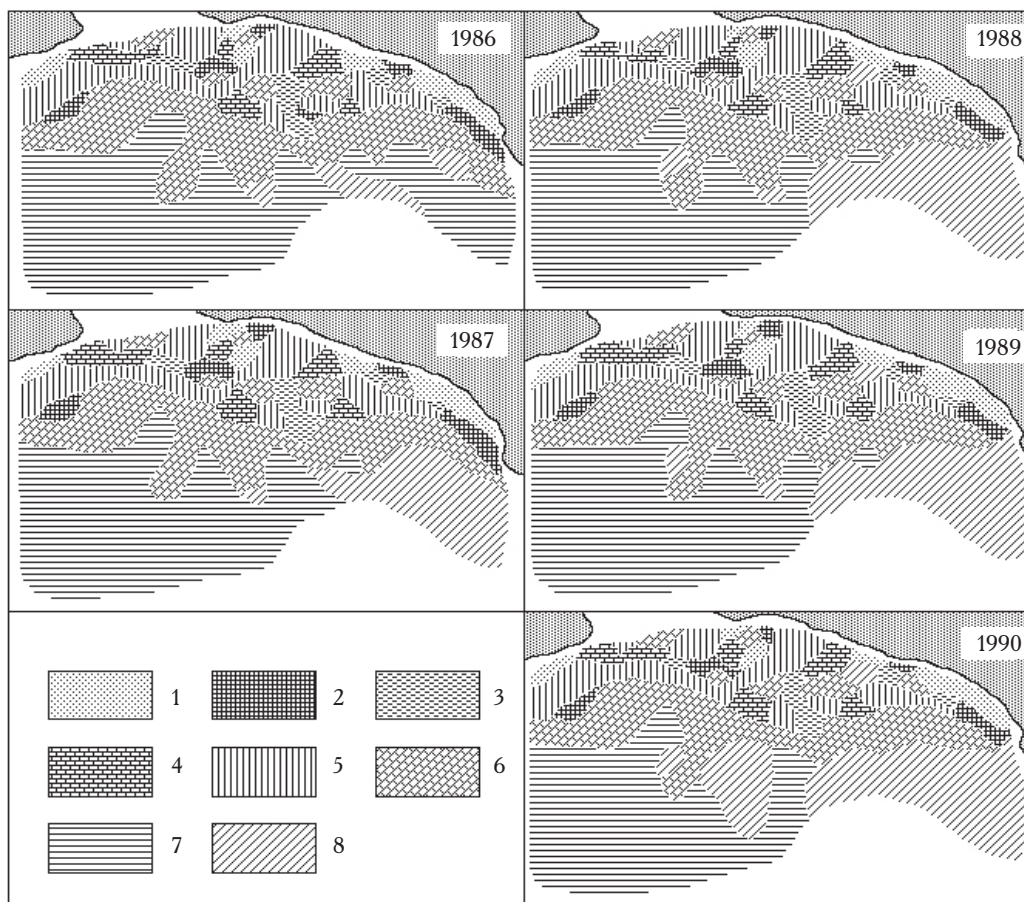


Рис. 2. Грунты Керченского предпроливья Чёрного моря: 1 — песок, 2 — песчаный ил, 3 — илистый песок, 4 — ракушка, 5 — песчаная ракушка, 6 — заиленная ракушка, 7 — фазеолиновый ил, 8 — ил



100 м. Участки с глубинами менее 30 м заиливались фрагментарно, на отдельных участках. В последующие годы наблюдался размыв илов и восстановление первоначальной структуры грунта.

Быстрое оседание илов, наблюдаемое в районе исследований, вызывает засыпание донной фауны и её практически полную гибель [Золотарёв, 1994]. Радикальная смена типа преобладающих в районе ракушечных грунтов на чистые илы обуславливает резкую смену состава нативного донного сообщества на пелофильную фауну. Участки, подвергшиеся наиболее сильному заилению, располагались в центральной части рассматриваемой акватории, в юго-восточной её части и на отдельных участках северо-восточной части. В центральной и северо-восточной частях расположены свалки грунта. В восточной части проводился донный траловый промысел. В период с 1986 по 1990 г. ежегодно осуществлялось около 10 тыс. донных тралений (данные городского архива).

Площадь, занимаемая илами, выросла в 10 раз с 0,175 тыс. км<sup>2</sup> до 1,745 тыс. км<sup>2</sup> (табл. 1).

**Таблица 1.** Динамика площади грунтов Керченского предпроливья Чёрного моря, тыс. км<sup>2</sup>

Грунт	Год				
	1986	1987	1988	1989	1990
Песок	0,230	0,229	0,231	0,222	0,201
Илистый песок	0,101	0,119	0,124	0,139	0,137
Песчанистый ил	0,156	0,147	0,111	0,111	0,110
Песчанистая ракуша	0,689	0,697	0,675	0,638	0,667
Ракуша	0,138	0,147	0,148	0,166	0,128
Заиленная ракуша	1,405	1,293	1,220	1,202	1,097
Ил	0,175	0,669	0,897	0,943	1,745
Фазеолиновый ил	2,407	1,999	1,895	1,878	1,215

В илы трансформировались в основном участки, расположенные на глубинах более 30 м — заиленная ракуша и фазеолиновый ил. Наиболее сильное заиление наблюдалось с 1989 по 1990 г. Площадь, занимаемая другими типами грунта, изменилась слабо. Наиболее сильно заилились участки дна на глубинах от 40 до 85 м.

На акватории Керченского предпроливья выделено 6 донных биоценозов: *Ascidiella aspersa*, *Chamelea gallina*, *Modiolus adriaticus*, *Mytilus galloprovincialis*, *Modiolus phaseolinus*, *Terebellides stroëmi*. Эти биоценозы в целом характерны для Чёрного моря [Арнольди, 1941; Зенкевич, 1963; Киселёва, 1981; Николаенко, Повчун, 1983; Золотарёв, 1987].

Первоначальное положение биоценозов было следующим. Биоценоз *A. aspersa* располагался на выходе из пролива на заиленной ракуше. Биоценоз *C. gallina* предпочитал преимущественно песчаные грунты до глубины 25 м. Биоценоз *M. adriaticus* лежал в основном на ракушевых грунтах до глубины 36 м. Биоценоз *M. galloprovincialis* находился на глубине в диапазоне 26–48 м преимущественно на заиленной ракуше. Глубже, на фазеолиновом иле лежал биоценоз *M. phaseolinus*. Биоценоз *T. stroëmi* находился на илах, на глубинах более 40 м.

Заиление акватории сопровождалось сильной пространственной трансформацией биоценозов (рис. 3).

Пространственное расположение биоценозов в период исследований значительно изменялось. В 1986 г. прибрежную полосу занимал биоценоз *C. gallina*. На границе с Керченским проливом выделен биоценоз *A. aspersa*, глубже располагались биоценозы *M. adriaticus*, *M. galloprovincialis* и *M. phaseolinus*. Биоценоз *T. stroëmi* занимал небольшие участки в самой глубоководной части исследуемой акватории. В 1987 г. исчез биоценоз *A. aspersa*. В восточной части почти в три раза увеличилась площадь биоценоза *T. stroëmi*. Некогда сплошной биоценоз *M. galloprovincialis* оказался разорванным.

В 1988 г. на участках против пролива и около г. Анапа разрушились биоценозы *M. adriaticus* и *M. galloprovincialis*. Подвергся сильному разрушению и дроблению биоценоз *M. phaseolinus*. К 1989 г. биоценоз *M. adriaticus* сохранился только в районе пролива. Биоценозы *M. galloprovincialis* и *M. phaseolinus* оказались окончательно раздробленными. В западной части выделился участок, на котором донная фауна практически исчезла.

В 1990 г. отмечалось дальнейшее разрушение биоценозов *M. adriaticus*, *M. galloprovincialis* и *M. phaseolinus*. Обращает на себя внимание то, что остатки этих трёх биоценозов

разделяют изучаемую акваторию на две части. В восточной части биоценоз *M. phaseolinus* почти полностью исчез. Вся центральная часть оказалась разрушенной. Биоценозы *M. galloprovincialis* и *M. phaseolinus* сохранились только в западной части. На юге развился биоценоз *T. stroëmi*.

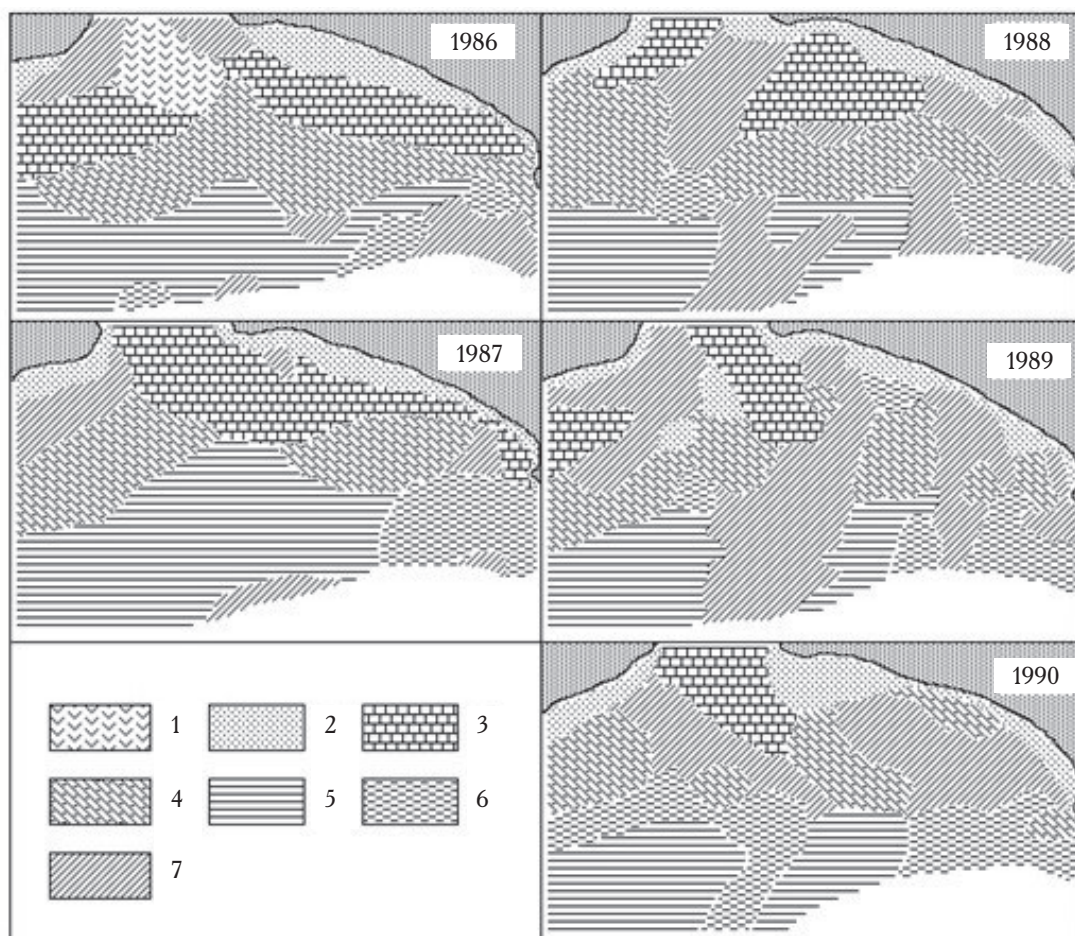
Суммарная площадь, занимаемая всеми биоценозами, за исключением биоценоза *Terebellides stroëmi*, сократилась в 1,8 раза с 4,399 до 2,491 тыс. км<sup>2</sup>. Площадь биоценоза *T. stroëmi*, наоборот, возросла в 5,9 раза, увеличиваясь в среднем на 43 % в год, с 0,265 до 1,537 тыс. км<sup>2</sup>. Этот биоценоз развивался на недавно заиленных грунтах, поэтому его можно рассматривать совместно с разрушенными биоценозами.

Сопоставляя пространственные динамики заиления и трансформации биоценозов между собой, видим достаточно сильное совпадение

этих процессов как в пространстве, так и во времени. На заиленных участках наблюдается разрушение биоценозов. Сплошные ареалы биоценозов фрагментируются. Расширяется площадь биоценоза *T. stroëmi*.

Наиболее сильному заилению были подвержены площади, занимаемые биоценозами *M. galloprovincialis* и *M. phaseolinus*. Между изменением площадей биоценозов *M. phaseolinus* и *T. stroëmi* существует тесная связь (коэффициент корреляции равен  $-0,76 \pm 0,18$ ). Фактически здесь происходит сукцессия биоценоза *M. phaseolinus* в биоценоз *T. stroëmi*. Подобная трансформация наблюдалась и при заилении глубоководной части биоценоза *M. galloprovincialis*.

Мелководная часть обследованной акватории была заиlena в меньшей степени. И разрушение располагавшихся здесь биоценозов имеет другие причины. Таковыми могут быть:



**Рис. 3.** Биоценозы Керченского предпроливья Чёрного моря: 1 — *A. aspersa*, 2 — *C. gallina*, 3 — *M. adriaticus*, 4 — *M. galloprovincialis*, 5 — *M. phaseolinus*, 6 — *T. stroëmi*, 7 — прочие сообщества

механическое разрушение дна при тралении, влияние г. Анапа [Терентьев, 2002]. Не следует забывать также о переносе взвешенного материала из Керченского пролива [Боровская, 2006; Kop-Kee Liu et al., 2008]. Последним фактором, по всей видимости, в большой степени объясняется трансформация биоценоза *A. aspersa*.

В результате заиления наблюдалось сильное сокращение видового богатства и численности практически во всех биоценозах. Исключением являлся участок, занимаемый ранее биоценозом *A. aspersa*, что свидетельствует о довольно стабильных условиях среды на нём и слабом заилении грунта (табл. 2).

**Таблица 2.** Сравнение видового богатства и численности биоценозов Керченского предпролива Чёрного моря до и после их разрушения

Биоценоз		Видовое богатство	Численность, экз/м <sup>2</sup>
<i>A. aspersa</i>	Исходный	19	195,0±36,0
	Разрушенный	21	182,0±64,0
	Разница	+2	-13,0±5,2
<i>C. gallina</i>	Исходный	42	418,0±82,0
	Разрушенный	19	62,0±30,0
	Разница	-23	-360,0±190,0
<i>M. adriaticus</i>	Исходный	70	358,0±34,0
	Разрушенный	29	260,0±130,0
	Разница	-41	-98,0±50,0
<i>M. galloprovincialis</i>	Исходный	80	337,0±36,0
	Разрушенный	29	55,0±16,0
	Разница	-51	-282,0±87,0
<i>M. phaseolinus</i>	Исходный	45	1210,0±250,0
	Разрушенный	26	55,4±4,5
	Разница	-19	-1150,0±260,0

Наиболее сильное снижение видового богатства наблюдалось в биоценозе *M. galloprovincialis*, где было потеряно 64 % первоначального видового богатства. В биоценозе *M. phaseolinus* из видового богатства выпало 19 видов животных, и оно уменьшилось на 60 %. Максимальные потери произошли в биоценозе *M. phaseolinus*, где осталось не более 5 % от первоначальной численности зообентоса. В среднем численность зообентоса в биоценозах после заиления снижается на 59 %.

Из видового состава всех без исключения биоценозов полностью исчезают губки. До разрушения на их долю, в зависимости от биоце-

ноза, приходилось от 2 до 20 % видового богатства. Полностью исчезли также панцирные моллюски и щупальцевые.

Сокращается видовое богатство других таксономических групп. В частности из асцидий после заиления перестают встречаться *A. aspersa* и *Ciona intestinalis*.

Обращает на себя внимание тот факт, что у большинства биоценозов после заиления наблюдается близкое в процентном отношении снижение видового богатства, плотности видов и численности зообентоса. Так, в биоценозах *C. gallina*, *M. galloprovincialis* и *M. phaseolinus* видовое богатство после заиления снижается в среднем на 47–58 %, плотность видов на 42–55 %, численность на 85–92 %, а биомасса на 93–97 %. Несколько отличается от этих биоценозов поведение биоценозов *A. aspersa* и *M. adriaticus*. Они также сильно потеряли в плотности видов, в среднем она снизилась на 41–46 %. Меньше пострадала численность, после заиления она снизилась на 6–26 %. В биоценозе *M. adriaticus* она снизилась на 59 %.

В уменьшении численности и биомассы биоценозов огромную роль играет снижение численности доминантных видов (табл. 3).

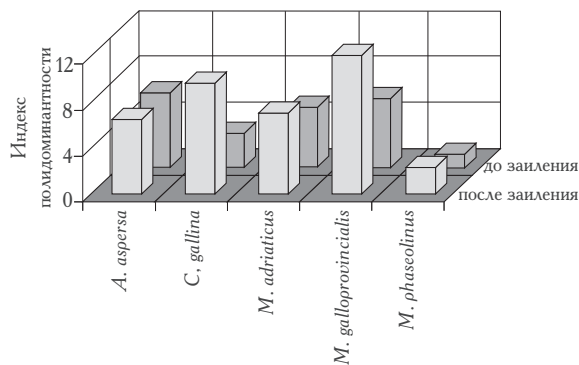
Снижение численности биоценозов произошло в основном за счёт уменьшения численности доминантных видов. Увеличение численности недоминантных видов после трансформации отдельных биоценозов не могло компенсировать снижение численности доминантного вида.

В результате этих преобразований разрушенные сообщества оказались более выровненными по видовому составу, чем исходные. Об этом говорит повышение после заиления индекса полидоминантности Симпсона (рис. 4).

Меньше всего заиление повлияло на выровненность видов в биоценозе *A. aspersa*. Здесь значения индекса полидоминантности Симпсона остались практически на том же уровне, что и в исходном биоценозе. В биоценозе *C. gallina* его значения выросли с 2,9 до 9,7. Доминантами второго порядка стали *P. rudis*, *S. subtruncata*. В биоценозе *M. adriaticus* индекс Симпсона увеличился с 5,3 до 7,1. Доминантами второго порядка стал *P. rudis*, а на отдельных участках *M. galloprovincialis* и *S. subtruncata*. В биоценозе *M. galloprovincialis* он вырос с 6,0

**Таблица 3.** Разница между численностью доминантных и недоминантных видов в донных биоценозах Керченского предпроливья Чёрного моря до и после заиления, экз/м<sup>2</sup>

Биоценоз	Вид	Вид	
		доминант-ный	недоминант-ный
<i>A. aspersa</i>	Исходный	28,00 ±2,30	166,00 ±31,00
	Трансформированный	0,00	178,00 ±64,00
	Разница	-28,00 ±2,30	+12,00 ±4,90
<i>C. gallina</i>	Исходный	234,00 ±65,00	184,00 ±50,00
	Разрушенный	9,20 ±2,80	52,00 ±12,00
	Разница	-225,00 ±93,00	-132,00 ±47,00
<i>M. adriaticus</i>	Исходный	139,00 ±26,00	218,00 ±22,00
	Разрушенный	5,50 ±3,10	258,00 ±61,00
	Разница	-134,00 ±79,00	+40,00 ±10,00
<i>M. galloprovincialis</i>	Исходный	119,00 ±20,00	218,00 ±31,00
	Разрушенный	0,24 ±0,05	54,60 ±7,90
	Разница	-119,00 ±22,00	-163,00 ±33,00
<i>M. phaseolinus</i>	Исходный	1180,00 ±250,00	31,00 ±2,60
	Разрушенный	0,85 ±0,36	53,90 ±6,40
	Разница	-1180,00 ±270,00	+22,90 ±3,30

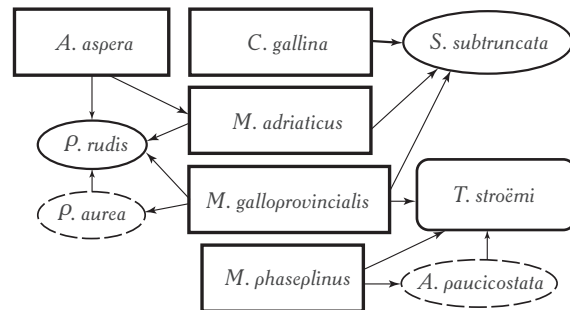


**Рис. 4.** Значение индекса полидоминантности Симпсона для донных биоценозов Керченского предпроливья Чёрного моря до и после заиления

до 12,9, а доминантами второго порядка стали *P. rudis*, *S. subtruncata*, а в отдельных случаях — *P. aurea* и *T. stroëmi*.

Как уже говорилось выше, биоценоз *M. phaseolinus* по своей структуре был очень близок к моноценозу. Значение индекса полидоминантности Симпсона равнялось 1,1. После заиления сильно повысилась роль полихеты *T. stroëmi*, и значение индекса полидоминантности выросло до 2,3.

Сукцессия, вызванная заилением базовых или первоначальных биоценозов, приводит к образованию сообществ: *A. paucicostata*, *P. rudis*, *P. aurea* и *S. subtruncata* (рис. 5).



**Рис. 5.** Пути трансформации донных биоценозов при заилении в районе Керченского предпроливья Чёрного моря

Так, биоценоз *A. aspersa* трансформировался в сообщество *P. rudis*, а часть — в биоценоз *M. adriaticus*. Биоценоз *C. gallina* при заилении переходит в сообщество *S. subtruncata*. Это же сообщество образуется и при заилении биоценоза *M. adriaticus*. Однако следует заметить, что оно не располагалось на траверзе пролива, и в его формировании никоим образом не принимал участие биоценоз *A. aspersa*. Биоценоз *M. galloprovincialis* в верхней своей части также трансформируется в сообщество *S. subtruncata*. В нижней его части происходит сукцессия в биоценоз *T. stroëmi*. Биоценоз *M. galloprovincialis* трансформируется также в сообщество *P. rudis*. Это может происходить непосредственно после заиления, в отдельных случаях образуется временное, неустойчивое сообщество *P. aurea*, быстро переходящее в сообщество *P. rudis*. В его образовании участвует также биоценоз *M. adriaticus*. При заилении биоценоза *M. phaseolinus* формируется биоценоз *T. stroëmi*. Однако при очень сильном заилении образуется

временное сообщество *A. paucicostata*, которое затем трансформируется в биоценоз *T. stroëmi*.

Все вновь образовавшиеся сообщества, по сравнению с исходными биоценозами, отличаются более низкими значениями видового богатства, плотности видов, численности (табл. 4).

Некоторым исключением является сукцессия биоценоза *M. adriaticus* в сообщество *P. rudis*. Здесь наблюдается увеличение численности зообентоса, но произошло это, прежде всего, из-за резкого увеличения численности осевшей молоди доминантного вида — *P. rudis*. Данное обстоятельство в целом не нарушает общей закономерности.

Наиболее сильно при заилении биоценозов пострадала их численность. Меньше всего пострадал биоценоз *A. aspersa* при его сукцессии в биоценоз *M. adriaticus*. В нём сохранилось 82 % первоначальной численности. К этой группе можно добавить и трансформацию биоценоза *M. adriaticus* в сообщество *S. subtruncata*. В этом случае сохранилось 56 % численности. В остальных случаях потери были большими. Так, при образовании сообщества *P. rudis* из биоценоза *M. galloprovincialis*, было потеряно 76 % численности, при образовании сообщества *S. subtruncata* из биоценоза *C. gallina* — 86 %. Но самые большие потери численности произошли при образовании биоценоза *T. stroëmi*. В том случае, если он происходит из биоценоза *M. phaseolinus*, остается 6 % первоначальной численности, а если исходным был биоценоз *M. galloprovincialis*, то остается только 9 % численности.

Меньшими были потери видового богатства. Так при сукцессии биоценоза *A. aspersa* в биоценоз *M. adriaticus* осталось 84 % первоначального видового богатства. При трансформации биоценоза *C. gallina* в сообщество *S. subtruncata* осталось 28 % первоначального видового богатства. Более всего видовое богатство пострадало при заилении биоценоза *M. galloprovincialis*. Здесь было потеряно от 81 % видов при трансформации в сообщество *S. subtruncata* до 91 % при образовании биоценоза *T. stroëmi*.

Конечным результатом сукцессии разрушенных в результате заиления донных биоценозов ракушечников является образование сообществ *P. rudis*, *S. subtruncata* и расширение площади биоценоза *T. stroëmi*. Очевидно, что эти трансформации обусловлены особенностями биологии видов и являются универсальными. Подобные закономерности трансформации биоценозов наблюдались и в северо-западной части Чёрного моря под влиянием заиления грунта, вызванного донным траловым промыслом рыб [Самышев и др., 1986; Золотарёв, 1994].

Об этих сообществах как о самостоятельных биоценозах не раз уже упоминались в литературе [Головакина, Фроленко, 2008; Миловидова, 1966; Золотарёв, 1994; Киселёва, 1981]. Первоначально в 1986 г. такие биоценозы в Керченском предпроливье Чёрного моря обнаружены не были. Позже они отмечались на небольших участках, при этом их локализация постоянно менялась от года к году, что не позволяет пока говорить о них как о биоценозах. Вполне вероятно, что в нашем случае мы на-

**Таблица 4.** Характеристики сообществ, образовавшихся в результате разрушения биоценозов Керченского предпроливья Чёрного моря

Исходный биоценоз	Образовавшееся сообщество	Видовое богатство	Плотность видов, вид/м <sup>2</sup>	Численность, экз/м <sup>2</sup>
<i>A. aspersa</i>	<i>M. adriaticus</i>	16	12,0±3,7	160,0±64,0
	<i>P. rudis</i>	7	4,5±0,5	36,0±12,0
<i>C. gallina</i>	<i>S. subtruncata</i>	12	6,0±1,5	52,0±11,0
<i>M. adriaticus</i>	<i>P. rudis</i>	26	12,8±3,8	1030,0±550,0
	<i>S. subtruncata</i>	16	7,4±1,4	200,0±100,0
<i>M. galloprovincialis</i>	<i>P. rudis</i>	14	7,3±1,4	80,0± 34,0
	<i>P. aurea</i>	11	7,5±0,9	90,0±50,0
	<i>S. subtruncata</i>	15	7,2±1,4	59,0±12,0
	<i>T. stroëmi</i>	7	2,4±0,9	30,0±13,0
<i>M. phaseolinus</i>	<i>A. paucicostata</i>	6	2,8±1,1	23,0±14,0
	<i>T. stroëmi</i>	24	3,0±0,2	72,6±8,7

блюдаем их формирование. Но пока с полной уверенностью об этом говорить рано, т. к. возможно мы имеем дело с промежуточными сообществами, образовавшимися на месте разрушенных биоценозов. Поэтому пока мы будем применять к ним термин сообщество как имеющее более широкий смысл, чем биоценоз.

В биоценозах большая часть численности и биомассы приходится на часто встречающиеся

виды. Таких оказалось около 20 % от всего видового богатства предпроливья. Всего в предпроливье было встречено 133 вида. Но на долю массовых видов в зависимости от биоценоза приходилось от 66 до 99 % численности зообентоса.

Влияние заиления на эти виды можно оценить с помощью коэффициента верности (табл. 5).

**Таблица 5.** Значение коэффициента верности массовых видов в донных биоценозах Керченского предпроливья Чёрного моря до и после заиления

Вид	Биоценоз									
	<i>A. aspersa</i>		<i>C. gallina</i>		<i>M. adriaticus</i>		<i>M. galloprovincialis</i>		<i>M. phaseolinus</i>	
	Исходный	Трансформированный	Исходный	Разрушенный	Исходный	Разрушенный	Исходный	Разрушенный	Исходный	Разрушенный
<i>Abra renieri</i>	-0,58 ±0,08	-0,58 ±0,08	-0,27 ±0,12	-0,58 ±0,08	+2,04 ±0,78	+0,35 ±1,39	+0,76 ±0,40	-0,58 ±0,08	-0,49 ±0,08	-0,07 ±0,75
<i>Acanthocardia paucicostata</i>	+2,71±0,09	-0,54 ±0,09	-0,06 ±0,09	-0,38 ±0,27	-0,23 ±0,08	-0,30 ±0,40	-0,48 ±0,09	-0,38 ±0,21	-0,47 ±0,09	+0,13 ±0,65
<i>Amphitrite gracilis</i>	+0,37 ±0,24	+0,35 ±0,24	-0,56 ±0,07	-0,75 ±0,08	+1,94 ±0,61	+0,19 ±1,41	+0,66 ±0,31	-0,75 ±0,08	-0,70 ±0,07	-0,75 ±0,08
<i>Amphiura stepanovi</i>	-0,70 ±0,14	-0,48 ±0,14	-0,70 ±0,14	-0,70 ±0,14	+0,02 ±0,15	-0,06 ±1,02	+1,25 ±0,20	-0,41 ±0,23	+1,50 ±0,21	+0,28 ±0,88
<i>Asciadiella aspersa</i>	+2,81 ±0,73	-0,33 ±0,11	-0,38 ±0,13	-0,42 ±0,12	+0,08 ±0,02	-0,40 ±1,30	-0,08 ±0,03	-0,42 ±0,19	-0,42 ±0,12	-0,42 ±0,12
<i>Balanus improvisus</i>	-0,46 ±0,10	-0,46 ±0,10	+2,76 ±0,13	-0,34 ±0,12	-0,21 ±0,10	+0,03 ±0,52	-0,17 ±0,10	-0,23 ±0,21	-0,46 ±0,10	-0,46 ±0,10
<i>Calyptrea chinensis</i>	-0,80 ±0,08	+0,68 ±0,05	-0,13 ±0,07	-0,57 ±0,27	+1,42 ±0,04	-0,46 ±0,54	+1,89 ±0,04	-0,46 ±0,17	-0,77 ±0,08	-0,80 ±0,08
<i>Chamelea gallina</i>	-0,35 ±0,03	-0,30 ±0,03	+2,82 ±0,04	-0,33 ±0,06	-0,33 ±0,03	-0,37 ±0,03	-0,37 ±0,03	-0,35 ±0,04	-0,38 ±0,03	-0,38 ±0,03
<i>Gouldia minima</i>	+0,01 ±0,23	-0,56 ±0,16	+1,95 ±0,82	-0,37 ±0,32	+0,13 ±0,26	+1,09 ±1,28	-0,32 ±0,17	-0,49 ±0,19	-0,72 ±0,17	-0,72 ±0,17
<i>Melinna palmata</i>	-0,43 ±0,03	-0,43 ±0,03	+2,80 ±0,02	-0,28 ±0,27	+0,12 ±0,03	-0,43 ±0,03	-0,37 ±0,03	-0,43 ±0,03	-0,24 ±0,03	-0,31 ±0,15
<i>Modiolus adriaticus</i>	+0,21 ±0,09	+0,22 ±0,10	-0,55 ±0,07	-0,64 ±0,06	+2,53 ±0,19	-0,06 ±0,78	+0,20 ±0,09	-0,63 ±0,06	-0,64 ±0,06	-0,64 ±0,06
<i>M. phaseolinus</i>	-0,24 ±0,01	-0,24 ±0,01	-0,24 ±0,01	-0,24 ±0,01	-0,24 ±0,01	-0,24 ±0,01	-0,12 ±0,01	-0,24 ±0,01	+2,04 ±0,01	-0,24 ±0,01
<i>Mytilaster lineatus</i>	+0,28 ±0,07	+2,28 ±0,78	-0,49 ±0,17	-0,58 ±0,16	+1,27 ±0,36	-0,58 ±0,82	-0,44 ±0,14	-0,58 ±0,27	-0,58 ±0,27	-0,58 ±0,27
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	-0,45 ±0,02	-0,37 ±0,02	-0,44 ±0,02	-0,45 ±0,02	+0,50 ±0,01	-0,18 ±0,14	+2,71 ±0,01	-0,44 ±0,02	-0,44 ±0,02	-0,45 ±0,02
<i>Nephtys hombergii</i>	+1,46 ±1,05	-0,13 ±0,37	-0,33 ±0,31	-0,05 ±0,81	-0,28 ±0,32	+1,17 ±1,47	-0,16 ±0,36	-0,21 ±0,50	-0,83 ±0,19	-0,64 ±0,45

Окончание табл. 5

Вид	Биоценоз									
	<i>A. aspersa</i>		<i>C. gallina</i>		<i>M. adriaticus</i>		<i>M. galloprovincialis</i>		<i>M. phaseolinus</i>	
	Исходный	Трансформированный	Исходный	Разрушенный	Исходный	Разрушенный	Исходный	Разрушенный	Исходный	Разрушенный
<i>N. longicornis</i>	-0,69 ±0,22	-0,69 ±0,22	-0,45 ±0,21	-0,38 ±0,66	-0,34 ±0,22	+1,63 ±1,50	-0,46 ±0,21	+0,95 ±0,84	-0,63 ±0,21	+1,06 ±0,26
<i>Pchycerianthus solitarius</i>	-0,41 ±0,22	-0,41 ±0,22	-0,41 ±0,22	-0,41 ±0,22	-0,41 ±0,22	-0,41 ±0,22	-0,27 ±0,21	-0,41 ±0,22	+1,89 ±0,26	+1,25 ±1,10
<i>Parvicardium exiguum</i>	-0,65 ±0,14	-0,26 ±0,16	+0,55 ±0,24	-0,45 ±0,22	+2,21 ±0,47	+0,68 ±1,18	-0,27 ±0,16	-0,46 ±0,15	-0,66 ±0,14	-0,66 ±0,14
<i>Pectinaria koreni</i>	+1,41 ±0,37	+1,39 ±0,48	-0,72 ±0,25	-0,72 ±0,21	+1,38 ±0,40	-0,72 ±1,26	+0,14 ±0,05	-0,72 ±0,33	-0,72 ±0,33	-0,72 ±0,33
<i>Perinereis cultrifera</i>	+2,24 ±0,58	-0,06 ±0,02	-0,39 ±0,13	-0,63 ±0,18	+1,36 ±0,39	-0,63 ±0,97	+0,01 ±0,01	-0,63 ±0,29	-0,63 ±0,29	-0,63 ±0,29
<i>Pitar rudis</i>	+1,19 ±0,89	+0,42 ±0,26	-0,18 ±0,16	-0,71 ±0,24	+0,47 ±0,39	+1,33 ±0,43	-0,15 ±0,17	-0,58 ±0,18	-0,89 ±0,31	-0,90 ±0,31
<i>Polititapes aurea</i>	+1,96 ±0,61	+0,12 ±0,18	-0,49 ±0,08	-0,76 ±0,08	+0,60 ±0,29	+0,14 ±0,43	+0,51 ±0,27	-0,48 ±0,25	-0,80 ±0,09	-0,80 ±0,09
<i>P. petalina</i>	-0,75 ±0,11	+1,18 ±0,72	+0,42 ±0,41	-0,75 ±0,11	+0,03 ±0,26	+1,49 ±0,13	+0,58 ±0,47	-0,56 ±0,25	-0,75 ±0,11	-0,75 ±0,11
<i>Spisula subtruncata</i>	-0,67 ±0,11	+0,71 ±0,56	+1,33 ±0,82	-0,11 ±0,56	-0,46 ±0,11	+1,13 ±0,76	-0,48 ±0,11	-0,14 ±0,56	-0,67 ±0,11	-0,64 ±0,13
<i>Stereoderma kirchbergi</i>	-0,49 ±0,05	-0,49 ±0,05	-0,49 ±0,05	-0,49 ±0,05	-0,24 ±0,05	-0,49 ±0,05	+2,07 ±0,02	-0,25 ±0,27	+1,29 ±0,03	-0,42 ±0,09
<i>Terebellides stroëmi</i>	-0,79 ±0,16	+0,25 ±0,18	-0,99 ±0,16	-0,97 ±0,15	+2,19 ±2,25	-0,60 ±0,37	+0,08 ±0,18	-0,66 ±0,12	-0,45 ±0,17	+1,94 ±0,25
<i>Tritia reticulata</i>	+1,36 ±0,32	-0,29 ±0,11	+1,45 ±0,33	+0,27 ±1,21	-0,01 ±0,13	+0,02 ±1,20	-0,33 ±0,11	-0,60 ±0,14	-0,95 ±0,12	-0,92 ±0,05

По устойчивости к заилению все массовые виды, входящие в биоценозы, можно разделить на три группы.

К первой группе относятся виды, плохо переносящие заиление. Это наиболее многочисленная группа. К ней можно отнести всех губок. Кроме того, в нее входят: моллюски — *A. renieri*, *A. gracilis*, *C. gallina*, *G. minima*, *M. adriaticus*, *M. phaseolinus*, *M. galloprovincialis*, *P. exiguum*, *T. reticulata*, асцидия — *A. aspersa*; полихеты — *P. koreni*, *P. cultrifera*; голотурия — *S. kirchbergi*, а также усонogie раки *B. improvises*.

Ко второй группе относятся виды, индифферентные к заилению или повышающие свою численность только при небольшом заилении.

К этой группе относятся: моллюски — *A. raucicostata*, *C. chinensis*, *M. lineatus*, *P. solitarius*, *P. rudis*, *P. aurea*, *P. petalina*, *S. subtruncata*; змеехвостка — *A. stepanovi*. Полихета *M. palmata* в условиях Керченского предпроливья не образует собственный биоценоз. В северо-западной части Чёрного моря это совершенно обычный вид, образующий собственный биоценоз на заиленных участках [Золотарёв, 1994].

К третьей группе относятся виды, повышающие свою численность после заиления. В неё входят лишь 3 вида полихет: *N. hombergii*, *N. longicornis* и *T. stroëmi*.

Роль этих групп в исходных биоценозах и образовавшихся из них сообществах была различной (рис. 6).



**Рис. 6.** Изменения видового состава и численности животных, по-разному реагирующих на заиление в исходных биоценозах и образовавшихся после заиления сообществах в Керченском преддельтае Чёрного моря

В исходных биоценозах большая часть видового богатства и численности приходилась на первую группу. Она составляла от 20 до 47 % видового богатства и от 49 до 80 % численности, в биоценозе *M. phaseolinus* — до 35 % видового богатства и до 98 % численности. Доля видов, относящихся ко второй группе, была намного меньше — от 13 до 21 % в видовом богатстве и от 14 до 40 % в численности. В биоценозе *M. phaseolinus* — до 13 % видового богатства и до 1 % численности. Роль третьей группы была ещё меньше. Её доля в видовом богатстве в зависимости от биоценоза колебалась от 4 до 11 %, а в численности от 1 до 13 %. В биоценозе *M. phaseolinus* до 7 % видового богатства и около 1 % численности. Остальные виды не играли большой роли в численности биоценозов, где их доля колебалась от 3 до 10 %, а в биоценозе *M. phaseolinus* — менее 0,5 %. Однако при этом они играли важную роль в видовом богатстве. На их долю в нём в зависимости от биоценоза приходилось от 21 до 63 %, а в биоценозе *M. phaseolinus* — 44 %.

