

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Сологуб Д. О.</i> Распределение и возрастной состав личинок эвфаузиид (Euphausiacea) в районе Антарктического полуострова	3
<i>Бандурин К. В., Карпинский М. Г.</i> Изменения состояния северной креветки в северной части Охотского моря в ходе репродуктивного и личиночного циклов.	16
<i>Лиценко Ф. В.</i> Состав скоплений и динамика биологического состояния командорского кальмара (<i>Berryteuthis magister</i>) в районе Северных Курильских островов в весенне-летний период 2014 г.	31
<i>Орлов А. М., Байталюк А. А.</i> Сравнительный анализ распределения двух видов анадромных паразитических миног в Северной Пацифике	39
<i>Живоглядова Л. А., Даирова Д. С., Лабай В. С.</i> Состав сиртона и суточная динамика дрефта донных беспозвоночных в р. Тымь и её верхнем притоке — руч. Угловом (о. Сахалин)	57
<i>Евсеева Н. В.</i> Структура ценопопуляций промысловых фукусовых водорослей на литорали западного Мурмана	70
<i>Новосадова А. В., Новосадов А. Г.</i> О необходимости корректирующих коэффициентов при исследованиях фиксированной икры.	80
<i>Патин С. А.</i> Антропогенное воздействие на морские экосистемы и биоресурсы: источники, последствия, проблемы	85
<i>Сытова М. В., Вафина Л. Х., Абрамова Л. С.</i> Общие положения системы прослеживаемости пищевой рыбной продукции на территории Российской Федерации	105
<i>Яричевская Н. Н., Харенко Е. Н., Фомичева Л. Ф.</i> Разработка оптимальных режимов ультразвуковой обработки крабового сырья в технологии мороженой продукции	112
<i>Хамзина А. К., Копыленко Л. Р., Курлапова Л. Д.</i> Влияние глазирования на качество и безопасность мороженных ястыков лососёвых рыб при хранении	122
<i>Ахмерова Е. А., Копыленко Л. Р., Курлапова Л. Д.</i> Предварительная обработка сушёной икры летучих рыб для обеспечения безопасности готовой продукции	134
<i>Чернышков П. П., Сапожников В. В.</i> Информация о XVI конференции по промысловой океанологии, проходившей в г. Калининграде на базе АтлантНИРО 812 сентября 2014 г.	143

CONTENTS

<i>Sologub D.</i> Distribution and Age Structure of Euphausiids Larvae at the Western Antarctic Peninsula (Subarea 48.1)	3
<i>Bandurin K.V., Karpinsky M.G.</i> Changes of the Northern Shrimp's States in the Northern Part Sea of Okhotsk during Reproductive Cycle and Molting Cycle	16
<i>Lischenko F.V.</i> Short-Term Variation of Biological Condition of Commander Squid (<i>Beryteuthis magister</i>) Concentrations in the Northern Kuril Islands Area in Spring and Summer of 2014	31
<i>Orlov A.M., Baitalyuk A.A.</i> Comparative Analysis of Distribution of Two Anadromous Parasitic Lampreys in the North Pacific	39
<i>Zhivoglyadova L.A., Dairova D.S., Labay V.S.</i> Syrtion Composition and Diurnal Periodicity of Drift of Stream Bottom Invertebrates in the River of Tym' and Its Upper Tributary Uglovoy Stream (Sakhalin Island)	57
<i>Evseeva N.V.</i> Structure of Cenopopulations of Commercial Fucus Algae in the Intertidal Zone of the Western Murman	70
<i>Novosadova A.V., Novosadov A.G.</i> About Necessity of Correcting Coefficient at Researches of Sterlet Eggs after Fixation	80
<i>Patin S.A.</i> Anthropogenic Impact on Marine Ecosystems and Living Resources: Sources, Effects, Problems	85
<i>Sytova M.V., Vafina L.H., Abramova L.S.</i> General Provisions of Traceability Systems for Food Fish products on the Territory of the Russian Federation	105
<i>Yarichevskaya N.N., Kharenko E.N., Fomicheva L.F.</i> Development of Optimum Parameters of Ultrasonic Processing of Crab Raw Materials in Technology of Frozen Production from Crabs	112
<i>Khamzina A.K., Kopylenko L.R., Kurlapova L.D.</i> The Impact of Glazing on the Quality and Safety of Frozen Roe of Salmon During the Storage.	122
<i>Akhmerova E.A., Kopylenko L.R., Kurlapova L.D.</i> Pre-Processing of Dried Roe of Flying Fish to Ensure the Safety of the Finished Product	134
<i>Chernyshkov P.P., Sapozhnikov V.V.</i> About the Conference XVI on fisheries oceanography, took place in Kaliningrad on base AtlantNIRO 8-12 September 2014.	143

УДК 595.383.1 (99)

Распределение и возрастной состав личинок эвфаузиид (Euphausiacea) в районе Антарктического полуострова

Д. О. Сологуб

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)
e-mail: sologub@vniro.ru

Эвфаузииды (отр. Euphausiacea) составляют основу пелагических экосистем Южного океана, занимая ключевое звено в трофической структуре сообществ Антарктики. В январе 2011 г. автором были проведены исследования распределения и возрастного состава личинок эвфаузиид в районе Антарктического полуострова. Среди исследованных четырёх видов было выделено три типа распределения: океаническое (*T. macrura* и *E. frigida*), шельфовое (*E. crystallorophias*) и распределение в районе шельфового склона, характерное для *E. superba*. Плотность скоплений личинок *E. superba* в 2011 г. превышала результаты предыдущих исследований, выполненных в 1970-е и 1980-е гг., что свидетельствует о высоких темпах пополнения запаса, несмотря на быстрые климатические изменения в районе Антарктического полуострова.

Ключевые слова: эвфаузииды, Антарктика, антарктический криль, распределение, возрастной состав.

ВВЕДЕНИЕ

Эвфаузииды (Euphausiidae) составляют основу пелагических экосистем Южного океана, занимая ключевое звено в трофической структуре сообществ Антарктики. Видовое разнообразие эвфаузиид в антарктических и субантарктических водах сравнительно невелико и насчитывает лишь 7 видов. Наиболее многочисленным видом эвфаузиид Южного океана является антарктический криль (*Euphausia superba* Dana, 1850), он встречается у кромки шельфовых ледников и вплоть до зоны антарктической конвергенции. По численности к нему приближается только *Thysanoessa macrura* G. O. Sars, 1883, которая в некоторых

районах образует скопления с большими, чем *E. superba*, плотностями. Тем не менее, за счёт крупных размеров, антарктический криль абсолютно доминирует по биомассе среди прочих эвфаузиид [Marr, 1962; Пономарёва, 1966; Gibbons, 1999; Everson, 2000].

Литературных данных по распределению личинок эвфаузиид в Атлантическом секторе Антарктики крайне мало, несмотря на высокую степень изученности этого района. Следует отметить работы Макарова и Меньшиной [1988], охватившие практически весь район Антарктического полуострова, а также район Ю. Оркнейских островов. В рамках программы «БИОМАСС» были выполне-

ны достаточно подробные исследования распределения личинок антарктического криля [Kittel, Jazdzewski, 1982; Witek, Kittel, 1985]. Исследования Зигеля [Siegel, 1989] покрыли значительную площадь акватории Антарктического полуострова, при этом было выполнено большое число траловых станций. Исследования других авторов ограничены локальными участками в пределах подрайона Антарктического полуострова [Mujica, Asencio, 1983; Nordhausen, 1994; Pakhomov et al., 2004].

Учитывая важнейшую роль эвфаузиид в антарктических сообществах, а также наблюдающиеся в районе Антарктического полуострова быстрые климатические изменения [Everson, 2000; Atkinson et al., 2004, 2006], необходимо проведение регулярных исследований по мониторингу популяций эвфаузиид. В 2011 г. автором были проведены исследования личинок антарктических эвфаузиид в районе Антарктического полуострова с целью уточнения особенностей их распределения и возрастного состава,

а также оценки обилия личинок, что может свидетельствовать о величине пополнения.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были выполнены в районе к западу от Антарктического полуострова. Траловые станции выполнялись с интервалом в 20 морских миль. Всего была выполнена 81 траловая станция по 10 разрезам (рис. 1). Исследования охватили как океанические, так и шельфовые участки. Три станции были выполнены в проливе Жерлаш.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Данные по численности, распределению и возрастному составу ранних онтогенетических стадий эвфаузиид были получены в период с 9 по 30 января 2011 г. в ходе экспедиции ANT XXVII/2 научно-исследовательского судна «Поларштерн». Траления осуществлялись с помощью исследовательского трала RMT 1 с площадью входного отверстия 1 м²