Во вновь образовавшихся сообществах доля первой группы в видовом богатстве колебалась от 23 до 31 %, а в численности от 28 до 33 %. При этом её доля в общей численности в среднем уменьшилась с 68 до 32 %. На долю второй группы приходилось от 23 до 25 % видового богатства и от 49 до 59 % численности сообщества. В целом доля этой группы увеличилась с 15 до 24 % в видовом богатстве и с 20 до 57 % в численности. На долю третьей группы приходилось от 10 до 19 % видового богат-

ства и от 5 до 14 % численности. После заиления её доля в видовом богатстве сообществ изменялась от 5 до 13 %, а в общей численности — 6 %. На долю остальных видов приходилось от 25 до 45 % видового богатства и от 3 до 9 % численности вновь образовавшихся сообществ. Их доля в видовом богатстве уменьшилась с 54 до 35 %, но в численности осталась практически на прежнем уровне.

Соотношение видов относящихся к первой, второй или третьей группе, в исходных биоценозах в среднем по видовому богатству было 5:3:1, по численности — 11:3:1. Во вновь образовавшихся сообществах оно было уже по видовому богатству 2:2:1, по численности 5:9:1, а на наиболее разрушенных участках — 1:2:1 и 3:1:9 соответственно.

При заилении биоценоз *M. phaseolinus* трансформировался в биоценоз *T. stroëmi*. В результате чего доля видов, относящихся к первой группе, уменьшилась до 15 % по видовому богатству и до 2 % по численности. Доля животных, входивших во вторую группу, по видовому богатству осталась практически на том же уровне, но по численности увеличилась до 10 %. Доля видов третьей группы выросла по видовому богатству до 11 %, а по численности до 80 %. Доля прочих видов была наиболее значимой — 9 % видового разнообразия. После заиления они стали играть заметную роль и в численности, где их доля увеличилась до 8 %. Соотношение видов, входящих в три группы, по видовому богатству стало соответствовать 1,3:1,3:1, по численности — 1:4:32. Такое соотношение сходно с соотношением этих же



групп на наиболее разрушенных участках других биоценозов. В обоих сообществах роль доминантного вида была очень большой, при этом оба доминанта играли решающую роль в численности первой и третьей группы животных.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** В конце 1980-х начале 1990-х гг. Керченское предпроливье Чёрного моря подверглось сильному антропогенному заилению. Площадь, занимаемая илами, увеличилась в 11 раз. Вследствие этого площадь акватории, занимаемая первоначально всеми биоценозами, сократилась почти в 2 раза. На большей части акватории биоценозов мидии и *M. phaseolinus* наблюдалась их трансформация в биоценоз пелофильных полихет *T. stroëmi*. Во всех заиленных биоценозах наблюдалось сокращение видового богатства и численности, в основном из-за снижения численности доминантных видов. Видовой состав разрушенных участков по отношению к исходным биоценозам стал более выровненным. Конечным результатом стало образование сообществ *P. rudis* и *S. subtruncata* и увеличение площади биоценоза *T. stroëmi*.

По отношению к заилению массовые виды разделились на три группы. К первой относятся виды, плохо переносящие заиление. Это все губки, а также *A. renieri*, *A. gracilis*, *A. aspersa*, *B. improvisus*, *C. gallina*, *C. minima*, *M. adriaticus*, *M. phaseolinus*, *M. galloprovincialis*, *P. exiguum*, *P. koreni*, *P. cultrifera*, *S. kirchbergi*, *T. reticulata*. Во вторую группу входят виды индифферентные к заилению или повышающие свою численность только при небольшом заилении. Это *A. paucicostata*, *A. stepanovi*, *C. chinensis*, *M. palmata*, *M. lineatus*, *P. solitarius*, *P. rudis*, *P. aurea*, *P. petalina*, *S. subtruncata*. К видам, увеличивающим свою численность после заиления, относятся только пелофильные полихеты *N. hombergii*, *N. longicornis* и *T. stroëmi*. В исходных биоценозах доминируют виды, относящиеся к первой группе. Во вновь образовавшихся сообществах увеличивается доля второй группы, а на наиболее разрушенных участках — третьей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Арнольди Л.В. 1941. Материалы по количественному изучению зообентоса в Чёрном море // Тр. Зоологического института. Т. 7. Вып. 2.:— М.-Л., Изд-во АН СССР.— С. 94—113.
- Базелян В.Л., Касилов Ю.И., Коломийченко Г.Ю. 2001. Общая характеристика влияния дампинга на гидробионты // Экологічні проблеми Чорного моря.— Одесса: ОЦНТЕІ.— С. 23—28.
- Болтачѳв А.Р. 2006. Состояние тралового промысла и последствия его воздействия на донные биоценозы Черноморского шельфа Крыма // Подводные технологии и мир океана. № 3.— С. 22—31.
- Боровская Р.В. 2006. Результаты океанографических и рыбохозяйственных исследований Чёрного и Азовского морей на базе спутниковой информации / Диссертация на соискание учёной степени канд. геогр. наук.— Керчь.— 225 с.
- Воробьев В.П. 1949. Бентос Азовского моря // Тр. Аз-ЧерНИРО. Вып. 13.— Симферополь: Крымиздат.— 193 с.
- Головакина Е.М., Фроленко Л.Н. 2008. Характеристики зообентоса северо-восточной части Чёрного моря // Материалы международной научной конференции «Современные основы формирования сырьевых ресурсов Азово-Черноморского бассейна в условиях изменения климата и антропогенного воздействия».— Ростов-на-Дону.— С. 75—79.
- Ердаков Л.Н., Ефимов В.М., Галактионов Ю.К., Сергеев В.Е. 1978. Количественная оценка верности местообитанию // Экология. № 3.— С. 105—107.
- Зайцев Ю.П., Фесюнов О.Е., Синегуб И.А. 1992. Влияние донного тралового промысла на экосистему черноморского шельфа // Доклады АН Украины. № 3.— С. 156—158.
- Замбриборщ Ф.С. 1984. Последствия концентрированного свала рыхлых грунтов в море на донные биоценозы // Дноуглубительные работы и проблемы охраны рыбных запасов и окружающей среды рыбохозяйственных водоёмов.— Астрахань.— С. 49—51.
- Зарабиева Т.С., Агаева В.Р. 2000. Влияние дноуглубительных работ и дампинга на экосистему Южного Каспия // Морские гидробиологические исследования.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 145—146.
- Зенкевич Л.А. 1963. Биология морей СССР.— М.: АН СССР.— 739 с.
- Золотарѳв П.Н. 1987. Донные биоценозы Керченского предпроливья / Аннотированный список докладов всесоюзной научной конференции молодых учёных-комсомольцев «Вклад молодых ученых-комсомольцев в решение современных проблем океанологии и гидробиологии».— Севастополь.— С. 26.
- Золотарѳв П.Н. 1994. Структура биоценозов бентали северо-западной части Чёрного моря и её трансформация под воздействием антропогенных факторов / Автореферат на соискание ученой степени кандидата биологических наук.— Севастополь.— 21 с.
- Киселѳва М.И. 1981. Бентос рыхлых грунтов Чёрного моря.— Киев: Наукова думка.— 165 с.
- Мокеева М.П. 1983. Влияние сбросов различных отходов в морскую среду на гидробионтов // Тр. ГОИН. Вып. 167.— С. 23—33.
- Мокеева М.П. 1987. Некоторые итоги результатов влияния сбросов грунта на биоту в южных морях СССР

- // Материалы III съезда советских океанологов. Тезисы докладов. Сер. Биология океана. Ч. II: Л.— С. 154–155.
- Миловинова Н.Ю. 1966. Донные биоценозы Новороссийской бухты // Распределение бентоса и биология донных животных в южных морях. — Киев: Наукова думка. — С. 75–89.
- Николаенко Т.В., Повчун А.С. 1993. Бентос Керченского предпроливья // Экология моря. Вып. 44. — С. 46–50.
- Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. — Киев: Наукова думка. — 1968. Т. 1. — 437 с.; 1969. Т. 2. — 536 с.; 1972. Т. 3. — 340 с.
- Песенко Ю.А. 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. — М.: Наука. — 287 с.
- Самышев Э.Э., Рубинштейн И.Г., Золотарёв П.Н., Литвиненко Н.М. 1986. Изменчивость в структуре бентоса Чёрного моря в условиях антропогенного воздействия // Антропогенное воздействие на прибрежно-морские экосистемы: Сборник научных трудов. — М.: ВНИРО. — С. 52–71.
- Солдатова Т.Ю. 1984. Влияние отвала грунта на донную фауну прибрежной зоны Крыма // Дноуглубительные работы и проблемы охраны рыбных запасов и окружающей среды рыбохозяйственных водоёмов. — Астрахань. — С. 117–118.
- Терентьев А.С. 2002. Влияние г. Анапа на бенталь прилегающей акватории // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон / Материалы международной научной конференции. — Санкт-Петербург: РГГМУ. — С. 62–63.
- Eltringham S.K. 1971. Life in Mud and Sand. — London: The English Universities Press Ltd. — 218 p.
- Kon-Kee Liu et al. 2008. Fluxes of Nutrients and Selected Organic Pollutants Carried by Rivers // Watersheds, Bays, and Bounded Seas: The Science and Management of Semi-Enclosed Marine Systems. — Washington Covelo. — London: Islandpress. — P. 141–167.
- Warwick R.M., Pearson T.H. 1987. Ruswahyuni Detection of pollution effects on marine macrobenthos: further evaluation of the species abundance/biomass method. Marine Biology. N. 95. — P. 193–200.

Поступило в редакцию 09.09.11 г. Принято после рецензии 03.04.12 г.

## Change in the bottom biocenoses species composition in the Black Sea area before the Kerch Strait as a result of silting

A.S. Terentyev

YugNIRO, Kerch, Ukraine

During the course of the late 80s – early 90s, the Black Sea area before the Kerch Strait was subjected to strong anthropogenic silting. As a result the area occupied by all the biocenoses, except for *Terebellides stroëmi* biocenosis, was reduced by 1.8 times from 4.399 thousand km<sup>2</sup> to 2.491 thousand km<sup>2</sup>. *Asciidiella aspersa* biocenosis was completely lost. Its disappearance is also explained by the silt discharge from the Kerch Strait. Succession of *Modiolus phaseolinus* biocenosis and partially of *Mytilus galloprovincialis* one occurred into *T. stroëmi* biocenosis. A reduction of species diversity and abundance over all the silted biocenoses was observed. A decrease in the dominant species abundance was of great importance for the reduced number of the biocenoses. The species composition over the destroyed sites became more leveled in relation to the initial biocenoses. The net result was that communities of *Pitar rudis* and *Spisula subtruncata* were formed and the area of *Terebellides stroëmi* biocenosis was increased. It was found that *Nephtys hombergii*, *N. longicornis* and *T. stroëmi* are best tolerant of silting. Sponges do not withstand silting at all.

**Key words:** Black Sea, the area before the Strait, benthos, biocenosis, anthropogenic impact, silting, species composition.

УДК 639.2.05(262.5)

**Комплексный подход к организации рыболовства на Чёрном море***М.И. Куманцов, Е.Н. Кузнецова, О.М. Лапшин*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)  
E-mail: [www.kuz@vniro.ru](mailto:www.kuz@vniro.ru)

Вклад черноморского промысла в общий российский вылов рыбы невелик. Значимость биологических ресурсов Чёрного моря, определяется, прежде всего, его природно-климатическими условиями, благоприятными для организации круглогодичного отдыха населения страны. Высокая плотность населения, постоянно и временно проживающего в регионе, определяет спрос на свежие морепродукты, что является стимулом к развитию прибрежного рыболовства. Учитывая ограниченность биоресурсов прибрежных районов Чёрного моря и их уязвимость, приоритеты следует отдать их бережному и безотходному использованию, разработке мероприятий, направленных на увеличение продуктивности моря, организацию рыболовства с учётом физико-географических, биологических и социально-экономических факторов. В качестве первоочередных задач следует выделить следующие: 1) ограничение ведения промысла активными орудиями лова в прибрежных акваториях Чёрного моря и приоритетное использование пассивных орудий лова, суммарной промысловой мощностью соответствующих фактической сырьевой базе; 2) развитие любительского и спортивного рыболовства; 3) увеличение биоразнообразия и рыбохозяйственного потенциала прибрежных экосистем за счёт развития аквакультуры и создания искусственных рифов.

**Ключевые слова:** Чёрное море, прибрежное рыболовство, сырьевая база, орудия лова, рекреационное рыболовство, искусственные рифы, аквакультура.

Вклад черноморского промысла в общий российский вылов рыбы невелик. Значимость биологических ресурсов Чёрного моря, определяется, прежде всего, природно-климатическими условиями, благоприятными для организации круглогодичного отдыха населения страны на побережье и прилегающих к нему территориях. Высокая плотность населения, постоянно и временно проживающего в регионе, определяет спрос на свежие морепродукты, что является стимулом к развитию прибрежного рыболовства. В проекте Федерального закона о прибрежном рыболовстве сказано: «Целью прибрежного рыболовства является поддержание и развитие социально-экономической инфраструктуры прибрежных регионов Российской Федерации на

основе рационального неистощительного использования водных биоресурсов». Неистощительное использование водных биоресурсов предусматривает организацию природопользования с учётом физико-географических, биологических и социально-экономических факторов, определяющих состояние, функционирование и динамику изменений природных экосистем при изъятии биоресурсов.

В Чёрном море площадь шельфа, пригодная для существования рыб прибрежного комплекса, составляет около 22 % всей акватории моря. Около 70 % шельфовой зоны приходится на мелководную северо-западную часть моря, в других районах её протяженность не превышает 10 км от берега [Землянский и др., 1977].

По видовому составу ихтиофауна Чёрного моря почти вдвое богаче ихтиофауны Каспийского моря. Все многообразие жизни наблюдается в поверхностном слое моря. Чёрное море населяют более 2000 видов морских организмов. Число видов и подвидов рыб — 184 [Берг, 1949; Световидов, 1964; Расс, 1987], однако промысловое значение имеют лишь 25 видов рыб. Промысловые виды Чёрного моря принято разделять на четыре группы, различающиеся экологией и генезисом: собственно морские тепловодные, умеренно-холодноводные, солоноватоводные, анадромно-пресноводные [Расс, 1992]. К собственно морским тепловодным видам относятся: мигрирующая в летнее время в Азовское море хамса (европейский анчоус) *Engraulis encrasicolus*; мигрирующие летом в Чёрное море из Мраморного — скумбрия *Scomber scomber*, ставриды *Trachurus trachurus* и *Tr. mediterraneus*, пелагида *Sarda sarda*, луфарь *Potatomus saltatrix*, тунцы *Thunnus thunnus*; постоянно живущие в Чёрном море кефали *Liza* spp., *Mugil cephalus*, барабулька *Mullus barbatus ponticus*, сарган *Belone belone euxini*, морские караси *Sparidae* spp., горбыли *Sciaenidae* spp., скат морской кот *Dasyatis pastinaca*. К морским умеренно-холодноводным видам относятся: шпрот *Sprattus sprattus phalericus*, мерланг *Merlangius merlangius euxinus*, несколько видов камбал — *Psetta maxima maeotica*, *Scophthalmus rhombus*, *Platichthys flesus luscus*, песчанка *Gymnammodytes cicerellus*, катран *Squalus acanthias*, скат морская лисица *Raja clavata*. К солоноватоводным видам относятся: тюлька *Clupeonella cultriventris*, бычки *Gobidae* spp., перкарина *Percarina maeotica*. К анадромно-пресноводным рыбам относятся: осетровые *Acipenseridae* spp., сельди *Alosa* spp., судак *Stizostedion lucio-perca*, лещ *Abramis brama*, тарань *Rutilus heckeli*, сом *Silurus glanis* и др.

В связи с насыщением глубин моря сероводородом, его пелагическая зона, пригодная для жизни рыб, ограничена верхним слоем 140—180 м. Однако эта область обладает значительными биологическими ресурсами. Наибольшую численность в Чёрном море имеют пелагические виды рыб, такие, как хамса, шпрот, ставрида. Доминирующим видом является хамса. Второе место по численности и био-

массе занимает шпрот, далее следует мелкая ставрида. Запасы донных видов рыб в связи небольшой протяженностью шельфовой зоны и сероводородным заражением весьма ограничены [Ревина, Сафьянова, 1968].

В ИЭЗ России в современный период отмечено 102 вида рыб, из которых объектами промысла являются 20 [Луц и др., 2005].

Современный вылов морских рыб в Чёрном море составляет 17—19 тыс. т. Состав улова в 2009—2010 гг. показан в таблице. Общий объём вылова морских рыб (без учёта хамсы, добыча которой по решению Российско-украинской комиссии по вопросам рыболовства ведётся в счёт общебассейнового объёма) определён учёными ФГУП «АзНИИРХ» на 2011 г. в 24,8 тыс. т. Вылов хамсы в Чёрном море (для России и Украины) прогнозировался на уровне средних многолетних норм изъятия в объёме 49,5 тыс. т.

Прогнозируемые объёмы вылова недооцениваются в основном за счёт мелких пелагических видов рыб: хамсы, шпрота, ставриды. Основные причины недолова кроются в устаревшем флоте, отсутствии судов кошелькового лова, баз по приёмке и переработке рыбы [Луц и др., 2005; Макоедов, Кожемяко, 2007]. Возможное увеличение объёмов добычи мелких пелагических видов рыб оценивается учёными ФГУП «АзНИИРХ» в 60 тыс. т.

До 60-х гг. прошлого века более половины улова в Чёрном море составляли ценные виды рыб: пелагида, скумбрия, кефаль, луфарь, крупная ставрида, камбала-калкан. Общий вылов СССР в Чёрном море в 1938—1960 гг. не превышали 50 тыс. т. В 1970—1980-е годы за счёт интенсификации тралового промысла хамсы и шпрота уловы возросли, составив в 1988 г. 300 тыс. т. Развитие тралового промысла, зарегулирование стока рек, изменение гидрологического режима проливов Босфор и Керченского и ухудшение условий миграции рыб через них, эвтрофикация моря и другие антропогенные факторы обусловили радикальные изменения состояния сырьевой базы [Расс, 1992]. Основу уловов стали составлять мелкие пелагические виды рыб: хамса и шпрот (до 80 %).

С конца 1980-х гг. в связи с вселением атлантического гребневика мнемнопсиса *Mnemiopsis leidyi*, мощного пищевого конкурента

**Таблица.** Вылов рыб в Чёрном море в 2009–2010 гг., т

Вид рыб	Вылов в 2009 г.	Вылов в 2010 г.
Сельдь	13,4	12,9
Шпрот	8734,4	5839,4
Хамса	9918,2	10741,2
Пиленгас	105,4	362,5
Кефали	31,9	15,0
Камбалы	21,5	25,1
Барабулька	291,6	173,1
Мерланг	51,9	22,7
Ставрида	124,1	108,9
Скаты	26,2	19,4
Сарган	2,7	2,9
Смарида	7,4	6,7
Атерина	3,8	3,0
Перкарина	1,7	1,2
Акулы	14,1	8,5
Осетровые	0,002	—
Пр. морские	27,4	9,1
Итого	19376,1	17352,0

зоопланктонофагов, не имевшего на то время естественных врагов в Чёрном море, произошло резкое снижение запасов массовых видов планктофагов. Изменения не коснулись запасов более глубоководного шпрота. В конце 1990-х гг., благодаря вселению другого гребневика, брое *Beroe ovata*, потребителя мнемипсиса, численность пелагических видов рыб стала постепенно расти [Луц и др., 2005].

Промысловые ресурсы Чёрного моря, помимо рыбных, включают нерыбные объекты, водоросли и беспозвоночных. В Чёрном море насчитывается до 200 видов моллюсков, 18 — крабов, 290 — водорослей. Промысловое значение имеют филофора *Phyllophora rubens*, цистозира *Cystoseira barbata* и zostера *Zostera sp.* Некоторые беспозвоночные, такие, как устрицы *Ostrea edulis*, мидии *Mytilus galloprovincialis* обладают высокими пищевыми качествами и относятся к разряду деликатесов. Данные объекты, в отличие от рыб, характеризуются малой подвижностью, поэтому их запасы, с одной стороны, легче оценить, с другой — легче пере-

ловить. Кроме того, сокращению запасов донных беспозвоночных и ухудшению их пищевых качеств способствует их повышенная уязвимость при воздействии загрязняющих веществ (нефть, хлорорганические вещества и др.), так как многие являются фильтраторами. Наблюдается также сокращение пригодных для их жизнедеятельности субстратов, как, например, в случае воздействия тралового промысла на биоценозы мидиевого и фазеолинового ила. Кроме того, вселившийся хищный брюхоногий моллюск рапана *Rapana thomasi* уничтожил в Чёрном море целые устричные банки и серьезно подорвал запасы мидии и других двустворчатых моллюсков. В результате таких воздействий наиболее ценные объекты промысла, такие, как устрицы и мидии, в современный период находятся в депрессивном состоянии. Другие нерыбные объекты промысла, такие, как понтогаммарус, рапана, водоросли (цистозира, zostера) недоиспользуются, возможности увеличения их изъятия оцениваются специалистами ФГУП «АзНИИРХ» в 120–150 тыс. т.

Основная причина недоиспользования многих объектов кроется в отсутствии спроса на них. Однако, например, мясо рапаны является ценным белковым продуктом с высоким содержанием микроэлементов, необходимых организму человека. Промышленным освоением рапаны занимается многие причерноморские страны (Турция, Болгария, Украина). Большая часть продукции поставляется в Японию, где мясо рапаны традиционно высоко ценится. При умелом приготовлении рапана может явиться деликатесом и для российского потребителя. Поэтому для стимуляции её промышленного освоения необходимо заниматься разработкой технологии её приготовления, либо искать потенциальных заказчиков за рубежом.

Добыча массовых пелагических видов рыб в современный период осуществляется различными типами судов, с использованием кошелькового и тралового лова. Добыча донных беспозвоночных также ведётся с применением тралящих орудий лова: драг, тралов. В 80-е годы прошлого века после получения доказательств разрушительного влияния использования донных тралов на донные биоценозы, применение этих тралов в Чёрном море было запрещено. Однако недавние исследования украинских учё-

ных шельфа Крыма с помощью подводных телевизионных устройств и водолазного способа, а также анализ уловов пелагического трала показали, что в дневное время, когда шпрот формирует скопления у дна, его промысел осуществляется пелагическими тралами в придонном варианте, когда траловые доски, нижние кабели и нижняя подбора трала буксируются по грунту, уничтожая, в зависимости от плотности рыхлых грунтов, не только эпи-, но и инфауну грунта на глубину от нескольких десятков сантиметров до метра и более [Болтачёв, 2006]. Показано, что в районах работы промысловых судов на юго-западном шельфе Крыма в результате воздействия тралов наблюдается значительное повреждение поясных донных биоценозов мидий и фазеолины, в значительной степени состоящих из моллюсков-фильтраторов, тем самым уничтожаются естественные биофильтры моря. Макробентосная флора и фауна на глубинах более 45 м практически отсутствуют.

Исследования специалистов ФГУП «ВНИРО» прибрежной акватории [Куманцов и др., 2011] российской части Чёрного моря с помощью подводного телевидения также показали, что начиная с глубины 20–25 м в районах работы траулера наблюдается разрушение поверхностного слоя донного субстрата. Практически полностью отсутствуют организмы макробентоса, субстрат представлен осколками битых раковин моллюсков различного размера. Отмечены параллельные валы грунта, являющиеся следствием механического воздействия тралов, четко выражены следы от траловых досок и нижней подборы.

В результате многолетнего воздействия тралового промысла на донные биоценозы в настоящий период наблюдаются снижение видового разнообразия компонентов экосистемы, уменьшение прозрачности воды и, соответственно, поднятие нижней границы водорослевого пояса, исчезновение многих донных биоценозов, ухудшение условий нагула для ценных видов рыб, снижение уровня естественного биологического самоочищения вод и, следовательно, ухудшение санитарного состояния прибрежных вод.

Поэтому, несмотря на значительное недоосвоение лимитов на вылов хамсы и шпрота, не-

обходимо ввести жесткие ограничения по районам работ для судов, оснащенных траловыми орудиями лова. Вся прибрежная зона, имеющая важнейшее значение для существования прибрежных видов рыб и в значительной мере определяющая существующее биоразнообразие, должна быть закрыта для тралового промысла. Траловый промысел следует сместить мористее в районы массовой концентрации хамсы и шпрота. Стоит учесть, что траловый промысел этих видов рыб экономически неэффективен, так как хамса и шпрот из тралового мешка недостаточно качественны и мало пригодны для последующей технологической переработки. Возможность вести пелагический траловый промысел, а также высокая стоимость донных видов рыб приводят к постоянным нарушениям ограничений на донные траления. Целесообразно восстановить кошелевый лов этих видов с выливкой улова рыбонасосами. В 1970–1976 гг. средний вылов хамсы судном типа СЧС-150 по Краснодарскому краю за сезон составлял от 480 до 1140 т [Землянский и др., 1977]. Увеличение вылова мелких пелагических видов должно быть достигнуто за счёт развития кошелькового лова, являющегося более экологичным, так и более экономичным (по энергетическим затратам) способом лова.

В прибрежной зоне промысел следует вести только пассивными орудиями лова (ставные невода, различные виды ловушек, сети), обеспечивающими минимальное воздействие на донные биоценозы, возможность регулирования видового и размерного состава объектов промысла посредством выбора места и времени установки орудий лова и их селективных параметров (размер ячеи и коэффициент посадки). Требования экологически безопасного рыболовства также предполагают определение оптимальной промысловой нагрузки по количеству пассивных орудий лова и времени их застоя на существующих промысловых участках.

Помимо промышленного рыболовства в прибрежных районах Чёрного моря, развивается любительское и спортивное (рекреационное) рыболовство. При этом рекреационное рыболовство частично использует те же ресурсы, что и промышленное. Следовательно, необходимо определить формы сосуществования этого вида рыболовства с промышленным с учётом их

взаимовлияния и воздействия на состояние ресурсов и среды обитания. При совпадении интересов промышленного и рекреационного рыболовства в странах с развитой индустрией отдыха предпочтение, как правило, отдается рекреационному, поскольку помимо рыбной продукции в этом рыболовстве высоко ценится сам процесс ловли рыбы. С удовлетворением потребностей рыболовов-любителей и спортсменов сопряжена разнообразная коммерческая деятельность, и в итоге этот вид рыболовства оказывается более доходным для общества (в сравнении с промышленным рыболовством). Поскольку в рекреационное рыболовство вовлечен большой процент населения, проживающего как в Причерноморье, так и в других регионах России, социальная значимость его очень велика. Необходимо оценить сырьевую базу рекреационного рыболовства, дать предварительную оценку современного и будущего спроса на ресурс со стороны любительского и спортивного рыболовства и возможностей его удовлетворения. Промышленное рыболовство и рекреационное рыболовство должны рассматриваться в общей системе комплексного природопользования в прибрежье Чёрного моря. Тем самым может быть обеспечено более полное использование имеющегося разнообразия рыбных ресурсов.

Существование значительного видового разнообразия в прибрежье показали и наши недавние исследования. Были исследованы уловы ставного и закидного неводов и жаберных ставных сетей в северо-восточной части Чёрного моря в весенний и осенний периоды 2000–2005 гг. и в летний период 2010 г. В весенний период в ставном неводе встречено 23 вида рыб, из них 10 имели встречаемость более 75 % (смарида *Spicara smaris*, ставрида, сарган, атерина *Atherina boyeri*, барабуля, горбыль *Sciaena umbra*, рулена *Grenilabrus tinca*, скорпена *Scorpaena porcus*, мерланг *Odontogadus merlangus euxinus* и бычки *Gobiidae*), 3 вида — более 50 % и 10 видов встречено единично. В осенний период было отмечено 17 видов, из них 6 имели встречаемость более 86 % (смарида, ставрида, сарган, атерина, барабулька, анчоус *Engraulis encrasicolus*), 5 — более 30 % и 9 встречались единично. Весной основу уловов по массе составляли ставрида и барабуля, а осенью —

смарида и сарган. В уловах закидного невода было отмечено 8 видов: сарган, атерина, барабулька, ставрида, анчоус, сингиль *Mugil auratus*, бычок-кнут *Mesogobius batrachocephalus*, скорпена. Основу в них по массе составляли активные стайные виды — 99 % (сарган, барабулька, атерина, ставрида, анчоус, сингиль). В уловах ставных жаберных сетей было отмечено 9 видов: барабуля, анчоус, сингиль, средиземноморский трёхусый налим *Gaidropsarus mediterraneus*, бычок-кругляк *G. melanostomus*, скорпена, зеленушка *Crenilabrus ocellatus*, рулена, каменный окунь *Serranus scriba*. В летний период 2010 г. в крупноячеистых сетях (шаг ячеи 50 и 60 мм) основу уловов составлял пиленгас *Liza haematocheilus*. Начиная с 9 июня регулярно попадался лобан *Mugil cephalus*, составляя до 50 % улова. Единично, в уловах крупноячеистых сетей в исследованный период были встречены: лаврак *Dicentrarchus labrax*, горбыль, луфарь. В уловах сетей с ячеей 20 мм встречены следующие виды рыб: барабулька, ставрида, смарида, губановая зеленушка, пиленгас, морские собачки *Blennius sanguinolentus*, скорпена, бычок-кругляк, морская лисица. Основу уловов составляли барабулька (45 %) и смарида (34 %). Ставрида составляла около 13 % улова, бычок-кругляк и молодь морского языка составляли по 3 %, молодь пиленгаса — 2 %. Во многих уловах значительную долю составляла скорпена. При постановке сетей на глубину 10 м и более значительную долю в уловах составляли скаты.

Климатические условия Черноморского бассейна исключительно благоприятны для развития аквакультуры. Аквакультура в условиях высокого спроса на пищевую продукцию и ограниченности природного ресурса является одним из наиболее динамично развивающихся направлений рыбного хозяйства. Практически весь прирост продукции мирового рыболовства в последнее время обеспечивается аквакультурой. Бурное развитие аквакультуры началось в 70–80-х гг. XX столетия. С того времени общие объёмы ежегодно получаемой рыбопродукции возросли почти в 10 раз [Макоедов, Кожемяко, 2007]. Если в 1970 г. на объекты товарной аквакультуры приходилось лишь 3,9 % мирового улова, то в 2007 г. этот показатель составил 43 %, или 55,5 млн т (без водорослей) общей

стоимостью \$ 69 млрд. Доля выращиваемой рыбной продукции в 2010 г. превысила 50 % мирового улова. Преимущества этой отрасли обусловлены отсутствием зависимости от изменчивости состояния сырьевой базы, более низкими, чем при ведении промысла энергозатратами, приближенностью мест изъятия сырья к береговым обрабатывающим комплексам, возможностью поставлять на рынки продукцию стабильного качества в любое время года [Душкина, 1998].

Мировой опыт показывает, что масштабное выращивание устриц и мидий может быть очень эффективным. Если на естественных банках мидии вырастают до товарного размера за 3–4 года, то при искусственном выращивании при правильном подборе подходящего места товарный размер достигается за 18 месяцев [Степанов, Андреев, 1981]. Выход продукции при культивировании в 2,3 раза выше, чем в естественном состоянии, а количество песка в створках в 1200 раз меньше. Разведение устриц и мидий не требует кормов. Главное требование при их разведении в местах естественного обитания — это чистота вод.

По экспертным оценкам, в прибрежных водах российского побережья Чёрного моря можно разместить товарные хозяйства мощностью до 25–30 тыс. т моллюсков и 5–7 тыс. морских рыб (форель, лаврак, горбыль). Ещё большим потенциалом обладают малые водоёмы (пруды, лиманы, малые водохранилища), общая площадь которых только в Краснодарском крае составляет около 140 тыс. га [Куманцов и др., 2011].

Черноморский бассейн издавна славился такими ценными видами рыб, как осетровые, черноморский лосось, камбала-калкан, рыбец и др. Их роль в современном рыболовстве ничтожна, однако эти рыбы могут стать объектами аквакультуры. Представляют интерес для разведения также некоторые ценные вселенцы. В настоящее время в Черноморском бассейне развивается только пресноводная аквакультура частичковых (в т.ч. растительоядных), лососевых и осетровых рыб, а высокий потенциал морской аквакультуры не реализуется.

Развитие аквакультуры может стать стимулом к расширению промысла недоиспользуемых биоресурсов Чёрного моря. Использование

мелких пелагических рыб в качестве кормового сырья для аквакультуры значительно повысит спрос на эти объекты промысла. Строительство береговых предприятий по переработке рыбы в кормовую муку позволит создать новые рабочие места для местного населения, основной заботкой которых после распада Советского Союза связан в основном с курортным сезоном.

Создание хозяйств товарной аквакультуры должно сопровождаться комплексной оценкой их влияния на окружающую среду, а также мерами, снижающими возможное негативное воздействие. Необходимо обеспечить систему очистки вод, поскольку продукты жизнедеятельности выращиваемых гидробионтов, попадая в море, вызывают повышенную эвтрофикацию прибрежных вод, что отрицательно сказывается на состоянии экосистем.

Увеличение сырьевой базы рыболовства возможно также за счёт искусственного воспроизводства молоди ценных промысловых видов с последующим выпуском в природную среду, создания искусственных нерестилищ и т.д. Повышения уровня естественного воспроизводства водных биоресурсов можно добиться посредством мелиорации, строительства искусственных рифов и акклиматизации новых промысловых объектов.

Создание искусственных рифов является наиболее эффективным и экономичным средством экологической и рыбохозяйственной мелиорации морских акваторий. Искусственные рифы могут значительно повысить биологическую продуктивность акватории. Сукцессия гидробионтов на рифе достаточно быстро увеличивает биомассу органического вещества, регенерация которого дает необходимые для фотосинтеза минеральные соли и биогены. За счёт формирования активных поверхностей в толще воды, где температура и насыщение кислородом значительно выше, чем в придонном горизонте, значительно возрастает скорость биологических процессов. На рифовом субстрате хорошо развиваются бактерии, водоросли и другие организмы. Рифы служат хорошим убежищем для рыб и беспозвоночных, создают дополнительные нерестовые субстраты и тем самым повышают численность и видовое разнообразие гидробионтов. Создание искусственных рифов принципиально меняет характер биотопа.



Вскоре здесь появляются ценные объекты промышленного и любительского рыболовства. Эксперименты, проведённые в Каспийском море, показали, что через 2–3 месяца поверхность рифов полностью покрывалась обрастаниями. Показатели биомассы зоопланктона в 1,3–8,4 раза, а донных организмов 1,5–2,3 раза превысили показатели на фоновом участке. Сооружение искусственных рифов позволяет увеличить способность акватории моря к самоочищению, что особенно актуально при нефтяном загрязнении. За вегетационный период микроорганизмами рифа длиной 100 м может быть утилизировано около 510 кг нефти [Сокольский и др., 2007]. Кроме того, искусственные рифы создадут препятствия для использования тралящих орудий лова.

Таким образом, несмотря на недоиспользование лимитов по вылову гидробионтов приоритеты следует отдать действиям, направленным на сохранение биоразнообразия, разработку мероприятий, способствующих повышению продуктивности моря и рекреационной ценности побережья.

Необходимо дать подробную характеристику подводного рельефа российского шельфа, оценить прозрачность воды на его различных участках, учесть наличие рыболовства и других видов хозяйственного использования побережья. Требуется оценить современное состояние биоресурсов, дать характеристику их сезонного распределения. Это позволит дать комплексную характеристику шельфовой зоны с целью определения районов, наиболее пригодных для промышленного и рекреационного рыболовства, развития марикультуры, создания искусственных рифов.

Необходимо дать оценку современного состояния промышленного рыболовства вообще и в прибрежной зоне в частности с учётом орудий и способов лова, определить экономическую эффективность и социальную значимость этой формы занятости населения; оценить взаимовлияние рекреационного и промышленного рыболовства и их общее воздействие на состояние объектов лова, а также оценить возможности природных популяций выдерживать тот или иной тип воздействия без ущерба для воспроизводства.

Поскольку прибрежные воды морей имеют большое значение в воспроизводстве гидро-

бионтов не только прибрежной зоны, но и открытых вод, необходимо определить роль тех или иных участков побережья в воспроизводстве объектов рыболовства. В случае выявления отрицательного воздействия той или иной формы рыболовства на процесс воспроизводства на важных для этого процесса участках побережья можно рекомендовать организацию воспроизводственных участков с закрытием той или иной формы рыболовной деятельности вообще или на определённые периоды времени.

В настоящее время имеется большое количество информации о значительном загрязнении вод Чёрного моря, об изменениях очертаний береговой линии из-за выборки гравия на устьевых участках впадающих в море рек. Необходимо провести учёт всех основных источников антропогенного загрязнения вод побережья, определить токсикогенную нагрузку от точечных источников загрязнений, провести широкие токсикологические исследования прибрежных вод, грунта, биоресурсов, а также разработать комплекс мероприятий по снижению уровня загрязнения. Эти исследования могут заложить основы эффективного мониторинга состояния окружающей среды. На основе экотоксикологических исследований должны быть выделены участки, рекреационное использование которых до изменения ситуации должно быть исключено или ограничено в целях сохранения здоровья людей.

В конечном итоге, вся прибрежная зона может быть подразделена на участки, различающиеся по возможностям развития промышленного и рекреационного рыболовства, аквакультуры других форм рекреации на воде.

Необходимость создания эффективной системы комплексного управления прибрежными зонами (КУПЗ) была отражена в решении международной конференции ООН по охране окружающей среды и устойчивому развитию (Рио-де-Жанейро, 1992). На сегодняшний день около 90 стран реализуют более 180 программ КУПЗ международного и национального уровней [Дворцова, 2010]. Европейская комиссия рассматривает КУПЗ как средство сохранения прибрежных зон вместе с их биоразнообразием. В крупных хозяйственных проектах важное место отводится социальным и экономическим

проблемам, но защита окружающей среды является приоритетным направлением. Европейские государства северо-восточной Атлантики в своей политике управления делают основной упор на защиту морской среды, проведение научных исследований экосистем, устойчивое использование рыболовных запасов, сохранение биоразнообразия, развитие туризма в прибрежных районах стран. В основу управления рыболовством должен быть положен экосистемный подход, представляющий собой «стратегию комплексного управления земельными, водными и живыми ресурсами, которая обеспечивает их сохранение и устойчивое использование» [Титова, 2007].

В качестве первоочередных задач на Чёрном море следует выделить следующие:

ограничение ведения промысла тралящими орудиями лова в прибрежных акваториях;

восстановление кошелькового лова как более экологичного;

создание береговых предприятий по переработке малоценных видов гидробионтов в рыбную муку для объектов аквакультуры;

приоритетное использование пассивных орудий лова, соответствующих существующей сырьевой базе;

развитие любительского и спортивного рыболовства;

увеличение ресурсов рыболовства и повышение рыбохозяйственного значения Черноморского бассейна за счёт развития искусственного воспроизводства и товарной морской и пресноводной аквакультуры с учётом имеющегося мирового опыта и создания искусственных рифов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Берг Л.С. 1949. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. — М. — Л.: Изд-во АН СССР. Ч. 1. — 467 с.
- Болтачёв А.Р. 2006. Траловый промысел и его влияние на донные биоценозы Чёрного моря // Морской экологический журнал. Т 5. № 3. — С. 45–56.
- Дворцова Е.Н. 2010. Прибрежные территории: зарубежный опыт хозяйственного освоения и управления

// Всероссийский внешнеэкономический вестник. № 7. — С. 13–18.

Душкина Л.А. 1998. Состояние и перспективы культивирования морских гидробионтов // Биологические основы марикультуры. — М: Изд-во ВНИРО. — С. 29–77.

Землянский Ф.Т., Кротов А.В., Доманюк Е.А., Семенова Т.Е., Тихонов О.И. 1977. Резервы повышения экономической эффективности использования рыбных ресурсов Азово-Черноморского бассейна // Проблемы экономики моря. — Одесса: АН УССР. Вып. 6. — С. 47–55.

Куманцов М.И., Кузнецова Е.Н., Переладов М.В., Лапшин О.М., Яхонтова И.В. 2011. Чёрное море: рыбохозяйственные проблемы и пути их решения // Рыбное хозяйство. — С. 39–41.

Луц Г.И., Дахно В.Д., Надолинский В.П., Рогов С.Ф. 2005. Рыболовство в прибрежной зоне Чёрного моря // Рыбное хоз-во. № 6. — С. 54–56.

Макоедов А.Н., Кожмяко О.Н. 2007. Основы рыбохозяйственной политики России. — М.: Изд-во ФГУП «Рыбнацресурсы». — 477 с.

Расс Т.С. 1987. Современные представления о составе ихтиофауны Чёрного моря и его изменениях // Вопросы ихтиологии. Т. 27. Вып. 2. — С. 179–187.

Расс Т.С. 1992. Рыбные ресурсы Чёрного моря и их изменения // Океанология. Т. 32. Вып. 2. — С. 293–302.

Ревина Н.И., Сафьянова Т.Е. 1968. Динамика численности промысловых рыб Чёрного моря и современное состояние их запасов // Биологические исследования Чёрного моря и его промысловых запасов. — М. — С. 165–170.

Световидов А.Н. 1964. Рыбы Чёрного моря. — М.: Наука. — 550 с.

Сокольский А.Ф., Колмыков Е.В., Попова Н.В., Андреев В.В. 2007. Влияние искусственных рифов на биопродуктивность и самоочищающую способность морских акваторий // Рыбное хозяйство. № 2. — С. 72–74.

Степанов В.Н., Андреев В.Н. 1981. Чёрное море. — Ленинград: Гидрометеиздат. — 157 с.

Титова Г.Д. 2007. Биоэкономические проблемы рыболовства в зонах национальной юрисдикции. — СПб: ВВМ. — 368 с.

FAO Precautionary Approach to Fisheries. Part 1. Guidelines on the Precautionary Approach to Capture Fisheries and Species Introductions // FAO Fisheries Technical Paper. N. 350, Part 1. — Rome: FAO, 1995.

Поступило в редакцию 02.04.12 г. Принято после рецензии 01.07.12 г.

## Comprehensive approach to fisheries management in the Black Sea

*M.I. Kumantsov, E.N. Kuznetsova, O.M. Lapshin*

Russian Federal Institute of Fisheries and Oceanography

The Black Sea fisheries do not contribute much to the Russian total catches. Significance of the Black Sea living resources is primarily connected with the basin natural and climatic conditions favorable for all-year recreation of the population. High density of the local population and nonresidents in the coastal region determines demand for the fresh sea fish products which stimulates the coastal fishing development. Given scantiness of living resources in coastal waters of the Black Sea and their vulnerability, we should prioritize careful and non-waste utilization of marine living resources, development activities aimed at increase of the basin productivity, fisheries management based on consideration of physical and geographical, biological, social, and economic factors. We should highlight the following most urgent tasks: 1) to restrict fishing with active fishing gear in coastal waters of the Black Sea and use mainly passive fishing gear adequate to the available resources; 2) to develop sportive and recreational fishing; 3) to increase biological diversity and fisheries potential in the coastal ecosystems through development of aquaculture and construction of artificial reefs.

**Key words:** the Black Sea, the coastal fishing, the available resources, fishing gear, recreational fishing, artificial reefs, aquaculture.

Технология переработки  
водных биоресурсов

УДК 582.272.7:664.951

Химический состав бурых водорослей Чёрного моря:  
род *Cystoseira*, перспектива их использования

А.В. Подкорытова, Л.Х. Вафина

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО); E-mail: vniro@vniro.ru

Представлены данные по безопасности и качеству бурых водорослей (*Cystoseira crinita* и *C. barbata*), собранных в различных районах российского побережья Чёрного моря (п. Джубга, Судакский залив, п. Шепси, Голубая бухта № 1 и № 2). Результаты исследований показали, что водоросли, собранные в исследуемых зонах, по показателям безопасности не соответствуют требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01 по общей обсеменённости, содержанию свинца и ртути. Это свидетельствует о неблагоприятной экологии данных районов, и при использовании сырья необходимо проводить его предварительную обработку с целью детоксикации. Разработаны условия предобработки сырья. Результаты показали, что эти водоросли являются перспективным сырьём для комплексной переработки и получения биологически активных компонентов и биотоплива. Разработана перспективная технологическая схема комплексной переработки цистозеры Чёрного моря.

**Ключевые слова:** бурые водоросли, фукусы, цистозера, предобработка сырья, безопасность и качество, санитарно-гигиеническая оценка водорослей, экология Чёрного моря.

**ВВЕДЕНИЕ.** Морские бурые водоросли *Cystoseira crinita* Vory и *Cystoseira barbata* (Good. et Wood.) Ag, являются главными компонентами прибрежного фитоценоза и основными источниками органического вещества в северо-восточном регионе Чёрного моря. Эти два вида цистозеры занимают сублитораль и в настоящее время являются единственным промысловым видом макрофитов Чёрного моря, используемым для получения йод- и альгинатсодержащих препаратов, в косметологии, при изготовлении кормовых продуктов. В связи с этим ежегодно уточняются объёмы запаса этих водорослей у российских берегов Чёрного моря. Результаты исследований показали сокращение их запасов за последние годы более чем в 10 раз: от 1 млн т до 100 тыс. т при отсутствии промысловых нагрузок [Сабурин, 2004].

Промысловый запас цистозеры в Чёрном море при благоприятных экологических условиях в настоящее время прогнозируется на уровне 100 тыс. т. В соответствии с прогнозом возможного вылова (ВВ) на 2013 г., без ущерба для запасов цистозеры у российского побережья Чёрного моря добывать эти водоросли рекомендуется в объёме 10 тыс. т.

Морские водоросли, в том числе цистозера, благодаря уникальному химическому составу являются перспективным сырьём для переработки. Однако добыча водорослей в прибрежных зонах, особенно с хорошо развитой инфраструктурой побережья, должна сопровождаться систематическим мониторингом их санитарно-гигиенического состояния. Эти данные, с одной стороны, позволяют определить безопасность водорослевого сырья, с другой — оценить уро-

вень загрязнённости прибрежных вод Чёрного моря и охарактеризовать состояние среды.

Кроме того, что бурые водоросли являются источником уникальных химических и биологически активных веществ, некоторые из них способны адсорбировать тяжелые металлы и другие токсиканты. Качество и безопасность продуктов, получаемых из водорослей, напрямую зависят от таковых показателей сырья. Понятно, что антропогенное воздействие на окружающую среду всё увеличивается, и это может привести к недостатку качественного сырья для производства продукции. Химический и санитарно-гигиенический скрининг объектов прибрежного водорослевого промысла позволяет получать данные о безопасности водорослей, что определяет направления их использования.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.** В качестве объектов исследований использовали бурые водоросли *C. crinita* и *C. barbata*, собранные в прибрежной зоне Чёрного моря в июне—июле 2007 г. сотрудником лаборатории прибрежных исследований ФГУП «ВНИРО» Вилковой О.Ю.

Исследования химического состава проводили с применением стандартных методов по ГОСТ 26185-84; определение содержания ртути — на приборе «Юлия-2» по методическим указаниям МУ 5178-90 и ГОСТ 26927; определение массовой доли свинца и кадмия —

атомно-абсорбционным методом на анализаторе «Спектр-5» в пламени воздух—пропан по ГОСТ 30178-96; массовую долю мышьяка определяли по ГОСТ 26930; общее содержание азотистых веществ — по методу Кьельдаля с применением автоазотоанализатора шведской фирмы FOSS Analytical AB, модель FOSS 2300; содержание альгинатов — спектрофотометрическим методом [Усов и др., 2001; Dische et al., 1948; Usov et al., 1995]; моносахаридный состав методом ГЖХ после полного кислотного гидролиза на хроматографе Hewlett-Packard 5890A [Слонкер, 1975]. Исследования микробиологических характеристик воздушно-сухих водорослей были произведены по показателям КМАФАнМ, БГКП (колиформы), патогенные микроорганизмы, в т.ч. *Salmonella*, плесени и дрожжи. Показатель КМАФАнМ проводили по ГОСТ 10444.15-94, БГКП (колиформы) по ГОСТ 30518-97, патогенные микроорганизмы, в т.ч. *Salmonella* — по ГОСТ 30519-97, а плесени и дрожжи — по ГОСТ 10444.12-88.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ.** Результаты исследований микробиологических показателей *C. crinita* и *C. barbata* различных районов произрастания представлены в табл. 1.

Результаты показали, что водоросли, собранные в исследуемых зонах, по показателю

**Таблица 1.** Микробиологические характеристики цистозир

Место и глубина сбора образцов	Исследуемые показатели				
	КМАФАнМ, КОЕ/г	В каком количестве не обнаружены			Дрожжи и плесени не более, КОЕ/г
		БГКП	<i>Staphylococcus aureus</i>	Патогенные в т.ч. <i>Salmonella</i> и <i>L. monocit</i>	
<i>Cystoseira crinita</i>					
Судакский залив, 1 м	1,0×10 <sup>6</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
п. Шепси, скал. гряда, 5–6 м	1,0×10 <sup>5</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Голубая бухта № 1, 2–7 м	5,0×10 <sup>4</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Голубая бухта № 2, 2–7 м	5,0×10 <sup>4</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
<i>Cystoseira barbata</i>					
Судакский залив, 1 м	2,0×10 <sup>5</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
п. Шепси, скал. гряда, 5–6 м	1,5×10 <sup>5</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Голубая бухта № 1, 2–7 м	4,0×10 <sup>4</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Голубая бухта № 2, 2–7 м	4,0×10 <sup>4</sup>	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
Нормы по СанПиН 2.3.2.1078-01	5,0×10 <sup>4</sup>	1,0	0,1	25	100

общей обсемененности либо превышают нормы (п. Джубга, Судакский залив, п. Шепси), либо находятся на высшем пределе допустимого уровня (Голубая бухта №1 и №2). Это является показателем не только неблагоприятной экологии окружающей среды, но и, вероятно, нарушения технологии предварительной обработки сырья. В связи с этим рекомендовано водоросли перед использованием в любых целях промывать подкисленной до pH 3 водой, что позволит сократить степень обсемененности и удалить другие токсиканты.

Немаловажным показателем безопасности сырья является содержание тяжелых металлов. При благоприятных экологических показателях окружающей среды тяжелые металлы в очень небольших количествах постоянно присутствуют в тканях макрофитов и поэтому относятся к микроэлементам. В общем виде убывающий ряд концентрации элементов в водорослях выглядит следующим образом: Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Co > Cd [Подкорытова, 2005]. Аккумуляция металлов водорослями, особенно бурыми, обусловлена высоким содержанием в них полисахаридов, для которых свойственны ионообменные процессы. Накопление водорослями ряда токсинов и тяжелых металлов определяется адсорбцией их из внешней среды [Возжинская, Камнев, 1994]. Уровень содержания в тканях водорослей тяжелых металлов может быть показателем контаминации ими окружающей среды.

Результаты исследований содержания токсичных элементов в испытуемых образцах водорослей представлены в табл. 2.

Из всех рассмотренных металлов ртуть является наиболее токсичным элементом [Ковалова, 2001]. Под воздействием анаэробных организмов она переходит в высокотоксичные жирорастворимые соединения — метил- и диметилртуть, которые способны концентрироваться в живых организмах и передвигаться по пищевым цепям. В концентрации 0,55 мг/л в среде обитания ртуть угнетает жизнедеятельность водорослей и вызывает их гибель, поскольку она легко связывает сульфидные группы белков, что ведёт к инактивации ферментов [Скрипник и др., 1982]. Анализ химического состава бурых макрофитов, произрастающих в прибрежной зоне Чёрного моря показал, что

содержание в них ртути не превышает нормативных показателей (не более 0,5 мг/кг) СанПиН 2.3.2.1078-01. Содержание мышьяка не превышает допустимые пределы (см. табл. 2) и во всех зонах находится на одном уровне.

Содержание свинца более чем в 10 раз превышает норму (не более 5,0 мг/кг) в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01 во всех видах водорослей из всех исследуемых районов.

Таким образом, результаты исследований показали, что все места сбора исследуемых бурых водорослей в Чёрном море, указанные в табл. 1 и 2, являются неблагоприятными с экологической точки зрения, и при переработке подобного сырья нужно проводить дополнительную его обработку для удаления токсикантов.

Полученные данные позволяют выявлять участки, где можно добывать экологически чистое сырьё. Следовательно, полученные результаты можно использовать не только для оценки гигиенического состояния запасов водорослей, но и при анализе изменений экологии в районах их обитания.

Проведённые исследования химического состава бурых водорослей Чёрного моря показа-

**Таблица 2.** Содержание токсичных элементов в цистозире

Вид водоросли	Место отбора проб, глубина	Содержание токсичных элементов, мг/кг			
		кадмий	свинец	мышьяк	ртуть
<i>Cystoseira crinita</i>	Судакский залив, 1 м	0,61	10,6	0,08	0,1
	п. Шепси, скал. гряда, 5–6 м	1,19	12,38	0,1	0,08
	Голубая бухта №2, 2–7 м	0,55	4,32	0,07	0,07
<i>Cystoseira barbata</i>	Голубая бухта №1, 2–7 м	0,07	0,47	<0,1	<0,1
	Судакский залив, 1 м	0,6	8,18	0,09	0,1
Нормы по СанПиН 2.3.2.1078-2001	п. Шепси, скал. гряда, 5–6 м	1,06	11,22	0,1	0,08
	Голубая бухта № 2, 2–7 м	0,41	4,15	0,08	0,08
	Голубая бухта № 1, 2–7 м	0,07	0,5	<0,1	<0,1
Нормы по СанПиН 2.3.2.1078-2001		1,0	0,5	5,0	0,5

ли, что в составе их углеводных компонентов преобладает альгиновая кислота — структурный полисахарид, имеющий основное значение при переработке макрофитов (табл. 3).

Наибольшим содержанием этого полисахарида отличаются водоросли, собранные в Голубой бухте (№ 1 и № 2), чуть меньше — образцы из Судакского залива, остальные — содержат меньшее количество, но примерно в одном диапазоне (см. табл. 3).

Альгинаты, в составе водорослей и в выделенном состоянии, оказывают регенерирующее действие на слизистые, обладают свойствами пищевых волокон и энтеросорбентов, выводят из организма тяжёлые металлы, радионуклиды и др. токсины [Подкорытова и др., 1998а,б].

Содержание минеральных элементов в исследуемых водорослях колеблется в среднем от 20 % до 32 % (см. табл. 3). Из минеральных элементов ценными, характеризующими качество сырья и продукции из водорослей являются биогенные микро- и макроэлементы калий, магний, кальций, железо, марганец, селен и др., а особенно йод. Как показали исследования, бурые водоросли порядка *Fucales* побережья Чёрного моря содержат йода 0,007–0,008 %. Известно, что бурые водоросли являются полноценным источником биогенных минеральных

элементов, а также минеральных и органических форм йода, недостаток которого приводит к нарушению нормальной деятельности щитовидной железы и других функций организма человека [Подкорытова, Вишневская, 2003].

Исследования химического состава бурых водорослей показали, что содержание азотистых веществ в них колеблется от 4,4 до 10,1 %, что свойственно для этих видов водорослей.

Морские водоросли обладают уникальной способностью синтезировать низкомолекулярный углевод — маннит, который является их запасным веществом. В медицине и других отраслях промышленности маннит применяется к качестве эффективного диуретика. Содержание маннита в исследуемых видах водорослей колеблется от 1 до 4 % (табл. 4). Кроме того, в цистозире содержатся и другие моносахариды, такие, как фукоза, ксилоза, глюкоза и галактоза.

Исследования жирнокислотного состава липидов фукусовых водорослей (табл. 5) показали, что содержание некоторых полиненасыщенных жирных кислот семейства  $\omega 3$ , таких как эйкозапентаеновая и линоленовая, колеблется в пределах от 1,39 до 2,11 % от общего содержания липидов, что характеризует их как естественный источник этих важных элемен-

Таблица 3. Химический состав *Cystoseira crinita* и *Cystoseira barbata*, % сухого вещества

Наименование водорослей, место сбора, глубина произрастания	Содержание						
	Углеводов, в том числе:	альгиновой кислоты	фукоидана	маннита	Азотистых веществ	Минеральных веществ	Йода
<i>C. crinita</i> , разрез 3, пос. Джугба, глубина 7–8 м	69,52	16,60	8,66	5,90	7,31	23,17	0,005
<i>C. crinita</i> , прибрежный разрез 3, глубина 2–3 м	74,12	18,10	7,98	6,32	5,39	20,49	0,007
<i>C. barbata</i> , Б. Утриш	73,93	17,56	10,00	4,60	5,31	20,76	0,006
<i>C. crinita</i> , Б. Утриш	62,20	26,00	9,80	3,80	5,12	32,68	0,008
<i>C. crinita</i> , Голубая бухта № 1, глубина 2–7 м	73,70	16,8	—	6,75	8,50	17,80	0,007
<i>C. crinita</i> , Голубая бухта № 2, глубина 2–7 м	70,28	20,90	—	7,02	9,62	20,1	0,008
<i>C. crinita</i> , скал. гряды, пос. Шеп- си пр. 1, глубина 5–6 м	59,58	27,30	—	6,90	7,12	33,3	0,008
<i>C. crinita</i> , скал. гряды, пос. Шеп- си пр. 2, гл. 5–6 м	71,59	26,9	—	6,97	10,11	18,30	0,008
<i>C. crinita</i> , Судакский залив, глубина 1 м	75,08	22,10	—	7,01	7,02	17,90	0,007

**Таблица 4.** Моносахаридный состав биомассы *Cystoseira barbata* и *Cystoseira crinita*, собранных у Б. Утриша, Чёрное море, %

Вид водоросли, номер пробы, глубина произрастания	Состав биомассы				
	фруктоза	ксилоза	глюкоза	галактоза	маннит
<i>Cystoseira barbata</i>					
№ 1, гл. 5–6 м	6,1	1,8	2,1	2,2	0,9
№ 2, гл. 6 м	5,6	1,1	1,7	1,5	4,0
№ 3, гл. 6 м	5,8	1,1	1,5	1,3	2,1
№ 4, гл. 3 м	4,5	1,0	1,3	1,3	1,8
<i>Cystoseira crinita</i>					
№ 1, гл. 7 м	6,5	1,2	2,1	1,6	3,6
№ 2, гл. 8 м	4,7	1,1	1,3	1,3	1,7
№ 3, гл. 6 м	5,0	1,6	1,6	2,3	1,6
№ 4, гл. 3 м	4,0	1,6	2,2	3,3	4,0

**Таблица 5.** Жирнокислотный состав липидов фукусковых водорослей *Cystoseira* Spp. Чёрного моря

Наименование жирной кислоты	Шифр жирной кислоты	Доля содержания липидов, %
Миристиновая	14:0	7,27
Пентадекановая	15:0	0,79
Пальмитиновая	16:0	26,93
Гептадекановая	17:0	0,30
Стеариновая	18:0	0,77
Арахидиновая	20:0	0,17
Докозановая	22:0	0,00
Миристоолеиновая	14:1	0,32
Пальмитоолеиновая	16:1	3,63
Олеиновая	18:1	27,57
Эйкозаеновая	20:1	0,00
Гексадекадиеновая	16:2	0,40
Линолевая	18:2	4,61
Эйкозодиеновая	20:2	0,63
Гексадекатриеновая	16:3	0,38
Линоленовая	18:3	5,72
Эйкозатриеновая	20:3	13,68
Гексадекатетраеновая	16:4	0,28
Октадекатетраеновая	18:4	2,68
Арахидоновая	20:4	1,39

**Окончание табл. 5**

Наименование жирной кислоты	Шифр жирной кислоты	Доля содержания липидов, %
Эйкозапентаеновая	20:5	2,11
Сумма насыщенных:		36,24
Сумма мононенасыщенных:		31,86
Сумма полиненасыщенных:		31,90
Сумма эссенциальных:		11,72
Сумма:		100,00

тов, необходимых для нормального функционирования организма человека.

Бурые водоросли и продукты их переработки широко используются в народном хозяйстве. Однако при огромных запасах водорослей в прибрежных водах морей России и их ежегодном возобновлении это недоиспользуемый ресурс. Кроме того, существуют такие виды водорослей, которые очень сложны в переработке или не пригодны для использования в пищевой отрасли из-за особенностей химического состава, строения растений и санитарно-гигиенического состояния. Вероятнее всего именно такие виды можно использовать для получения альтернативных видов топлива.

В настоящее время происходит стремительное истощение мировых запасов энергоресурсов органического происхождения, приводящее к бедственному состоянию окружающей среды в целом. При этом цены на нефть и нефтепродукты значительно повышаются и, как предсказывают аналитики, этот процесс ещё далеко не завершён. Получение биотоплива сегодня — это новые разработки в области производства топлива, альтернативного нефтепродуктам, главным образом, для автомобилей, получаемое экзотическим, но перспективным способом.

Способов таких множество, и один из наиболее популярных, ввиду сравнительно низкой себестоимости производства, — это получение спирта из возобновляемых природных ресурсов. Получаемый таким способом спирт можно заливать в автомобиль в чистом виде, а также для дополнительной экономии смешивать с продуктами перегонки нефти. Традиционно для получения спирта используют злаковые культуры, такие как кукуруза или пшеница, но сложно обеспечить неограниченное их выра-



щивание, т.к. необходимо использование больших площадей сельскохозяйственных угодий. Известны технологии производства спирта из стеблей кукурузы или, например, целлюлозы, не отличающиеся особой рентабельностью, поскольку в среднем, потратив 1 МДж энергии, можно получить бензина на 1,19 МДж, кукурузного спирта на 0,77 МДж и целлюлозного спирта всего на 0,10 МДж. Есть и другие способы — вплоть до переработки масла, уже использованного для приготовления хрустящего картофеля, в биодизель, но многие из этих технологий пока балансируют на грани рентабельности.

Биомасса водорослей, аккумулирующая в себе солнечную энергию в форме углеводов растительного происхождения, может служить перспективным сырьём для выработки биотоплива. Биотопливный потенциал водорослей является объектом пристального внимания учёных Франции, Германии, Японии и США с 50-х гг. прошлого столетия, при этом вопрос особенно обострился во время предыдущего нефтяного кризиса 1970-х гг. — в полной аналогии с нынешним состоянием дел. Морские водоросли в связи с их богатым химическим составом — достаточно хорошее сырьё для производства биотоплива, а особенно непищевые водоросли или отходы глубокой переработки как бурых, так и красных водорослей.

В настоящее время целевыми продуктами переработки бурых водорослей являются альгинат кальция, альгинат натрия, маннит, фукоидан, которые применимы в различных отраслях — от пищевой промышленности до медицины. Как известно, после выделения целевых продуктов переработки водорослей, образуется большое количество водорослевого остатка, который имеет достаточно разнообразный химический состав, так как химические компоненты не выделяются на 100 %. Кроме того, в составе водорослей находятся и другие вещества, например клетчатка, что даёт основание для дальнейшего использования водорослевых остатков [Вафина, Подкорытова, 2009] при создании технологии производства биотоплива.

На основании данных сайта издания *Permaculture Activist*, представленных в табл. 6, можно судить о перспективности использования водорослей для производства биотоплива.

**Таблица 6.** Годовой выход топлива с 1 акра (0,405 га) занимаемой площади, л

Используемое сырьё	Объём выхода
Кукуруза	70
Соя	186
Сафлор	322
Подсолнечник	396
Рапс	493
Пальмовое масло	2460
Микроводоросли, показатели:	
достигнутые	7169
теоретические и лабораторные	19375–58125

Результаты, представленные в табл. 6, показывают, что выход топлива из водорослей в десятки раз превосходит таковой показатель из традиционных наземных культур.

Разработка технологий получения биотоплива из бурых водорослей и продуктов их переработки позволит не использовать пахотные земли для выращивания растений для производства биотоплива, и соответственно, избежать удорожания растительного масла и хлеба из-за использования урожая на производство топлива.

С учётом запаса фукусковых водорослей Чёрного моря и северных морей Российской Федерации можно оценить размер возможного общего допустимого улова (ОДУ) этих водорослей. Как правило, ОДУ оценивают примерно в 10 % от запасов. В связи с этим для Баренцева и Белого морей он составляет примерно 8 тыс. т; а для Чёрного моря (цистоцира) — примерно 8,5–9,5 тыс. т.

Отходы после выделения биокомпонентов из водорослей составляют около 25–27 % от массы исходного сырья, в связи с чем можно рассчитать количество остатков, которые могут образоваться при переработке 8 тыс. т фукусковых водорослей (ОДУ), — примерно 2,2 тыс. т, выход биотоплива из которых составит примерно 1,1 тыс. т. При использовании 9 тыс. т черноморской цистоциры (ОДУ) при изготовлении биотоплива теоретически выход его должен составить около 4,5 тыс. т. Таким образом, при использовании фукусковых водорослей Чёрного, Белого и Баренцева морей можно в год получать примерно 5,6 тыс. т био-

топлива, не используя при этом дополнительные пахотные земли, не затрачивая сил и материальных средств на выращивание культур, на их сбор и транспортировку.

Задача обеспечения постоянно растущих потребностей экономики в энергии обуславливает необходимость развития возобновляемой энергетики и, в частности, биоэнергетики. Это так же объясняется необходимостью решения глобальных проблем, связанных с ограниченностью природных запасов топлива и обеспечением экологической безопасности.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Таким образом, практически не используемые фукусовые водоросли Чёрного моря или их остатки после выделения целевых продуктов могут быть применены не только по прямому назначению (в качестве сырья для производства медицинских препаратов, сырья для производства БАВ, БАД, гидроколлоидов, сорбентов радионуклидов и тяжёлых металлов), но и для производства альтернативных видов топлива, что позволит не только рационально использовать существующие запасы фукусовых водорослей, но и обеспечить страну недорогим топливом без крупных инвестиций, улучшить экологическую обстановку, значительно пострадавшую за последние десятилетия.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Блинова Е.И. 2007. Водоросли-макрофиты и травы морей европейской части России (флора, распространение, биология, запасы, марикультура).— М.: Изд-во ВНИРО.— 114 с. + 16 с. вкл.
- Возжинская В.Б., Камнев А.Н. 1994. Эколого-биологические основы культивирования и использование морских донных водорослей.— М.: Наука.— 202 с.

- Клочкова Н.Г., Березовская В.А. 2001. Макрофитобентос Авачинской губы и его антропогенная деструкция.— Владивосток: Дальнаука.— 208 с.
- Ковековдова Л.Т. 2001. Мышьяк и селен в промысловых гидробионтах акваторий Приморья.— Владивосток: Изд-во ТИНРО.— С. 3–8.
- Подкорытова А.В., Аминина Н.М. 1998а. Применение альгинатсодержащих продуктов в лечебно-профилактическом питании // Тез. докладов Российской научной конференции «Новые биомедицинские технологии с использованием биологически активных добавок».— Владивосток.— С. 205–209.
- Подкорытова А.В., Аминина Н.М., Левачев М.М., Мирошниченко В.А. 1998б. Функциональные свойства альгинатов и их использование в лечебно-профилактическом питании // Вопросы питания. № 3.— С. 26–29.
- Подкорытова А.В. 2005. Морские водоросли-макрофиты и травы.— М.: Изд-во ВНИРО.— 175 с.
- Сабурин М.Ю. 2004. Фитоценозы черноморской цистозирры: структура, восстановление и перспективы использования // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук.— 24 с.
- Скрипник И.А., Саркисова С.А., Рясинцева С.И. 1982. Физиологическое состояние водорослей при ртутном загрязнении // Эксперимент. вод. токсикология. № 8.— Рига.— С. 149–154.
- Слонкер Дж. 1975. Методы исследования углеводов. Пер. с англ. Под ред. А.Я. Хорлина.— М.: Мир.— С. 22–25.
- Усов А.И., Смирнова Г.П., Клочкова Н.Г. 2001. Методы определения полисахаридов бурых водорослей. Т. 27.— С. 450–454.
- Dische Z., Shetteles L.B. 1948. Specific color reaction of methylpentoses and a spectrophotometric micromethod for their determination // J.Biol. Chem. V. 175.— P. 43–51.
- Usov A.I., Bilan M.I., Klochkova N.G. 1995. Polysaccharides of algae. Polysaccharide composition of several calcareous red algae: isolation of alginate from carollina pilulifera P. et R. // Bot. Mar. V. 89.— P. 179–191.

Поступило в редакцию 20.03.13 г. Принято после рецензии 25.04.13 г.

## Chemical composition of brown algae from the Black Sea: genus *Cystoseira*, perspectives for their use

*A.V. Podkorytova, L.Kh. Vafina*

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

Data are presented on the safety and quality of brown seaweeds (*Cystoseira crinita* and *C. barbata*) which were collected in different Russian coastal areas of the Black Sea (settlement Dzhubga, Sudak Bay, settlement Shepsi, Blue Bay). The results of investigations have shown that the seaweeds collected in the areas under study comply with the safety requirements of SanPiN 2.3.2.1078-01 by neither total infestation nor by lead and mercury concentration. It is a proof of unfavorable ecological conditions of these areas and when these seaweeds are used it will be necessary to carry out their pre-handling aimed at their detoxification. Conditions for preprocessing of this raw material have been worked out. These seaweeds are proved to be a promising raw material item for complex processing and obtaining biologically active components and biological fuels. A promising technological scheme of complex processing of *Cystoseira* from the Black Sea has been elaborated.

**Key words:** brown seaweeds, *Cystoseira*, pretreatment of raw materials, safety and quality, sanitary and hygienic assessment, ecology, the Black Sea.

## Техника для рыбохозяйственных исследований

УДК 551.46(262.5)

## Чёрное море как полигон отработки новых технологий океанологических съёмок

*Д.Е. Левашов, В.В. Сапожников*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)

E-mail: levashov@vniro.ru

Во ВНИРО разработана первая в практике отечественной промысловой океанологии технология полигонных съёмок с использованием буксируемого по синусоидальной траектории носителя измерителей параметров морской воды — ондулятора типа Aquashuttle. Апробация ондулятора и отработка методики его использования была проведена в экспедиции ВНИРО в 1996 г. на НИС «Южморгеология» в Чёрном море при проведении подспутникового эксперимента. Оперативное проведение станций с использованием зондирующего комплекса на основе СТД-зонда и кассеты батометров в выявленных ондулятором точках, представляющих особый интерес, позволило не только выделить мезо- и микромасштабные вихревые структуры на исследуемом полигоне, но и значительно сократить время съёмки. Разработанная методика была использована при последующих рыбопромысловых исследованиях.

**Ключевые слова:** вертикальное зондирование, буксируемый носитель, ондулятор, методика, полигон.

**ВВЕДЕНИЕ.** В последние десятилетия одной из самых значительных проблем методологии судовых экспедиционных исследований является неоднозначность интерпретации результатов фоновых съёмок исследования на больших акваториях, связанная с несовпадением порядка временных масштабов процесса исследования и изменчивости объекта [Левашов, Сапожников, 2000б]. Особенно ярко этот эффект проявляется при сравнении информации космических аппаратов с данными подспутниковых полигонных исследований. Дело в том, что фоновая съёмка по стандартной сетке станций может занимать значительное время, например, 1–2 месяца и более в зависимости от размеров акватории. В результате поля распределения исследуемых параметров, построенные по окончании съёмки, могут отражать не только пространственные неоднородности, но и их

временную изменчивость за период съёмки. Такое положение не только затрудняет сопоставление данных, получаемых в начале и конце полигона, но и может свести на нет все усилия по съёмке акватории.

Конечно, имеются способы минимизации этой проблемы. Например, в конце полигона проводится возврат на начальную станцию с пересечением исследуемой акватории по кратчайшему расстоянию и повторением по пути следования нескольких реперных станций. Последующее определение временных коэффициентов соответствия для измеряемых параметров на станциях, выполненных дважды, позволяет более правильно провести окончательный анализ результатов исследований. Однако такое решение не всегда возможно, и поэтому для совершенствования методик проведения съёмок на больших акваториях основные усилия на-

правляются на максимально возможное сокращение общего времени съёмки на полигоне.

Попробуем оценить реальные значения этих величин и их вклад в общее время проведения фоновой съёмки [Левашов, Сапожников, 2000а]. Время фоновой съёмки  $T_{фс}$  складывается из длительности проведения станций ( $\sum T_{ст}$ ), числа станций ( $n$ ), а также длительности и числа переходов между станциями ( $\sum T_{пер}$  и  $m$ ):

$$T_{фс} = \sum_{i=1}^n [(T_{зонд} + T_{под}) N_{зонд}] + \sum_{i=1}^m \frac{L_{пер}}{V_{НИС}} K_{био} K_{обр}, \quad (1)$$

где:  $T_{зонд}$ ,  $T_{под}$ ,  $T_{лов}$  — продолжительность зондирования, подготовки зондов, сетных ловов;  $N_{зонд}$  и  $N_{лов}$  — число зондирований и сетных ловов;  $L_{пер}$  — время переходов;  $V_{НИС}$  — скорость судна;  $K_{био}$  — коэффициент, связанный с суточным ритмом биотических параметров;  $K_{обр}$  — коэффициент, связанный с продолжительностью обработки проб, взятых на предыдущей станции.

Наиболее очевидным фактором, значительно влияющим на продолжительность съёмки, является скорость судна. Однако её увеличение ограничивается не только техническими характеристиками судна и погодными условиями, но и методикой обработки данных, полученных на предыдущей станции. Дело в том, что уменьшение продолжительности переходов между станциями за счёт увеличения скорости судна отрицательно влияет на полноту обработки взятых проб и требует большей численности научного персонала. Вместе с тем, развитие методов аналитической гидрохимии [Сапожников, Левашов, 2000а] и внедрение в экспедиционную практику современных гидрохимических анализаторов позволяет на сегодняшний день сократить время обработки проб, отобранных на станциях. Это возможно благодаря широкому применению вычислительной техники и специализированного программного обеспечения. В результате значительно снижаются требования к пределам увеличения скорости судна  $V_{НИС}$  из выражения (1). Далее, как видно из этого выражения, на продолжительность съём-

ки наибольшее влияние оказывают продолжительность станций и их число.

Продолжительность станций, проводимых по стандартным методикам с отбором проб серий батометров, которые применяются в практике бассейновых исследований, и время, затрачиваемое на проведение станций, примерно равны времени переходов между станциями [Юдович, 1974; Мельников, Лукашов, 1981]. Современные зондирующие комплексы позволяют намного сократить продолжительность станции вплоть до времени проведения одного зондирования [Левашов, Сапожников, 2000а,б]. Например, при глубине зондирования в 1000 м и его скорости в 1 м/с это составит примерно 30–40 мин, т.е., в соответствии с выражением (1), общее время проведения съёмки уменьшится на 35–40 %. Главной проблемой здесь является выбор оптимального состава зондирующей аппаратуры.

Сокращение числа станций снижает информативность съёмки, но её можно поддержать на том же уровне или даже повысить, если вести измерения на ходу судна. В зависимости от решаемой задачи, в одних случаях измерения на ходу судна позволяют полностью заменить традиционную методику выполнения полной сетки океанографических станций. В других случаях собранные с их помощью данные могут служить основанием для сокращения общего числа станций на полигоне и выбора мест проведения действительно необходимых станций для более детальных исследований по расширенному спектру параметров.

Таким образом, наиболее важными и актуальными задачами, требующими решения с целью максимально возможного сокращения продолжительности всех составляющих, влияющих на общее время съёмки на полигоне, являются:

- повышение скорости и мореходности экспедиционных судов в соответствии с их конструктивными особенностями;
- оптимизация состава зондирующих комплексов в зависимости от решаемых задач промысловых исследований;
- разработка методик исследований с применением технических средств, позволяющих вести измерения на ходу судна.

Так как в результате создания интегрированных зондирующих комплексов минимальная

продолжительность проведения станций уже подошла к возможному пределу, то для дальнейшего сокращения времени съёмок на полигоне необходимо сокращать число станций за счёт исследований на ходу судна. В то же время этот путь является перспективным с точки зрения информативности съёмок. Дело в том, что закономерности распределения промыслово-значимых параметров, оцениваемые по традиционной технологии полигонных съёмок, позволяют выявить лишь их наиболее общие крупномасштабные неоднородности, хотя, как показывают наблюдения, горизонтальные размеры рыбных скоплений и «пятен» планктона варьируют от сотен метров до нескольких километров. Вполне естественно, что для выяснения механизма образования зон повышенной продуктивности или же чтобы просто проследить, в какой степени распределение гидробионтов зависит от условий среды, явно недостаточно принятой дискретности измерений (расстояние между станциями обычно составляет 40–60 миль).

Таким образом, измерения, осуществляемые на ходу судна, играют двойную роль. С одной стороны, сокращается число станций и, соответственно, продолжительность съёмки, а с другой — повышается общая информативность съёмки.