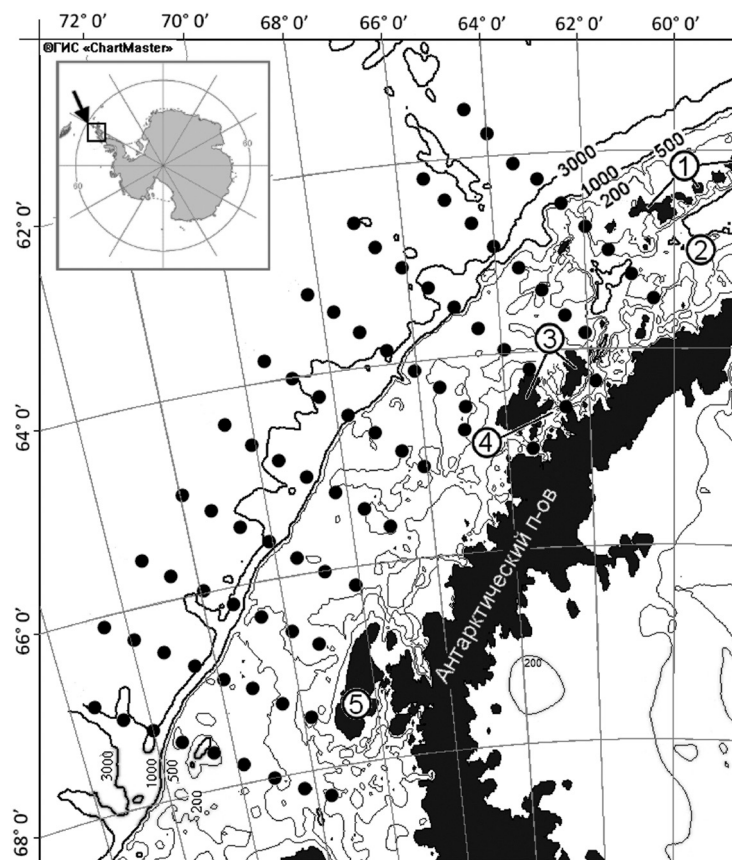


Рис. 1. Карта станций, выполненных на судне «Поларштерн» в январе 2011 г.; 1 — Ю. Шетландские о-ва; 2 — пролив Брансфилд; 3 — арх. Палмер; 4 — пролив Жерлаш; 5 — о. Аделид

и ячеей 330 мкм в течение 40 минут и представляли собой косые ловы (сеть опускали до глубины 200 м, а затем поднимали на поверхность), вследствие чего полученные результаты не позволяют рассмотреть вертикальное распределение гидробионтов. Для определения точного объёма процеженной воды, на верхней подборе RMT 1 был установлен прибор,

фиксирующий расстояние, пройденное тралом. Поскольку в большинстве исследований концентрация личинок антарктических эвфаузиид выражена в экз./м², нами также были использованы эти единицы измерения. Для сравнения плотностей скоплений личинок данные некоторых авторов, выраженные в экз./м³, были переведены в экз./м².

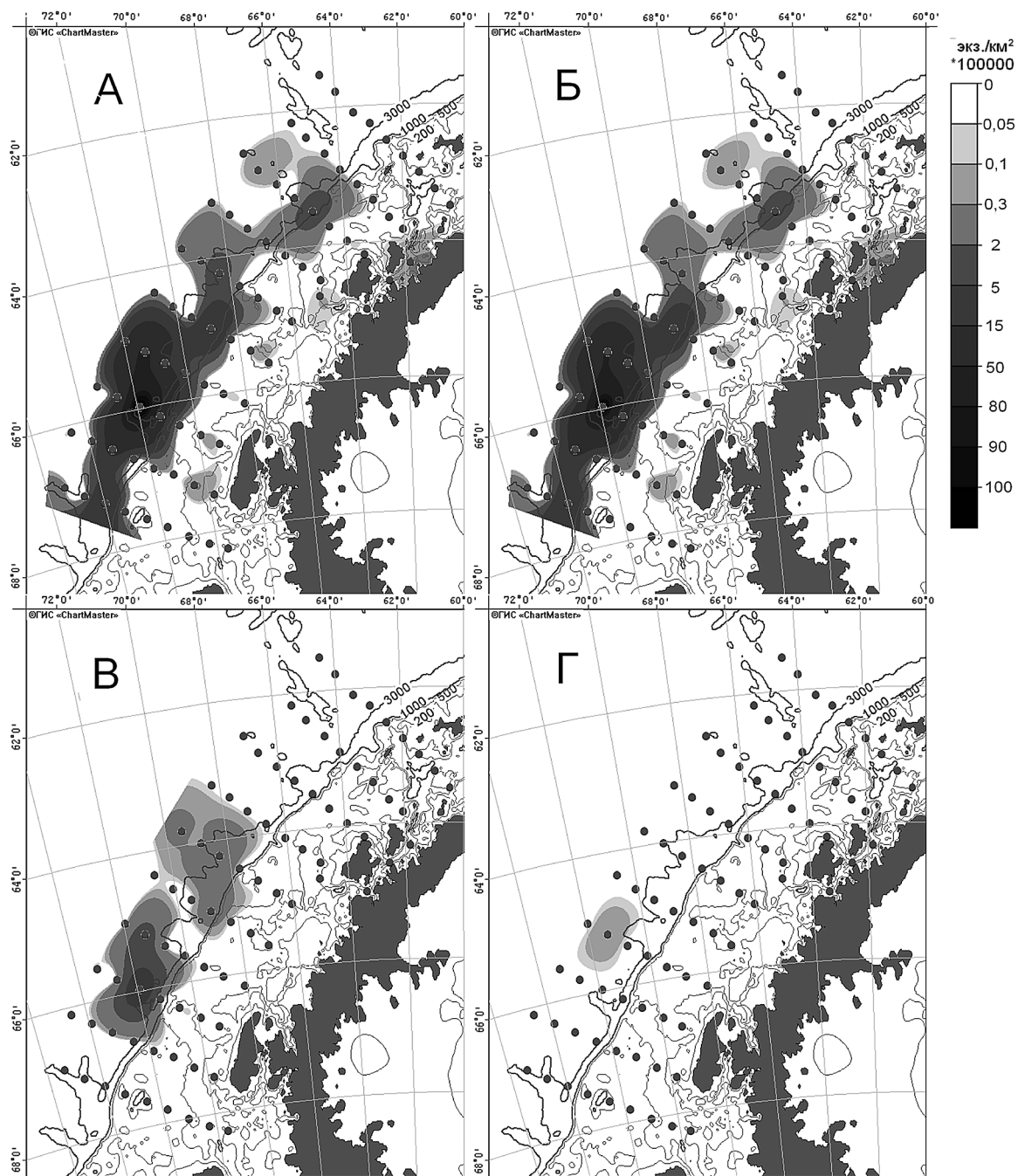


Рис. 2. Распределение личинок *E. superba*: А — всех возрастных стадий; Б — калиптописов I; В — калиптописов II; Г — фурцилий I

Пробы из RMT 1 непосредственно после траления разделяли на части, которые фиксировали 4%-м формалином, а затем анализировали через 1–3 дня. Зачастую личинки оказывались сильно повреждёнными, особенно если в уловах присутствовало большое количество крупных организмов — сальп (*Salpa thompsoni* Foxton, 1961) или взрослых особей антарктического криля. Наиболее повреждёнными были личинки на стадии фуриции. Определялся их приблизительный возраст: ранние (I–III) или поздние (IV–VI) фуриции. Если же идентификационные признаки полностью отсутствовали, определяли лишь принадлежность к фурициям или калиптописам. Данные по численности наиболее ранних стадий, науплиусов и метанауплиусов являлись нерепрезентативными вследствие сравнительно небольшой глубины лова (учитывая вертикальные онтогенетические миграции эвфаузиид) и селективность трала.

Для исследования распределения личинок эвфаузиид полученные данные обрабатывали с помощью программы ГИС «КартМастер» [Бизиков и др., 2006].

РЕЗУЛЬТАТЫ

В районе работ были обнаружены личинки четырёх из пяти видов эвфаузиид, встре-

чающихся в антарктических водах: *Euphausia crystallorophias* Hold & Tattersall, 1906, *E. frigida* Hansen, 1911, *T. macrura*, и *E. superba*. Личинки глубоководного вида *E. triacantha* Hold & Tattersall, 1906 не были обнаружены в траловых пробах вследствие малой глубины лова. За всё время исследований был определён возраст 16000 личинок эвфаузиид. Наиболее многочисленными оказались личинки *E. superba*, количественная доля которых по району исследований составила 82,5%. Доли личинок *T. macrura*, *E. crystallorophias* и *E. frigida* в уловах составили 16,4; 1,0 и 0,1% соответственно.

***Euphausia superba*.** Личинки антарктического криля были встречены на 70% станций. Высокие концентрации были обнаружены в юго-западной части района исследований в водах над континентальным склоном (рис. 2, А).