В настоящее время наиболее динамично развивающимся направлением в методике проведения океанологических работ с использованием буксируемой аппаратуры является применение носителей океанологических датчиков, буксируемых по волнообразной (синусоидальной) траектории. За рубежом такие носители называют ондуляторами (*undulator*), это название мы и будем далее использовать. Попеременно всплывая к поверхности и погружаясь до максимальных глубин в 100–400 м, большой комплекс океанологических датчиков, установленных на ондуляторах, позволяет получать практически непрерывные разрезы по соответствующим параметрам на ходу судна. Как правило, на ондуляторы устанавливаются СТД-зонды и измерители других океанологических параметров, но иногда на ондуляторы дополнительно ставится и иное оборудование, например, планктон-регистраторы, видеокамеры, акустические антенны и т.п.

Для отечественных рыбохозяйственных исследований использование ондуляторов имеет несколько дополнительных положительных моментов. Дело в том, что их применение оптимально согласуется с судовой гидроакустической техникой при рыбопоисковых работах. Кроме того, так как практически все промышленные суда оснащены кормовой кабель-тросовой лебёдкой для тралового зонда, то на переходах её можно использовать для буксировки ондуляторов. Таким образом, появляется возможность использования для научных исследований попутного промыслового судна.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА.** Среди всех известных ондуляторов наиболее распространённым в мировой океанологической практике является ондулятор *Aquashuttle Mk III* [Левашов и др., 1997а,б; Левашов, 1999а], производимый фирмой «*Chelsea Instruments Ltd*» (Великобритания). Первый вариант ондулятора был разработан в Плимутском океанографическом институте по заказу гидрографической службы ВМФ Великобритании. Он выпускается уже более 20 лет, в том числе и для гражданского применения, став своеобразным «стандартом», аналогично тому, каким был *Neil Brown* для СТД-зондов. В 1995 г. ВНИРО приобрёл ондулятор для оценки его возможностей и целесообразности применения в отраслевых исследованиях [Levashov, 1996].

В стандартную комплектацию ондулятора, кроме буксируемого тела (рис. 1,а) с системой управления обычно входит зонд *AQUApack*, предназначенный для измерения электропроводности, температуры, гидростатического давления (глубины) и флюоресценции хлорофилла «а». В комплектацию ВНИРО, кроме ондулятора с зондом *AQUApack*, входит гидрохимический блок *AQUAtrace*, позволяющий дополнительно измерять кислород, рН и Eh, а также модемный блок, специально разработанный для буксировки комплекса на одножильном отечественном кабель-тросе КГ1-30-180. Для работы на малых скоростях на ондулятор устанавливаются небольшие крылья (рис. 1,б).

Апробация буксируемого комплекса и отработка методики его использования была проведена в экспедиции ВНИРО в 1996 г. на НИС «Южморгеология» [Романов, Сапожников, 1997] в Чёрном море. Комплекс буксировал-

ся на одножильном кабель-тросе диаметром 9,1 мм при скоростях от 6 до 12 узлов.

В связи с малым объёмом материалов по методике эксплуатации буксируемой системы в фирменной документации, в этой экспедиции основное внимание было уделено отработке спуско-подъёмных операций и режима буксировки по синусоидальной траектории, а также привязке полученных данных к навигационной

информации и их совместной обработке [Левашов, Михайчик, 1999].

К концу экспедиции эксплуатация буксируемой системы не представляла особой сложности. При некоторых навыках для работы было достаточно одного оператора на компьютере и одного наблюдающего за кормой с мостика при смене курса или каких-либо эволюциях судна, а также требовалась помощь 1–2 человек из экипажа на время постановки и выборки ондулятора (по 15–20 мин). Касаясь методики работы с ондулятором, целесообразно привести здесь также результаты экспериментов по определению зависимости максимальной глубины и амплитуды погружения ондулятора от скорости буксировки и длины вытравленного троса, которые были проведены в следующем рейсе [Романов, Сапожников, 1998].

Наибольшие величины максимальной глубины погружения и амплитуды синусоидальной траектории, достигнутые в результате экспериментов, составили 85 м и 48,8 м соответственно (рис. 2). Такие значения были получены при длине вытравленного троса в 500 м и при скорости буксировки в 9 узлов.

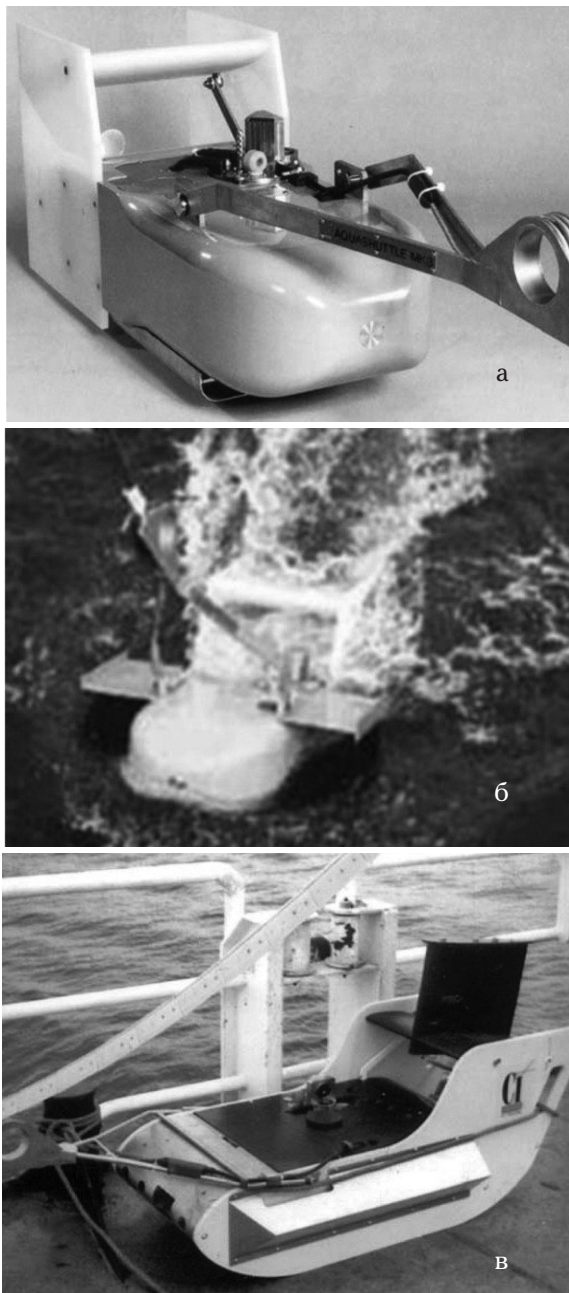


Рис. 1. Ондулятор: а, б — Aquashuttle Mk III; в — развитие предыдущей модели NuShuttle

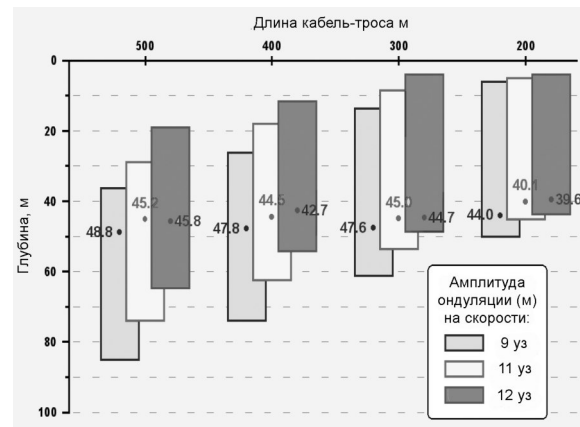


Рис. 2. Результаты экспериментов по определению зависимости максимальной глубины и амплитуды погружения ондулятора Aquashuttle Mk III от длины вытравленного троса и скорости буксировки

Однако минимальное расстояние до поверхности при этом оказалось не менее 36,2 м и уменьшить его не удалось. Анализируя полученные результаты, можно предположить, что недостаточный размах амплитуды по глубине был вызван применением имеющегося кабель-троса диаметром 9 мм, в то время как фирма

рекомендовала использовать для буксировки кабель-трос диаметром 6–8 мм.

Большой вес троса и его гидродинамическое сопротивление не дают ондулятору «всплыть» с максимальной глубины до поверхности. В результате оптимальной была признана скорость буксировки в 11 узлов, а длина троса варьировала в пределах 200–500 м. Таким образом, меняя длину троса на ходу судна, можно было выбирать среднюю глубину исследуемого слоя в пределах от 20 до 50 м при его толщине в 40–45 м.

Для привязки информации, получаемой с буксируемого измерителя, к координатам судна потребовалась синхронизация между судовой GPS-системой и таймером буксируемого измерителя с точностью до 1 с. После завершения разреза файл с океанологической информацией «сшивался» с файлом от GPS-системы по критерию общего времени, т.е. каждому измерению соответствовали строго определённые географические координаты. Затем файлы данных подвергались фильтрации с целью уменьшения динамических погрешностей измерений, связанных с высокой скоростью движения измерителя (4–7 м/с) и измерениями в слое с высокой изменчивостью. Дальнейшая обработка и представление информации осуществлялись с помощью широко известного в среде океанологов ПО Surfer (Win 32) V.6.03 фирмы Golden Software, Inc.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Наглядным примером эффективности применения буксируемого комплекса стало проведение полигонных съёмок, связанных с отработкой методик верификации спутниковых данных. Для глубокого понимания реальных океанологических явлений (вихри, фронтальные зоны), наблюдаемых со спутника, требуется выполнение съёмок подспутниковой акватории за минимальное время. В противном случае результаты обычной, например, месячной, съёмки, воспринимаемые на построенных картах как одномоментные данные, на самом деле будут являться только «следами движущихся вихрей»; т.е. для корректной верификации и валидации космических данных необходимо сокращать сроки съёмки, что при традиционных методиках возможно только за счёт уменьшения числа измеряемых параметров. Однако экосистемный подход, на-

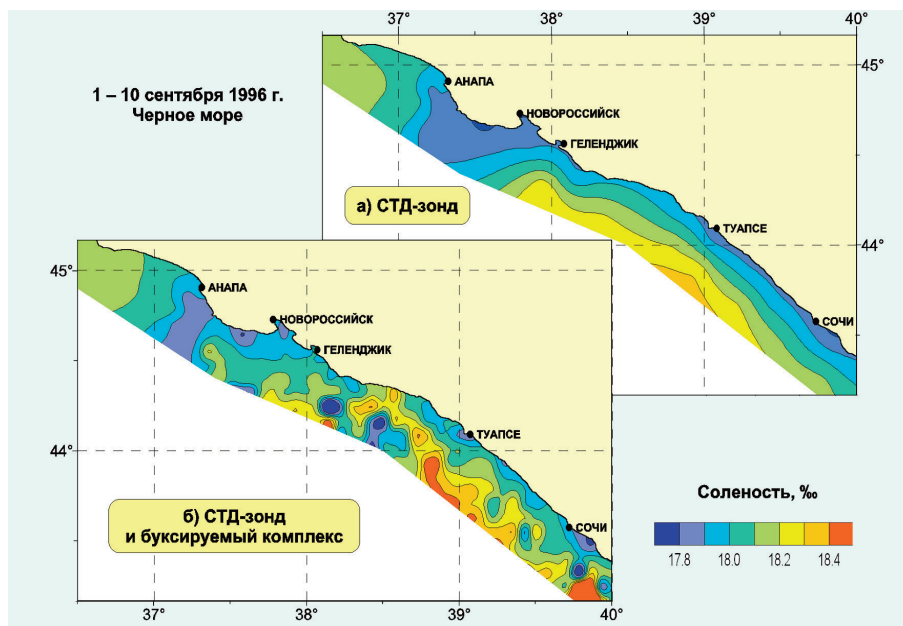
оборот, требует отбора большого объёма проб для определения всех видов планктона, биохимических показателей органического вещества, загрязнений и т.д. Это противоречие мы предложили разрешить следующим образом: основная съёмка проводится буксируемым комплексом, а в точках смены галсов и в местах выявленных аномалий выполняются зондирования СТД-зондом и отбор проб для всех анализов [Левашов, Сапожников, 2000б].

При отработке такой технологии в экспедиции удалось провести сравнение (рис. 3) традиционной и предлагаемой методик [Михейчик и др., 1997]. Например, на съёмку одного из полигонов, выполненную на первом этапе только с помощью зонда, было затрачено более трёх суток, а её повторение буксируемым комплексом не заняло и одних суток.

Полная же съёмка территориальных вод от Анапы до Адлера с применением новой технологии была проведена всего за трое суток. При этом за счёт оперативного выявления наиболее информативных точек во время буксировок, число необходимых зондовых станций было сокращено в 3–4 раза по сравнению с традиционной методикой. Кроме того, благодаря данным буксируемого комплекса удалось не только выделить мезо- и микромасштабные вихревые структуры на картах, но и непосредственно наблюдать на разрезах пульсацию верхней границы распреснённых и более холодных вод при их погружении под основное черноморское течение. Например, на рис. 4 представлен пример одного из полученных разрезов (при этом последовательность точек измерений на графиках прекрасно иллюстрирует синусоидальный характер траектории движения ондулятора).

Анализ же распределения температуры, солёности и хлорофилла на этом разрезе, перпендикулярном берегу Чёрного моря, показал, что от уреза до 4–5 миль от берега существует Вдоль-береговое противотечение (ВБПТ), направленное в противоположную сторону от Основного Черноморского течения (ОЧТ) [Романов, Сапожников, 1997]. Это течение (ВБПТ) на всём протяжении прибрежных вод около кавказских берегов от Анапы до Батуми впервые было зафиксировано ещё в 24-м рейсе НПС «Академик Книпович» [Сапожников, 1992]. Однако только использование новой





**Рис. 3.** Поля распределения солёности на глубине 20 м:  
 а — по данным зонда; б — дополненные данные буксируемой аппаратуры

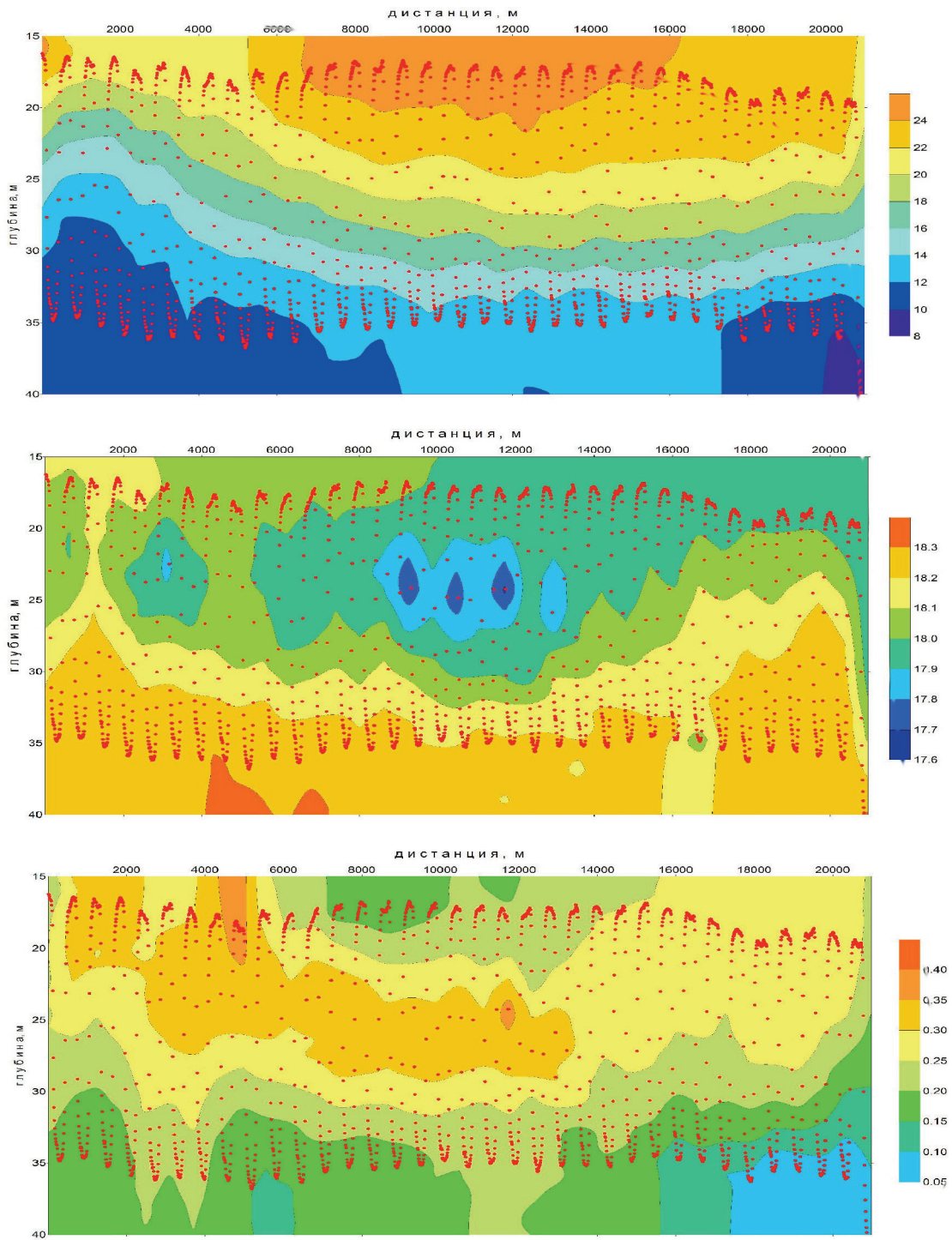
технологии съёмки с ондулятором Aquashuttle в рейсе на НИС «Южморгеология» [Романов, Сапожников, 1997] позволило оценить пространственное распределение ВБПТ от берега и понять, что оно несёт более холодные, но менее солёные воды, которые за счёт боковой турбулентной диффузии затем распространяются под водами ОЧТ.

Это течение хорошо прослеживается от Керченского пролива до Батуми. Сначала предполагалось, что менее солёные воды вдоль берега образуются за счёт стока многочисленных рек, впадающих в Чёрное море на кавказском побережье. Однако от Анапы до Керченского пролива нет ни одной реки, а ВБПТ существует, и воды пониженной солёности (16–15 ‰) наблюдаются вдоль Бургазской косы. Выяснилось, что это трансформированные воды Азовского моря, которые отбрасываются на восток под действием квазистационарного антициклонического вихря, который локализуется южнее Керченского пролива. В осеннее время, когда проводилась съёмка на НИС «Южморгеология», прибрежные воды ВБПТ были холоднее окружающих вод, однако летом они могут быть аномально теплыми и на траверсе Геленджика могут иметь солёность до 18 ‰, так что низкая солёность не является постоянным признаком ВБПТ.

Сравнительный анализ результатов применения буксируемой и зондирующей систем показал, что их совместное использование, с одной стороны, позволяет более корректно строить карты распределения параметров водной среды в слое 0–50 м, а с другой — минимизировать динамические погрешности буксируемого измерителя, используя данные, полученные на станциях зондирующей аппаратурой.

С экономической точки зрения, в результате использования ондулятора в экспедициях возможно провести фоновую съёмку за значительно меньшее время, чем с применением обычных методов. Таким образом, кроме минимизации влияния временной изменчивости на данные съёмки, можно достичь значительной экономии времени.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Внедрение новой технологии в масштабах отрасли, кроме повышения качества исследований, может дать ощутимый экономический эффект в результате сокращения продолжительности фоновых съёмок при поисковых работах в 1,5–2 раза. Причём буксируемый носитель может окупиться в первом же рейсе: если считать среднюю стоимость экспедиционных судов-суток равной \$ 5 тыс., то стоимость буксируемого комплекса эквивалентна примерно 15 суткам.



**Рис. 4.** Вертикальное распределение на разрезе, построенном по данным ондулятора Aquashuttle Mk III (красным цветом выделены точки измерений на траектории движения ондулятора):  
*а* — температура, *б* — солёность, *в* — хлорофилл «а»

Например, по результатам фоновых съёмок, проведенных по новой технологии в июле—августе 1997 г. на НИС «Академик Борис Петров» [Романов, Сапожников, 1998] в открытой части Норвежского моря были получены гидрологические данные о наиболее благоприятной обстановке для выхода промысловых скоплений скумбрии, что позволило дать своевременные конкретные рекомендации добывающим судам [Романов, 1998]. По результатам их тралений руководство промыслом высоко оценило работу экспедиции.

С научной точки зрения, главным результатом применения ондулятора можно считать то, что с появлением буксируемых устройств ондуляторного типа постепенный количественный рост и совершенствование инструментальных методик дают качественный скачок — в отрасли формируется новая технология экспедиционных исследований [Сапожников, Левашов, 2000]. При экспресс-съёмке промысловых районов на больших акваториях использование ондулятора позволит полностью заменить традиционную методику выполнения полной сетки океанографических станций. В других случаях информация, полученная с помощью ондуляторов, может служить в качестве целеуказания мест проведения отдельных станций для более детальных исследований по расширенному спектру параметров.

Также здесь следует отметить, что в рейсе НПС «Академик Книпович» 1989 г. [Сапожников, 1992] были зарегистрированы вихревые структуры малого радиуса (площадью примерно  $10 \times 30$  км), которые никогда ранее не регистрировались при работе на станциях кроссфронтальных разрезов. При использовании новой технологии съёмки с применением ондулятора они безусловно были бы зафиксированы. Также интересно было бы зафиксировать таким образом тонкую структуру распреснённых «блюдец», которые образуются при захвате антициклоническим вихрем «языка» распреснённых вод от речного устья.

Одним словом, новая технология съёмки позволяет не только планировать эксперимент, но и управлять им в процессе исследований, с полным пониманием сути явлений; т.е. в промысловой океанологии осуществился переход на принципиально новый, более высокий уровень

исследований. Сейчас, на основании полученных нами результатов, ондуляторы аналогичного типа — Nu-Shuttle (см. рис. 1,в) внедряются на научно-промысловых судах СахНИРО и ТИНРО-Центра.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Левашов Д.Е. 1999. «АКВАШАТЛ» — следующий этап инструментального обеспечения отраслевых НИС // Рыбн. хоз-во. № 6. — С. 42—44.
- Левашов Д.Е., Михайчик П.А. 1999. Некоторые методические аспекты эксплуатации буксируемого океанологического комплекса АКВАШАТЛ // Тез. докл. XI Всерос. конф. по промысловой океанологии. Калининград, 14—18 сент. 1999 г. — М.: Изд-во ВНИРО. — С. 148—149.
- Левашов Д.Е., Сапожников В.В. 2000а. Новая технология фоновых съёмки // Рыбн. хоз-во. № 2. — С. 31—33.
- Левашов Д.Е., Сапожников В.В. 2000б. Современная технология проведения комплексных океанологических исследований в рыбохозяйственных целях // Океанология. Т. 40, № 2. — С. 298—303.
- Левашов Д.Е., Сапожников В.В., Жаворонков А.И., Воронков А.П. 1997а. Анализ современного состояния зондирующей и буксируемой океанологической аппаратуры (итоги международной выставки «Oceanology International-96») // Океанология. Т. 37, № 1. — С. 155—160.
- Левашов Д.Е., Сапожников В.В., Жаворонков А.И., Воронков А.П. 1997б. Современная океанологическая аппаратура для рыбопромысловых исследований // Рыбн. хоз-во. № 1. — С. 23—29.
- Мельников В.Н., Лукашов В.Н. 1981. Техника промышленного рыболовства. — М.: Легк. и пищ. пром-сть. — 312 с.
- Михайчик П.А., Столярский С.И., Буланов В.В., Левашов Д.Е. 1997. Опыт работы с буксируемым по синусоидальной траектории комплексом океанологических измерителей // III Международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства океанологических исследований»: Тр. конф. — М.: ИОРАН. — С. 110.
- Романов А.А. 1998. Результаты научно-производственного эксперимента «Норвежское море '97» // Рыбн. хоз-во. № 4. — С. 33—35.
- Романов А.А., Сапожников В.В. 1997. Комплексный подспутниковый эксперимент в Чёрном море (НИС «Южморгеология», 1—10 сентября 1996 г.) // Океанология. Т. 37, № 5. — С. 792—797.
- Романов А.А., Сапожников В.В. 1998. Комплексный научно-производственный эксперимент в Норвежском море с использованием космических, авиационных и судовых средств (НИС «Академик Борис Петров», 2 июля—1 августа 1997 г.) // Океанология. Т. 38, № 3. — С. 466—472.
- Сапожников В.В. 1992. Экологическое состояние прибрежной зоны Чёрного моря // Экология прибреж-

- ной зоны Чёрного моря.— М.: ОНТИ ВНИРО.— С. 330.
- Юдович Ю.Б. 1974. Промысловая разведка рыбы.— М.: Изд-во Пищ. пром-сть.— 240 с.
- Levashov D.* 1996. Aquashuttle MkIII equipped with a novel optical plankton counter will investigate biological productivity in the fishery areas of the Okhotsk Sea // Undulations. N. 6.— P. 8.

Поступило в редакцию 11.08.11 г. Принято после рецензии 23.01.12 г.

## **The Black Sea as a polygon of working off new technology of oceanological surveys**

*D.E. Levashov, V.V. Sapozhnikov*

Russian Federal Research Institute of Fisheries & Oceanography (VNIRO)

At VNIRO the world's first in practice of national fisheries oceanology the technology of polygon's surveys with the help of towed on sinusoidal track carrier of sea water parameters meters, such as Aquashuttle, was worked out. Approbation of the undulator and working off the methodic of its using were fulfilled in VNIRO cruise in 1996 on the board of R/V «Yuzhmorgeologia» in the Black Sea together with the conducting of satellite experiment. Stations have been made very operatively with using of the probing complex on CTD base and cassette bathometer in the points, which were revealed by the undulator and were of particular interest. It allowed not only assign mezo- and micro-scaled whirling structures on investigated polygon, but significantly to reduce the period of survey. The developed methodic has been used during further fisheries investigations.

**Key words:** vertical probing, towed vehicle, undulator, methodic, polygon.

Техника для рыбохозяйственных  
исследований

УДК 551.46.083:535(262.1)(262.5)

Гидробиологические зонды серии ТРАП и особенности  
инструментального мониторинга мезопланктона  
в водах Чёрного моря*Д.Е. Левашов, Н.П. Буланова*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)  
E-mail: levashov@vniro.ru

Во ВНИРО разработан ряд лазерных измерителей планктона серии ТРАП, предназначенных для оценки размерно-количественного состава мезопланктона непосредственно в водной толще с одновременной визуализацией его пространственного распределения в режиме вертикального зондирования на станциях или на ходу судна с помощью буксируемого носителя или судовой системы прокачки заборной воды. Удачный выбор Чёрного моря в качестве места проведения испытаний, за счёт особенностей его гидрологии, позволил значительно сократить и оптимизировать разработку и верификацию практически всех моделей лазерных измерителей планктона серии ТРАП. Приведены примеры наиболее значительных научных результатов, полученных при морских испытаниях зондов ТРАП в различных районах Мирового океана.

**Ключевые слова:** лазерный измеритель планктона, мезопланктон, размерно-количественный состав, вертикальное зондирование, буксируемый носитель, прокачка, ТРАП.

**ВВЕДЕНИЕ.** Ещё на заре освоения первых STD-зондов в морских экспедициях ВНИРО выявился методологический разрыв между оперативным получением данных по абиотическим параметрам водной среды и использованием традиционных способов исследования планктона. В связи с создавшимся положением во ВНИРО была начата программа разработки зондирующей аппаратуры, которая позволяла бы вести счёт и классификацию организмов непосредственно в водной толще и была бы совместима с эксплуатацией STD-зондов. Поскольку аппаратура должна была применяться на судах промразведки, то в качестве основного объекта исследований был выбран кормовой мезопланктон размером от 0,5 до 30 мм.

С технической точки зрения автоматизированную классификацию планктона наиболее целесообразно проводить, используя различно-

го типа датчики, позволяющие определять некие стандартные морфологические и физические признаки организмов. Наиболее просто определяются размерно-количественные характеристики организмов, причём они легко поддаются автоматизированной математической обработке; имеется достаточное число методик, позволяющих определить биомассу отдельных организмов по их длине и коэффициенту формы. Отсутствие точной видовой классификации организмов тут компенсируется возможностью получения больших объёмов информации в реальном времени. В пользу выбора размерно-количественных характеристик как основных, выступает также такой фактор, как оценка кормовых запасов с использованием непосредственно размерных соотношений между ротовым аппаратом хищника и размерами жертвы.

Для оценки размерно-количественных характеристик планктона *in situ* можно использовать акустический, кондуктометрический и оптический методы, но в результате всестороннего анализа их достоинств и недостатков [Левашов, Ерофеев, 1983] для создания зонда был выбран оптический метод.

**ИСТОРИЯ РАЗРАБОТКИ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ДАТЧИКОВ И ЛАЗЕРНЫХ ЗОНДОВ ТИПА ТРАП.** В процессе разработки оптимального варианта оптоэлектронного датчика был создан ряд экспериментальных конструкций [Levashov, Zhavoronkov, 1995], имеющих общую оптическую схему и состоящих из проекционного осветителя, измерительного объёма, через который протекает взвешенный в воде планктон, и фотоприёмника, на который проецируется тень частиц планктона. Специально для выбора рабочего участка светового спектра проведены исследования оптических характеристик массовых видов мезопланктона. В результате, с учётом спектрального распределения оптических характеристик морской воды, для оптоэлектронного датчика выбран рабочий участок светового спектра в ближней инфракрасной области с границами 850–930 нм. В качестве проекционного осветителя во всех датчиках использовался полупроводниковый импульсный ИК-лазер на арсениде галлия, а тип используемых кремниевых фотоприёмников зависел от конструкции конкретного датчика.

Первоначально датчики испытывались с помощью экспериментального комплекса, состоящего из концентрирующей планктонной сети и специально разработанного для этой цели зонда-носителя ТРАП (телерегистрирующий анализатор планктона). На различные модификации зонда, кроме обязательного датчика глубины, ставились датчики температуры, прозрачности, кислорода и т.д. — в зависимости от задач испытаний. Зонд крепился к кутовой части планктонной сети так, чтобы весь процеженный сетью планктон проходил через измерительный объём проточной камеры оптоэлектронного датчика. Ниже проточного канала предусматривалась возможность установки планктонного стакана для отбора планктонных проб. Конструкция сети также видоизменялась от испытания к испытанию, однако размер ячеек оставался постоянным и был равен 0,3 мм. Из-

мерения проводились при подъёме сети с закреплённым на ней зондом. Питание зонда и его связь с бортовым устройством осуществлялись по одножильному кабель-тросу.

Первый вариант оптоэлектронного датчика был разработан в 1975 г. и предназначался для исследования самой возможности использования выбранной оптопары для регистрации частиц планктона в морской воде, в связи с чем его конструкция была максимально упрощена. Измерительный объём в проточной камере датчика формировался оптическим способом с помощью диафрагмы передающего объектива. Диаметр сечения пучка излучения был установлен равным 5 мм при общей величине счётного объёма около 150 мм<sup>3</sup>. Приёмный объектив не использовался и поэтому минимальный размер регистрируемых частиц должен был составлять 0,7 от размеров чувствительного элемента фотоприёмника, в качестве которого использовался фотодиод. Морские испытания датчика в Чёрном и Эгейском морях показали стабильную регистрацию частиц размером от 0,6–0,7 мм и более [Шершнев и др., 1977].

В 1977–1978 г. проводились испытания датчика ТРАП-2 (рис. 1,а), в конструкции которого была предпринята попытка измерения концентрации планктона с одновременной классификацией частиц по размерам. Для этого световой поток лазера был расширен до диаметра 18 мм, а в фотоприёмном устройстве применены семь фотодиодов, скомпонованных в виде линейки и позволяющих по числу затемнённых фотодиодов судить о размерах частицы, пересекающей световую плоскость. Испытания показали, что чувствительность датчика сильно зависит от изменения прозрачности морской воды. Значительный разброс характеристик отдельных фотодиодов усложнил настройку и калибровку всех семи счётных каналов. В результате наложения других погрешностей, в реальных морских условиях достоверность информации датчика оказалась невысока.

В следующей конструкции датчика (ТРАП-3) в качестве фотоприёмника использовался один высокочувствительный фотодиод, установленный в фокусе объектива с входным отверстием, соответствующим сечению светового луча. На объектив устанавливалась горизонтально-щелевая диафрагма, через которую

проецировалось теневое изображение проходящих через измерительную камеру частиц планктона. В дальнейшем вместо фокусирующего объектива был применен гибкий световолоконный коллектор специальной конструкции. Его торец, на который проецировалось изображение измеряемой частицы, имел форму горизонтально расположенного прямоугольника, адекватного первоначально применяемой диафрагме. Второй торец оптически согласовывался с фотодиодом. Величина частиц определялась по величине тока фотодиода. Для автоматической коррекции чувствительности оптоэлектронного датчика использовалось устройство слежения за прозрачностью воды.

Испытания зонда ТРАП-3 (рис. 1,б) оказались не только весьма успешными, но и позволили в 1979–1981 г. провести ряд исследовательских работ по оценке пространственного распределения мезопланктона в некоторых районах Атлантического и Тихого океанов. Кроме того, именно эта конструкция позволила провести отработку элементов методики использования зонда в различных режимах. В частности, испытывался вариант с двумя разнонаправленными планктонными сетями для возможности использования зондирования как вниз, так и вверх (рис. 1,в), а также вариант, встроенный в палубную систему прокачки заборной воды (рис. 1,г).

Позже был разработан оптоэлектронный датчик ТРАП-3М, где использовалось двухканальное фотоприёмное устройство, каждый

канал которого аналогичен фотоприёмнику ТРАП-3. Входные торцы обоих световолоконных коллекторов располагались параллельно друг над другом с расстоянием между ними в 1 мм. При прохождении мимо них частицы, в каждом канале возникали сигналы одинаковой длительности, причём величина сдвига по времени между этими сигналами пропорциональна скорости протекания частиц. Таким образом появлялась возможность достаточно точной оценки размеров частицы по двум координатам, однако дальнейшего развития эта конструкция не получила из-за сложностей в настройке и эксплуатации.

В конце 1980 гг. был разработан оптоэлектронный датчик нового поколения, принципиальным отличием которого являлось применение матричного интегрального фотоприёмника имеющего организацию  $32 \times 32$  МОП-фотодиода, с произвольной выборкой элементов, что позволило классифицировать частицы по размерам непосредственно в самой матрице. Технология изготовления всех фотодиодов на одном кристалле также сняла проблему неравномерности их характеристик.

В разработанном варианте датчика для классификации частиц по пяти размерным группам было задействовано пять строк. Четыре верхних строки считались измерительными, а пятая (нижняя) являлась сигнальной. Таким образом, расстояние между сигнальной и любой парой смежных измерительных строк соответствовало пределам длин определённой размерной груп-

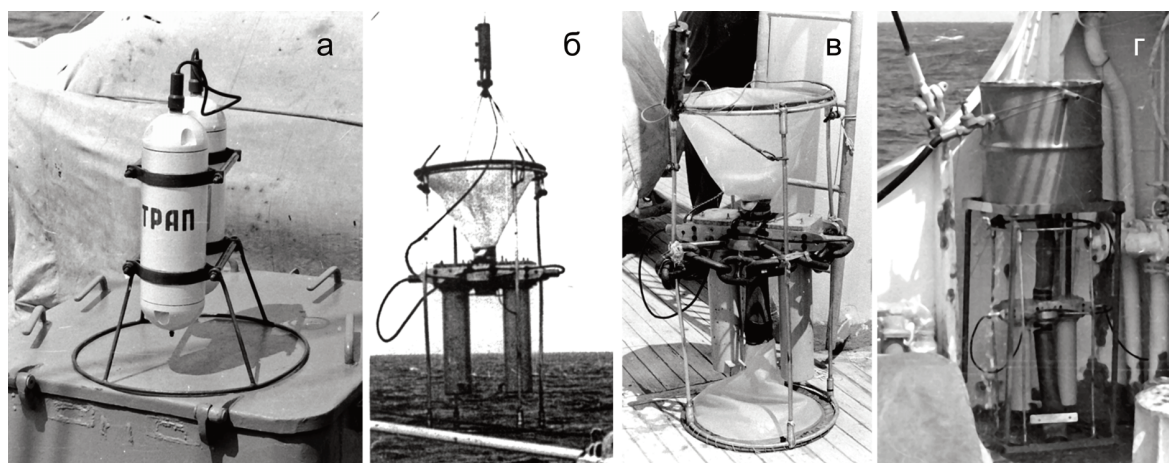


Рис. 1. Первое поколение зондов серии ТРАП: а — ТРАП-2, б — ТРАП-3, в — ТРАП-3 с двумя сетями, г — ТРАП-3 в режиме прокачки заборной воды

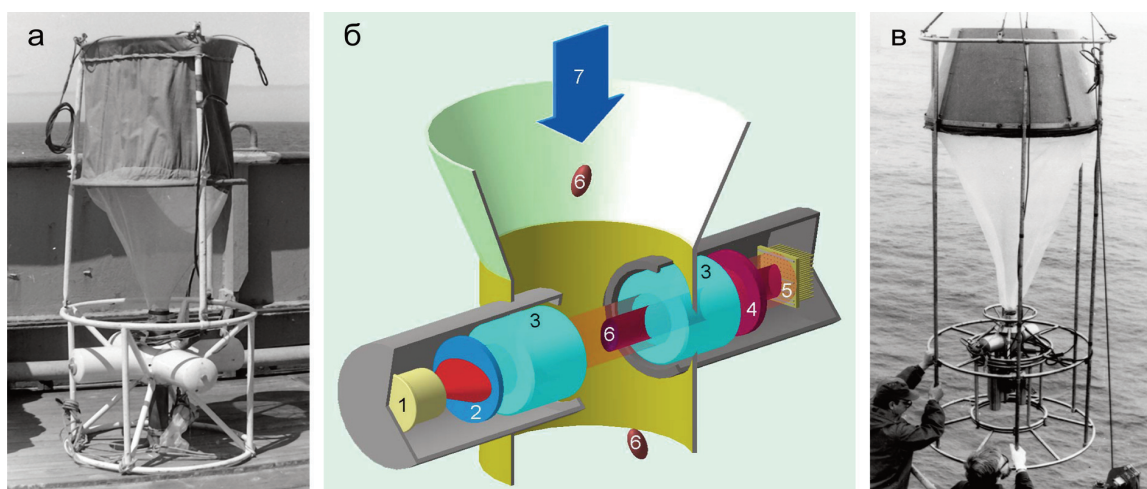
пы. Меньшее расстояние определяло нижний предел, а большее — верхний. Как только тень частицы, проходя сверху вниз, достигала сигнальной строки и, при очередном моменте считывания, регистрировалась, включалась специальная схема обработки, которая определяла номер последней затенённой измерительной строки и выдавала счётный импульс в счётчик соответствующей размерной группы. Функциональная схема работы датчика зонда представлена на рис. 2,б.