Максимальных концентраций (до 67 000 экз./м²) личинки достигали в районе 66°00' ю.ш. 72°00' з.д. на шельфовом склоне. Напротив, в северо-восточной части района личинок антарктического криля было существенно меньше. На самых северных станциях восточного разреза были обнаружены лишь единичные особи антарктического криля. В относительно небольшом количестве (око-

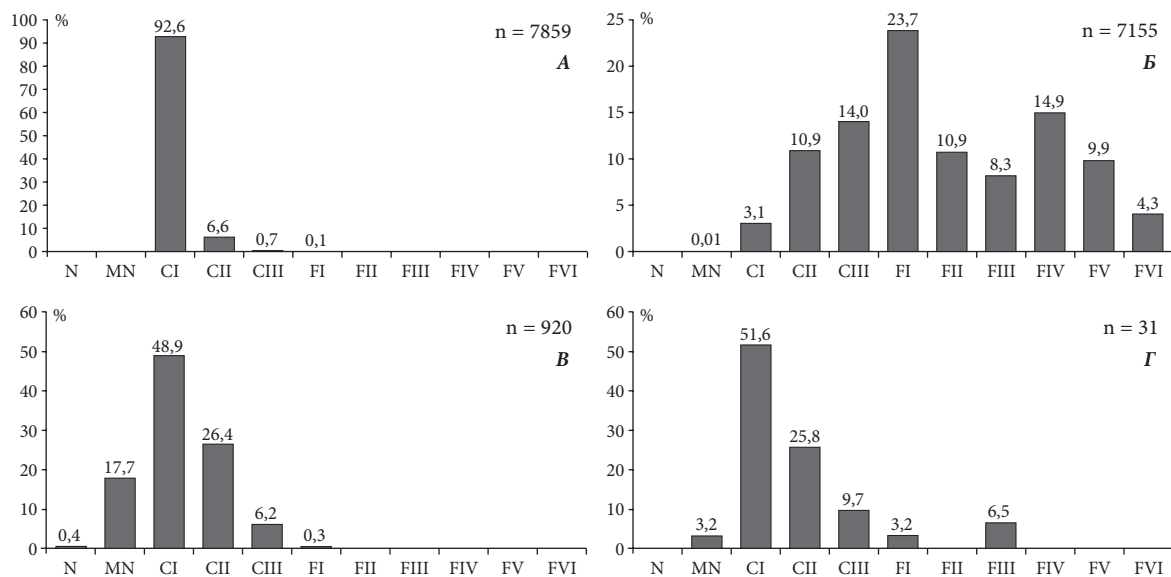


Рис. 3. Возрастной состав эвфаузиид в январе 2011 г.: А — *E. superba*; Б — *T. macrura*; В — *E. crystallorophias*; Г — *E. frigida*

ло 1000 экз./м²) личинки *E. superba* встречались на станциях вблизи побережья, в том числе и в проливе Жерлаш. Средняя плотность скоплений личинок *E. superba* по всему району исследований составила 2450 экз./м².

Среди 7859 личинок, для которых были определены стадии развития, доля калиптопи-

сов I составила 92,6%. (рис. 3, Б). Наиболее старшей возрастной группой оказались фурцилии I, составлявшие всего 0,1%. Личинки стадий фурцилии II—VI в уловах отсутствовали.

Пространственное распределение разных возрастных стадий *E. superba* и положение их максимальных концентраций вдоль шель-

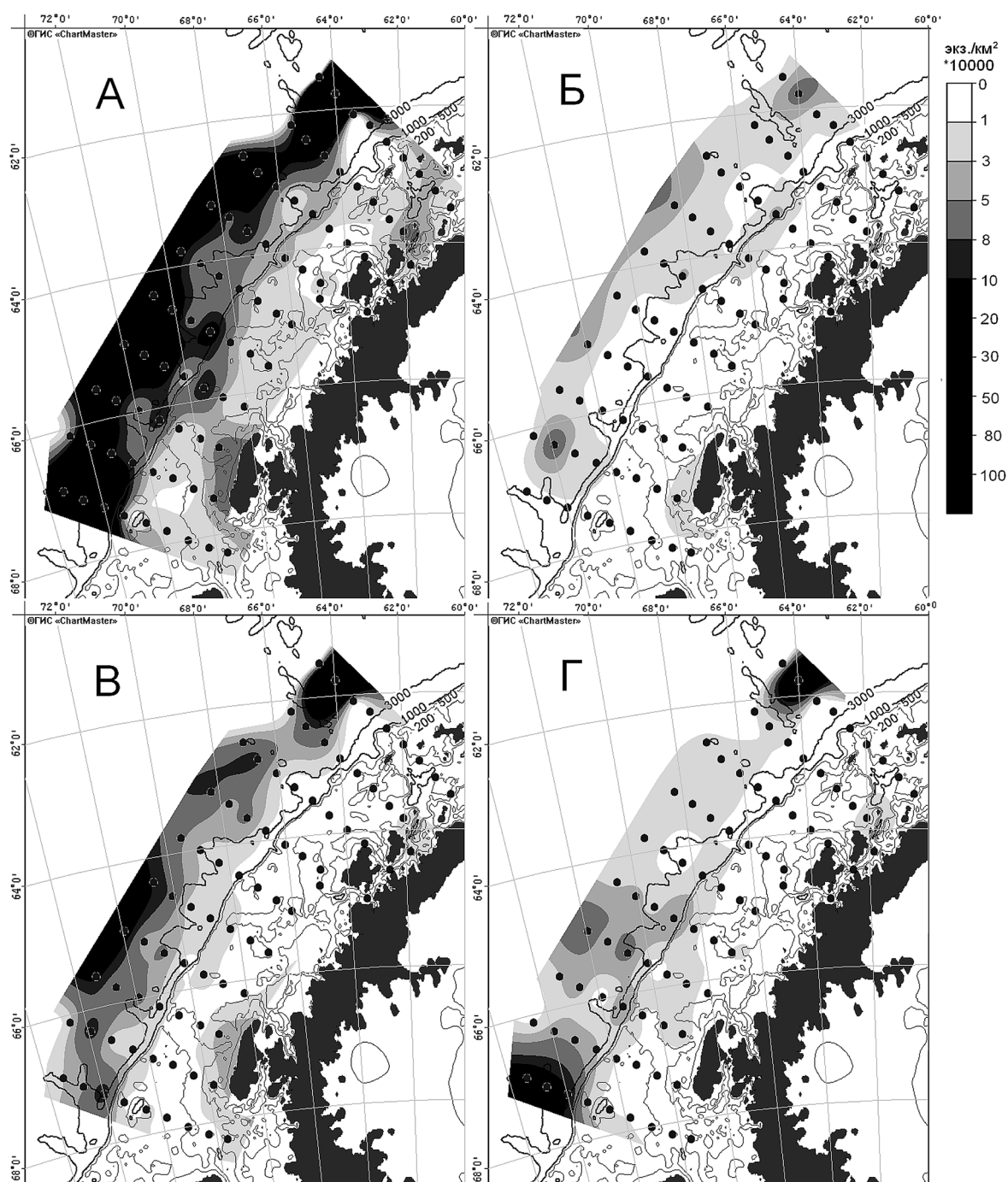


Рис 4. Распределение личинок *T. tasgira* в январе 2011 г.: А — всех возрастных групп; Б — калиптописы; В — ранние фурцилии (I—III); Г — поздние фурцилии (IV—VI)

фового склона оказалось неодинаковым. Наиболее плотные скопления фурцилий располагались несколько восточнее (около 40 миль) вдоль шельфового склона по сравнению с максимальными концентрациями калиптописов (рис. 2, Г).

***Thysanoessa macrura*.** Личинки *T. macrura* были обнаружены на всех 81 станции. Средняя их плотность составила 485 экз./м². Максимальных концентраций (до 6000 экз./м²) они достигали в северных, океанических, частях региона — в районе северных станций восточных разрезов (рис. 4, А).

Высокие концентрации личинок были обнаружены также на центральных и восточных участках океанической части исследованного района. На шельфе личинок было мало, за исключением вод, прилегающих к о. Аделейд (рис. 4, А). Отмечены также и низкие концентрации личинок в проливе Жерлаш.

Стадии развития были определены у 7155 личинок. Ещё 5180 личинок *T. macrura* оказались сильно повреждёнными, вследствие чего

стадии их развития не определяли. Личинки были представлены всеми стадиями калиптописов и фурцилий (рис. 3, Б). Кроме того, были обнаружены и более ранние стадии *T. macrura*: науплиусы и метанауплиусы. Однако преобладали в пробах личинки стадий фурцилия I и V, составлявшие 23,7 и 14,9% соответственно.

Распределение разных возрастных стадий (рис. 4, Б–Г) *T. macrura* показывает отсутствие плотных концентраций поздних фурцилий (IV–VI) на шельфе Антарктического полуострова, в то время как скопления калиптописов и ранних фурцилий (I–III) отмечены к северу от о. Аделейд. В целом для поздних фурцилий было характерно более компактное распределение.

***Euphausia crystallorophias*.** На станциях вблизи побережья антарктического полуострова и прилегающих островов были обнаружены личинки *E. crystallorophias*. Средняя плотность личинок этого вида составила 29,0 экз./м², достигая к западу от о. Аделейд порядка

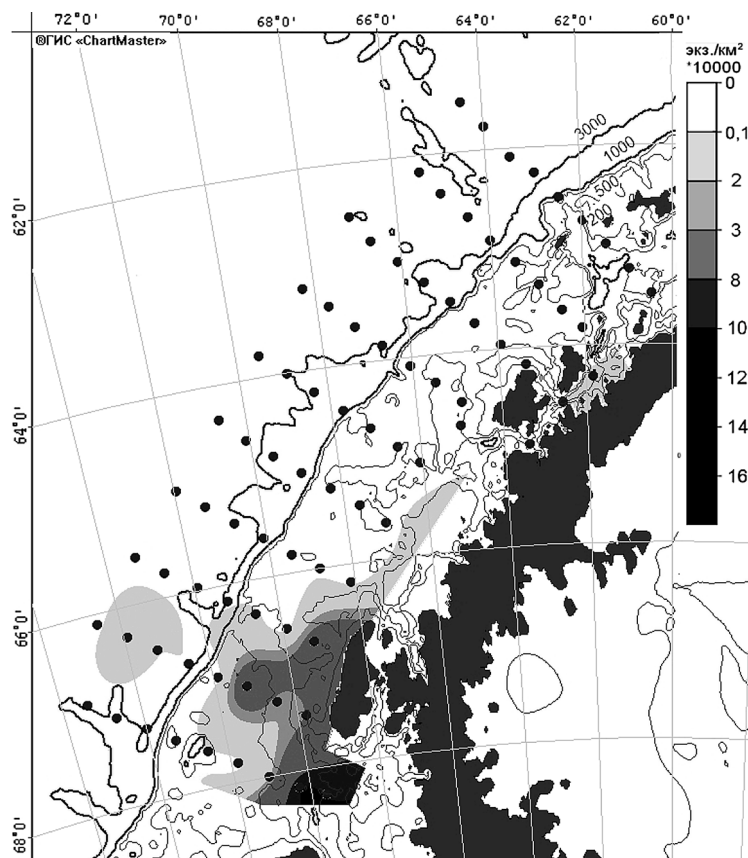


Рис. 5. Распределение личинок *E. crystallorophias* в январе 2011 г.

600 экз./м². Повышенные концентрации личинок *E. crystallorophias* были отмечены в юго-западной части района работ над шельфом (рис. 5). Кроме того, личинки были обнаружены на станциях в проливе Жерлаш. В океанической части района работ личинок практически не было, за исключением нескольких станций к северу от о. Аделейд, однако и здесь их концентрации были низкими. Стадии развития были определены у 920 личинок.

***Euphausia frigida*.** Личинки *E. frigida* встречались единично, преимущественно в северных частях района исследований, где плотности их скоплений достигали 30 экз./м². Средняя плотность скопления личинок по всему району работ составила 1,5 экз./м² (рис. 6). Пространственное распределение личинок *E. frigida* показало, как и для *T. macrura*, приуроченность этого вида к океаническим акваториям. Однако, *E. frigida* является несколько более глубоководным видом, чем *T. macrura*, и траления в слое 0–200 м, вполне вероятно, не охватывали все стадии вида. Возраст был

определён лишь для 31 личинки. Представлены личинки были в основном калиптописами (51,6%), однако встречались и фурии I–III (рис. 3, Г).

ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение личинок *E. superba* в январе 2011 г. преимущественно в водах над шельфовым склоном Антарктического полуострова (рис. 2) свидетельствует о приуроченности этого вида к водам южной периферии Антарктического циркумполярного течения, которое задаёт генеральное северо-восточное направление миграций вида. Некоторые личинки *E. superba*, находясь на шельфе Антарктического полуострова, перемещаются, по-видимому, в юго-западном направлении с водами Антарктического прибрежного течения.

Старшей стадией личинок *E. superba* в январе 2011 г. являлась фурия I (рис. 3, А), вследствие чего, исходя из литературных данных по срокам развития личинок [Hempel, Hempel, 1986; Meyer et al., 2009], можно

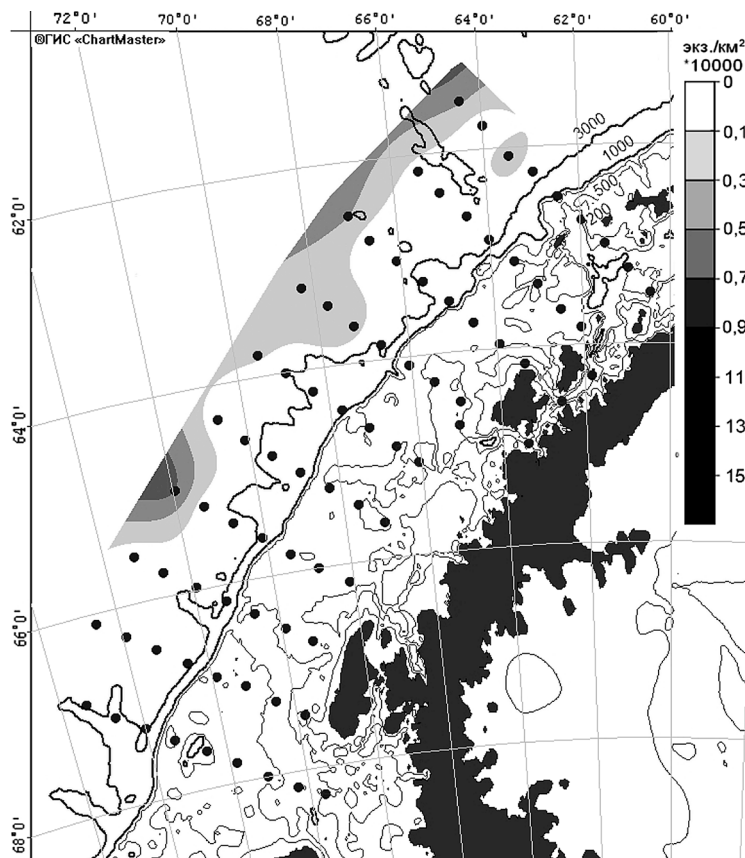


Рис. 6. Распределение личинок *E. frigida* в январе 2011 г.

предполагать, что начало нереста вида происходит в районе Антарктического полуострова в середине декабря. Практически однородный возрастной состав личинок с преобладанием калиптописов I свидетельствует о высокой синхронности нереста *E. superba*, а также о том, что основной пик нереста приходился на конец декабря — начало января. Сходные данные по срокам нереста были получены и другими исследователями для этого района, а так же для Вторичной Фронтальной Зоны в море Скоша [Макаров, Меньшенина, 1988; Makarov et al., 1990; Siegel, Loeb, 1995; Siegel, 2000].

Распределение максимальных концентраций фурилий *E. superba* восточнее максимальных концентраций калиптописов показывает, что массовый нерест антарктического криля в 2011 г. происходил в направлении с востока на запад. Принимая во внимание направление потока вод АЦТ, можно предположить, что более ранний массовый нерест антарктического криля происходит при попадании особей с водами АЦТ в благоприятные условия в районе шельфового склона.

Литературные данные свидетельствуют о наличии плотных скоплений личинок *E. superba* в январе 1976 г. в проливе Брансфилд и на акватории о. Элефант [Makarov et al., 1990]. Скопления были так же отмечены около о. Аделейд и архипелага Палмер на шельфе Антарктического полуострова. При этом на океанических участках личинок было крайне мало, что, возможно, связано со сравнительно небольшим числом выполненных станций. Однако уже в апреле-мае 1980 г. были отмечены значительные скопления личинок антарктического криля на шельфовом склоне Ю. Шетландских островов.

В феврале-марте 1981 г. в верхнем 100-метровом слое к северу от Ю. Шетландских о-вов преобладали калиптописы и фурилии *E. superba*, концентрации их достигали 33 637 экз./м² (табл. 1). Личинки были отмечены вплоть до 60° ю.ш. [Kittel, Jazdzewski, 1982]. Исследования, выполненные в декабре 1983/84, показали довольно низкие концентрации личинок — до 85 экз./м², однако было отмечено наличие большого количества недавно выметанных яиц криля в водах пролива Брансфилд [Witek, Kittel, 1985].

Преобладание личинок антарктического криля вблизи о. Элефант и на шельфовом склоне Ю. Шетландских о-вов (до 38 130 экз./м²) наблюдалось и в январе-феврале 1981 г. (табл. 1), однако исследования проводились только между 53 и 64° ю.ш. и не охватывали район к западу от арх. Палмер [Mujica, Asencio, 1983].

Осенью 2001 и 2002 гг. скопления личинок *E. superba* до 5627 экз./м² были обнаружены на океанических участках и на шельфовом склоне Антарктического полуострова [Daly, 2004]. Исследования охватывали локальную акваторию к западу от арх. Палмер и были выполнены в основном на шельфе.

Согласно другим данным, охватывающим значительную акваторию Антарктического полуострова, наиболее плотные концентрации личинок *E. superba* наблюдались на шельфовом склоне острова Аделейд в 1986 г. [Siegel, 1989]. Несколько менее плотные концентрации личинок были обнаружены в проливе Брансфилд и в районе о. Элефант.

Максимальная плотность скоплений личинок антарктического криля 67 000 экз./м², отмеченная автором в районе Антарктического полуострова в 2011 г., превышает значения, полученные другими исследователями (табл. 1). Близкие результаты были получены к востоку от Ю. Оркнейских островов в 1981 г. [Макаров, Меньшенина, 1988]. Максимальные плотности скоплений *E. superba*, согласно результатам других исследований [Kittel, Jazdzewski, 1982; Mujica, Asencio, 1983; Pakhomov et al., 2004], были ниже примерно в два раза, по сравнению с данными, полученными в январе 2011 г.