На основе разработанного датчика во ВНИРО был создан гидробиологический зонд ТРАП-4А (рис. 2,а), предназначенный для исследования вертикального распределения мезопланктона в пяти размерных группах: 0,5–1,0 мм, 1–2 мм, 2–4 мм, 4–8 мм и более 8 мм. Отцеженный сетью планктон проходит через проточный канал датчика для определения концентрации взвешенных в воде частиц по пяти размерным группам. Одновременно с планктоном измеряются глубина погружения зонда (до 1000 м), температура воды и её расход через сеть при помощи гидрометрической вертушки, устанавливаемой во входном отверстии планктонной сети.

Позже, на основе выработанных во ВНИРО решений, совместно с ЦПКТБ «Запрыбы» (г. Рига), был разработан цифровой вариант зонда ТРАП-4 (рис. 2,в). Зонд был выполнен в конструктиве комплекса «ОКА» и

был выпущен установочной серией в количестве 3-х комплектов. Унифицированная бортовая аппаратура позволяла выдавать измеренные параметры одновременно по восьми каналам на 4-разрядные цифровые табло и аналоговые самописцы. Предусмотрена запись и воспроизведение цифровой информации зонда на обычном кассетном стереомагнитофоне. Передача данных на персональный компьютер типа IBM PC или совместимый производилась через последовательный интерфейс RS-232c. Для обработки и представления данных зонда ТРАП-4 было разработано специализированное программное обеспечение.

Непосредственная оценка достоверности получаемых зондом ТРАП-4 вертикальных профилей была осуществлена в 6-м рейсе НИС «Витязь» (1984 г.), в котором проводились исследования вертикального распределения планктона в Чёрном море с помощью наблюдений из подводного аппарата «Аргус». Наблюдатель через иллюминатор вёл визуальный подсчёт в специально освещённом вне аппарата реперном объёме численности сагитт и гребневиков (наиболее крупных представителей мезопланктона для данной акватории) с дискретностью по глубине около двух метров. С борта экспедиционного судна в это время проводилась работа с зондом ТРАП-4. Сравнение профилей, полученных обоими способами, показало их почти полную идентичность [Виноградов и др., 1987].



**Рис. 2.** Экспериментальный гидробиологический зонд ТРАП-4А: а — общий вид; б — оптоэлектронный датчик зонда ТРАП-4: 1 — лазер ЛПИ-102, 2 — коллимирующая линза, 3 — иллюминаторы, 4 — светофильтр, 5 — фотоприёмная матрица МФ-14, 6 — частицы планктона, 7 — поток воды; в — образец зонда ТРАП-4, выпущенный малой серией



Необходимо отметить, что в одно из погружений «Аргуса» автором было проведено наблюдение за процессом отбора проб планктона в закреплённую на аппарате уменьшенную модель планктонной сети. Крупные и активные экземпляры зоопланктона, по возможности, старались избежать надвигающегося при подъёме аппарата входное отверстие сети. Те частицы, которые попали в сеть, продвигались, временами цепляясь за материал сети и застревая на некоторое время, по спиральной траектории к кутовой части сети. Эти наблюдения позволили выбрать оптимальную конструкцию сети и методику её регулярной промывки.

Наибольший эффект использования зонда как стратификатора тонкой структуры вертикального распределения планктона получен в 15-м рейсе НИС «Витязь» [Левашов, Крылов, 1988] при определении нижней границы вертикального распределения зоопланктона в Чёрном море, совпадающей с верхней границей распространения сероводорода, где было необходимо разрешение по глубине до 2–5 м. Вместе с тем учитывая, что здесь граница сероводородного слоя одновременно является естественной границей глубинного распространения мезопланктона, а особенности стратификации водной толщи в «слое скачка» на выбранных акваториях позволяли предугадывать вероятное местоположение слоёв с максимальными концентрациями планктона, удалось значительно сократить трудоёмкость и оптимизировать процесс верификации зондов ТРАП. Специально для исследований вертикального распределения мезопланктона в зонах кислородной недостаточности зонд был дополнен датчиком кислорода «Вестан». На рис. 3 представлено характерное распределение концентрации планктона размером 2–4 мм. Толщина слоев интегрирования здесь выбрана 5 м. Одновременно показаны измеренные зондом кривые вертикального распределения температуры и кислорода.

Опытная эксплуатация зонда ТРАП-4 в 10-м рейсе РТМС «Возрождение» показала экономическую эффективность использования таких приборов на судах промразведки, оцениваемую в 266,4 тыс. руб. на один прибор в год (в ценах 1988 г.). Но главным результатом создания зонда ТРАП-4 следует считать то, что впервые в мировой практике реализована воз-

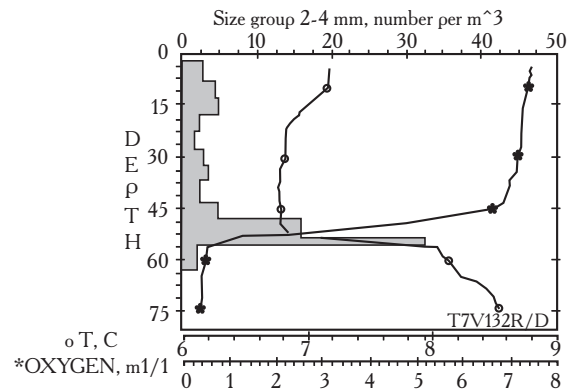


Рис. 3. Характерный график вертикального распределения мезопланктона в Чёрном море в сравнении с другими параметрами по данным зонда ТРАП-4

можность оперативной оценки концентрации и размерного состава кормовой базы рыбных скоплений непосредственно во время зондирования.

Однако из-за громоздкости сети и присутствия ей недостатков (прилипание организмов к сетному полотну, задержка планктона в сети вследствие ухудшения фильтрации) этот прибор широкого распространения не получил. Кроме того, наличие закрытого проточного канала и возникающий перепад давления в приёмном отверстии прибора отпугивал активных зоопланктеров, что вызывало расхождение между измеренными и реальными характеристиками распределения планктона. Наличие сети и проточного канала также ограничивало область применения прибора. Например, его нельзя использовать на буйковых станциях. Ограничениями в применении также могут служить высокая стоимость и сложность его калибровки. В общем, по мнению океанологов, был необходим компактный и недорогой прибор, который можно было бы подключать к стандартному СТД-зонду в качестве дополнительного датчика и использовать его без всяких планктонных сетей.

В соответствии с поставленными требованиями после создания и испытаний нескольких промежуточных вариантов зонда в период 1996–1998 гг. [Левашов, Воронков, 1997; Левашов и др., 1997; Levashov et al., 1997; 1998] был разработан датчик типа ТРАП-7. Главное его отличие от всех предыдущих конструкций — это формирование измерительного объёма только оптическим способом и сканирование его со

скоростью порядка 2–7 л/с [Воронков, Левашов, 1996]. Такой объём уже позволял отказаться от концентрирующей планктонной сети и регистрировать частицы планктона размером 0,5–10 мм в практически невозмущённой среде. Таким образом, новое техническое решение позволило формировать измерительный объём в естественной невозмущённой водной среде без использования проточного канала и других концентрирующих устройств. В результате в этом приборе устранена первопричина основного недостатка зонда ТРАП-4, а также и сам недостаток.

Окончательный вариант оптоэлектронного датчика зонда ТРАП-7А [Левашов, 2001] выполнен в виде оптической скамьи с двумя контейнерами, иллюминаторы которых расположены напротив друг друга на расстоянии порядка 30 см (рис. 4,а).

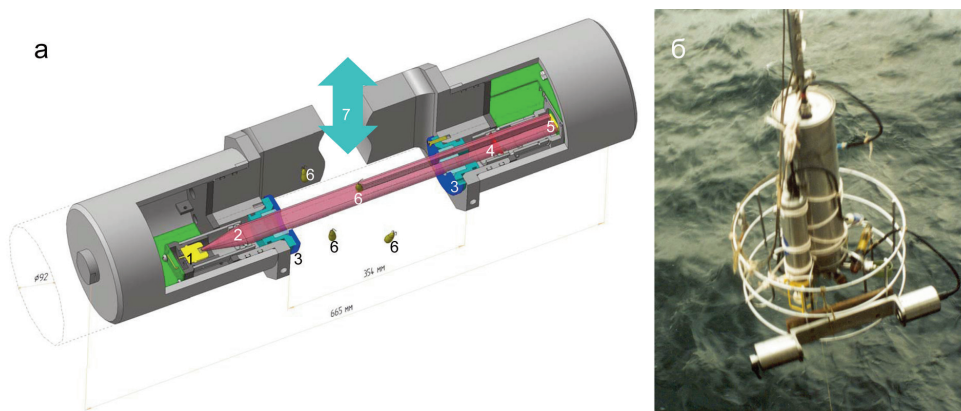
Измерительный объём определяется расстоянием между излучателем и фотоприёмником, а также эффективным сечением луча лазера. В качестве оптоэлектронной пары излучатель–фотоприёмник используются импульсный полупроводниковый лазер ЛПИ-120 и фотодиодная линейка TSL202. В данной конструкции фотодиодная линейка играет роль щелевой диафрагмы для полного сечения луча, вырезая световую плоскость вдоль направления излучения. Толщина и ширина плоскости, определяющие эффективное сечение, соответствуют размерам фотодиодной линейки с учётом масштабирующего объектива. Определение размеров планктонных организмов производится фотодиод-

ной линейкой, на которую с помощью лазерного излучателя проецируется тень планктонной частицы, проходящей в потоке воды через измерительный объём. Размер частиц планктона определяется количеством экранированных элементов линейки при прохождении частицы между излучателем и приёмником. Фотолинейка TSL202 содержит 128 элементов и позволяет измерять частицы в диапазоне 0,125–16,0 мм с дискретностью 0,125 мм. объём воды, просмотренный зондом ТРАП-7 в единицу времени, вычисляется как произведение измерительного объёма на частоту следования лазерных импульсов и составляет около 3,5 л/с.

Новая оптическая схема дала возможность значительно упростить конструкцию прибора, а также уменьшить его размеры (80 × 95 × 700 мм) и вес (7,5 кг). Прочный корпус выполнен из титана и допускает погружение на глубину до 2000 м. Напряжение питания — 9–18 или 18–72 В, потребляемая мощность — 2,5 Вт.

Важной особенностью зонда ТРАП-7А является его универсальность — он может работать практически с любым СТД-зондом или другим устройством сбора данных. На рис. 4,б представлен внешний вид зонда ТРАП-7А, подсоединённого к СТД-зонду с внешней стороны ограждения.

Зонд ТРАП-7А показал себя востребованным и надёжным инструментом для оценки непосредственно в водной толще концентрации и размеров мезопланктона — кормовой базы рыбопромысловых скоплений, в связи с чем по за-



**Рис. 4.** Зонда ТРАП-7: а — функциональная схема датчика: 1 — лазер ЛПИ-120, 2 — коллимирующая линза, 3 — иллюминаторы, 4 — светофильтр, 5 — фотоприёмная линейка TSL202, 6 — частицы планктона, 7 — поток воды; б — внешний вид, смонтированного на ограждение СТД-зонда

просам заинтересованных организаций ВНИРО совместно с ОАО «Технополь» был изготовлен ряд его модификаций. Эти зонды используются в СахНИРО, ПИНРО, ТИНРО-Центре, а также два экземпляра — в Институте морских исследований (Германия) в составе зондирующих СТД-комплексов и буксируемых устройств.

Однако появление новых моделей зондирующих комплексов на основе микропроцессорной техники потребовало применения аналогичных аппаратно-программных решений и в конструкции зонда ТРАП для обеспечения стыковки с новейшей зарубежной аппаратурой. При этом использование микропроцессорной электронной базы позволяет расширить функциональные возможности зонда и осуществить измерение и подсчёт частиц планктона по всем 128 размерным группам. Одновременно должна быть снижена себестоимость зонда ТРАП, уменьшены его размеры и повышена эксплуатационная надёжность.

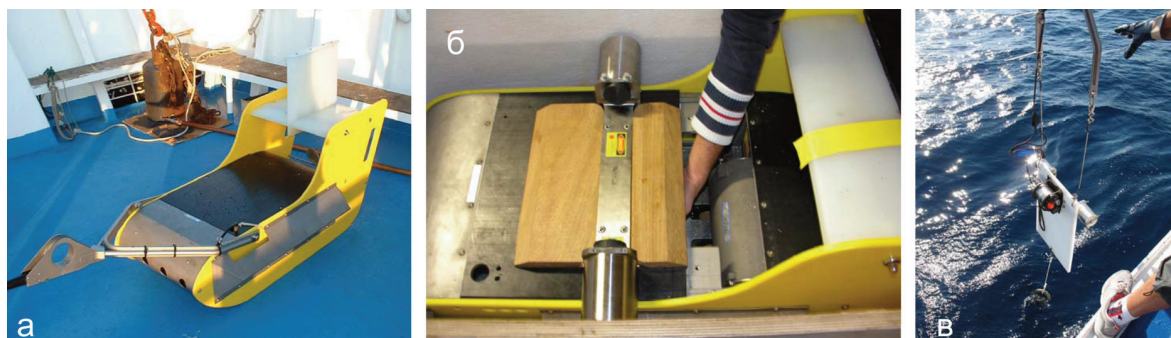
С этой целью разработаны и изготовлены принципиально новые электронные узлы и блоки перспективного зонда ТРАП-8. Для сокращения финансовых затрат на испытания и дальнейшую доработку они смонтированы на механической основе зонда ТРАП-7А сер. № 08, разработанного во ВНИРО по заказу Итальянского морского института (Сицилия). Этот зонд планировалось встроить в состав новейшей модели СТД-комплекса «miniPack» с буксируемым носителем «NuShuttle» (рис. 5,а,б) фирмы Chelsea Instruments Ltd. (Великобритания).

Морские испытания зонда, установленного на специальную технологическую пластину-

платформу (рис. 5,в), проводились в июле—августе 2007 г на итальянском НИС «Тетис» в соответствии с российско-итальянской совместной программой «DoLaser07». Предварительный анализ полученных результатов, проводимый непосредственно в экспедиции, показал хорошую корреляцию между данными зонда ТРАП и акустическими измерениями в слое мезопланктона, однако дальнейшая обработка данных стала невозможной из-за трагического окончания экспедиции.

Третьего августа 2007 г., в момент проведения последней дрейфовой станции с зондом ТРАП, в 11 ч 15 мин по местному времени (13 ч 15 мин мск) в пяти милях от западного побережья Сицилии в районе порта Мазаредель-Валло итальянское океанографическое судно «Тетис» длиной 32 м было протаранено контейнеровозом «Еллени» водоизмещением 54 тыс. т и длиной 295 м, следовавшим под панамским флагом из Израиля в Испанию. В результате столкновения «Тетис» со всем научным оборудованием и материалами исследования практически мгновенно затонул, а главный разработчик зонда ТРАП-8 — ведущий инженер ВНИРО П.А. Михейчик погиб, не успев покинуть при этом свое рабочее место, в связи с чем, работа над данным проектом была прекращена.

**НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ МОРСКИХ ИСПЫТАНИЯХ ЗОНДОВ «ТРАП».** Зонд ТРАП-4 эффективно использовался в 34-м рейсе НИС «Дмитрий Менделеев» при съёмке меридионального разреза по 126° з.д. через фронтальную зону юго-западной части Тихого океана (от 35 до 53° ю.ш.). В основном зонди-



**Рис. 5.** Буксируемый носитель «NuShuttle»: а — общий вид, б — вариант с зондом ТРАП-7А, в — макет зонда ТРАП-8 вместе с СТД-комплексом «miniPack» перед погружением на дрейфовой станции (28.07.2007)

рования проводились утром с целью уточнения горизонтов отбора проб 140-литровыми батометрами. Графические результаты представлены на рис. 6.

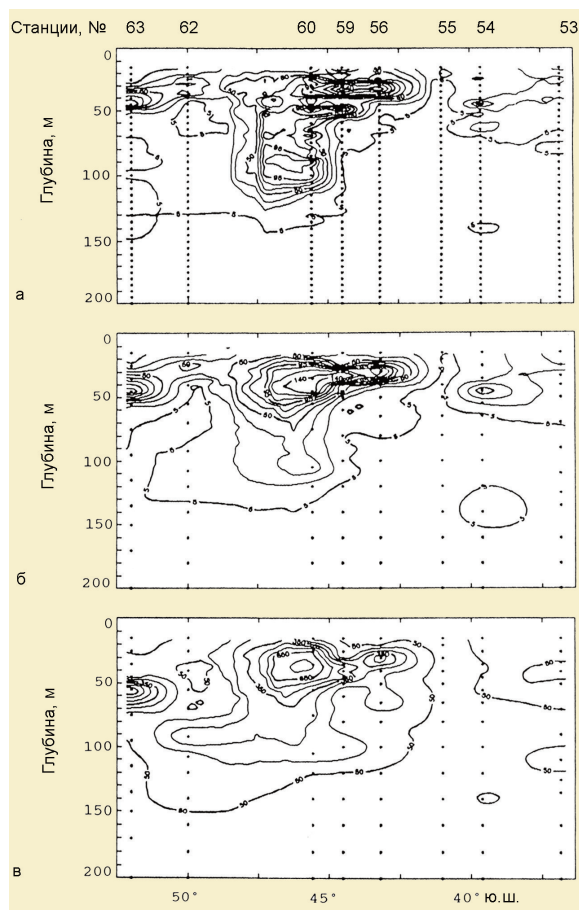
Совместная работа зонда и батометра на восьми станциях этого разреза позволила провести сравнительный анализ результатов, полученных обоими методами. Для сравнения брались зондирования, максимально близкие ко времени отбора проб батометром. Из результатов обработки проб 140-литрового батометра использовались данные по планктону со средним размером более 1,05 мм.

Основную массу этого планктона составляли *Calanus*, *Pleuromamma*, *Sagitta*, *Oithona*,

*Polychaeta*, *Euphausiidae*. На двух последних рисунках наблюдается достаточно близкое соответствие практически по всем станциям. Однако разрез, построенный непосредственно по данным зонда, позволяет выявить более тонкую структуру распределения планктона, чем при работах стандартными методами, а также обнаружить скопления планктона, пропущенные при работе с батометром.

Сравнительный анализ данных, полученных в этом рейсе с помощью зонда и батометра, позволил определить для десяти станций коэффициент ранговой корреляции. С коэффициентом корреляции в пределах 0,717–0,949 нулевая гипотеза опровергается на 1%-ом уровне значимости ( $P < 0,01$ ) для всех станций, за исключением трёх. Отрицательное значение коэффициента корреляции (–0,306), полученное на станции 3055, вызвано самой незначительной концентрацией планктона из всех станций. Малые значения коэффициента корреляции на станциях 3056 (0,405) и 3062 (0,522) вызваны поздним временем зондирования для первой станции, а для второй — совокупностью сравнительно позднего времени зондирования и относительно малой концентрацией планктона.

В 15-м рейсе НИС «Витязь» [Левашов, Крылов, 1988] была предпринята попытка использовать зонд ТРАП-4 для оценки скорости миграций планктона в Аравийском море на 2-суточной станции. На рис. 7 представлена временная динамика распределения суммарной биомассы мезопланктона на этой станции по данным зонда ТРАП-4. Началом вечерней миграции можно считать время 17 ч 10 мин. Конец основной миграции приходится на 19 ч 45 мин, хотя по данным зондирования № 6, отдельные следы наблюдаются до 20 ч 45 мин. К сожалению, время между зондированиями составляло не менее 50 мин, что не дало возможности получить более подробную картину вечерней миграции. Однако даже такая частота зондирований позволила оценить скорость подъема планктона. Между зондированиями № 2 и № 3 эта скорость составляла 1,3 см/с, а между зондированиями № 3 и № 4 она увеличивалась до 3,7 см/с. Начало утренней миграции отмечено в 6 ч 40 мин. Скорость опускания планктона, определённая зондированиями № 12 и № 13 составила около 2,2 см/с. В 7 ч 40 мин (по-



**Рис. 6.** Разрез по 126° з.д. через фронтальную зону юго-западной части Тихого океана: а — распределение численности частиц размером более 1 мм (ТРАП-4) с осреднением по глубине в 5 м; б — распределение численности частиц размером более 1 мм (ТРАП-4) с осреднением по горизонтам отбора проб; в — распределение планктона размером более 1 мм по результатам отбора проб батометром

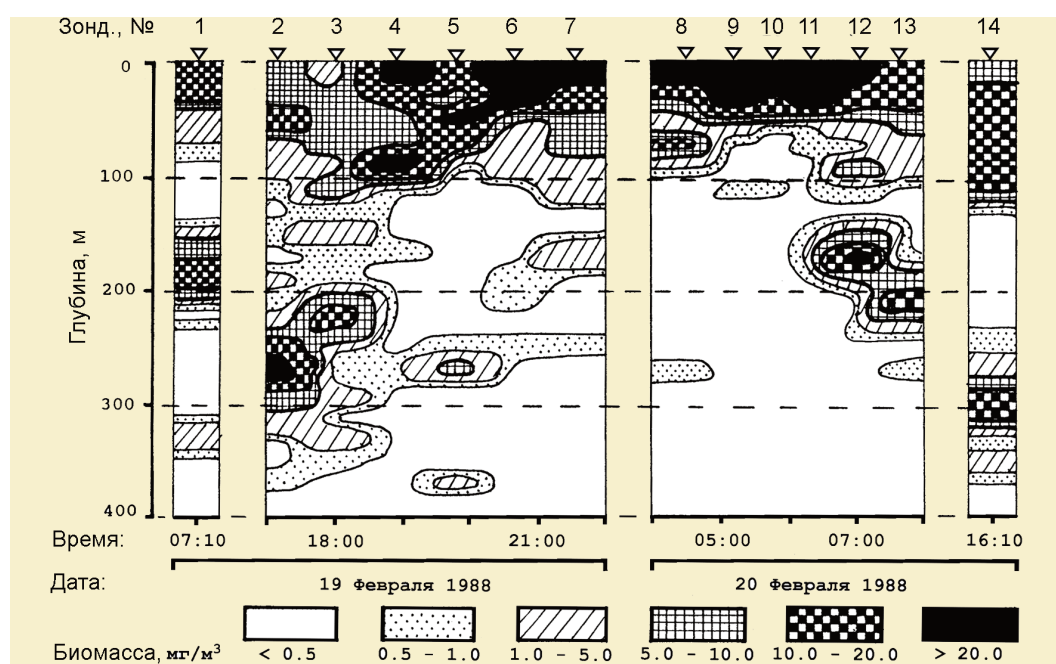


Рис. 7. Временная динамика распределения суммарной биомассы частиц мезопланктона размером 2–4 мм по данным зонда ТРАП-4

следнее зондирование серии) мигранты достигли глубины 220 м, но это не конец миграции, так как их основная глубина определена по зондированиям № 2 и № 14 и составляет 230–310 м. Во время работ дрейф судна был незначителен и гидрологическая обстановка стабильна. Например, результаты зондирования № 1 практически точно ложатся между данными зондирований № 12 и № 13 на следующий день, а зондирование № 14 вполне может предшествовать зондированию № 2.

В примере на рис. 8 представлены разрезы, построенные по данным зонда ТРАП-7А, полученным в октябре 2001 г. на ст. 8–14 в совместной экспедиции ВНИРО и КаспНИРХ в Каспийском море [Левашов и др., 2002]. Прибор был включен в состав STD-зонда Mark IIIВ, причём для данных по температуре и хлорофиллу использовались файлы с осреднением по глубине в 1 м, а данные по планктону, с целью повышения представительности оценок, осреднялись по 5-метровым слоям. Для имеющихся в этом районе величин численности частиц такое решение позволило получить более чёткую картину их распределения в районе термоклина. В то же время при оценке биомассы планктона величины осреднённых значений оказались в 3–5 раз меньше, чем наблюдались

в тонких (менее 1 м) слоях планктона. Поверхностное пятно повышенной концентрации биомассы на ст. 8–10 объясняется, по-видимому, сильным развитием гребневика в этом районе.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** По результатам использования разработанной аппаратуры в прошедших экспедициях было выделено три основных направления в применении зонда:

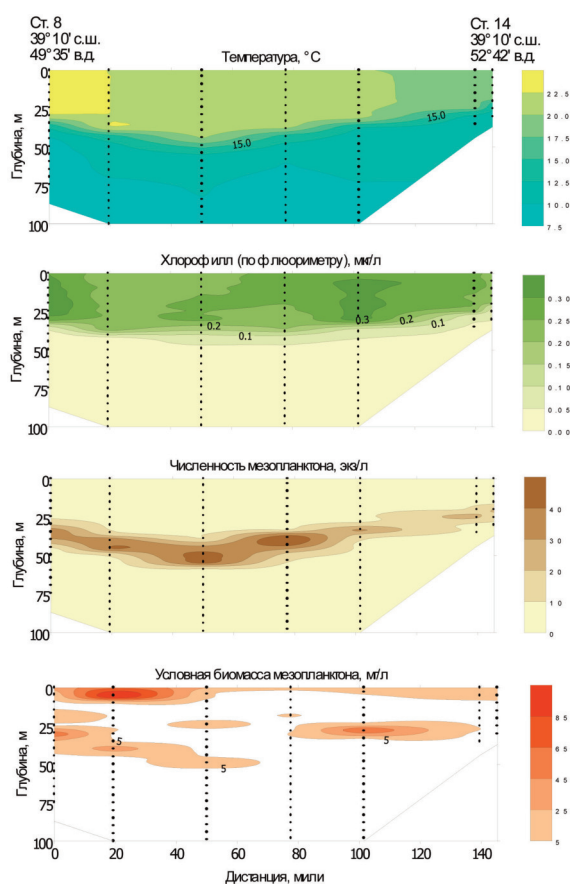
исследование пространственных и временных характеристик распределения планктона в мезо- и микромасштабе;

получение экспресс-характеристик обилия и вертикального распределения мезопланктонных организмов при ограниченном времени на проведение станций;

«наведение» стандартных количественных орудий лова на детали вертикального распределения мезопланктона.

При этом по всем трём направлениям предполагается обязательное параллельное использование традиционных методов отбора и обработки проб.

Однако, в настоящее время ведётся проработка вопроса о возобновлении НИР по этой теме, но вместо фотолинейки TSL202 предполагается установить современную микровидеокамеру на основе матричного CCD-фотоприёмника, чувствительного в ИК-диапазоне.



**Рис. 8.** Вертикальное распределение температуры, флуоресценции хлорофилла «а», численности мезопланктона и его биомассы на разрезе (станции № 8–14) по данным зондирующего комплекса на базе СТД-зонда Mark ШВ, флуориметра и зонда ТРАП-7А

Предварительная обработка выходного видеосигнала микровидеокамеры непосредственно в зонде, с передачей данных на борт судна по кабель-тросу, позволит наблюдать вертикальное распределение условной биомассы мезопланктона в реальном времени. Вместе с тем полная запись видеосигнала за время зондирования во внутреннюю флэш-память зонда и его последующее считывание на борту судна позволят провести подробный визуальный анализ размерно-количественного состава зарегистрированного планктона с возможностью его видовой идентификацией. В дальнейшем процесс анализа и идентификации видеоизображений может быть в значительной степени автоматизирован. Это позволит исключить в ряде случаев процесс отбора проб — например, в свежую погоду или при ограниченном времени

станции. Особенный интерес такое решение представляет для использования аппаратуры на ходу судна или на буйковых станциях, где отбор проб вообще проблематичен.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Виноградов М.Е., Флинт М.В., Шушкина Э.А. 1987. Исследование вертикального распределения мезопланктона с использованием подводного обитаемого аппарата «Аргус» // Современное состояние экосистемы Чёрного моря. — М.: Наука. — С. 172–186.
- Воронков А.П., Левашов Д.Е. 1996. Новый оптоэлектронный датчик для оценки размерно-количественных характеристик мезопланктона в реальном масштабе времени «in situ», позволяющий формировать измерительный объём без возмущения среды // Материалы VII съезда Гидробиол. о-ва РАН. Казань, 14–20 окт. 1996 г. Т. 1. — Казань: Полиграф. — С. 107–109.
- Левашов Д.Е. 2001. Оптический счётчик планктона ТРАП-7 // Материалы 4-й Российской научно-технической конференции «Современное состояние, проблемы навигации и океанографии» («НО-2001»). 6–9 июня 2001 г. — СПб.: Гос.НИНГИ МО РФ. — с. 2.
- Левашов Д.Е., Воронков А.П. 1997. Датчик размерно-количественных характеристик мезопланктона, разработанный как дополнение к СТД-зонду // Тез. докл. X Междунар. конф. по промышленной океанологии. Санкт-Петербург, 20–23 мая 1997 г. — М.: Изд-во ВНИРО. — С. 75–76.
- Левашов Д.Е., Ерофеев П.Н. 1983. Зондирование мезо- и макропланктона // Современные методы и средства количественной оценки распределения морского планктона. — М: Наука. — С. 28–41.
- Левашов Д.Е., Крылов В.В. 1988. Биозонд для оценки вертикального распределения мезопланктона «in situ» // Тез. докл. III Всесоюз. конф. по морской биологии. Севастополь, окт. 1988. Ч. 1. — Киев: С. 133.
- Левашов Д.Е., Михайчик П.А., Воронков А.П. 1997. ТРАП-6 — оптоэлектронный датчик для исследования мезопланктона в составе СТД-зонда МКЗВ (Нейл Браун) // III Международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства океанологических исследований». Тр. конф. — М.: ИОРАН. — С. 77–79.
- Левашов Д.Е., Михайчик П.А., Седов А.Ю., Тишкова Т.В., Воронков А.П. 2002. Лазерный измеритель планктона ТРАП-7А для СТД-зондов // XII Международная конференция по промышленной океанологии. — Калининград: АтлантНИРО. — С. 146–147.
- Шеринёв А.Е., Левашов Д.Е., Африкова С.Г. 1977. К вопросу инструментальной оценки количества и характера распределения планктона в водной толще // Распределение и поведение морского планктона в связи с микроструктурой вод. — Киев: Наукова думка. — С. 16–18.

- Levashov D.E., Zhavoronkov A.I.* 1995. Optronic Sensors for Mezoplankton Studying in the Sea Water // Proc. OCEANS'95 MTS/IEEE. V. 1.— San Diego.— P. 202–208.
- Levashov D.E., Zhavoronkov A.I., Voronkov A.P.* 1997. Novel mezoplankton size-quantitative characteristics sensor specially adopted to oceanographic probes and towed vehicles // Proc. COSU '97. Singapore. V.2.— P. 355–359.
- Levashov D.E., Zhavoronkov A.I., Voronkov A.P.* 1998. An Optoelectronic Sensor of Mesoplankton as an Addition to CTD-probes and Towed Vehicle // Proc. OCEANS'98 IEEE/OES. Nice. V. 1.— P. 178–182.

Поступило в редакцию 11.08.11 г. Принято после рецензии 23.01.12 г.

## **Hydrobiological probes of TRAP family and the features of mesoplankton instrumental monitoring in the Black Sea**

*D.E. Levashov, N.P. Bulanova*

Russian Federal Research Institute of Fisheries & Oceanography (VNIRO)

A number of plankton laser meters of TRAP family has been developed in VNIRO to estimate the size and quantitative composition of mesoplankton directly in the water column with simultaneous visualization of its spatial distribution both in the mode of vertical probing at the stations and that of vessel running by means of the towed carrier or pumping system. A good choice of the Black Sea as a place for testing, due to the peculiarities of its hydrology, will significantly reduce and optimize the design and verification of virtually all models of plankton laser meters in the TRAP family. Examples of the most significant results obtained during the sea trials of the probe carried out within various areas of the World Ocean are given.

**Key words:** plankton laser meter, mesoplankton, size and quantitative composition, vertical probing, towed carrier, pumping, TRAP.

## Техника для рыбохозяйственных исследований

УДК 681.883.4 (262.5)

**Гидроакустические съёмки как средство мониторинга состояния запасов пелагических рыб на акваториях Черноморского бассейна***С.М. Гончаров*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)  
E-mail: sgonch@vniro.ru

Гидроакустические съёмки, наряду с траловыми и мальковыми съёмками, является одним из стандартных методов оценки запасов морских биоресурсов в различных районах Мирового океана. После распада Советского Союза в российских водах Чёрного моря не было проведено ни одной гидроакустической съёмки. С учётом современного опыта и знаний, накопленных специалистами ФГУП «ВНИРО» на акваториях Средиземноморского бассейна, предлагается возобновить гидроакустический мониторинг запасов пелагических рыб на шельфовых зонах Черноморского бассейна с участием всех причерноморских стран для получения полной картины распределений рыбной биомассы, используя единые методические подходы и инструментальные средства.

**Ключевые слова:** гидроакустические съёмки, оценка морских биоресурсов, рыбный запас, распределение морской биомассы.

**ВВЕДЕНИЕ.** При напряжённом состоянии биоресурсов и мощном воздействии многочисленных антропогенных факторов, которые наблюдаются почти повсеместно, для сохранения рыбных запасов необходима правильная их эксплуатация. Чтобы сохранить промысловый вид, нельзя допускать сокращения его запаса ниже критического уровня, который определяется отдельно для каждого вида.

Оценка и контроль биоресурсов обычно осуществляется с помощью траловых съёмок на исследовательских судах. К сожалению, траловые съёмки не всегда в состоянии обеспечить необходимую точность количественной оценки рыбных ресурсов и в конечном итоге — прогнозирования. Это объясняется следующими причинами. Известно, что результат количественной оценки рыб по данным траловой съёмки в значительной степени зависит от точности данных о селективности и уловистости орудия лова. Часто вариации этих параметров высоки и сильно

отличаются для разных видов рыб. При количественной оценке многовидовых скоплений, как правило, точных данных о коэффициенте уловистости и селективности орудий лова для всех облавливаемых видов недостаточно. Кроме того, результаты тралений в большой степени зависят от опыта и умения судоводителя и команды, при невысокой квалификации экипажа результаты количественной оценки будут занижены. При траловых съёмках невозможно исследовать всю толщу воды, и результаты вычислений основываются лишь на данных, полученных в слое облова. Ещё одним недостатком данного метода является то, что данные имеют прерывистый характер, поскольку расстояния между траловыми станциями значительно больше, нежели дистанции тралений. При высокой неоднородности распределения рыбных скоплений степень пространственной неопределённости может быть очень большой.



**МЕТОДИКА.** В настоящее время в мире для количественной оценки рыбных запасов широко используются гидроакустические съёмки. Существенным преимуществом таких съёмок, по сравнению с траловыми, является возможность исследований во всей толще воды, а не только в слое облова. Но для количественной оценки рыбной биомассы одних только гидроакустических наблюдений недостаточно, так как этот метод не всегда позволяет с высокой точностью распознавать рыб по видам и размерным группам, поэтому контрольные траления всё же необходимы. Именно по данным биологических анализов контрольных обловов производится пересчёт энергетических характеристик отражённых сигналов в значения поверхностной плотности. Но в этом случае количество контрольных тралений существенно меньше числа тралений при выполнении траловых съёмок.

С каждым годом расширяется диапазон использования гидроакустического метода количественной оценки, основанного на интегрировании гидроакустических сигналов вдоль линии следования судна при проведении гидроакустической съёмки. В настоящее время уже отработаны и стали стандартными методика и техника оценки плотности рыбных концентраций путём интегрирования эхосигналов от рыбных скоплений, их теоретическое обоснование и развитие представлено в работах [Thorne, 1971; Foote, 1981; Simmonds, MacLenanan, 2005]. Гидроакустический метод наряду с траловыми и личиночными съёмками стал сегодня одним из стандартных методов оценки запасов. Он регулярно применяется для оценки состояния запасов важнейших объектов мирового рыболовства. С этой целью в мире ежегодно выполняются сотни гидроакустических съёмок, число их объектов непрерывно увеличивается. Во многих районах выполняются совместные регулярные международные съёмки для контроля состояния объектов международного промысла, в том числе по инициативе международных организаций. Библиография гидроакустического метода насчитывает тысячи публикаций сотен авторов. Проводятся международные симпозиумы по применению гидроакустики в рыбохозяйственных науках. При ИКЕС постоянно работает рабочая группа по методическим

вопросам развития и применения гидроакустического метода количественной оценки биоресурсов.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Российская Федерация, обладая огромными морскими ресурсами, постоянно осуществляет мониторинг в своих прибрежных территориальных водах, в том числе следит за состоянием рыбных запасов. Особенно интенсивно такие исследования проводятся рыбохозяйственными бассейновыми институтами на севере и востоке России. Для контроля за состоянием промысловых видов рыб в этих регионах периодически проводятся и гидроакустические съёмки. Такое внимание к северным и дальневосточным морям объясняется огромными рыбными ресурсами, сосредоточенными на их акваториях. К сожалению, на российских акваториях Черноморско-Азовского бассейна гидроакустические съёмки не проводились на протяжении последних двух десятилетий. Последние данные о результатах гидроакустических измерений запасов пелагических рыб в Чёрном море, выполненных в СССР, относятся к 80-м гг. прошлого столетия. В работе А.Г. Артёмова [Артёмов, Чащин, 1982] представлены результаты гидроакустических съёмок хамсы, выполненных на НПС «Хронометр» в период с декабря 1980 г. по февраль 1981 г. Первая съёмка районов зимовки азовской хамсы у берегов Северного Кавказа была выполнена в начале декабря. Биомасса рыбы на участке от г. Геленджика до Сочи составила 218 тыс. т. В первой декаде января проводилась повторная съёмка. Запас был оценен в 211 тыс. т. Скопления черноморской хамсы в декабре состояли из крупных двух- и трёхлетних особей. Их биомасса в районе Гагры—Пицунда составила 95 тыс. т. Массовый подход сеголеток черноморской хамсы к берегу происходил в начале января и был оценен в 210 тыс. т. В работе сотрудника АзчерНИРО А.Г. Галузо [Галузо, Артёмов, 1985] представлены результаты гидроакустических съёмок черноморского шпрота, выполненных в октябре 1980 г. вдоль северо-восточного побережья Чёрного моря и в августе—сентябре 1981 г. в северо-западной и западной его частях. На востоке в октябре 1980 г. биомасса составила 26 тыс. т. В августе—сентябре 1981 г. на северо-западе биомасса составила: в районе о-ва Змеи-

ного — более 92 тыс. т, в районе о-ва Дранова — 175 тыс. т. Общая биомасса шпрота в северо-западной и западной частях Чёрного моря в 1981 г. составила 683 тыс. т. Результаты исследований по оптимизации сетки галсов и повышения достоверности результатов гидроакустических съёмок черноморского шпрота представлены в совместной работе [Галузо и др., 1982]. В августе 1988 г. в целях отработки методики оценки промысловой значимости скоплений черноморского шпрота на НПССРТМК «Поисковик» в районе работы добывающего флота были проведены гидроакустические обследования рыбных концентраций [Бондаренко, Жигуненко, 1990].