В то же время средние плотности скопления личинок антарктического криля по данным автора оказались ниже приведённых другими исследователями. Сходные значения были получены лишь в проливе Брансфилд и на акватории Ю. Шетландских о-вов в 1981 г. [Mujica, Asencio, 1983]. Одной из возможных причин таких различий в оценках средней плотности личинок *E. superba* является расхождение в районах исследований. Работы, выполненные на небольших участках шельфового склона, показывают высокие средние плотности личинок. Напротив, в исследованиях, охваты-

Таблица 1. Средняя (вверху) и максимальная (внизу) плотности личинок (экз./м²) антарктических эвфаузиид по литературным данным и данным автора

Источник	Район	Год	Месяц	E. superba	E. frigida	E. crystallorophias	T. тасига
Makatov et al., 1990	48.1 Антарктический полуостров (55° — 95° W)	1976, 1978, 1979	декабрь-январь	— >1000	— 340	— 5000	— >500
		1980	апрель-май	— 9500	0 0	0 0	— —
Mijica, Asencio, 1983	48.1 пролив Брансфилд, Ю. Шетландские о-ва	1981	январь	2720 38130	— —	— —	— —
Макаров, Меньшенина, 1988	48.2 к востоку от Ю. Оркнейских островов	1981	январь	5266 63 910	79 300	— —	979 3140
Kittel, Jazdzewski, 1982	48.1 пролив Брансфилд, Ю. Шетландские о-ва	1981	февраль-март	— 33 637	— —	— —	— —
Witek, Kittel, 1985	48.1 пролив Брансфилд, Ю. Шетландские о-ва	1983/84	декабрь-январь	— 85	— 15	— 212	— —
Самышев, 1991	58.4 море Содружества	1985	январь	5284 —	— —	— —	— —
		1986	январь	6417 —	— —	— —	— —
Menshenina, 1992	48.5 круговорот Уэдделла (5° E — 60° W)	1989	сентябрь-октябрь	— 720	— 8680	— —	— 7540
Nordhausen, 1994	48.1 пролив Жерлаш до пролива Кристалл	1992	июль-август	89 810	—	6 83	38 91
Pakhomov et al., 2003	48.1 к северу о. Аделейд море Беллинггаузена	2001	апрель-май	8872 30084	—	—	—
Daly, 2004	48.1 к северу и западу от острова Аделейд (68° — 78° W)	2001	осень	— 5627	— —	— —	— —
		2002	осень	— 3731	— —	— —	— —
Данные автора	48.1 Антарктический полуостров (60° — 76° W)	2011	январь	2450 67 000	1,5 30	29 600	485 6000

вающих значительные площади океанических и шельфовых участков, указаны средние плотности личинок, сопоставимые с полученными автором значениями. Следует отметить, что высокие значения средней плотности личинок *E. superba* характерны не только для подрайона 48.1, они были отмечены и к востоку от Ю. Оркнейских островов [Макаров, Меньшенина, 1988], а также в подрайоне 58.4, в море Содружества [Самышев, 1991].

В январе 2011 г. большинство личинок *T. macrura* были приурочены к водам Антарктического циркумполярного течения, образуя значительные концентрации в океанической части района и над склоном шельфа (рис. 4). Личинки *T. macrura*, обнаруженные непосредственно на шельфе Антарктического полуострова, скорее всего, вынесены сюда из океанических районов и плотных скоплений не образуют.

Полимодальное распределение возрастных групп личинок *T. macrura* свидетельствует о том, что нерест, который начинается с середины сентября, сильно растянут и протекает с различной интенсивностью (рис. 3, Б). Характер протекания нереста *T. macrura* подтверждается анализом пространственного распределения возрастных стадий личинок (рис. 4, Б-Г). Судя по локализации повышенных концентраций поздних фурцилий в крайних западном и восточном участках, в середине сентября первая волна нереста ограничивалась двумя пространственно разделёнными участками. Позже нерест принял более массовый характер, вторая волна его охватила практически весь район размножения в океанической зоне, что отчётливо видно по распределению калиптописов и ранних фурцилий.

Исследования, выполненные в 1976, 1978 и 1979 гг., показали приуроченность личинок *T. macrura* к океаническим участкам [Makarov et al., 1990]. Также были обнаружены скопления личинок в проливе Брансфилд. Наиболее плотные (более 500 экз./м²) скопления располагались локально, следуя друг за другом по направлению потоков Антарктического циркумполярного течения. На остальной акватории распределение личинок *T. macrura* носило более равномерный характер.

Концентрации личинок *T. macrura*, сопоставимые с обнаруженными в 2011 г., отмечены в море Уэдделла в сентябре-октябре 1989 г. [Menshenina, 1992]. Несколько меньшие плотности скоплений личинок этого вида были обнаружены в районе Ю. Оркнейских о-вов в январе 1981 г. [Макаров, Меньшенина, 1988].

Океаническим распределением характеризовались и личинки *E. frigida*, не обнаруженные в январе 2011 г. над шельфом Антарктического полуострова (рис. 5). Исходя из наличия в районе исследований личинок *E. frigida* на стадии фурцилия III, можно предположить, что нерест этого вида начинается в октябре (рис. 3, Г). Однако основной пик нереста приходится на конец октября — начало ноября.

В декабре-январе 1976 г. личинки *E. frigida* встречались лишь на самых северных станциях, а также к северу от о. Элефант, однако их концентрации были существенно выше, по сравнению с 2011 г. [Makarov et al., 1990]. Высокие концентрации личинок *E. frigida* были обнаружены в январе 1981 г. в районе Ю. Оркнейских о-вов [Макаров, Меньшенина, 1988]. Возможной причиной этого могли быть различия в орудиях лова и большая глубина исследований в 1976 и 1981 гг. Наиболее плотные скопления личинок *E. frigida* (до 8680 экз./м²) были отмечены в сентябре-октябре 1989 г. к северу от Ю. Оркнейских о-вов в слое 0–500 м [Menshenina, 1992].

Данные по распределению личинок *E. crystallorophias* (рис. 6) свидетельствуют о приуроченности этого вида к шельфовой модификации Антарктической поверхностной водной массы, а также о высоком значении Антарктического прибрежного течения для этого вида. Преобладание среди личинок *E. crystallorophias* калиптописов I и в то же время существенное количество калиптописов II и присутствие ранних фурцилий (рис. 3, В) свидетельствуют о том, что нерест этого вида происходит в начале ноября.

В 1976 и 1983/84 гг. скопления личинок *E. crystallorophias* так же, как и в 2011 г., были отмечены на шельфе Антарктического полуострова к северу от о. Аделейд и в проливе Брансфилд [Witek, Kittel, 1985; Makarov et al.,

1990]. В 1992 г. личинки были отмечены в пр. Жерлаш [Nordhausen, 1994].

Таким образом, все четыре вида эвфаузиид характеризуются разными сроками нереста, которые в целом согласуются с широтным распределением видов. Раньше всех начинает нереститься *T. macrura*, обнаруженная на самых северных станциях полигона. Несколько позже наступает нерест *E. frigida*, встречающейся так же на северных участках исследованного района. Затем, в начале ноября, происходит нерест прибрежного вида *E. crystallorophias*. Однако, ещё позже, чем *E. crystallorophias*, в конце декабря, над шельфовым склоном начинает нереститься *E. superba*. Вполне вероятно, что именно такой репродуктивной стратегией объясняются высокая продуктивность и численность *E. superba*, в сравнении с другими эвфаузидами.

Среди исследованных четырёх видов антарктических эвфаузиид можно выделить три типа распределения: океаническое, шельфовое (или прибрежное) и распределение в районе шельфового склона. Первый тип распределения характерен для *T. macrura* и *E. frigida*, второй — для *E. crystallorophias*, а третий — для *E. superba*.

Некоторые исследования последних лет свидетельствуют о происходящих в Антарктике процессах потепления климата, авторы связывают эти процессы в районе Антарктического полуострова с глобальным потеплением климата на планете [Говоруха, Тимофеев, 1998; Тимофеев, 2005]. Другие исследования показывают локальный характер потепления [Тимофеев, 2006; Turner et al., 2005]. В работах российских исследователей показана связь наблюдаемых трендов с долгопериодной динамикой гидрометеорологических условий, выражающейся в наличии сменяющих друг друга тёплых и холодных эпох продолжительностью в несколько десятилетий [Масленников, 1979; Maslennikov, Solyankin, 1988].

Очевидно, что изменения гидрологических и климатических процессов Антарктики должны оказывать существенное влияние на эвфаузиид, в силу установленных дальних связей между разными природными системами, находящимися под влиянием крупномасштабных климатических колебаний [Масленников, 2003]. Непосредственное отрицательное влия-

ние на эвфаузиид, находящихся у поверхности океана, может оказывать интенсификация ультрафиолетового излучения [Siegel, 2000]. Другие авторы указывают на снижение ежегодного пополнения запасов основного промыслового вида эвфаузиид — антарктического криля и связывают это с долгопериодными климатическими колебаниями и процессами, такими как глобальное потепление или истощение озонового слоя [Gascon, Werner, 2005]. Важнейшими факторами, обуславливающими пополнение запасов антарктического криля, являются количество морского льда зимой и степень его отступления летом [Siegel, Loeb, 1995; Loeb et al., 1997]. В литературе уже появились сообщения с весьма неутешительными прогнозами, свидетельствующими о быстром снижении запасов [Everson, 2000; Atkinson et al., 2004] и катастрофическом снижении плотности скоплений антарктического криля [Atkinson et al., 2006] в Атлантическом секторе Антарктики. Исследования показали, что в районе Антарктического полуострова наблюдаются наиболее быстрые климатические изменения и что снижение численности криля может быть связано с уменьшением величины ледового покрова и его слабым развитием в период антарктической зимы.