В отличие от Российской Федерации, не проводившей гидроакустических съёмок после распада СССР, с начала 90-х гг. прошлого столетия Украина периодически проводила съёмки в своих и грузинских территориальных водах. В работе [Шляхов, Чащин, 2000] сотрудников ЮгНИРО (Южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии, г. Керчь) представлены результаты гидроакустической съёмки, выполненной в промысловый сезон 1999 г. Запасы шпрота в водах Украины были оценены в 700 тыс. т. В этой же работе представлены результаты оценки биомассы черноморской хамсы. По данным работы СРТМК «Поисковик», отошедшего украинской стороне после распада СССР, 1999 г. отличался высокой урожайностью черноморской хамсы и благоприятными условиями для её нагула и роста молоди. По данным гидроакустической съёмки в водах Грузии общая величина запасов хамсы в зимний период 1999–2000 гг. была определена в 380 тыс. т, что соответствовало наиболее высокому значению за все три года с момента возобновления съёмок в этом регионе. В обзорной работе о состоянии рыбных ресурсов Украины в Чёрном море в 1992–2005 гг. [Shlykhov, Charova, 2006] представлены результаты гидроакустических съёмок шпрота в водах Украины в 1993, 1999 и 2002 гг.. Его запас за эти годы уменьшился с 780 до 700 тыс. т. По данным гидроакустических съёмок хамсы, выполненных ЮгНИРО в водах Грузии, её биомасса в 1998 г. составила 190 тыс. т, в 1999–2000 гг. — 380 тыс. т и в 2002 г. наблюда-

лось уменьшение биомассы до 250 тыс. т. В 2003 г. биомасса хамсы осталась неизменной — 250 тыс. т. После этого Украина не проводила гидроакустических съёмок в Черноморском бассейне.

Также известно, что и другими государствами черноморского региона — Румынией, Болгарией, Грузией — гидроакустический метод оценки рыбных биомасс до настоящего времени не использовался и гидроакустические съёмки не проводились. Только после вступления Румынии и Болгарии в Евросоюз появилась надежда на выделение средств этим странам для покупки соответствующей аппаратуры, подготовку специалистов и проведение гидроакустических съёмок.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Стоит отметить, что проведение гидроакустических съёмок в пределах территориальных вод отдельного причерноморского государства не позволит получить полную картину распределения рыбных биомасс на акватории Черноморского бассейна из-за ограниченности района исследований. Поэтому наличие необходимых инструментальных, программных средств и профессиональных кадров у отдельного государства не является достаточным фактором для проведения мониторинга всего Черноморского бассейна. Необходимо проводить такие работы совместно и скоординированно в рамках международного сотрудничества с другими странами этого бассейна. Для этого необходимо согласовывать сроки проведения съёмок, использовать однотипные аппаратные и программные средства и работать по единой методике. При отсутствии необходимой техники или соответствующих научных кадров у какой-то из стран-участниц таких совместных работ, другие участники могли бы оказать помощь в передаче опыта и подготовке кадров.

Примером подобной научной кооперации может служить опыт международного сотрудничества стран Средиземноморского бассейна. На протяжении многих лет Италия, Франция, Греция и Испания проводили гидроакустические съёмки в своих территориальных водах, используя различные аппаратные и программные средства. Позднее Тунис стал также ежегодно проводить гидроакустические съёмки на своей акватории. Когда по инициативе ФАО возник вопрос об обмене данными между стра-

нами для получения более полной картины распределения рыбных ресурсов в Средиземном море, возникли трудности в интерпретации данных и оценке их достоверности.

Для решения этой проблемы Евросоюз выделил финансовые средства в рамках международного проекта AcusMed для разработки единых методических подходов к проведению гидроакустических съёмок в Средиземном море, единых алгоритмов обработки и представления результатов съёмок, для приведения данных, собранных ранее участниками проекта к соответствию. Целью другого европейского проекта (MEDIAS) является проведение гидроакустических съёмок на различных акваториях Средиземного моря с целью количественной оценки и распределения биомасс мелких пелагических рыб по единой методике. Участниками проекта являются морские научно-исследовательские институты Италии, Греции, Франции, Испании, Хорватии и Словении. В течение многих лет ФАО финансирует международный проект MedSudMed с участием Италии, Туниса, Мальты и Ливии. Целью проекта является оценка и мониторинг рыбных ресурсов и экосистемы в Сицилийском канале. В рамках этого проекта было проведено несколько съёмок, в том числе и у берегов Мальты и Ливии, хотя эти государства не имеют ни аппаратуры, ни специалистов для такого рода работ. Гидроакустические съёмки вокруг о. Мальта и вдоль побережья Ливии были выполнены на итальянских НИС с участием специалистов ФГУП «ВНИРО», итальянского института прибрежной морской окружающей среды (IAMC-CNR) и ливийского биологического научного центра (MBRC).

Очевидно, что при организации международных работ по исследованию рыбных запасов Чёрного моря необходимо учесть опыт стран средиземноморского бассейна. На сегодняшний день сотрудники лаборатории методов и средств гидроакустических съёмок биоресурсов ФГУП «ВНИРО» имеют необходимые знания и опыт по количественной оценке морских гидробионтов. Более десяти лет не прекращалось их сотрудничество с IAMC-CNR по вопросам совершенствования и развития гидроакустического метода и количественной оценки и проведения гидроакустических съёмок

в территориальных водах Италии. За это время специалистами ФГУП «ВНИРО» было выполнено большое количество съёмок в Сицилийском канале и две съёмки вдоль западного побережья Италии в Тирренском море. Основной целью этих работ было определение биомасс сардины (*Sardina pilchardus*) и анчоуса (*Engraulis encrasicolus*), являющихся основными видами пелагических рыб в Сицилийском канале. Некоторые материалы этих исследований представлены в журнале *Chemistry and Ecology* [Patti et al., 2004]. Современные научно-исследовательские эхолоты серии EK-60 фирмы Kongsberg Simrad (Норвегия) и пост-процессинговые системы, например EchoView (SonarData, Ltd.), позволяют с высокой точностью проводить обработку записанных эхосигналов, выделять эхосигналы на фоне иных звукорассеивающих слоев. Именно эти технические средства были использованы нами для сбора и обработки данных. По результатам съёмок были построены карты распределений биомасс сардины и анчоуса и рассчитаны биомассы размерных групп с шагом 0,5 см.

Как и в Средиземном море, основными видами пелагических рыб в Черноморском бассейне являются два вида — шпрот и хамса, составляющие большую часть рыбной биомассы. Черноморский шпрот, как и средиземноморская сардина, относится к семейству Clupeidae. Что же касается хамсы, то её родство с европейским анчоусом ещё ближе: оба вида относятся к одному семейству Engraulidae и роду *Engraulis*. Характер береговой линии Российской Федерации и батиметрия шельфовой зоны напоминает южный берег о. Сицилия, где сотрудники лаборатории методов и средств гидроакустических съёмок биоресурсов ФГУП «ВНИРО» совместно с итальянскими коллегами проводят гидроакустические съёмки с 1998 г. Отметим, что методические вопросы проведения съёмок и алгоритмы обработки данных хорошо отработаны. Весь накопленный опыт может быть применён для проведения гидроакустических съёмок в Чёрном море, причём не только в российских территориальных водах.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Для международного гидроакустического мониторинга состояния запасов пелагических рыб в Чёрном море всем стра-

нам-участницам необходимо использовать единые методические подходы и инструментальные средства. Например, необходимо согласовывать сетки галсов для гидроакустических съёмок, при их проведении использовать однотипную аппаратуру, а именно научные эхолоты серии ЕК или ЕУ фирмы Kongsberg Simrad (Норвегия) с одинаковым набором частот, желательнее проводить обработку эхосигналов по единой методике и с использованием одинаковых программных средств. Недопустимо использовать разные уравнения силы целей для одних и тех же видов рыб и т.д. Калибровку эхолотов необходимо проводить по единой методике. При проведении контрольных тралений следует использовать однотипные конструкции разноглубинных тралов с одинаковыми или близкими характеристиками уловистости и селективности. Только в этом случае результаты съёмок будут понятны и абсолютно прозрачны для всех участников работ.

По данным гидроакустических съёмок можно будет построить регулярные карты распределения рыбных биомасс на всей акватории Черноморского бассейна. Сопоставление результатов мониторинга водной среды с распределением рыбных концентраций позволит оценить степень влияния её параметров на численность рыбных ресурсов. Изучение влияния окружающей среды на временную динамику рыбной биомассы помогут в проведении рационального промысла и сохранении биоресурсов Чёрного моря. Разработка единых форматов сбора и хранения данных гидроакустических съёмок позволит в дальнейшем разработать международную ресурсную базу данных по Черноморскому бассейну.

## ЛИТЕРАТУРА

- Артёмов А.Г., Чащин А.К. 1982. Оценка биомассы скоплений хамсы гидроакустическим методом // Рыбное хозяйство. № 12.— С. 45–47.
- Бондаренко В.М., Жигуненко А.В. 1990. Оценка промысловой значимости скоплений черноморского шпрота гидроакустическим методом. Совершенствование орудий промышленного рыболовства в связи с поведением гидробионтов // Сборник научных трудов ВНИРО.— М.— С. 191–194.
- Галузо А.Г., Чащин А.К., Артёмов А.Г. 1982. Математическая обработка результатов эхометрической съёмки скоплений черноморского шпрота // Рыбное хозяйство. № 5.— С. 59–61.
- Галузо А.Г., Артёмов А.Г. 1985. Оценка биомассы черноморского шпрота по данным гидроакустических съёмок. Информационное и математическое обеспечение исследований сырьевой базы // Сборник научных трудов ВНИРО.— С. 129–135.
- Шляхов В.А., Чащин А.К. 2000. О состоянии запасов основных промысловых рыб Азовского и Чёрного морей в 2000 г. и перспективах их промысла в 2002 г. // Труды Южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии. Т. 45.— С. 11–20.
- Foote K.G. 1981. Energy in acoustic echoes from fish aggregations // Fish. Res. N. 1.— P. 129–140.
- Patti B., Bonanno A., Basilone G., Goncharov S., Mazzola S., Buscaino G., Cuttitta A., Garcia Lafuente J., Garcia A., Palumbo V., Cosimi G. 2004. Interannual fluctuations in acoustic biomass estimates and in landings of small pelagic fish populations in relation to hydrology in the Strait of Sicily // Chem. Ecol. N. 20.— P. 365–375.
- Shlyakhov V., Charova I. 2006. Scientific data on the state of the fisheries resources of Ukraine in the Black Sea in 1992–2005 // 1st Bilateral Scientific Conference «Black Sea Ecosystem 2005 and Beyond» 8–10 May 2006, Istanbul, Turkey.— P. 131–134.
- Simmonds J., MacLenanan D. 2005. Fisheries Acoustics // Theory and Practice. London, Blackwell.— 436 p.
- Thorne R.E. 1971. Investigations into the relation between integrated echo voltage and fish density // Fish. Res. Bd Can. N. 28.— P. 1269–1273.

Поступило в редакцию 26.03.12 г. Принято после рецензии 26.04.12 г.

## **Hydro-acoustic surveys as tool of monitoring of pelagic fish abundance in the Black Sea**

*S.M. Goncharov*

Russian Federal Research Institute of Fisheries & Oceanography (VNIRO)

The hydro-acoustic surveys became today one of the main standard methods for estimation of fish abundance like trawl and larval surveys. After Soviet Union period any hydro-acoustic survey was not carried out in the Russian waters of the Black Sea. Taking into account experience and the current knowledge which the VNIRO scientists received by research activities on water areas of the Mediterranean sea, it is offered to renew hydro-acoustic monitoring of pelagic fish stocks on shelf zones of Black Sea with participation of all Black sea countries for estimation of distributions fish biomass within all Black Sea pool using identical methodical approaches and devices.

**Key words:** Hydro-acoustic surveys, estimation of marine bio-resources, fish abundance, fish biomass distribution.

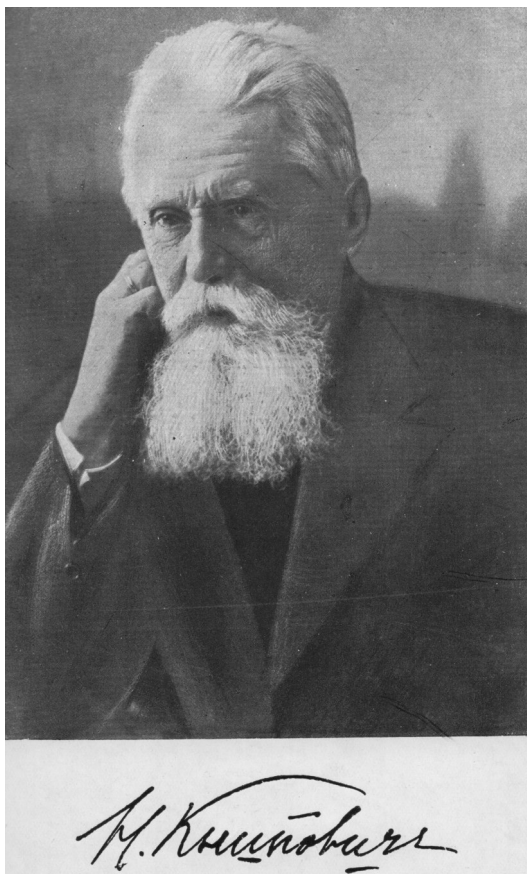
УДК 582.272.7:664.951

**К 150-летию со дня рождения Николая Михайловича Книповича***Б.Н. Котенёв*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)

E-mail: vniro@vniro.ru

Николай Михайлович Книпович — общепризнанный патриарх и учитель русских гидрологов, ихтиологов, научно-промысловый исследователь, краса и гордость нашей науки. Он является крупнейшим исследователем моря, учёным мирового масштаба, и имя его навсегда останется записанным в историю изучения наших вод.

*Академик Л.С. Берг, 1950 г.*

Н.М. Книпович стоит в ряду таких духовных и нравственных ученых-титанов конца XIX и начала XX вв., как Ф. Нансен, Л.С. Берг, К.А. Тимирязев, И.П. Павлов, Д.М. Менделеев, И.М. Сеченов и др. Они показали миру, что скрытые духовные силы, умственные способности и воля практически безграничны у них от юности до глубокой старости.

Отслеживая результаты их деятельности на каждом этапе научного роста, мы познаём и удивляемся этой безграничности, учимся у них научному и нравственному росту.

Науки сегодняшнего дня шагнули далеко вперёд в познании многих частных, но именно этими учеными-титанами в каждой науке заложены фундаментальные основы, на которых шло их дальнейшее развитие.

Почти для всех них место рождения и юношеского возмужания являлось материальной и духовной основой их дальнейшей жизни и научной деятельности.

Н.М. Книпович родился **25 марта (6 апреля) 1862 г.** в Свеаборге (Шведская крепость) — бастионной системе укреплений на семи скалистых островах («Волчьих Шхеры») на

морских подступах к Гельсингфорсу (Хельсинки). Он родился среди моря — острова со всех сторон окружены морем. Морским воздухом он был напоен с детства. Занятия парусным спортом в юношестве заложил основу физического развития, воспитали трудолюбие и внимательное отношение к мелочам, из которых соткана наша жизнь и наука.

Каковы учителя, таковы и ученики. Эта истина верна и в отношении Н.М. Книповича. Его учителя в Петербургском университете (1881–1885 гг.) были всесторонне и энциклопедически образованными исследователями, за плечами которых были открытия мирового уровня: И.М. Сеченов, В.В. Докучаев, А.И. Воейков, Н.П. Вагнер, М.Н. Богданов. Именно они способствовали формированию у него комплексного подхода к изучению природы и происходящих в ней процессов. Под руководством Г.Е. Грум-Гржимайло он работал в студенческом кружке. Его первый доклад в 1884 г. на собрании Петербургского общества испытателей природы был посвящен итогам его изучения строения и развития коловратки *Sopochilus volvox*. Это был доклад зрелого специалиста. Его выступление не осталось без последствий. Он становится исполняющим обязанности ассистента при кафедре физиологии проф. Н.П. Вагнера, а в 1885 г., в год окончания университета он был приглашен участвовать в экспедиции проф. О.А. Гримма, изучавшей сельдяные промыслы Волжско-Каспийского района. Работа по коловратке была представлена им в качестве кандидатской диссертации при окончании университета. Эти первые самостоятельные работы стали стартом к его последующей научной, педагогической и общественной работе.

После окончания университета его оставляют при кафедре зоологии для подготовки к профессорскому званию. Но в марте 1887 г. он был отчислен из университета, как участник группы Д.Н. Благоева. В летний сезон 1887 г. он вёл исследования на Соловецкой биостанции Петербургского общества естествоиспытателей. По возвращению в Петербург осенью этого года он заключается на год в «Кресты». Затем на год выселяется из Петербурга и 5 лет находится под гласным надзором без права на государственную и общественную службы. Не-

смотря на тяжелое материальное положение, он готовит магистерскую диссертацию, защищённую в 1892 г. В эти годы испытаний он не прекращает научной работы ни в тюрьме, ни в ссылке. Он проявляет себя человеком негибаемой воли и необыкновенной работоспособности. В дальнейшем где бы он ни находился — на экспедиционном корабле, в лаборатории, в кабинете, на каком-либо заседании или собрании, он дорожил каждой минутой, и любил повторять «время неизмеримо дороже денег».

**В период 1887–1895 гг.** Н.М. Книпович ведёт исследования фауны, биологии и гидрологии Белого и Баренцева морей в районе Мурманского побережья на базе Соловецкой и Мурманской биостанций.

В 1894 г. по заданию властей Архангельской губернии обследует состояние морских рыбных и звериных промыслов и в заключительной части отчета делает рекомендации государственного уровня: о необходимости проведения до Мурман железной дороги; об установлении зимнего пароходства; о проведении телеграфа; об образовании поморов; о проведении научных исследований сырьевой базы на специальном судне, оснащённом необходимыми орудиями лова и приборами изучения моря.

В 1896 г. Н.М. Книпович получает предложение от председателя Комитета для помощи поморам русского Севера — Великого князя Александра Михайловича (высокообразованного человека и профессионального моряка) — возглавить научно-промысловую часть помощи. Он разрабатывает проект научно-промысловых исследований у берегов Мурман, участвует в заказе для экспедиции специального научно-промыслового судна «Андрей Первозванный». В 1897 г. он побывал в заграничной командировке от «Комитета» и посетил Швецию, Данию, Норвегию, Шотландию и Германию, где познакомился с состоянием промыслов и научно-промысловыми исследованиями Ф. Хансена, Ю. Йорта, Г. Сарса, О. Петерсена, Дж. Муррея. В 1898 г. Мурманской научно-промысловой экспедицией были начаты разведывательные работы у Мурман на парусном судне «Помор». В 1899 г. завершена постройка «Андрея Первозванного» — первого в мире и в России научно-промыслового судна (НПС), оснащенного не только океанологическим обо-

рудованием, но и траловой лебедкой и оттертралом. Мурманскую экспедицию Н.М. Книпович возглавлял до 1901 г., придерживаясь своего принципа комплексного изучения объекта промысла в непосредственной связи с физическими, гидрохимическими и биологическими условиями окружающей среды.

Утром 27 мая 1899 г. с борта НПС «Андрей Первозванный» был спущен первый трал. Это дата начала тралового освоения биоресурсов Баренцева моря, начала комплексного изучения моря, тогда была заложена основа для понимания размещения промысловых банок. В ходе Мурманской научно-промысловой экспедиции были изучены распределения глубин, течений, содержание фосфатов, нитратов, кремнекислоты, фито- и зоопланктона в водной толще и зависимость распределения рыбы от этих физических, гидрохимических и биологических условий.

Были обследованы не только районы моря к северу от Мурмана, но и прослежено распределение рыбных скоплений до м. Канин Нос. В восточных районах, на Канинской банке были установлены скопления трески, пикши и камбалы. Уже через 5 лет на основе отчётов экспедиции здесь вели интенсивный промысел камбалы десятки английских траулеров.

Экспедиция продолжалась до 1908 г. Её основные итоги включали в себя: карты рельефа дна, течений; сезонные и межгодовые изменения температуры и солёности на вековом океанографическом разрезе «Кольский меридиан»; описание 70 видов рыб, треть из которых была выловлена в море впервые; схемы миграций рыб в зависимости от условий обитания и кормовой базы.

Научные итоги были подведены Н.М. Книповичем в 1906 г., когда была опубликована его монография «Основы гидрологии Европейского Ледовитого океана».

Практические и научные результаты экспедиции были получены благодаря тому, что работы велись согласно методическим основам, сформулированным Н.М. Книповичем ещё в 1897 г., в его «Проекте научно-промысловых исследований у Мурманского берега» и подразумевавшим изучение объектов промысла в неразрывной связи с условиями внешней среды.

Эти основы актуальны и сегодня, в том числе в условиях, когда научно-промысловый флот России не пополняется новыми современными судами, новым оборудованием и приборами, то есть через 112 лет после НПС «Андрей Первозванный», первого в мире и России самого современного (для того времени) научно-промыслового судна.

Согласно Н.М. Книповичу [1897] научно-промысловые исследования должны выполняться на оборудованных судах со специальными орудиями лова и научными приборами, обеспечивающими:

необходимый пространственно-временной масштаб изучения биоресурсов;

комплексность работ (гидрология, гидрохимия, гидробиология, ихтиология, промысловство);

многолетние наблюдения и сборы проб и образцов на стандартных разрезах и схемах съёмки в определённые сроки;

чёткую целевую направленность всего комплекса работ на решение главной проблемы, а именно на оценку состояния рыбных запасов и их распределение в зависимости от конкретных условий.

На требования председателя Комитета отойти от этих принципов и заняться Мурманской экспедиции больше хозяйственными проблемами поморов Н.М. Книпович принципиально не согласился. Поэтому в 1902 г. он был отстранен от руководства Мурманской экспедицией.

Но, те исследования биоресурсов Баренцева моря, которые Н.М. Книпович успел выполнить, были высоко оценены научным сообществом. В 1902 г. он был удостоен золотой медали Ф.П. Литке Русского Географического общества, в 1903 г. — золотой медали Академии Наук, а в 1906 г. — золотой медали Русского географического общества за монографию «Основы гидрологии Европейского Ледовитого океана».

Нужно отметить вклад Мурманской экспедиции под руководством Н.М. Книповича в выполнение международных обязательств России по выполнению стандартных океанографических разрезов в Баренцевом море. Благодаря этому данные по температуре и солёности на разрезе «Кольский меридиан» имеются за по-



следние 110 лет. Это единственный в мире разрез с такой длительностью наблюдений.

В конце XIX в. прошло несколько европейских конгрессов учёных-океанологов, гидробиологов и ихтиологов, на которых было принято решение развивать международное сотрудничество в изучении европейских морей в связи с истощением биологических ресурсов (под влиянием сильного охлаждения вод). От России в них принимали участие О.А. Гримм и Н.М. Книпович. В 1902 г. создается Международный Совет по исследованию моря — ICES (ИКЕС). До 1914 г. Н.М. Книпович был делегатом от России в Совете, а ряд лет — вице-президентом Совета.

Таков 15-летний этап роста Н.М. Книповича как исследователя, заложившего научные основы промысловой океанологии («биологической» океанографии) и рыбохозяйственной науки на базе комплексного изучения биоресурсов Белого и Баренцева морей с широким привлечением результатов научно-промысловых исследований европейских ученых, с которыми он лично познакомился ещё в 1897 г. в ходе своей заграничной командировки. Несмотря на молодость он стал учителем для многих студентов, молодых сотрудников и зрелых специалистов, работавших с ним в эти годы в Мурманской экспедиции, на Соловецкой и Мурманской биостанциях. В ходе совместных исследований им была создана первая когорта кадров рыбохозяйственной науки.

Ученик и помощник Н.М. Книповича Солдатов В.К., характеризуя эту черту своего любимого учителя писал: «Оценивая теперь всё значение гигантской работы по исследованию русских морей, проделанной Н.М. Книповичем, мы не должны упускать из виду, что в начале своей деятельности он был одинок, ему не только приходилось вести исследования, но ещё доказывать их необходимость и в то же время готовить себе сотрудников. Но зато теперь, оглядываясь назад на историю изучения наших морей в научно-промысловом отношении, с полным правом можно сказать, что история эта есть история его собственной деятельности, что главным действующим лицом был он сам, что кадры русских научно-промысловых исследователей моря — его непосредственные ученики или ученики по духу, воспитавшиеся на

его трудах. Через суровую, требующую большой доли самоотверженности школу проводил Н.М. Книпович своих учеников, для многих она была спервоначалу тяжела и казалась непосильна, но равняться приходилось по учителю, с энтузиазмом молодого человека отдавшемуся работе и не знающему отдыха».

**Следующий десятилетний этап (1904–1915 гг.) исследований** Н.М. Книповича был посвящен комплексному изучению биоресурсов Каспийского моря, главным образом сельдей, осетровых и частиковых. Эти исследования проходили в нескольких экспедициях: 1904, 1912, 1913 и 1914–1915 гг. Их основным итогом стала монография «Гидрологические исследования в Каспийском море в 1914–1915 гг.» Оценивая её Л.С. Берг [1950] писал: «Если бы Книпович не опубликовал ничего другого, кроме этой классической книги, то и в таком случае он был бы причислен к разряду крупнейших учёных».

В этот период в 1908 г. Н.М. Книпович также руководил океанографическими и фаунистическими исследованиями на Балтике, выполняя международные обязательства России по изучению Балтийского моря.

Экспедиционные исследования на Каспии были прерваны Первой мировой и гражданской войнами. Но в 1918 г. Н.М. Книпович вновь на Каспии, в Астрахани. Он возглавил Межведомственную комиссию по выработке мер снабжения рыбой Красной Армии и населения. В том, что в эти голодные годы вошла стала единственным хлебом для многих россиян, есть немалая заслуга Н.М. Книповича.

Как знаток Каспия Н.М. Книпович возвращался к его изучению в рамках Всекаспийской научной рыбохозяйственной экспедиции ВНИРО в отдельных рейсах в 1931–1932 гг.

В 1933 г. он вошел в состав Комиссии АН СССР по комплексному изучению Каспийского моря. На ноябрьской сессии Комиссии в 1933 г. Н.М. Книпович сделал два доклада: «Гидрология Каспийского моря» на секции «Рыбное хозяйство и животное сырьё» и «Влияние проектируемых гидротехнических сооружений на рыбное дело Каспийского и Азовского морей» на секции «Рыбное хозяйство и животное сырьё, гидротехнические сооружения и водное хозяйство».

За многие десятилетия до того, как произошла спровадированная человеком депрессия биоресурсов этих двух самых продуктивных водоёмов России за счёт зарегулирования стока рек, Н.М. Книпович убедительно показал, к чему приведёт намеченное строительство гидротехнических сооружений. Сегодня эти доклады Н.М. Книповича актуальны, когда идёт речь о величине весенних рыбохозяйственных попусков, а также при определении величины той компенсации рыбному хозяйству от гидроэлектростанций, которая необходима для восстановления биоресурсов путём искусственного воспроизводства. В целом на этой сессии он был единственным, кто сказал правду об огромном ущербе для рыбного хозяйства в результате зарегулирования стока рек.

В тех условиях эти правдивые выступления были равносильны вынесению самому себе смертного приговора. Вероятно, от него Книповича спасла папка переписки с В.И. Лениным, с которой он никогда не расставался.

Так, каспийский период исследований Н.М. Книповича закончился его гражданским подвигом (1933 г.), когда он вынес своеобразный приговор «преобразователям природы и жизни человеческой». Плоды их «преобразований» рыбное хозяйство России в полной мере «пожинает» и сегодня, причём никаких государственных компенсаций на восстановление рыбных запасов этих двух морей не выделяется.

Но его выступления на ноябрьской сессии Каспийской комиссии не прошли бесследно — в 1933 г. его срочно снова переключают на Северный бассейн.

**1919–1921 гг.** — годы краткого возвращения Н.М. Книповича к проблемам изучения и освоения биоресурсов Баренцева моря. Он принимает активное участие в создании Северной научно-промысловой экспедиции, пишет для нее программу ихтиологических исследований, составляет определитель рыб. Участвуя в возобновлении наблюдений на Кольском разрезе, он обращает внимание на потепление вод по сравнению с началом XX в. В 1921 г. он составляет докладную на имя В.И. Ленина о проблемах изучения биоресурсов Севера. Это одна из капель, ускоривших подписание в марте 1921 г. декрета об образовании «Плавморнина».

**1922–1927 гг.** — этап изучения Азово-Черноморского бассейна экспедицией под руководством Н.М. Книповича. Материалы этой большой комплексной работы по изучению биоресурсов и среды обитания опубликованы в десяти томах. Два тома — это монографии Н.М. Книповича об Азовском и Чёрном морях.

В конце 1920-х гг. Н.М. Книпович стал инициатором создания и первым директором Ленинградского ихтиологического института (ныне ГосНИОРХ), председателем Морского отдела и заместителем директора Гидрологического института (в Ленинграде).

**С 1932 по 1939 гг.** он работал во Всесоюзном НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии, где завершил свой многолетний труд о Мировом океане и внутренних морях огромной монографией «Гидрология морей и солоноватых вод (в приложении к промысловому делу)», опубликованной ВНИРО в 1938 г. В части «Гидрология и промысловое дело» этой монографии им изложены научные основы промысловой океанологии и рыбохозяйственной науки. Об этом говорит простой перечень подразделов этой части: «Колебания количества промысловых рыб», «Причины колебания уловов», «Промысловые прогнозы», «Рыбный промысел и гидрологические условия», «К вопросу о расах промысловых рыб»; а в части «Роль человека в изменениях гидрологических и биологических условий и промысловой продуктивности водоёмов» наиболее интересны следующие подразделы: «Влияние человека на естественные условия вод», «Промысел и естественные богатства вод», «Рыбоводство и разведение морских беспозвоночных», «Пересадка молодой рыбы», «Разведение беспозвоночных», «Мелиорация промысловых водоёмов», «Загрязнение водоёмов сточными водами», «Изолирование и осушение частей водоёмов», «Непосредственное влияние человека на распределение животного мира водоёмов», «Изъятие масс речной воды», «Общие выводы по вопросу о каспийском рыболовстве» и «Зверобойный промысел Каспийского моря».

В 1933 г. на него возложено руководство научно-промысловыми исследованиями на Севере. Он разработал план большой экспедиции в южную часть Баренцева моря, которая со-

стоялась в 1935 г. на двух судах ПИНРО — «Николай Книпович» и «Персей». «Невзирая на преклонный возраст и болезнь (стенокардия) Николай Михайлович вышел на эти работы в море на корабле, носившем его имя, и оказал нам, молодым учёным, свою помощь», — писал М.М. Адров о последнем экспедиционном подвиге Н.М. Книповича. Это было прощание с его любимым полярным морем, которое своей суровостью помогло ему стать великим учёным-океанографом.

В 1935 г., когда праздновалась 50-летие его научной и педагогической деятельности, приказом наркома А.Н. Микояна ПИНРО было присвоено имя Книповича. Связи с Севером он поддерживал в Полярной комиссии Академии наук и в академических учреждениях. В 1935 г. он избирается Почётным членом Академии наук, а в 1936 г. назначается директором Северной базы АН СССР.

Научное наследие Н.М. Книповича огромно.

С детства переполненный знаниями Н.М. Книпович любил и считал своей обязанностью делиться ими со всеми. Диапазон его педагогической деятельности необычайно широк — от частных уроков с 15 лет и преподавания в гимназиях, школах, на многочисленных временных курсах до профессорства Петербургского медицинского института (1911—1930 гг.), профессора (биологии, зоологии беспозвоночных, медицинской зоологии) и декана Психоневрологического института (1909—1911 гг.), профессора и ректора Педагогической академии (1918—1920 гг.) и др.

Его лекции, доклады, выступления перед различными аудиториями, на конференциях, съездах, заседаниях различных комиссий были содержательны и насыщены фактическим материалом. Он был выдающимся популяризатором науки по изучению морей, промыслов, биологии. Как популяризатор науки он стоит в одном ряду с такими учёными, как К.А. Тимирязев, А.Б. Ферсман, С.М. Вавилов, В.А. Обручев и др.

Его учебник «Курс общей зоологии для высших учебных заведений и самообразования» востребован и сегодня, он выдержал три издания. Книпович отредактировал семь томов перевода книги Брема «Жизнь животных», пе-

ревод книги Д. Джонстона «Условия жизни в море». Для энциклопедического словаря Ф.А. Брокгауза и И.А. Эфрона им написано более 600 статей. А.П. Алексеев [1982] дал расклад этих статей по научным темам: 34 — на общебиологические темы, 57 — по анатомии, 29 — о беспозвоночных, 11 — о червях, 7 — о ракообразных, 9 — о паукообразных, 55 — о насекомых, 51 — о моллюсках, 27 — о земноводных и пресмыкающихся, 103 — о рыбах, 79 — о птицах, 82 — о млекопитающих, 3 — о промыслах животных, 17 — о географии, 34 — о выдающихся естествоиспытателях, зоологах и ботаниках и др.

Его экспедиции были практическим университетом, через который прошли академик Б.Л. Исаченко, профессора Н.А. Смирнов, В.Л. Исаченко, В.К. Солдатов, Б.С. Ильин, И.Л. Чугунов, П.И. Усачёв, В.К. Есипов, Ю.Ю. Марти, В.Н. Тихонов и многие другие.

Любовь к исследованиям природы морей у Н.М. Книповича сочеталась с огромной любовью и уважением ко всем людям и особенно коллегам. Об этой любви хорошо написал Л.С. Берг [1950]: «В 1929 г. по его инициативе был образован Всесоюзный институт рыбного хозяйства (ныне ГосНИОРХ) и Н.М. Книпович в течение некоторого времени состоял его директором. Я имел счастье работать в этом учреждении, все сотрудники которого навсегда сохраняют благодарную память о Николае Михайловиче как о замечательном учёном, совершенно исключительном по заботам о служащих директоре и благородном человеке».

До последнего часа своей жизни он продолжал трудиться. Об этих последних часах работы нам стало известно от одного из его учеников, А.Ф. Лактионова [1962]: «В эту ночь мне, одному из многочисленных учеников, последователей и почитателей Н.М. Книповича, довелось быть у него с очередным научным визитом. Всё, как всегда в таких случаях, было обыкновенным: он живо интересовался последними событиями в Арктике, к изучению которой на протяжении многих лет своей жизни проявлял особый интерес, как всегда, в этот вечер он был весьма сосредоточен, плавно и спокойно и даже с характерными для него шутками и остроумием звучала его речь».

Помню, он готовился к предстоящему в Москве научному совещанию и делился своими соображениями. Незадолго до этого вышел в свет его классический труд «Гидрология морей и солоноватых вод». Один экземпляр этого труда, испещрённый многочисленными пометками, лежал перед ним на столе. Видно было, что Н.М. Книпович продолжал трудиться над ним столь же кропотливо, усердно и усидчиво, как он трудился над этим исследованием на протяжении многих лет. И вот теперь, когда этот труд увидел свет и стал настольной книгой учёного и практика-океанографа, автор подвергал его строгой критике, о чём и свидетельствовали его многочисленные пометки. Он говорил о недостатках в организации морских исследований, делился планами дальнейшего развития изучения морей, часто при этом подчеркивая необходимые теоретические основы их, а именно: комплексность и единство науки и практики. Он увлекательно описывал неограниченные возможности науки и огромную роль человека в преобразованиях в интересах развития народного хозяйства нашей страны стихии морей, озёр и рек; при этом он подчеркивал необходимость строжайшей охраны природы морей и сохранения их богатства.

В ту ночь передо мной сидел 77-летний учёный по юношески пылкий и казалось, что не сегодня—завтра мы снова увидим его на палубе научного корабля спокойным и сосредоточенным, умом и сердцем проникающим всё дальше и глубже в самые сокровенные тайники моря.

И всё то, что мне довелось слышать от Николая Михайловича в тот последний и памятный вечер, глубоко запало в душу, навсегда врезалось в память. В ту же ночь Н.М. Книпович

скончался, оставаясь на посту учёного до последних минут».

Это воспоминание ученика Н.М. Книповича ценно тем, что показывает нам весьма важную черту его характера — он до последнего своего часа следовал закону вечного всестороннего развития, всестороннего совершенствования. Эта черта характерна для талантливых гениальных людей, каким и был Н.М. Книпович.

Память о Н.М. Книповиче увековечена на географической карте Земли: подводный хребет в Норвежском море, бухта на Новой Земле, залив на Таймыре, мыс на о. Рудольфа на Земле Франца-Иосифа, гора в Антарктиде. Его имя носят два десятка видов водорослей, беспозвоночных животных и рыб.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев А.П. 1982. Николай Михайлович Книпович (1862–1939) // Биология моря. № 4. — С. 69–72.
- Алексеев А.П., Пономаренко В.П., Мухин А.М. 2001. Н.М. Книпович и становление рыболовства в России // История отечественной океанологии. — Калининград.
- Берг Л.С. 1950. Почётный академик Н.М. Книпович // Вести АН СССР. № 8. — С. 76–83.
- Лактионов А.Ф. 1962. Н.М. Книпович: жизнь и деятельность. К 100-летию со дня рождения // Океанология. № 4. — С. 758–766.
- Николай Михайлович Книпович, 1862–1939. Библиографический указатель (биографический очерк написан А.Н. Световидовым). 1974. — Л.: Изд. отд. биол. АН СССР. — 170 с.
- Сборник ВНИРО, посвящённый научной деятельности почётного члена АН СССР, заслуженного деятеля науки и техники Н.М. Книповича. 1939. — М.-Л.: — С. 5–11.
- Славентатор Д.Е. 1974. Учёный первого ранга. — Л.: Гидрометеиздат. — 134 с.

**ДАТЫ ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
Н.М. КНИПОВИЧА**

**25 марта (6 апреля) 1862 г.** Родился Николай Михайлович Книпович в семье военного врача в крепости Свеаборг (Финляндия).