Данные по распределению личинок эвфаузиид, полученные автором в 2011 г., подтверждают результаты предыдущих исследований и показывают, что скопления личинок *E. superba* распределены преимущественно на шельфовом склоне Антарктического полуострова. Максимальная плотность скоплений личинок антарктического криля в январе 2011 г. превышала ранее полученные значения. Характер распределения других видов эвфаузиид также остался неизменным. Это свидетельствует о том, что, несмотря на динамику крупномасштабных гидроклиматических процессов, закономерности распределения личинок эвфаузиид, их численность и, следовательно, темпы пополнения запасов в районе Антарктического полуострова остались в целом такими же, как и в 1970-х и 1980-х гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2011 г. в районе Антарктического полуострова была отмечена максимальная плотность

скоплений личинок *E. superba* 67 000 экз./м², превышающая значения, полученные другими исследователями.

В районе Антарктического полуострова личинки *E. superba* появляются в декабре-январе в районе шельфового склона. Пик нереста *E. crystallorophias* приходится на начало ноября. Нерест *T. macrura* начинается с середины сентября.

Среди исследованных четырёх видов антарктических эвфаузиид было выделено три типа распределения: океаническое (*T. macrura* и *E. frigida*), шельфовое (*E. crystallorophias*) и распределение в районе шельфового склона, характерное для *E. superba*.

Динамика крупномасштабных гидроклиматических процессов за последние десятилетия не оказала существенного влияния на крупномасштабное распределение личинок эвфаузиид и их численность в районе Антарктического полуострова.

Несмотря на то что исследования были выполнены в период, когда нерест антарктического криля (*E. superba*) ещё не завершился, можно утверждать, что 2011 г. характеризовался высоким пополнением запаса этого вида.

Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность Фолькеру Зигелю, Матильде Гаральдсон и Василию Альбертовичу Спиридонову за всестороннюю помощь и поддержку в проведении исследований. Кроме того, автор признателен экипажу судна «Поларштерн» за высокий профессионализм и содействие в сборе данных.

ЛИТЕРАТУРА

- Бизиков В. А., Гончаров С. М., Поляков А. В. 2006. Новая географическая информационная система «Картмастер» для обработки данных биоресурсных съёмов // VII Всеросс. конфер. пром. беспозв. М.: Изд-во ВНИРО. С. 18–24.
- Говоруха Л., Тимофеев В. 1998. О состоянии гляциоклиматической системы Антарктического полуострова // Бюлл. УАЦ. № 2. С. 70–76.
- Макаров Р., Меньшенина Л. 1988. К исследованию распределения и фенологии личинок эвфаузиид в море Скоша // Антарктика. Вып. 27. М.: Наука. С. 160–174.
- Масленников В. 1979. Региональные особенности антарктической поверхностной водной массы в юго-западной части Атлантического сектора // Антарктика. М.: Наука. Вып. 18. С. 134–139.
- Масленников В. 2003. Климатические колебания и морская экосистема Антарктики. М.: Изд-во ВНИРО. 295 с.
- Пономарёва Л. А. 1966. Эвфаузииды антарктических вод // Калининград: Изд-во АтлантНИРО. 50 с.
- Самышев Э. 1991. Антарктический криль и структура планктонного сообщества в его ареале. М.: Наука. 168 с.
- Тимофеев В. 2005. Климатические индексы Южного полушария и их связь с тропосферной циркуляцией // Укр. антарк. журн. № 3. С. 85–92.
- Тимофеев В. 2006. Пространственно-временные особенности регионального потепления на Антарктическом полуострове // Укр. антарк. журн. № 4–5. С. 288–294.
- Atkinson A., Siegel V., Pakhomov E., Rothery P. 2004. Long-Term Decline in Krill Stock and Increase in Salps within the Southern Ocean // Nature. Vol. 432. P. 100–103.
- Atkinson A., Tarling G. A., Shreeve R. S., Hirst A. G., Rothery P., Pond D. W., Murphy E. J., Watkins J. L. 2006. Natural Growth Rates in Antarctic Krill (*Euphausia superba*). II. Predictive Models Based on Food, Temperature, Body Length, Sex, and Maturity Stage // Limnol. Oceanogr. 51 (2). 2006. P. 973–987.
- Daly K. 2004. Overwintering Growth and Development of Larvae *Euphausia superba*: An Interannual Comparison under Varying Environmental Conditions West of the Antarctic Peninsula // Deep-Sea Research II. Vol. 51. P. 2139–2168.
- Everson I. 2000. Distribution and Standing Stock. In: Krill: Biology, Ecology and Fisheries. I. Everson (ed.) // Fish and Aquatic Resources. Series 6. Blackwell Science. Oxford. P. 63–79.
- Gascon V., Werner R. 2005. Antarctic Krill: A Case Study on the Ecosystem Implications of Fishing // Antarctic and Southern Ocean Coalition. Puerto Madryn, Argentina. 30 p.
- Gibbons M., Spiridonov V., Tarling G. 1999. Euphausiacea // South Atlantic Zooplankton. Leiden: Backhuys Publishers. P. 1241–1279.
- Hempel I., Hempel G. 1986. Field Observations on the Developmental Ascent of Larval *Euphausia superba* (Crustacea) // Polar Biol. Vol. 6. N 1. P. 123–126.
- Kittel W., Jazdzewski K. 1982. Studies on the Larval Stages of *Euphausia superba* Dana (Crustacea, Euphausiacea) in the Southern Drake Passage and in the Bransfield Strait in February and March 1981 during the BIOMASS-FIBEX expedition // Pol. Polar Res. 3 (3–4). P. 273–280.
- Loeb V., Holm-Hansen O. R., Hewitt R., Fraser W., Trivelpiece W., Trivelpiece S. 1997. Effects of Sea-Ice

- Extent and Salp or Krill Dominance on the Antarctic Food Web // *Nature*. 387. P. 897–900.
- Makarov R., Menshenina L., Spiridonov V. 1990. Distributional Ecology of Euphausiid Larvae in the Antarctic Peninsula Region and Adjacent Waters // *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.* 3. P. 23–35.
- Marr J.W.S. 1962. The Natural History and Geography of the Antarctic Krill (*Euphausia superba* Dana) // *Discovery Rep.* Vol. 32. P. 33–464.
- Maslennikov V.V., Solyankin E.V. 1988. Patterns of Fluctuations in the Hydrological Conditions of the Antarctic Krill and Their Effect on the Distribution of Antarctic krill // In: *Antarctic Ocean and Resources Variability*. D. Sahrhage (ed.). Berlin: Springer-Verlag. P. 209–213.
- Menshenina L. 1992. Distribution of Euphausiid Larvae in the Weddell Gyre in September-October 1989 // *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.* 5. P. 44–54.
- Meyer B., Fuentes V., Guerra C., Schmidt K., Atkinson A., Spahic S., Cisewski B., Freier U., Olariaga A., Bathmann U. 2009. Physiology, Growth, and Development of Larval Krill *Euphausia superba* in Autumn and Winter in the Lazarev Sea, Antarctica // *Limnol. Oceanogr.* 54 (5). P. 1595–1614.
- Mujica A., Asencio V. 1983. Distribution and Abundance of Krill Larvae (*Euphausia superba* Dana) On the Biology of Krill *Euphausia superba* // *Proceedings of the Seminar and Report of the Krill Ecology Group*. Bremerhaven. P. 21–30.
- Nordhausen W. 1994. Winter Abundance and Distribution of *Euphausia superba*, *E. crystallorophias*, and *Thysanoessa macrura* in Gerlache Strait and Crystal Sound, Antarctica // *Marine Ecology Progress Series*. 109. P. 131–142.
- Pakhomov E., Atkinson A., Meyer B., Oettl B., Bathmann U. 2004. Daily Rations and Growth of Larval Krill *Euphausia superba* in the Eastern Bellingshausen Sea during Austral Autumn // *Deep-Sea Research II*. 51. P. 2185–2198.
- Siegel V. 1989. Winter and Spring Distribution and Status of the Krill Stock in Antarctic Peninsula Waters // *Arch. Fisch. Wiss.* 1. P. 45–72.
- Siegel V., Loeb V. 1995. Recruitment of Antarctic Krill *Euphausia superba* and Possible Causes for Its Variability // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 123. P. 45–56.
- Siegel V. 2000. Krill (Euphausiacea) Life History and Aspects of Population Dynamics // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57 (Suppl. 3). P. 130–150.
- Turner J., Colwell S., Marshall G., Lachlan-Cope T., Carleton A., Jones P., Lagun V., Reid F., Iagovkina S. 2005. Antarctic Climate during the Last 50 Years // *Int. J. Climatol.* 25. P. 279–294.
- Witek Z., Kittel W. 1985. Larvae of the Species of the Genus *Euphausia* (Euphausiacea, Crustacea) in the Southern Part of Drake Passage and the Bransfield Strait during the BIOMASS-SIBEX (December 1983 — January 1984) // *Pol. Polar Res.* 6 (1–2). P. 117–132.