**1880.** Окончание русской Александровской гимназии в Гельсингфорсе с золотой медалью (детство, проведённое в Финляндии, дало превосходное знание шведского и других скандинавских языков).

**1881.** Частное преподавание (с 15 лет). Близость к народовольческой группе П.А. Сикорского и Д.М. Рогачёва, работавшей в Свеаборге среди военных.

Обыск в семье Книповичей после разгрома народовольческой группы Сикорского—Рогачёва. Поступление на естественное отделение физико-математического факультета Петербургского университета.

Занятия на первом курсе университета в студенческом кружке под руководством Г.Е. Грум-Гржимайло.

**1881—1886.** Слушание лекций и занятия у профессоров Петербургского университета М.Н. Богданова (зоология позвоночных), Н.П. Вагнера (зоология беспозвоночных), А.Н. Бекетова (ботаника), И.М. Сеченова (физиология), В.В. Докучаева (геология и минералогия), А.И. Войкова (физическая география) и Н.А. Меншуткина (химия).

**1882—1884.** Занятия в зоотомическом кабинете Петербургского университета под руководством К.С. Мережковского.

**1883. 3 июня.** Назначение хранителем зоотомического кабинета Петербургского университета.

**1884.** Выступление с докладом в С.-Петербургском обществе естествоиспытателей о строении и развитии коловратки *Copochilus volvox*.

**1885.** Вступление в одну из первых в России социал-демократических групп, организованную Д.Н. Благоевым. Деятельное участие в работе группы.

Участие под руководством О.А. Гримма в экспедиции в дельту Волги для изучения сельдей и сельдяного промысла Волго-Каспийского бассейна.

Первая печатная работа «О коловратке *Copochilus volvox*. Енг.» (Извлечение напечатано в протоколах заседаний С.-Петербургского общества естествоиспытателей. См. № 1. Полностью работа не была опубликована, так как её рукопись оказалась затерянной).

Окончание Петербургского университета.

Начало педагогической деятельности в высших учебных заведениях.

Исполнение обязанностей ассистента (ещё до окончания университета) на Высших женских курсах — кафедра физиологии проф. Н.Е. Введенского.

**1886.** Защита кандидатской диссертации на тему о строении и развитии колониальной коловратки *Copochilus volvox*. Оставлен при университете на кафедре зоологии для подготовки к профессорскому званию (1886—1887 гг.).

**1886—1887.** Преподавание естественной истории в частной женской гимназии М.Н. Стоюниной.

**1887.** Избрание членом С.-Петербургского общества естествоиспытателей.

**2 марта.** Обыск и первый арест по делу социал-демократической группы Д.Н. Благоева.

Начало исследований на Белом море (после освобождения из-под ареста). Поездка на Соловецкую биологическую станцию С.-Петербургского общества естествоиспытателей для изучения под руководством Н.П. Вагнера биологии и гидрологии Белого моря. Отказ министра народного просвещения Н.Д. Делянова (во время пребывания Н.М. Книповича на Белом море) продлить его пребывание в университете ещё на один год. Предписано исключить его из числа кандидатов, подготавливаемых при университете к профессорскому званию и запретить ему какую бы то ни было педагогическую деятельность.

Освобождение из тюремного заключения. Пятилетний гласный надзор полиции. Запрещение поступать на государственную и общественную службу. Высылка по требованию охранного отделения на год из Петербурга. Жизнь в Финляндии.

Возвращение с Соловецкой биологической станции. Второй арест и заключение в тюрьму «Кресты».

**1887—1892.** Работа в летние месяцы на Соловецкой биологической станции. Руководство занятиями студентов, командированных на станцию.

**1887—1901.** Исследование фауны, биологии и гидрологии Белого и Баренцева морей и Мурманского побережья.

**1890.** Командировка Н.М. Книповича (руководитель), К.К. Сент-Илера, А.А. Бялыницкого-Бирули и др. на Соловецкую биологическую станцию.

- 20 октября.** Сообщение «Новая форма паразитических Ciripedia» на заседании Отделения зоологии и физиологии С.-Петербургского общества естествоиспытателей.
- 1890** и следующие годы. Чтение лекций в рабочих клубах Петербурга.
- 1891. 14 марта.** Доклад о целоме и нефридиях у *Laura gerardiae* на заседании Отделения зоологии и физиологии С.-Петербургского общества естествоиспытателей.  
Предложение Н.М. Книповича об организации библиотеки на Соловецкой биологической станции.
- 12 октября.** Сообщение «О самцах Ascothoracidae» на заседании С.-Петербургского общества естествоиспытателей.  
Сдача магистерских экзаменов и защита магистерской диссертации на тему «Материалы к познанию группы Ascothoracidae».
- 1893.** Избрание и утверждение приват-доцентом Петербургского университета. Определён хранителем зоотомического кабинета С.-Петербургского университета.
- 1893—1899.** Состоял приват-доцентом Петербургского университета. Участие в экспедиции на Северный Ледовитый океан на крейсере «Наездник». Исследования Баренцева моря. Во время плавания крейсер доходил до Новой Земли, был возле Вайгача и Югорского Шара.
- 1894.** Плавание на пароходе «Мурман». Исследование фауны Северного Ледовитого океана. Работы прикладного характера по обследованию морских промыслов на Севере. Поездка с П.Ю. Шмидтом по Мурманскому побережью.
- 7 сентября.** Назначение по представлению акад. Ф.Д. Плеске на должность сверхштатного сотрудника Зоологического музея АН. Работа сперва сверхштатным учёным хранителем, с 1895 г. — младшим, с 1900 г. — старшим зоологом, а с 1911 до 1921 г. — научным сотрудником. Занимался изучением моллюсков и рыб.  
Передача в дар Зоологическому музею АН коллекции рыб, собранной во время плавания по Северному Ледовитому океану на крейсере «Наездник».
- 1894—1897.** Преподавание естественной истории в реальном училище Штюмерера.
- 1895. 22 апреля.** Сообщение «О фауне Кильдинского озера» на заседании Отделения зоологии и физиологии С.-Петербургского общества естествоиспытателей.  
Плавание в северо-западной части Белого моря с Е.А. Шульцем.
- Передача в дар Зоологическому музею АН превосходной коллекции Pantopoda (94 экз.) Белого моря и Северного Ледовитого океана, а также рыб (33 экз.) и насекомых (25 экз.) с Мурманского побережья.
- 1896. 16 марта.** Сообщение «Зоологические исследования в северо-западной части Белого моря в 1895 г.» на заседании Отделения зоологии и физиологии С.-Петербургского общества естествоиспытателей.  
Подготовка к экспедиции, организуемой Академией наук, на Новую Землю. (целью поездки Н.М. Книповича и его помощника Г.Г. Якобсона были зоологические исследования и сбор фаунистических коллекций, но экспедиция осталась неосуществленной). Провал Лахтинской подпольной типографии, послуживший, по-видимому, причиной ареста Н.М. Книповича (третий арест) и его сестёр Зинаиды Михайловны и Лидии Михайловны. Хранение на даче на Валдайке, где жила семья Книповичей, рукописей В.И. Ленина, нелегальной революционной литературы и типографского шрифта. Рапорт неперменного секретаря Академии наук Н.Ф. Дубровина: «Замешан весьма серьёзно и отпущен быть не может».
- Август.** Освобождён из предварительного заключения, но не смог принять участия в экспедиции на Новую Землю.  
Начало подготовки по поручению Комитета для помощи поморам Русского Севера большой экспедиции для научно-промысловых исследований у берегов Мурмана.
- 1897. 7 февраля.** На заседании Петербургского отделения Общества для содействия русскому торговому мореходству председатель сообщил, что на его обращение к учёным о необходимости научно-промысловых исследований у берегов Мурмана он «встретил самое полное сочувствие со стороны целой группы молодых учёных Н.М. Книповича и др.». (Труды Северной комиссии 1897—1898 гг. 1898. — СПб. Прил. 1. — С. 4).
- 8 февраля.** На первом заседании Северной комиссии председатель доложил, что вопрос о научно-промысловых исследованиях у берегов Мурмана «всесторонне освещён нашими молодыми учёными (Н.М. Книповичем и др.), которые столь горячо отнеслись к этому необходимому для нашего северного населения начинанию». (Труды Северной комиссии 1897—1898 гг. 1898. — СПб. — Протоколы заседаний. — С. 6).

- Руководство экспедицией на паруснике по изучению Мурманских вод. (Проведена по предложению Комитета для помощи поморам Русского Севера).
- Организация (на общественные средства) большой Мурманской научно-промысловой экспедиции.
- 10 июня—10 сентября.** Поездка в Швецию, Данию, Норвегию, Шотландию и Северную Германию для подготовки научно-промысловой экспедиции. (Изучение состояния промыслового дела и научно-промысловых исследований за границей). Знакомство и поддержка в дальнейшем научных связей с Ф. Нансеном, И. Портом, О. Петерсоном, Г. Сарсом, занимавшимися изучением морей.
- Постройка по заказу Комитета для помощи поморам Русского Севера и по указаниям Н.М. Книповича парохода «Андрей Первозванный» — одного из первых судов специально сооруженных для научно-промысловых работ, был оборудован судовыми гидрологической и биологической лабораториями. Построенный на верфи «Бремер Вулкан» в Фегезаке «Андрей Первозванный» послужил прототипом для аналогичных судов Норвегии и других стран).
- 1897 и следующие годы.** Активное участие в деятельности Комитета для помощи поморам Русского Севера.
- 1898. 21 марта.** Сообщение «К вопросу о происхождении современной фауны Белого и Мурманского морей» на заседании Отделения зоологии и физиологии С.-Петербургского общества естествоиспытателей.
- Избрание в действительные члены Российского общества рыбоводства и рыболовства.
- Председатель С.-Петербургского отделения Общества для содействия русскому торговому мореходству «обратил внимание общего собрания на то, что как в вопросе о научно-промысловых исследованиях на Мурмане, так и по поводу учреждения инспекции, станции и школ главное участие в трудах Северной комиссии общества принимают представители нашего высшего научного учреждения — Академии наук (Н.М. Книпович и др.). Таким образом наука идёт на помощь практической жизни». (Труды Северной комиссии 1897—1898 гг. 1898. СПб.— Прил. 4.— С. 47).
- 1898—1901.** Научно-промысловая экспедиция для исследований у берегов Мурмана. (Н.М. Книпович — начальник экспедиции. Составлена карта рельефа дна Баренцева моря, карта течений).

- 1899. 9 января.** Участие в обсуждении доклада В.П. Амалицкого «О постплиоценовых образованиях Сухоно-Двинского бассейна» на заседании Отделения геологии и минералогии С.-Петербургского общества естествоиспытателей.
- Уволен из Петербургского университета по политической неблагонадёжности вместе с другими профессорами и преподавателями министром народного просвещения Боголеповым. Ректорат университета уведомил Н.М. Книповича, что в письме попечителя учебного округа с надписью «конфиденциально» сказано: министр народного просвещения «предписывает ныне же исключить из числа приват-доцентов С.-Петербургского университета магистра зоологии Книповича». (ЛО Архива АН СССР.— ф. № 731).
- Плавание на пароходе «Андрей Первозванный» из Александровска к Варангер-фиорду с целью выяснения распространения промысловых рыб.
- Первые опыты тралового лова на Баренцевом море во время плавания на пароходе «Андрей Первозванный».
- 1901. 14 февраля.** Избрание действительным членом Русского географического общества.
- 25 февраля.** Сообщение «Гидрологические и биологические исследования в Ледовитом океане в 1900 г.» на общем собрании С.-Петербургского общества естествоиспытателей. «Сообщение было выслушано с большим интересом и вызвало всеобщее одобрение» (Труды С.-Петерб. об-ва естествоиспытателей. 1902.— Т. 32. Вып. 1.— Протоколы заседаний.— С. 143—144).
- Участие в подготовке Международного конгресса по рыболовству и рыбоводству и рыбопромышленной выставки (в числе экспонатов — коллекция рыб Баренцева моря).
- Избрание членом Постоянного комитета по рыбопромышленности.
- 1901—1903.** Участие в работе комиссии Академии наук по проведению экспедиции Э.В. Толя для исследования Земли Санникова и других островов Сибирского архипелага.
- 1901—1914.** Участие в постоянном Международном совете по исследованию морей (Conseil permanent international pour l'exploration de la mer) в качестве представителя России. (В течение нескольких лет Н.М. Книпович был членом бюро и вице-президентом Международного совета).
- 1902.** Чтение публичной лекции о новейших исследованиях европейской части Северного Ледови-

- того океана в Морском собрании в Кронштадте. Выступление с докладами на Международном конгрессе по рыболовству и рыбководству в Петербурге.
- Присуждение Русским географическим обществом золотой медали имени Ф.П. Литке за совокупность исследований северных морей.
- Присуждение Международной рыбопромышленной выставкой в Петербурге благодарственного диплома.
- 1903.** Избрание председателем Отделения зоологии и физиологии С.-Петербургского общества естествоиспытателей (ежегодно переизбирался до 1909 г. включительно).
- 7 февраля.** Избрание членом-корреспондентом Societas pro fauna et flora Fenica в Гельсингфорсе (в дальнейшем Societe geographique de Finlande). Избрание членом Societe de l'Océanographie du Golfe de Gascogne, Франция).
- Присуждение Н.М. Книповичу комиссией Академии наук по премиям митрополита Макария золотой медали за содействие «в оценке конкурсных сочинений».
- Присуждение Московской гидробиологической выставкой почетного диплома за научные труды и гидрологическую карту.
- 27 февраля.** Сообщение «Физико-географические условия Ледовитого океана в связи с вопросом о происхождении его фауны» на заседании Отделения зоологии и физиологии С.-Петербургского общества естествоиспытателей.
- Командировка в Копенгаген на второе собрание Международного совета по исследованию морей. Сообщение в Датском геологическом обществе (Dansk Geologisk Forening) о гидрологических, биологических и геологических исследованиях в Северном Ледовитом океане.
- Октябрь.** Сообщение «Некоторые результаты гидрологических исследований в Европейском Ледовитом океане за последние пять лет» на заседании Отделения математической и физической географии Русского географического общества.
- Передача изданий С.-Петербургского общества естествоиспытателей — Каспийской экспедиции по просьбе Н. М. Книповича.
- 1904.** Каспийская экспедиция под руководством Н.М. Книповича. Чтение по приглашению Министерства земледелия и государственных имуществ лекций о научно-промысловых морских исследованиях.
- Командировка от Министерства земледелия и государственных имуществ в Гамбург на очередное собрание Международного совета по изучению морей.
- 1904—1906.** Преподавание, затем профессорство на курсах П.Ф. Лесгафта.
- 1905. 27 января.** На заседании Отделения зоологии и физиологии С.-Петербургского общества естествоиспытателей единогласно принято постановление: «Кровавыми событиями 9 января настолько потрясены основы общественной и государственной жизни, что все высшие учебные заведения не нашли возможным продолжать учёную и учебную деятельность среди таких исключительно ненормальных условий. Наше общество, тесно связанное с университетом, не может оставаться хладнокровным зрителем этих событий. Отделение находит, что спокойная научная работа при таких исключительно тяжёлых условиях вряд ли возможна. Ввиду этого Отделение предлагает закрыть не только настоящее заседание, но и вообще все очередные собрания впредь до установления условий, обеспечивающих нормальное течение академической жизни» (Память погибших 9 января была почтена вставанием. После этого заседание было закрыто. — Председатель Отделения — Н.М. Книпович (Труды С.-Петерб., о-ва естествоиспытателей. 1905. — Т. 36. Вып. 1. — Протоколы. — С. 10—11).
- Командировка в Копенгаген на очередное собрание Международного совета по морским исследованиям.
- 1905—1910.** Чтение лекций по зоологии на общеобразовательных вечерних курсах А.С. Черныяева.
- 1906.** Командировка в Амстердам на очередное собрание Международного совета по изучению морей.
- Публикация работы «Основы гидрологии Европейского Ледовитого океана» (СПб., 1906) — крупного вклада в мировую океанографическую литературу. Книпович разрабатывал тему разветвлений Гольфстрима между Мурманом и Новой Землей, работа удостоена золотой медали Русского географического общества.
- 1906—1910.** Преподавание на фельдшерских курсах Э. Венгеровой.
- 1907.** После Пятого (Лондонского) съезда РСДРП В.И. Ленин более месяца отдыхал у Книповичей на даче в Финляндии.
- Присуждение Н.М. Книповичу С.-Петербургским обществом естествоиспытателей золотой медали за исследования Северного Ледовитого океана.



- Преподавание на Стебутовских сельскохозяйственных курсах.
- 1907–1915.** Членство в Рыбном комитете и Бюро промысловой зоологии Главного управления земледелия и землеустройства.
- 1907–1919.** Преподаватель, затем председатель педагогического совета и ректор Педагогических курсов Петербургского Фребелевского общества (позднее Институт дошкольного образования).
- 1908.** Руководство экспедицией на военных судах «Компас» и «Описной», направленной для составления гидрологической и гидрофизической характеристики Балтийского моря в его заливах, гидрологические наблюдения и фаунистические сборы выполнялись по поручению Зоологического музея АН).  
Участие в комиссии С.-Петербургского общества естествоиспытателей по присуждению премии им. К.Ф. Кесслера (премия присвоена А.Н. Северцову).
- 13 октября.** Избрание действительным членом Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии в Москве.
- 1908–1911.** Чтение лекций по зоологии на летних курсах для народных учителей.
- 1909.** Издание «Курса общей зоологии для высших учебных заведений и самообразования» (2-е издание вышло в 1915 г., 3-е издание — в 1924 г.).
- 1909–1916.** Профессор биологии, зоологии беспозвоночных, медицинской зоологии и декан Психоневрологического института.
- 1910.** Командировка от Главного управления земледелия и землеустройства: 1) на IX Международный зоологический конгресс в Граце и 2) на очередной съезд Международного совета по изучению морей.  
Командировка от Академии наук в Монако на открытие Океанографического музея.  
Чтение серии публичных лекций по вопросу о наследственности.
- 1911.** Командировка от Главного управления земледелия и землеустройства на Международный конгресс по рыболовству в Риме.  
До **1 сентября** 1930 г. Профессор на кафедре зоологии Петербургского женского медицинского института (позднее 1-й Ленинградский медицинский институт); с 10 ноября 1911 г. состоял в качестве и. д. экстраординарного профессора. Продолжал заведовать 3-м отделением беспозвоночных Зоологического музея АН в качестве и. о. старшего зоолога вне штата.
- 1913. 28 декабря.** Доклад «Работы Каспийской экспедиции 1912–1913 гг.» на годовом собрании С.-Петербургского общества естествоиспытателей.
- 1914. 21 февраля.** Сообщение «Траловый промысел Баренцева моря» на заседании Российского общества рыбоводства и рыболовства.  
Избрание Н.М. Книповича Российским обществом рыбоводства и рыболовства председателем комиссии по присуждению премии имени В.И. Вешнякова.
- 1914–1915.** Каспийская экспедиция под руководством Н.М. Книповича. Выполнены наиболее полные гидрологические и гидробиологические исследования Каспийского моря на судне «Або».
- 1916.** Чтение лекций в Соликамске.  
Избрание почетным членом Киевского географического института.
- 1917–1918.** Камеральная обработка многочисленных материалов Каспийской экспедиции 1914–1915 гг.
- 1917–1920.** Работал консультантом отдела рыбоводства и научно-промысловых исследований Сельскохозяйственного учёного комитета. Отдел организован в сентябре 1917 г.
- 1918.** Командировка в Астрахань. Н.М. Книпович — председатель межведомственной комиссии по разработке мер для снабжения Красной Армии и населения страны рыбой.  
Руководство разработкой научно-промысловых исследований на севере европейской части России (Баренцево, Белое и Карское моря).
- 1918–1920.** Член Совета экспертов Петроградского отдела народного образования.  
Профессор, потом ректор одногодичных педагогических курсов, преобразованных в дальнейшем в Педагогическую академию народного образования.
- 1919.** Член организационного комитета по созданию Гидрологического института.  
Избрание профессором зоологии и физиологии животных Третьего педагогического института в Петрограде (в дальнейшем этот институт вошел в состав Педагогического института им. А.И. Герцена).
- 1919–1920.** Чтение лекций по биологии на курсах по подготовке учителей второй ступени во Пскове и лекций по эволюционной теории на курсах по подготовке руководителей экскурсий.  
Преподавал в Учительском институте Красной Армии им. Н.Г. Толмачёва.

- Профессор Института внешкольного образования.  
Преподавание в 31-й Советской школе (б. Тенишевское училище).
- 1919—1925.** Профессор Педагогического института им. А.И. Герцена в Петрограде.
- 1919—1939.** Работал в Государственном гидрологическом институте (ГГИ) (в первые годы — Российский гидрологический институт). С основания института был старшим гидрологом, заместителем директора (1922—1924 гг.), председателем Морского отдела.
- 1920.** Заведующий Саблинской экскурсионной станцией Внешкольного подотдела Петроградского отдела Народного комиссариата просвещения.  
Член научного совета Петроградского зоологического сада.
- 1921.** Образование организационного комитета по созыву I Всероссийского гидрологического съезда. Н.М. Книпович в составе комитета.  
**Май.** Участие в съёмке гидрологического разреза вдоль Кольского меридиана. Высказано мнение о потеплении Баренцева моря сравнительно с первыми годами XX в.  
Командировка на Мурманскую биологическую станцию для научных исследований.  
После окончания гражданской войны (на юге страны) Н.М. Книповичем выдвинуто предложение об организации большой научной рыбопромысловой экспедиции на Чёрном и Азовском морях.  
**5 августа.** Телеграмма В.И. Ленина Н.М. Книповичу по вопросу об организации рыбного дела на Мурмане.  
**6 августа.** Письмо Н.М. Книповича в ответ на телеграмму В.И. Ленина от 5 августа 1921 г. О недостатках в работе Главного управления по рыболовству и рыбной промышленности и его начальнике В.И. Мейснере.  
**3 сентября** В.И. Ленин отмечает в записке В.А. Смольянинову: «Н.М. Книпович — не только научная сила 1-го ранга, но и безусловно честный человек» [Полн. собр. соч. Изд. 5-е. Т. 53.— С. 166—167].  
**3 сентября.** Письмо В.И. Ленина в ответ на письмо Н.М. Книповича от 6 августа 1921 г.  
**11 августа — 22 декабря.** Участие по личному указанию В.И. Ленина в советско-финских переговорах в качестве эксперта при заключении рыболовной конвенции. Командировка для переговоров в Финляндию.
- 10 октября.** Письмо В.И. Ленину об отношениях с Международным советом по морским исследованиям.
- 26 октября** В.И. Ленин в записке Н.П. Горбуну на письме Н.М. Книповича от 10 октября 1921 г. пишет: «Н.М. Книпович — крупнейшее научное имя и безусловно добросовестный, на редкость добросовестный человек. Поэтому надо отнестись с полным доверием и предложение его принять немедленно. Проведите через Малый СНК быстро и скажите мне, если будет малейшая задержка» [Поли. собр. соч. Изд. 5-е. Т. 53.— С. 307].  
Избрание членом-корреспондентом Geografiska Sällskapet i Finland.  
Публикация труда «Гидрологические исследования в Каспийском море 1914—1915 гг.», признанного образцом обработки гидрологического и гидробиологического материала.
- 1922.** Руководство научно-промысловой экспедицией по изучению Азовского моря.  
Переговоры по поручению Совета Народных Комиссаров о возобновлении участия в Международном совете по морским исследованиям.  
Работа консультантом в Институте археологической технологии Российской академии истории материальной культуры в Петрограде.  
**14 ноября.** Письмо В.И. Ленину о трудных условиях работы Главного управления по рыболовству и рыбной промышленности.  
**2 декабря.** Беседа В.И. Ленина с Н.М. Книповичем об изучении Азовско-Черноморского бассейна.  
**3 декабря.** Докладная записка В.И. Ленину о передаче парохода «Бесстрашный» Азовской научно-промысловой экспедиции.  
**1—21 декабря.** Участие в занятиях I Всероссийского съезда зоологов, анатомов и гистологов в Петрограде.  
**Декабрь.** Участие в организации Русского общества зоологов, анатомов и гистологов.
- 1922—1927.** Азовско-Черноморская научно-промысловая экспедиция под руководством Н.М. Книповича.
- 1923. 30 января — 6 февраля.** Участие в совещании заведующих научно-промысловыми учреждениями Главрыбы. Избрание председателем, чтение доклада, выступления по ряду докладов.  
**Март.** Участие в занятиях Всероссийской конференции по изучению естественных производительных сил России, созванной Госпланом в Москве.

- Доклад на заседании Зоологического музея «Главнейшие результаты Азовской экспедиции в отношении исследования физической природы и жизни в Азовском и Чёрном морях».
- Командировка от Института археологической технологии Российской академии истории материальной культуры в южные города для занятий в местных музеях по определению и обработке животных останков.
- 7 сентября.** Письмо Н.М. Книповича Крупской Н.К. о помощи Азовско-Черноморской экспедиции.
- 1923–1927.** Работа в отделе прикладной ихтиологии Государственного института опытной агрономии.
- 1924. 7–14 мая.** Участие в занятиях I Всероссийского гидрологического съезда в Ленинграде. Выступления с докладами «Каспийское море и задачи дальнейших исследований в нем» и «Научно-промышленные исследования в Азовском и Чёрном морях».
- 15 мая.** Присуждение Географическим обществом высшей почётной награды за совокупность учёных трудов.
- 29 ноября.** Выступление на заседании учёного совета Российского гидрологического института с докладом «Некоторые результаты гидробиологических исследований в Чёрном море». Участие в деятельности комиссии Российского гидрологического института по привлечению студенческих кружков к научным работам института.
- Составление плана работ по изучению гидрологии Каспийского моря у берегов Дагестанской республики. План подготовлен по просьбе Дагестанского научно-исследовательского института и утверждён Российским гидрологическим институтом.
- Доклад на заседании Общества исследователей воды и её жизни о работе на Чёрном море Азовско-Черноморской научно-промышленной экспедиции.
- 1925. 4–10 мая.** Участие в работах II Всероссийского съезда зоологов, анатомов и гистологов в Москве.
- Участие в совещании заведующих научно-промышленными учреждениями Народного комиссариата земледелия. Избрание председателем, выступления с сообщением о работах Азовской научно-промышленной экспедиции и докладом «Из гидробиологии Чёрного и Азовского морей». Выступление на общем собрании Ленинградского общества естествоиспытателей с докладом «Из новых работ на Чёрном и Азовском морях».
- 4 декабря.** Записка о возобновлении участия России в Международном совете по морским исследованиям.
- 40-летний юбилей научной и педагогической деятельности Н.М. Книповича. Заграничная командировка.
- 11 ноября.** Избрание почётным членом Ленинградского общества изучения местного края.
- 20 декабря.** На заседании президиума Российского гидрологического института Н.М. Книпович и В.Г. Глушков выступили с предложением об организации при институте отделений с практическим уклоном (промышленное, гидротехническое и др.). Образована комиссия под председательством Н.М. Книповича для разработки выдвинутого предложения.
- 1925 и следующие годы.** Представитель советских учёных в журнале «Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographies».
- 1926. Февраль.** Юбилейное заседание в 1-м Московском государственном университете, посвящённое 40-летию научной деятельности Н.М. Книповича (Выступления проф. Л.С. Берга, проф. А.П. Пинкевича. Получение приветствий от Н.К. Крупской и М.И. Ульяновой. Учреждение стипендии имени Н.М. Книповича при отделении рыбоведения Сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева).
- Март.** Участие в занятиях II Всесоюзного совещания по рыбному хозяйству. Избрание Н.М. Книповича в состав президиума.
- 7 марта.** Избрание почётным членом Ленинградского общества естествоиспытателей.
- 1926–1927.** Командировка за границу для переговоров о совместных с Германией исследованиях Баренцева моря.
- 1926–1933.** Издание под редакцией Н.М. Книповича «Трудов Азовско-Черноморской научно-промышленной экспедиции».
- 1927. 15 января.** Избрание членом-корреспондентом Академии наук СССР.
- 13 мая.** Избрание действительным членом Плавающего морского научного института.
- 16 июля – 7 августа.** Руководство Азовско-Черноморской научно-промышленной экспедицией. Работа на парусно-моторной шхуне Керченской рыбохозяйственной станции «Н. Данилевский» (северо-восточная часть Чёрного моря, Керченский пролив, Азовское море, южный берег Крыма).

- Пожертвование книг в библиотеку Новороссийской биологической станции.
- 14–20 декабря.** Участие в работах III Всероссийского съезда зоологов, анатомов и гистологов в Ленинграде.
- Издание Народным комиссариатом земледелия РСФСР «Сборника в честь профессора Николая Михайловича Книповича. 1885–1925». Сборник подготовлен к 40-летию научной деятельности.
- 1927 и следующие годы.** Участие в работах учёного совета Новороссийской биологической станции им. В.М. Арнольди.
- 1928. Февраль.** Участие в работах I Всероссийского совещания по рыбному хозяйству при Народном комиссариате земледелия РСФСР.
- 20–27 апреля.** Участие в занятиях II Всесоюзного гидрологического съезда в Ленинграде. Избрание членом президиума съезда и председателем гидробиологической и гидрологической секций.
- Май.** Командировка с научной целью в Германию, Данию, Швецию и Финляндию.
- 1929.** Организация по инициативе Н.М. Книповича Ленинградского научно-исследовательского ихтиологического института.
- 12 ноября.** На 100-м заседании совета Морского отдела Государственного гидрологического института Н.М. Книпович выступил с сообщением «О деятельности Морского отдела с момента его основания».
- 1930. 2 мая.** Участие в работах IV Всесоюзного съезда зоологов, анатомов и гистологов в Киеве. Избрание председателем президиума съезда. Выступление на секции гидробиологии с докладом «О задачах, поставленных правительством перед рыбной промышленностью и научными промысловыми учреждениями Союза ССР».
- 1931. 12 октября.** Премирование Народным комиссариатом снабжения СССР за научные труды по изучению сырьевой базы рыбной промышленности денежной суммой в 1500 руб.
- 1932.** Участие в работах I Всесоюзной конференции по водному хозяйству в Москве. Выступление на пленарном заседании с докладом «Моря СССР и их народно-хозяйственное значение».
- Членство в Государственном учёном совете Народного комиссариата просвещения по секции естествознания и математики.
- Издание работы в трудах Азовско-Черноморской научно-промысловой экспедиции «Гидрологические исследования в Азовском море».
- 1932 и следующие годы.** Работа во Всесоюзном научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО).
- 1933.** Выступления с докладами в Госплане о реконструкции Волги. Возобновление работы по исследованию Баренцева моря (после 40-летнего перерыва). Предложение Народного комиссариата рыбной промышленности Н.М. Книповичу руководить научно-промысловыми исследованиями на севере СССР.
- Работа в учёном совете при Научно-исследовательском секторе Народного комиссариата снабжения СССР.
- Участие в ноябрьской сессии АН СССР, посвященной проблемам Волго-Каспия. Выступления с докладами «Гидрология Каспийского моря» и «Влияние проектируемых гидротехнических сооружений на рыбное дело Каспийского и Азовского морей».
- 15 декабря.** Утверждение Н.М. Книповича в составе бюро Полярной комиссии АН СССР.
- Издание работы в трудах Азовско-Черноморской научно-промысловой экспедиции «Гидрологические исследования в Чёрном море».
- 1933 и следующие годы.** Участие в разработке гидротехнических сооружений на Волге и на Дону и в работах экспертной комиссии Госплана по рассмотрению проектов реконструкции Волги.
- 1933 и следующие годы.** Работа в Каспийской комиссии Академии наук СССР (КАСП).
- 1933–1934.** Первая комплексная экспедиция на средний и южный Каспий, организованная Каспийской комиссией АН СССР по инициативе и под руководством Н.М. Книповича.
- 1934.** Публикация статьи «Из воспоминаний о В.И. Ленине» в журнале «Природа».
- Присуждение учёной степени доктора зоологии Академией наук СССР без защиты диссертации за исключительные заслуги по изучению европейских морей СССР.
- 1934–1935.** Экспедиция в северо-восточные заливы Каспийского моря, организованная по инициативе и под руководством Н.М. Книповича.
- Руководство океанографической съёмкой южной части Баренцева моря. Съёмка выполнялась на судах «Николай Книпович» и «Персей» Полярным институтом морского рыбного хозяйства и океанографии.
- 1935. 7–24 января.** Участие в работе I Всекаспийской научной рыбохозяйственной конференции. Дополнения к докладу С.В. Коган-Бернштейна на пленарном заседании «Перспективы

- гидроэлектростроительства на Волге и его возможное влияние на рыбное хозяйство Волго-Каспийского района».
- 50-летний юбилей научной и педагогической деятельности Н.М. Книповича. В приказе Народного комиссара пищевой промышленности А.И. Микояна 15 января сказано: «Капитальные труды проф. Книповича по изучению природы и промыслов морей СССР являются основой наших знаний о важнейших рыбопромысловых бассейнах СССР и, помимо теоретического значения, имеют большое практическое значение для изучения рыбного хозяйства».
- Полярному научно-исследовательскому институту морского рыбного хозяйства и океанографии в Мурманске (ПИНРО) присваивается имя Н.М. Книповича. Учреждается премиальный фонд им. Н.М. Книповича в 10000 руб. за лучшие научные работы по океанографии и рыбному хозяйству СССР. Учреждается пять ежегодных стипендий в рыбных вузах. Н.М. Книпович премируется персональной легковой машиной.
- 9 апреля.** Присуждение Президиумом ВЦИК звания заслуженного деятеля науки и техники РСФСР.
- 11 мая.** Избрание почётным членом Географического общества Союза ССР.
- 1 июня.** Избрание почётным академиком Академии наук СССР.
- 5 июня.** Присвоение высшей аттестационной комиссией ученой степени доктора биологических наук без защиты диссертации.
- Работа на Мурмане. Разработка совместно с коллективом Полярного института морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО) плана широких гидрологических исследований в Баренцевом море. Постоянная связь Н.М. Книповича с Полярным институтом, которому присвоено его имя. Экспедиционное судно института названо «Николай Книпович».
- 19 декабря.** Постановление ВЦИК об утверждении Н.М. Книповича в звании действительного члена Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО).
- 1936. 10 января.** Письмо Н.К. Крупской о работе по подготовке популярных изданий и привлечении к участию в ней Н.М. Книповича.
- 20 марта.** Постановление Академии наук СССР о назначении Н.М. Книповича директором Северной базы.
- 20 ноября.** Избрание почётным членом Московского общества испытателей природы. Член экспертной комиссии Всесоюзного комитета по делам высшей школы. На основании постановления ВЦИК и СНК СССР Н.М. Книповичу назначена персональная пенсия.
- 1937. 13 августа.** Утверждение Академией наук СССР в звании члена учёного совета Зоологического института АН СССР.
- 1937–1938.** Экспедиция на Каспийское море, проведённая по инициативе Н.М. Книповича.
- 1938.** Выход в свет труда «Гидрология морей и солоноватых вод (в применении к промысловому делу)». Выпущен Всесоюзным научно-исследовательским институтом морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО).
- 1939. 23 февраля.** Николай Михайлович Книпович скончался на 77-м году жизни в Ленинграде. Похоронен на Смоленском кладбище. Перезахоронен в 1956 г. на Литераторских мостках Волкова кладбища.
- 1939.** Издание Всесоюзным научно-исследовательским институтом морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) «Сборника, посвящённого научной деятельности почётного члена Академии наук СССР, заслуженного деятеля науки и техники Николая Михайловича Книповича. 1885–1939».
- 1962. 13 апреля.** Заседание в Москве, посвящённое 100-летию со дня рождения Н.М. Книповича. Выступления представителей научных учреждений Госплана СССР, Академии наук СССР, Государственного океанографического института, Арктического и антарктического института и др.
- 23 апреля.** Заседание в Ленинграде, посвящённое 100-летию со дня рождения Н.М. Книповича. Выступления акад. Е.Н. Павловского, А.Ф. Лактионова и др. Выставка работ Н.М. Книповича, открытая в Библиотеке АН СССР и перенесённая затем в большой конференц-зал АН СССР в Ленинграде.
- 1974.** Открытие памятника на могиле Н.М. Книповича на Волковом кладбище в Ленинграде.

**СПИСОК ЖИВОТНЫХ,  
ОПИСАННЫХ Н.М. КНИПОВИЧЕМ**

**РАКООБРАЗНЫЕ**

*Dendrogaster astericola* Knipowitsch gen. nov., sp. nov. — «Biol. Zentralbl.», 1891, Bd 10, № 23, S. 707–708, 111. См. № 7.

**МОЛЛЮСКИ**

*Coryphella simpsoni* f. *laevidens* Knipowitsch nov. — «Ежегодник Зоол. музея», 1902, т. 7, № 4, с. 391 с ил. № 30–31. См. № 101.

*Philine intermedia* Knipowitsch nov. — «Ежегодник Зоол. музея», 1901, т. 6, № 4, с. 488. См. № 88.

*Philine lima* var. *frigida* Knipowitsch nov. — «Ежегодник Зоол. музея», 1901, т. 6, № 4, с. 489. См. № 88.

*Montacuta spitzbergensis* Knipowitsch nov. — «Ежегодник Зоол. музея», 1901, т. 6, № 4, с. 519. См. № 88.

*Chaetoderma productum* v. *intermedia* Knipowitsch nov. — «Ежегодник Зоол. музея», 1896, т. 1, № 4, с. 294. См. № 25.

**РЫБЫ**

*Artediellus euroraeus* Knipowitsch sp. nov. — «Зап. АН. Сер. 8. Физ.-мат. отд.-ие», 1907, т. 18, № 5, с. 17. См. № 140.

*Artediellus scaber* Knipowitsch sp. nov. — «Зап. АН. Сер. 8. Физ.-мат. отд.-ие», 1907, т. 18, № 5, с. 18 с ил. на л. 1. См. № 140.

*Lycenchelys sarsi* var. *septentrionalis* Knipowitsch nov. — «Зап. АН. Сер. 8 Физ.-мат. отд.-ие», 1906, т. 19, № 1, с. 4 с ил. № 1—3. См. № 136.

*Lycodes attenuatus* Knipowitsch sp. nov. — «Зап. АН. Сер. 8. Физ.-мат. отд.-ие», 1906, т. 19, № 1, с. 73 с ил. № 13—14. См. № 136.

*Lycodes jugoricus* Knipowitsch sp. nov. — «Зап. АН. Сер. 8. Физ.-мат. отд.-ие», 1906, т. 19, № 1, с. 18 с ил. № 4—5. См. № 136.