Поступила в редакцию 18.03.14 г.
Принята после рецензии 24.03.14 г.

Distribution and Age Structure of Euphausiids Larvae at the Western Antarctic Peninsula (Subarea 48.1)

D. Sologub

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO, Moscow)

Euphausiids (Euphausiacea) are the key species in the trophic structure of ecosystems of the Southern Ocean. The data on the distribution and age structure of Euphausiids larvae were collected during R/V «Polarstern» expedition in January 2011 in the West Antarctic Peninsula region. Three types of distribution were found out among the four Euphausiids species: offshore (*T. macrura* and *E. frigida*), inshore (*E. crystallorophias*) and distribution at the shelf slope (*E. superba*). The densities of *E. superba* larvae in 2011 were higher than the results of previous studies in the 70's and 80's. This indicates a high recruitment rates in spite of rapid climatic changes in the Antarctic Peninsula region.

Key words: Euphausiids, Antarctica, Antarctic krill, distribution, age structure.

УДК 639.28:562/567 (265.53-17)

Изменения состояния северной креветки в северной части Охотского моря в ходе репродуктивного и линочного циклов

К. В. Бандурин¹, М. Г. Карпинский²

¹ Федеральное агентство по рыболовству (ФАР)

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)
e-mail: karpinsky@vniro.ru

Рассматриваются изменения состояния стадий репродуктивного и линочного циклов и некоторые другие особенности биологии северной креветки (*Pandalus borealis eous*), полученные на основании данных ежедневных биологических анализов, собранных на протяжении 10 месяцев календарного года и сгруппированных по пятидневкам. Материал собирался в Притауйском районе северной части Охотского моря. Репродуктивный цикл у самок продолжается два года: в первый происходит развитие гонад, заканчивающееся нерестом, во второй — вынашивание яиц на плеоподах до выпуска личинок и начала нового цикла. Изменения прослеживаются по доле соответствующих стадий в общем количестве особей для трёх групп: самцов, самок первого и второго года. Самцы линяют дважды в течение года, а самки — трижды в течение двух лет репродуктивного цикла, все линьки продолжаются 2–3 месяца и расходятся по срокам. По изменениям в уловах доли самок первого и второго года выдвигается гипотеза о вертикальных миграциях. Доля самок со стермальными шипами, впервые принимающих участие в процессе размножения, составляет около 45%, что означает, что самки могут пройти до трёх репродуктивных циклов.

Ключевые слова: северная креветка *Pandalus borealis eous*, северная часть Охотского моря, репродуктивный цикл, линочный цикл, стерральные шипы.

ВВЕДЕНИЕ

Фауна креветок Охотского моря изучена достаточно хорошо. Первым исследователем был Ф. Ф. Брандт [Brandt, 1851], обработавший сборы А. Ф. Миддендорфа. Материалы экспедиции на «Альбатросе» были обработаны и опубликованы М. Рэтбен [Rathbun, 1904]. Сборы периода 1899–1932 гг. были использованы в работах В. К. Бражникова [1907], З. И. Кобяковой [1936], В. В. Макарова [1941]. Завершением работ довоенного периода стали труды Л. Г. Виноградова [1947, 1950], чей определитель до сих пор остаётся

основным при исследованиях десятиногих ракообразных Дальнего Востока. За несколько последних десятилетий появился ряд работ, большей частью японских исследователей, посвящённых ревизии родов и описанию новых видов [Hayashi, 1992; Komai, 1999; Соколов, 2001 и др.].

Биология креветок известна значительно хуже, причём не только в Охотском море. Основные исследования креветок связаны с промыслом, поэтому лучше других изучены массовые (промысловые) виды, первый среди которых — северная креветка *Pandalus*

borealis, важнейший объект промыслового рыболовства, представленная в Охотском море тихоокеанским подвидом, *P. borealis eous* Makarov, 1935¹. Биология этого вида изучалась и в северной Атлантике [Berkeley, 1930; Rasmussen, 1953; Allen, 1959], и в северной Пацифике [Butler, 1964; Иванов, 1969, Kurata, 1981]. В российских водах исследования распределения и особенностей биологии вида проводились в Баренцевом море [Беренбойм, 1992], в северо-западной части Берингова моря [Андронов, 2001], у побережья юго-западной Камчатки [Лысенко, 2000], в сахалинских водах [Букин, 2003].

С 1999 г., после многолетнего перерыва, возобновился промысел северной креветки и одновременно исследование её распределения и особенностей биологии в северной части Охотского моря, в основном в Притауйском районе [Бандурин, 2001]. На борту промысловых судов проводились сборы материалов по размерно-половому составу креветок, основным особенностям биологии и распределения вида, различным прикладным аспектам биологии креветок и промыслу [Михайлов и др., 2003; Бандурин, 2006]. Предварительные данные по срокам линьки, созревания гонад, по стадиям развития яиц на плеоподах и их взаимосвязь между собой были опубликованы ранее [Бандурин, Карпинский, 2007]. В предлагаемой работе нам удалось расширить период наблюдений, добавив материалы за март и начало апреля, провести более полный анализ полученных результатов, а также использовать дополнительные данные, позволяющие лучше понять особенности биологии вида.

В развитии северной креветки, как, впрочем, и всех ракообразных, наблюдается хорошо выраженная цикличность. В первую очередь это линочный цикл — сбрасывание старых покровов и последующий быстрый рост, после чего формируется новый жесткий панцирь. Второй цикл связан с размножением: развитием и созреванием гонад, откладкой яиц, их вынашиванием и выпуском личинок. Оба цикла связаны между собой: длительное

время ношения яиц делает невозможной в этот период линьку, вследствие чего она происходит до и после периода вынашивания. Такая связь позволила рассматривать два процесса вместе, тем более что материалом служат данные одних и тех же биологических анализов. Следует также учитывать, что северная креветка — протерандрический гермафродит, у которого происходит смена пола.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собирался в Притауйском районе в северной части Охотского моря на промысловых судах, выполнявших работы по научной программе. При проведении биологических анализов у креветок измеряли длину карапакса (ДК) и тела (ДТ), определяли пол, стадии эмбрионального развития яиц в кладке, стадии развития гонад, стадии линочного цикла, наличие или отсутствие стернальных шипов. Существует несколько методов и шкал оценки этих стадий, поэтому необходимо сказать, что мы пользовались методикой, приводимой Б.Г. Ивановым [2004], как наиболее адаптированной к массовым полевым исследованиям. За время нашей работы появились новые методы оценки, однако мы не сочли возможным их применение, чтобы сохранить преемственность материала.

Самок идентифицировали в первую очередь по наличию яиц на плеоподах и гонадам, а самцов — по размерам мелких особей (ДК = 14–24 мм). Определение пола у крупных самцов, мелких самок без яиц на плеоподах и переходных особей производили по строению эндоподита 1 пары плеоподов, так же, как и у особей с ДК менее 13–14 мм. Для оценки стадии эмбрионального развития яиц на плеоподах выделяли три стадии: 1 — свежееотложенные, ярко пигментированные, глазки не развиты; 2 — глазки имеются; 3 — яйца с развитыми эмбрионами и без желтка; 4 — личинки выпущены. Кроме того, выделяли промежуточную стадию 3–4: большая часть личинок выпущена, но остается 20–40% яиц. Всех самок без яиц и переходных особей подразделяли, в зависимости от размеров гонад, на четыре группы: 0 — гонады не просматриваются через карапакс; 1 — гонады слабо развиты, занимают в длину до 1/3 спинной части под кара-

¹ Многие авторы, напр. [Komai, 1999] выделяют это вид как самостоятельный, *Pandalus eous* Makarov, 1935, но мы употребляем более традиционное на Дальнем Востоке название, позволяющее связать его с атлантическим подвидом.

паксом; 2 — гонады умеренно развиты, занимают в длину от $1/3$ до $1/2$ спинной стороны под карапаксом; 3 — гонады хорошо развиты, полностью заполняют спинную сторону под карапаксом. Здесь необходимо подчеркнуть, что говоря о развитии гонад, мы имеем в виду только их размеры, но не состояние. Стадии линочного цикла определяли по 3-балльной шкале: 1 — линочная (панцирь мягкий, как папиросная бумага; линяющие особи); 2 — послелинчная (панцирь неокрепший, прогибающийся при нажатии); 3 — межлиночная (панцирь плотный, твёрдый).

Чтобы проследить все стадии репродуктивного цикла, необходимы наблюдения в течение всего года. В идеальном случае такие наблюдения следовало бы провести без перерывов в течение одного года, однако на практике это выполнить нереально, поскольку требуются как чрезвычайные усилия от самих наблюдателей, так и непрерывное пребывание на промысле добывающего судна. Поэтому из материалов, собранных в 30 экспедициях, мы выбрали данные 7 из них так, чтобы наблюдения, проведённые пусть и в разные годы, но образовывали непрерывный ряд по календарным датам, с минимальным наложением друг на друга. Такой подход был обусловлен тем, что в зависимости от условий среды в каждый конкретный год, все процессы развития, оставляя без изменений скорость их прохождения, совершают флуктуации по времени, и если принять суммарные, обобщённые данные, время этих процессов, проходящих порой достаточно быстро, оказалось бы сильно размытым и растянутым. С другой стороны, при стыковке материалов, собранных в разные годы, возможны

небольшие отклонения в виде пиков, вызванных именно этими различиями в календарном времени этих процессов, что может помочь оценить и амплитуду флуктуаций в различные годы.