*Lycodes maris-albi* Knipowitsch sp. nov. — «Зап. АН. Сер. 8. Физ.-мат. отд.-ие», 1906, т. 19, № 1, с. 48 с ил. № 9—12. См. № 136.

*Lycodes rossi intermedia* Knipowitsch nov. — «Зап. АН. Сер. 8. Физ.-мат. отд.-ие», 1906, т. 19, № 1, с. 28. См. № 136.

*Lycodes rossi subarctica* Knipowitsch nov. — «Зап. АН. Сер. 8. Физ.-мат. отд.-ие», 1906, т. 19, № 1, с. 28. См. № 136.

*Lycodes rossi* f. *megaloccephala* Knipowitsch nov. — «Зап. АН. Сер. 8. Физ. мат. отд.-ие», 1906, т. 19, № 1, с. 28. См. № 136.

*Lycodes vahli* v. *septentrionalis* Knipowitsch nov. — «Зап. АН. Сер. 8. Физ. мат. отд.-ие», 1906, т. 19, № 1, с. 95 с ил. См. № 136.

**СПИСОК ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЖИВОТНЫХ,  
НАЗВАННЫХ В ЧЕСТЬ Н.М. КНИПОВИЧА**

**ВОДОРΟΣЛИ**

*Anabaena Knipowitschi* sp. nov. [См.: П.И. Усачев.— В кн.: Сборник в честь проф. Н.М. Книповича. 1885–1925. М., 1927, с. 411 с ил.].

*Peridinium Knipowitschi* sp. nov. [См.: П.И. Усачев.— В кн.: Сборник в честь проф. Н.М. Книповича. 1885–1925. М., 1927, с. 415 с ил.].

**ПАРАЗИТИЧЕСКИЕ ЧЕРВИ**

*Knipowitschiatrema nicolai* Issaitschikoff nov. gen. nov. sp. [См.: И.М. Исайчиков.— В кн.: Сборник в честь проф. Н.М. Книповича. 1885–1925. М., 1927, с. 261–263].

**РАКООБРАЗНЫЕ**

*Cletodina knipowitschi* G.O. Sars 1927. [См. G.O. Sars.— В кн.: Сборник в честь проф. Н.М. Книповича. 1885–1925, М., 1927, с. 328].

*Chasarocuma (Schizorhynchus) knipowitschi* Derzhavin 1912. [См.: А. Derzhavin.— «Zool. Anz.», 1912, Bd 39, № 8/9, S. 279–280, 111].

*Anopux knipowitschi* Gurjanova 1962. [См.: Определители по фауне СССР. 74. Е.Ф. Гурьянова. Бокоплавы северной части Тихого океана. Ч. 50. М.-Л., 1962, с. 274–276 с ил.].

*Caspiella (Caspicola) knipowitschi (Derzhavin, 1944)* [См.: Державин А.Н. Новое семейство Caspiellidae (Amphipoda) из Каспийского моря. Известия Азербайджанского филиала Академии наук, № 8, 1944, с. 83–86].

*Dulichia (Dyopedos) knipowitschi (Gurjanova 1933)*. [См.: Е. Gurjanova.— «Zool. Anz.», 1933, Bd 103, № 5/6, S. 127].

*Caspiomysis knipowitschi* G.O. Sars 1907. [См.: G.O. Sars.— В кн.: Труды Каспийской экспедиции 1904 г. Т. 1. СПб., 1907, с. 264–265; ил. 5 и 6].

**МОЛЛЮСКИ**

*Caspia gmelini* var. *Knipowitschii* Makarov 1938. [См.: А.К. Макаров.— «Зоол. журн.», 1938, т. 17, вып. 6, с. 1058].

*Hurbanis caspia knipowitschi* Logvinenko et Starobogatov 1966. [См.: Б.М. Логвиненко, Я.И. Старобогатов.— «Науч. докл. высш. школы. биол. науки», 1966, № 2, с. 15 с ил.].

**МОРСКИЕ ЗВЁЗДЫ**

*Henricia knipowitschi* Djakonov 1950. [См.: Определители по фауне СССР. 34. А.М. Дьяконов. Морские звёзды морей СССР. М.-Л., 1950, с. 93 с ил. № 46–48].

**АСЦИДИИ**

*Aplidiopsis knipowitschi* Redikorzev 1927. [См.: V. Redikorzev.— В кн.: Сборник в честь проф. Н.М. Книповича. 1885–1925. М., 1927, с. 351–352 с ил.].

**РЫБЫ**

- Knipowitschia Iljin* 1927. [См.: Б.С. Ильин.— В кн.: Труды Азовско-Черноморской научно-промысловой экспедиции. Вып. 2. Л., 1927, с. 131 с ил. на л. 2].
- Blennius knipowitschi* Slatenenko 1934. [См.: Е.П. Сластененко.— «Докл. АН СССР. Новая сер.», 1934, т. 1, № 6, с. 357–360 с ил.].
- Coregonus lavaretus imandrae infrasubspecies knipowitschi* Krogius nov. [См.: Л.С. Берг. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Ч. 2. Изд. 3-е, испр. и доп. Л., 1933, с. 847].
- Lycodes knipowitschi* Pоров 1931. [См.: А.М. Попов.— «Исследования морей СССР», 1931, вып. 14, с. 138–140 с ил. в тексте и на л. 2].
- Sarritor leptorhynchus knipowitschi* Lindberg et Andriashev 1950. [См.: У. Линдберг, А.П. Андрияшев.— В кн.: Исследования дальневосточных морей. 2. М.-Л., 1950, с. 300–302 с ил.; 1 л. ил.].
- Ascoldia variegata knipowitschi* Soldatov 1927. [См.: В.К. Солдатов.— В кн.: Сборник в честь проф. Н.М. Книповича. 1885–1925. М., 1927, с. 400 с ил.].
- Rutilus rutilus caspicus natio knipowitschi* Pravdin nov. [См.: И.Ф. Правдин.— В кн.: Сборник в честь проф. Н.М. Книповича. 1885–1925. М., 1927, с. 83–88].
- Caspialosa knipowitschi* Iljin 1927. [См.: Б.С. Ильин.— В кн.: Сборник в честь проф. Н.М. Книповича. 1885–1925. М., 1927, с. 69 с ил.].
- Liopsetta glacialis knipowitschi* Essipov, 1939 [См.: В.К. Есипов.— К систематике полярной камбалы (*Liopsetta glacialis*) Баренцева и Карского морей // Сб. памяти Н.М. Книповича. Л. 1939. с. 167–176].
- Careproctus knipowitschi* Chernova, 2005 [См.: Н.В. Чернова.— Новые виды *Careproctus* (Liparidae) из Баренцева моря и сопредельных вод // Вопросы ихтиологии. 2005. Т. 45, № 9, с. 689–690.]
- Gymnelus knipowitschi* Chernova, 1999 [См.: Н.В. Чернова.— Новый вид *Gymnelus knipowitschi* из Северного Ледовитого океана и переписание *G. hemifasciatus* Andriashev (Zoarcidae). // Вопросы ихтиологии. 1999. Т. 39, № 1, с. 5–13].

**ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАЗВАНИЯ  
В ЧЕСТЬ Н.М. КНИПОВИЧА**

- БУХТА КНИПОВИЧА (Новая Земля).
- ГОРА КНИПОВИЧА (Антарктида, Земля Эндерби).
- ЗАЛИВ КНИПОВИЧА (Таймырский полуостров).
- МЫС КНИПОВИЧА (остров Рудольфа, Земля Франца-Иосифа).

**К 100-летию со дня рождения выдающегося исследователя  
экологии и фауны южных морей России  
Екатерины Адамовны Яблонской  
1912–2001 гг.**

*М.В. Бондаренко, Н.В. Кловач*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)  
E-mail: vniro@vniro.ru



ЕКАТЕРИНА АДАМОВНА ЯБЛОНСКАЯ по праву принадлежит к плеяде выдающихся русских гидробиологов XX века. С её именем связана целая эпоха в гидробиологических и рыбохозяйственных исследованиях.

Е.А. Яблонская родилась в 1912 г. в г. Ленинграде. Отец её по специальности был инженером, мать в то время не работала. В 1917 г. семья осталась без отца, и матери пришлось одной воспитывать трёх дочерей, зарабатывая на жизнь педагогической деятельностью.

После окончания школы девятилетки в п. Малаховка Московской области в 1929 г. Е.А. Яблонская поступает в Московский Государственный Университет на биологический факультет. В 1933 г. она заканчивает обучение и получает диплом по специальности «гидробиология». Дипломная работа Е.А. Яблонской на тему «Бентос озёр с различным физико-химическим режимом» была позднее опубликована в Учёных записках МГУ (1936).

По окончании Университета в 1933 г. Яблонская Е.А. поступает на работу на лимнологическую станцию в Косине.

Биологическая станция на Косинских озёрах (Белое, Чёрное, Святое) была организована в 1908 г. по инициативе профессора Московского университета Г.А. Кожевникова для проведения лимнологических исследований и обучения студентов. В те времена станция находилась далеко за пределами города. Станция была удобным местом для проведения научных исследований. С одной стороны, она находилась относительно недалеко от Москвы, с другой — имелись в наличии разнотипные озёра. Проводимые на станции работы были традиционными для своего времени и сводились к изучению фауны и флоры озёр и прилегающей территории. В 1923 г. директором станции стал Л.Л. Россолимо — исследователь с очень широким научным кругозором, зоолог по образо-



ванию, специалист по простейшим, а впоследствии — один из лидеров отечественной лимнологии, оставивший заметный след в разных её областях. У него был замечательный дар организатора, позволивший собрать на станции коллектив талантливых (хотя порой непростых по характеру) сотрудников. Именно тогда на Косинских озёрах начинались первые в России лимнологические и экологические исследования. Л.Л. Россолимо выдвинул идею «балансового подхода» в изучении экосистем, здесь Г.Г. Винберг изобрёл способ определения продукционно-деструкционных процессов, В.С. Ивлёв выдвинул идею энергетического подхода при изучении трофических цепей, С.И. Кузнецов использовал тот же подход при изучении микробиологических процессов, изучал баланс азота и фосфора в озёрах, С.Н. Дулаков использовал сукцессионный подход при изучении обрастаний. Здесь впервые начинались исследования, связанные с эвтрофированием озёр. Исследования российских лимнологов намного опережали зарубежные работы в этом направлении.

На Биологической станции был организован научный семинар, который посещали Л.А. Зенкевич, В.В. Алпатов, Г.Ф. Гаузе, С.Д. Муравейский, Б.С. Скопинцев, С.В. Бруевич и многие другие. Большинство перечисленных исследователей вошли в учебники как классики лимнологии и экологии. На биологической станции много лет издавался журнал «Труды лимнологической станции в Косино» (на русском и немецком языках).

За время работы на лимнологической станции с 1933 по 1941 г. Е.А. Яблонской были проведены исследования по усвоению естественных кормов зеркальным карпом, результаты этой работы опубликованы в Трудах лимнологической Станции (1935). Проведены исследования по питанию хирономид, совместно с д.б.н. Е.В. Боруцким и С.В. Суетовым. Проводились работы по изучению зарастания Ивановского водохранилища. Тогда же Е.А. Яблонской был собран материал по динамике биомассы бентоса Медвежьих озёр, ставший, в дальнейшем основой её кандидатской диссертации. Е.А. Яблонская работала на лимнологической станции в Косино вплоть до её закрытия в 1941 г.

В том же году Е.А. Яблонская вместе с семьёй сестры выехала в эвакуацию на станцию Нурлат Татарской АССР, где с 1942 по 1945 г. работала на военном заводе сначала мастером ОТК, а затем — заместителем начальника ОТК завода.

В 1945 г. Е.А. Яблонская возвращается в Москву и поступает в аспирантуру ВНИРО, которую и оканчивает в 1947 г. За время пребывания в аспирантуре ей был обработан и дополнен собранный ранее материал по биологии личинок хирономид, который был представлен в виде кандидатской диссертации. После защиты диссертации в 1947 г. Е.А. Яблонская была зачислена на должность младшего научного сотрудника в лабораторию физиологии рыб ВНИРО, а в 1948 г. переведена на должность старшего научного сотрудника.

В 1949–1950 гг. Е.А. Яблонская проводит классическое исследование питания вселённого в Каспийское море червя nereis. Работе коллектива авторов — А.Ф. Карпевич, Е.Н. Бокковой, Е.А. Яблонской и Н.Н. Спасского «Акклиматизация nereis в Каспийском море» (1952) Советом Московского общества испытателей природы присуждена I премия за выдающиеся научные заслуги авторов. В 1951–1957 гг. Е.А. Яблонская занимается изучением кормовой базы Азовского и Аральского морей в связи с регулированием стока рек, прогнозом её дальнейшего состояния и разработкой мер по её укреплению. В 1958–1960 гг. наряду с продолжением работ по Аральскому морю она приступает к исследованию органических взвесей (детрита) низовьев Волги и северной части Каспийского моря для выяснения источников продуктивности этого водоёма и разработке рекомендаций по мелиорации волжской дельты. В 1960–1970 гг. основным направлением работ Е.А. Яблонской были проблемы биологической продуктивности наших южных морей — Каспийского, Аральского и Азовского и её изменения под влиянием гидростроительства.

С 1968 г. Е.А. Яблонская заведовала во ВНИРО лабораторией питания и трофических связей водных организмов, а с 1975 по 1979 г. — лабораторией рыбных ресурсов южных морей.

Е.А. Яблонская участвовала в разработке схем реконструкции и воспроизводства рыбных

запасов южных морей, работая в тесном контакте с проектными организациями (Гидро-рыбпроект и др.). Она много лет занималась такими важными народнохозяйственными проблемами, как сохранение и увеличение запасов осетровых рыб Каспия в условиях комплексного использования водных ресурсов и интенсивной хозяйственной деятельности.

Е.А. Яблонская неоднократно участвовала в работе Научного совета ГКНТ и АН СССР по проблемам Каспийского моря, а также в Совете по осетровым рыбам Ихтиологической комиссии.

Многие рыбохозяйственные проблемы XX в., связанные с гидростроительством на реках, осетроводством, акклиматизацией гидробионтов и продуктивностью водоёмов, решались с активным участием Е.А. Яблонской.

Огромной заслугой Е.А. Яблонской стала организация, планирование и руководство комплексной каспийской съёмкой 1976–1977 гг. Целью съёмки была оценка экосистемы Каспийского моря в период падения его уровня. В съёмке были задействованы специалисты ВНИРО, КаспНИРХ, ЦНИОРХ, Института водных проблем АН СССР и ряда других организаций.

Съёмка проводилась синхронно несколькими судами по стандартной сетке станций в различные сезоны года. Многие сотрудники ВНИРО, в том числе работающие в институте и сегодня, участвовали в той съёмке. Даже теперь, десятилетия спустя трудно переоценить организационные способности Е.А. Яблонской, досконально продумавшей, организовавшей и руководившей полномасштабной комплексной съёмкой Среднего и Южного Каспия. В этой съёмке был собран материал по гидрологии, гидрохимии, фито-, зоопланктону, зообентосу, эпибентосу, рыбам всех трофических уровней и млекопитающим. По итогам съёмки издательством «Наука» под общей редакцией Е.А. Яблонской был выпущен ряд монографий («Каспийское море. Фауна и биологическая продуктивность», 1985; «Каспийское море. Гидрология и гидрохимия», 1986; «Каспийское море. Ихтиофауна и промысловые ресурсы», 1989 и др.). Никому впоследствии не удалось повторить этот, без преувеличения, научно-организационный подвиг.

Много сил и времени Е.А. Яблонская уделяла методическому руководству сотрудниками бассейновых институтов, руководству аспирантами и соискателями. Работа над диссертациями под руководством Екатерины Адамовны была необычайно творческой. Она направляла не давя, но воодушевляя на поиск. Все исследования аспирантов и соискателей были связаны между собой единой целью — получить представление об экосистеме Каспия и оценить продукционные возможности моря. Невозможно без глубочайшего уважения и восхищения вспоминать работу Е.А. Яблонской над текстами рукописей, которые после её редактирования становились литературными произведениями.

Екатерина Адамовна никогда не посвящала сотрудников в перипетии своей частной жизни. Однако то немногое, что нам известно, не может не вызывать уважение этой преданной и мужественной женщиной. Всю свою жизнь, не имея собственной семьи, она принимала активное участие в воспитании племянника. Она помогла сестре дать сыну образование и в дальнейшем участвовала в его жизни. Уже в преклонном возрасте, будучи на пенсии, она ухаживала за своей сестрой, ставшей инвалидом, и была с ней до её кончины.

Е.А. Яблонская — выдающийся гидробиолог, автор более 140 научных статей и нескольких монографий. Её научные исследования высоко оценивали не только в СССР, но и за рубежом.

В последней работе Е.А. Яблонской — монографии «Биология Каспийского моря» — обобщены исследования за период с начала 1930-х до конца 1980-х гг. В XX столетии происходили значительные изменения в жизни моря, связанные с влиянием естественных и антропогенных факторов. В книге рассмотрено функционирование экосистемы Каспийского моря в период падения и начала подъёма уровня моря. Подробно исследована флора и фауна моря, прослежена динамика всех составляющих экосистемы, начиная от фитопланктона и заканчивая водоплавающими птицами. Значительная часть материалов, представленных в книге, — это данные, собранные в экспедициях, организованных Е.А. Яблонской и проводившихся под её руководством силами сотруд-

ников ВНИРО, КаспНИРХ и ЦНИОРХ, а также практически все материалы, опубликованные ранее. Большое внимание в книге уделено практическим проблемам, связанным с эксплуатацией и защитой природных ресурсов.

Монография Екатерины Адамовны Яблонской — это фундаментальный труд, не имеющих аналогов в мировой литературе. Книга имеет не только огромное научное, но также и историческое значение.

Научная деятельность Е.А. Яблонской была высоко оценена, она была награждена орденом Трудового Красного знамени, медалью «За доблестный труд» и медалью «Ветеран труда».

Фундаментальные исследования Е.А. Яблонской по биологической продуктивности Южных морей СССР считаются классическими и не утратили актуальности до сих пор.

#### ВОСПОМИНАНИЯ СТАРОГО ГИДРОБИОЛОГА

(из истории лаборатории гидробиологии ВНИРО)

*Е.А. Яблонская*

Становление и организация гидробиологических исследований во ВНИРО связаны с именами выдающихся отечественных учёных — Л.А. Зенкевича (бентос), В.А. Яшнова (планктон), А.А. Шо-

рыгина (питание рыб). Широкое развитие в работах этих учёных, их учеников и последователей получили количественные методы исследований сообществ морских организмов, изучение распределения и биологии гидробионтов в неразрывной связи со средой обитания. Эта направленность гидробиологических исследований во ВНИРО сохранялась на всем протяжении существования лаборатории.

Первоначально планктонные и бентосные работы проводили в отдельных лабораториях, позднее они объединились под руководством А.А. Шорыгина в единую лабораторию гидробиологии, переименованную в последующем в лабораторию кормовой базы и промысловых рыб.

После безвременной кончины А.А. Шорыгина в 1948 г. на заведование лабораторией из ПИНРО был приглашен известный планктонолог, лауреат Государственной премии, доктор биологических наук Б.П. Мантейфель. Коллектив лаборатории был небольшой (фото 1, 2), исключительно дружный, работы велись по широкому кругу вопросов по общей с бассейновыми институтами проблематике. Старейшие сотрудники лаборатории Л.А. Чаянова и А.П. Сушкина совместно с Б.П. Мантейфелем занимались изучением планктона северных морей в связи с миграциями и поведением рыб, планктон Чёрного моря изучала А.П. Кусморская, М.М. Брискина и М.В. Желтенкова исследовали питание рыб Чёрного, Балтийского, Азовского и Каспийского морей, А.Ф. Карпевич, Е.П. Бокова и Е.А. Яблонская занимались изучением измене-



**Фото 1.** Стоят (справа налево): А.А. Чаянова, Н.Н. Романова, Л.Г. Виноградов, Е.А. Никифорок, А.И. Жукова; сидят (слева направо): Е.А. Яблонская, М.М. Брискина, А.Ф. Карпевич, М.С. Киреева



**Фото 2.** Стоят (справа налево): Б.П. Мантейфель, Е.А. Яблонская, М.Н. Чугунова, Л.А. Чайнова, Ф.П. Кусморская, Л.Г. Виноградов, А.Ф. Карпевич; сидят (слева направо): М.М. Брискина, Н.К. Луконина, М.С. Киреева, А.П. Сушкина (1950 г.)

ний биологической продуктивности Каспийского, Азовского и Аральского морей в связи с регулированием стока их рек и реконструкцией фауны. Фундаментальные работы по изучению запасов морских промысловых водорослей многие годы проводила М.С. Киреева, А.И. Жуковой были начаты микробиологические исследования.

Лаборантами работали М.Н. Чугунова, Н.К. Луконина, Е.А. Никифоров, последняя долгие годы была хранителем имущества лаборатории, инициатором и душой различных общелабораторных мероприятий.

В 1950 г. из ТИНРО на работу во ВНИРО перешёл доктор биологических наук Л.Г. Виноградов, который вместе со своей аспиранткой Н.Н. Романовой занимался гидробиологическими проблемами Каспийского моря. Позднее, после ухода из ВНИРО Б.П. Мантейфеля, он возглавил лабораторию кормовой базы и промысловых беспозвоночных (бывш. гидробиологии) и руководил её работами до своей безвременной кончины в 1968 г.

Огромной заслугой М.Г. Виноградова было привлечение в лабораторию молодёжи и перенос основных гидробиологических исследований ВНИРО из внутренних морей в малоизученные районы Мирового океана, на освоение которых ориентировался отечественный рыбный промысел.

В это время в лаборатории начали свою деятельность в качестве младших научных сотрудников и лаборантов Е.И. Блинова, Б.Г. Иванов, И.П. Канаева, О.А. Мовчан, А.А. Нейман, В.Я. Павлов, Е.В. Владимирская, Л.В. Санина, М.И. Тарвердиева, Н.С. Хромов, В.И. Чекунова, ставшие со временем ведущими специалистами, имена и работы которых широко известны на родине и за её пределами.

В 1968 г. лаборатория кормовой базы и промысловых беспозвоночных ВНИРО была разделена на три самостоятельных лаборатории под названиями «Бонитет Мирового океана» (зав. А.А. Нейман), «Промысловые беспозвоночные» (зав. Б.Г. Иванов), «Питание и трофические связи водных организмов» (зав. Е.А. Яблонская). Несмотря на разделение сотрудники этих новых лабораторий сохраняли рабочие и товарищеские связи, ощущали себя единым коллективом специалистов-гидробиологов. Так было и при последующих структурных преобразованиях в институте ВНИРО.

На всех этапах существования лаборатории гидробиологии ВНИРО (под тем или иным названием) для коллектива лаборатории были характерны сплоченность, уважительное и доброжелательное отношение к работе коллег, дружеская забота и помощь. Эти традиции сохраняются и передаются новым поколениям гидробиологов ВНИРО.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ПЕРИОДИЧЕСКОГО НАУЧНОГО ИЗДАНИЯ «ТРУДЫ ВНИРО»

Статья должна соответствовать тематике «Трудов ВНИРО», быть оригинальным законченным научным исследованием, содержать сжатое и ясное изложение современного состояния вопроса, описание методики исследования, изложение и обсуждение данных (результатов), полученных автором. Статья должна быть озаглавлена так, чтобы название соответствовало её содержанию. Не допускается направление в редакцию статей, уже публиковавшихся или посланных на публикацию в другие журналы.

Авторы полностью несут ответственность за содержание и стиль работы, качество перевода реферата.

Заполненный в двух экземплярах «Договор о передаче авторского права» должен быть представлен лично или направлен в редакцию ФГУП «ВНИРО».

Все статьи и краткие сообщения рецензируются. Рецензирование проводится анонимно, при этом авторы могут предложить фамилии и координаты подходящих рецензентов (не менее трёх), а также лиц, чьё участие в рецензировании нежелательно. Авторам представляются анонимные рецензии, но по желанию рецензента анонимность может быть снята.

Весь документооборот (статьи, рецензии, сопровождающие письма, переписка с авторами, рецензентами, архивация и хранение материалов) производится в электронном виде. Статьи представляются в редакцию в электронной форме в двух вариантах:

для редакции и рецензентов — с иллюстрациями и таблицами, встроенными в текст там, где они должны быть, по мнению автора;

для технической редакции и подготовки статьи в печать — текст и отдельно оригиналы иллюстраций (см. «Требования к оформлению»).

Вариант для технической редакции представляется автором после принятия статьи к публикации. Сотрудники ВНИРО могут представить работу, поместив все материалы в папку с фамилией автора/ов на внутреннем файловом сервере «Climat», в папке «Труды ВНИРО / Поступающие работы». В этом случае в адрес редакции отправляется письмо с уведомлением, что такая работа помещена на внутреннем сайте.

Электронный адрес редакции: [trudy@vniro.ru](mailto:trudy@vniro.ru)

Текст статьи должен иметь рубрикацию: ВВЕДЕНИЕ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА, РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ, ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ ИЛИ ВЫВОД(Ы). При необходимости РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ и ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ могут быть объединены, возможно также введение дополнительных рубрик. В аналитических и обзорных статьях рубрикация свободная, но обязательны ВВЕДЕНИЕ и ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОД). Для кратких сообщений рубрикация не обязательна. Обзорные статьи публикуются только по заказу редакции.

К статье на отдельной странице прилагается список всех авторов с указанием фамилии, имени и отчества, полного почтового адреса, места работы, должности, учёной степени и учёного звания, телефонов и электронного адреса каждого автора.

Объём статьи не должен превышать 24 стр. машинописного текста, включая таблицы, иллюстрации (вариант «для редакции и рецензентов»), подписи к иллюстрациям, список литературы и аннотации на русском и английском языках. Объём кратких сообщений — до 6 стр., информационных и критико-библиографических заметок — до 6 стр. Случаи превышения объёма рассматриваются редакцией отдельно, возможны рекомендации сократить статью или принять её без сокращений. Объём заказных статей, публикуемых в Трудах, определяется редколлегией.

Каждая публикация сопровождается аннотацией и ключевыми словами, на русском и английском языках. Объём аннотации для статей 10–15 строк, для кратких сообщений — 5–10 строк. Английская аннотация предваряется английским названием статьи, латинской транслитерацией имён авторов и английским названием учреждения. Также на русском и английском языках приводятся подписи к рисункам.

Автор указывает раздел, к которому, по его мнению, следует отнести статью, но окончательное решение принимает редколлегия.

При направлении редакцией статьи для исправления и доработки автору предоставляется двухмесячный срок, по истечении которого возвращённая автором статья рассматривается как вновь поступившая.

## Требования к оформлению

Изложение статьи должно быть ясным, без повторов и дублирования в тексте данных таблиц и рисунков. Статья должна быть тщательно выверена авторами, в том числе орфографически и синтаксически. Все буквенные обозначения и аббревиатуры должны быть развернуты в тексте при первом их упоминании. Все заголовки и подзаголовки в тексте, заголовки таблиц и подписи к рисункам печатают без точки в конце. В тексте должны быть ссылки на приводимые рисунки и таблицы.

Текст статьи набирается в редакторе Word 2003, в формате .doc, шрифтом Times New Roman, кегль 14, через полуторный интервал. Тексты, созданные в редакторе Word 2007-2010 или с помощью других текстовых программ, должны быть сохранены как документ Word 2003. Все поля 2 см. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. Переносы автоматические, принудительные переносы не допускаются. На первой странице, в первой строке, в левом углу, указывается УДК. Далее отдельными строками следуют название статьи, авторы и организации, где они работают. Фамилия автора, ответственного за переписку с редакцией, отмечается значком (\*) и указывается адрес его электронной почты. Затем, через интервал следуют АННОТАЦИЯ и КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.

Рисунки, фотографии, графики, диаграммы представляются встроенными в текст в редакторе Word, а также продублированными в формате .jrg или .tif — для растровой графики (фотографии, рисунки) и в формате .ai или .eps — для векторной графики (графики, диаграммы и др.). Диаграммы и графики, выполненные в программах Excel, Statistica, либо прочих совместимых с пакетом MS Office приложениях представляются отдельными файлами (также в формате .ai или .eps, если нет возможности предоставления в указанных форматах — в формате .xls). Предпочтение отдаётся черно-белым иллюстрациям, цветные принимаются, когда иной вариант невозможен (гистологические фотографии, фотографии и рисунки организмов, в которых цвет имеет определяющее значение, спутниковые снимки и др.). Цветные иллюстрации публикуются в виде отдельных вставок (т.е. объём рисунков определяется двумя сторонами вставки). Если статья имеет сложное форматирование и большое число иллюстративного материала, рекомендуется также прилагать авторский вариант публикации в формате PDF. Файлы со сложными иллюстрациями большого объёма присылаются в архивированном виде (формат архиватора .zip).

**Сокращение слов**, имён, названий (кроме общепринятых сокращений мер, физических и математических величин и терминов) не допускается. Необходимо строго придерживаться международных номенклатур. Единицы измерений приводятся согласно системе СИ.

При указании географических названий используются следующие сокращения: г. (город); дер. (деревня); о. (остров); оз. (озеро); п-ов (полуостров); пос. (поселок); р. (река); с. (село); бух. (бухта); зал. (залив); хр. (хребет); в остальных случаях название объекта приводится полностью. Высота над уровнем моря обозначается «м над у. м.».

Дефисы в тексте используются только внутри составных слов и пробелами не отделяются. Для обозначения тире в тексте используется знак «тире» с пробелами до и после него. Между цифрами ставится знак «дефис» без пробелов (1999-2002 гг., 10-15 км). Пробелами с обеих сторон отделяются знаки «—», «+», «=». Знаки «<», «>» отделяются пробелом перед знаком. Знак «±» пробелами не отделяется. Знаки «°» (градусы) «'» (минуты) «"» (секунды) «‰» (промилле) и «×» (знак умножения) вставляются из таблицы символов (коды 00B0, 2032, 2033, 2030 и 00D7). Знак ударения вставляется из таблицы символов (код 0301). Буквенные символы при указании статистических параметров или в формулах выделяются курсивом (*n*, *P*, *r*, *SD*, *x* и др.). Не допускается замена латинских и греческих букв сходными по начертанию русскими.

Формулы и буквенные обозначения в тексте должны набираться курсивом, кроме: exp, ln, sin, cos, tg, Re, max, min и химических элементов. Векторы набираются **«жирным»**.

При первом упоминании организмов приводится его полное родовое и видовое латинское название и автор, его описавший. При дальнейшем упоминании возможно применение русского названия, либо сокращённого до одной буквы родового и полного видового названия. Курсивом выделяются только видовые и родовые названия организмов.

**Таблицы** нумеруются по порядку упоминания их в тексте арабскими цифрами. После номера следует название таблицы. Все графы в таблицах должны иметь заголовки и быть разделены вертикальными линиями. Сокращение слов в таблицах не рекомендуется. Допускается использование шрифта с меньшим кеглем (11–12).

**Иллюстрации**, кроме вставки в Word, должны быть представлены каждая отдельным файлом в соответствующем формате. В графиках и диаграммах, импортированных из сторонних программ (Excel, Statistica и пр.), подписи и обозначения, интегрированные в графики, должны быть предварительно однооб-

разно сформатированы (шрифт, начертание, размер кегля). Подписи к иллюстрациям должны размещаться непосредственно под ней и оформляться кеглем 12. Примечания к иллюстрации даются под подписью более мелким шрифтом. Фотографии должны быть прямоугольными, контрастными; рисунки, схемы, диаграммы и графики — чёткими. Микрофотографии необходимо давать в виде компактных монтажей. В подписях к микрофотографиям указывают увеличение. Если рисунок дан в виде монтажа, детали которого обозначены буквами, обязательно должна быть общая подпись к нему и пояснения всех имеющихся на нём цифровых и буквенных обозначений. Следует максимально сокращать пояснения в легенде рисунка, переводя их в подписи. Подписи к рисункам и обозначения на них должны дублироваться на английском языке. Разрешение для чёрно-белых рисунков и фотографий должно быть не менее 300 dpi. Название файла должно содержать номер рисунка.

**Цитирование.** В тексте в квадратных скобках указываются фамилии не более двух авторов и год опубликования работы, на которую даётся ссылка; если работ несколько, они даются в хронологическом порядке. Например: [Иванов, 1999; Иванов, Петров, 2004; Иванов и др., 2005], ссылки разделяются точкой с запятой.

В списке цитируемой литературы работы располагаются в алфавитном порядке, по фамилиям авторов (фамилии и инициалы авторов набрать курсивом). В списке указывать фамилии всех авторов, даже если их более четырёх. Все фамилии приводятся также, если составителей, редакторов, переводчиков три и более. Работы одного автора располагаются в хронологическом порядке. Сначала идут работы на русском языке, затем — на иностранных языках. Порядок расположения информации об источнике: автор (авторы, все, без исключений), год издания, название работы, данные об издании (название журнала, книги, том, выпуск, издательство), с указанием количества страниц. Названия статей, части книг отделяются двойным слешем. Книги, переведённые на русский язык, приводятся по русскому изданию, в скобках название на языке оригинала.

#### **ПРИМЕРЫ:**

##### 1. Статьи в журналах

*Фамилия И.О. авторов.* Год. Название статьи // Название журнала. Том. Номер (выпуск).  
Страницы.

*Лебедев Л.И.* 1963. Фациальные зоны и мощности новокаспийских отложений Среднего Каспия // *Океанология*. Т. 3. Вып. 6. С. 1029-1038.

*Токранов А.М.* 1985. Питание рогатковых рода *Gymnacanthus Swainson (Cottidae)* // *Вопросы ихтиологии*. Т. 25. Вып. 3. С.433-437.

##### 2. Статьи в книгах, сборниках

*Фамилия И.О. авторов.* Год. Название статьи // Название книги (сборника). Город: Издательство. Страницы.

*Виноградов М.Е., Шушкина Э.А.* 1985. Продукция зоопланктона и распределение его биомассы по акватории океана // *Биологические ресурсы океана*. М.: Агропромиздат. С. 86-207.

*Нейман А.А.* 1969. О распределении трофических группировок донной фауны на шельфах в разных географических зонах // *Труды ВНИРО*. Т. 65. С. 282-295.

*Переварюха Ю.Н.* 1997. Изменения процентного соотношения и распределения отдельных популяций севрюги в море с 1982 по 1992 // *Первый конгр. ихтиологов России. Тезисы докл.* М.: Изд-во ВНИРО. С. 449-450.

##### 3. Книги

*Фамилия И.О. авторов.* Год. Название книги. Город: Издательство. Количество страниц.

*Шорыгин А.А.* 1952. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря. М.: Пищепромиздат. 268 с.

*Джиллер П.* 1988. Структура сообществ и экологическая ниша. М.: Мир. 184 с. (Giller P.S. 1984. Community structure and the niche. Chapman and Hall, London.).

##### 4. Статья в электронном издании\*

*Фамилия И.О. авторов.* Год. Название статьи // Название издания. Сведения об издании (дата издания, том, номер, страницы) // (Электронный адрес (URL)). Дата обращения.

*Дугаров Ж.Н., Пронин Н.М.* 2012. Паразиты речного окуня *Perca fluviatilis (Perciformes: Percidae)* — чужеродного вида в озере Кенон (бассейн р. Амур) // *Российский журнал биологиче-*

ских инвазий. Т. 5. №2. С. 27-34 // ([http://www.sevin.ru/invasjour/issues/2012\\_4/Duganov\\_12\\_4.pdf](http://www.sevin.ru/invasjour/issues/2012_4/Duganov_12_4.pdf)). Проверено 27.04.2013.

\* — при копировании электронного адреса из интернета обязательно снимать гиперссылку.

5. Газета

*Фамилия И.О. авторов.* Год. Название статьи // Название газеты. Дата. Страницы.  
*Клеймас Р.* 1985. Воскресное утро // Лит. газета. 6 февр. С. 6.

6. Авторское свидетельство

*Фамилия И.О. авторов.* Год. Название авторского свидетельства: номер А.с., № Б. И., Страница.

*Самонов Ю.М., Суворов Н.В.* 1986. Методы оценки эффективности взаимозамещения производственных ресурсов: А.с. 163514 СССР. Б. И. № 13. С. 44.

7. Патент оформляется как авторское свидетельство

8. Препринт

*Фамилия И.О. авторов.* Год. Название: № препринта. Город: Издательство.

*Спиридонова В.И.* 1984. Понятие свободы у М. Крозье и его критика: Препринт № 154. М.: ИНИОН.

9. Депонирование

*Фамилия И.О. авторов.* Год. Название рукописи. Город. Страницы. — Деп. в ВИНТИ  
Дата. №.

*Спиридонова В.И.* 1984. Понятие свободы у М. Крозье и его критика. М. 24 с. — Деп. в ВИНТИ 27.09.84. № 18391.

10. Диссертация, автореферат

*Фамилия И.О. автора.* Год. Название рукописи. Автореф. дисс. ... канд. (док.) (каких) наук. Город. Страницы.

*Белан Т.А.* 2001. Особенности обилия и видового состава бентоса в условиях загрязнения (залив Петра Великого, Японское море). Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток. 27 с.

11. Статьи из интернета\*

*Фамилия И.О. авторов.* Год. Название статьи. Доступно через: (Электронный адрес (URL)).  
Дата обращения.

*Беляев И.* 2010. Дуга и море Скотия. Доступно через: <http://rusnel.ru/2010/01/02/duga-i-more-skotiya>. 18.06.2013.

\* — при копировании электронного адреса из интернета обязательно снимать гиперссылку.

12. Информация из интернета\*

*Название ресурса.* Доступно через: (Accessible via:) (Электронный адрес (URL)). Дата обращения.

Atlas de Sensibilidad Ambiental de la Costa y el Mar Argentino. Accessible via: <http://atlas.ambiente.gov.ar>. 15.04.2013.

World Register of Marine Species (WoRMS). Accessible via: <http://www.marinespecies.org>. 20.06.2012.

\* — при копировании электронного адреса из интернета обязательно снимать гиперссылку.

### Оттиски

Автор-корреспондент получает электронную версию статьи в формате .pdf. Автор(ы) может(гут) использовать этот файл в некоммерческих целях, а именно: распечатывать его, высылать копии коллегам и поместить его на своем персональном сайте.

Реферат статьи с её выходными данными помещается на сайте ВНИРО сразу при выходе печатной версии, полная электронная версия статьи в формате .pdf в открытом доступе вывешивается там же, через год после выхода печатного издания.