В нашем случае дело осложнялось тем, что в зимне-весенний период в Притауйском районе наблюдается сложная ледовая обстановка, лов возможен только в тёплые годы, и до 2005 г., когда собирался основной материал, все работы проводились летом и осенью, вплоть до декабря. И только в 2007 и 2008 гг. удалось провести первые весенние съёмки. В итоге в январе и феврале полноценный материал собрать не удалось, данные ограничились периодом с марта по декабрь (табл. 1), с небольшим перерывом в апреле, а о состоянии северной креветки в январе и феврале можно лишь строить предположения, экстраполируя наши данные об их состоянии на период с конца декабря до начала марта.

Чтобы проследить, как проходит линька, развитие гонад и эмбриональное развитие яиц в течение года, уточнить сроки и продолжительность нереста и момент выклева личинок, данные биологических анализов (150 и более особей ежедневно) были сгруппированы по временным отрезкам, равным 5 суткам, что составило от 750 до 900 особей за пятидневку. Затем для каждой пятидневки была определена доля каждой из стадий развития гонад и яиц, состояния панциря, а также количество особей со стермальными шипами и без, и по этим данным были построены графики (рис. 1–6). Как уже говорилось, репродуктивный и линочный циклы связаны между собой, причём линочный цикл зависит от

Таблица 1. Материалы для анализа биологических циклов

Год	Судно	Период работ	Кол-во экз.
2008	СТР «Александра», «Капитан Меламуд»	3 марта — 2 апреля	6670
2007	СТР «Александра», «Капитан Меламуд»	21 апреля — 11 июня	8633
2005	СРТМк «Полесск»	14 июня — 29 июня	2934
2001	СТР «Капитан Меламуд»	4 июля — 30 августа	9340
2007	СТР «Александра»	4 августа — 28 сентября	6322
2005	СТР «Александра»	2–16 октября	1699
2003	СРТМк «Полесск»	13 октября — 30 декабря	10036

репродуктивного, что и определило порядок изложения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

РЕПРОДУКТИВНЫЙ ЦИКЛ. Начальной точкой его отсчёта следует считать начало развития гонад у впервые созревающих особей. Этот процесс начинается ещё у интерсексов, переходных особей, сохранивших морфологические элементы самцов. Затем следует период развития гонад, нерест (откладывание яиц на плеоподы) и вынашивание их с последующим выпуском личинок, после чего цикл повторяется, начинаясь с развития гонад.

В весенне-летний период доля переходных особей в уловах составляет менее 1%. Даже крупные креветки с ДТ 108–125 мм по строению первой и второй пары плеопод были отнесены к самцам. В августе ситуация изменилась: у части самцов отмечается изменение вторичных половых признаков, и к октябрю-ноябрю доля особей, меняющих пол, достигает 30% и более. Морфологически это выража-

лось в уменьшении внутреннего отростка эндоподита первой пары плеопод и в уменьшении щетинок на *appendix masculina* второй пары плеопод. Таких креветок в соответствии с признаками, подробно описанными Б.Г. Ивановым и В.И. Соколовым [1997], относили к переходным особям. В функциональном отношении это были креветки, которые летом текущего года последний раз принимали участие в размножении в качестве самцов; уже к середине осени у этой размерно-половой группы начинается развитие гонад, которые перед следующей, «брачной» линькой, достигают всей длины спинной части под карапаксом.

Развитие гонад у переходных особей и самок северной креветки Притауйского района начинается в конце октября и продолжается в декабре. С июля по сентябрь в уловах присутствуют особи с неразвитыми гонадами (стадия 0). В октябре начинают встречаться креветки со слабо развитыми гонадами на 1-й стадии зрелости, составляющие до 1/3 длины спинной части карапакса. В ноябре доля пере-

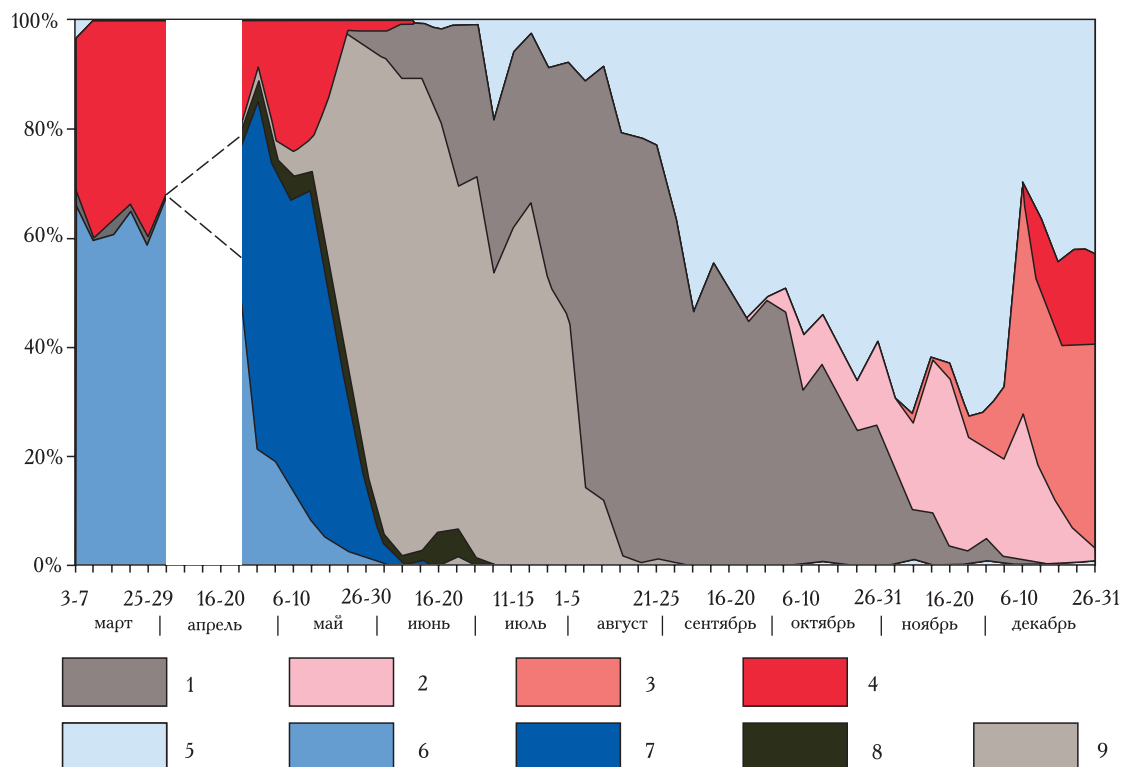


Рис. 1. Изменения долей самок северной креветки с различными стадиями зрелости гонад и развития яиц.

Обозначения: 1 — гонады не развиты (0); 2 — гонады развиты слабо (1); 3 — гонады развиты умеренно (2); 4 — гонады развиты хорошо (3); 5 — яйца свежееотложенные (1); 6 — яйца с глазками (2); 7 — яйца с развитыми личинками (3); 8 — выпущена часть личинок (3–4); 9 — все личинки выпущены (4)

ходных особей и самок с развитыми гонадами увеличивается в среднем до 80%, из них большую часть составляют креветки с умеренно развитыми гонадами (стадия 2). В декабре доля особей с развитыми гонадами составляет более 90%, и у значительной её части они полностью заполняют спинную часть карапакса (стадия 3). Следует отметить, что начинаясь одновременно, развитие гонад идёт быстрее у самок, чем у переходных особей, что, скорее всего, объясняется тем, что у интерсексов это первый репродуктивный цикл, тогда как у самок — по крайней мере второй.

За всё время наблюдений, просмотрев несколько десятков тысяч особей, мы встретили лишь шесть самок, у которых гонады находились на 1–2 стадии развития, что означало, что наиболее вероятно, они будут готовы к нересту где-то в середине лета (все находки были в марте-мае), и при этом имели яйца на 3-й или 4-й стадии развития. У всех остальных самок либо при развивающихся гонадах отсутствовала кладка, либо при наличии яиц на плеоподах гонады не были развиты (стадия 0), либо гонады находились в состоянии покоя, а яйца на плеоподах отсутствовали. Такое соотношение позволило заключить, что отмеченные шесть самок — отклонение от нормального состояния, при котором у самок либо созревают гонады, либо отложены яйца на плеоподах.

Анализ изменения доли самок с различными стадиями развития гонад и зрелости яиц (рис. 1) показал, что от марта к декабрю выделяются две последовательные линии: развитие (увеличение) гонад с последующим нерестом и вынашиванием зелёно-голубых яиц до конца декабря (рис. 1: 1–4, красный цвет) и вынашивание яиц последующих стадий развития, выпуск личинок, и, после некоторой паузы, начало развития гонад (рис. 1: 5–9, синий цвет). Это наблюдение продемонстрировало, что нормальный репродуктивный цикл в северной части Охотского моря составляет два года. Для того чтобы лучше проследить происходящие у самок процессы, а именно сроки прохождения отдельных этапов, длительность и скорость изменений, материалы для первого и второго года репродукционного цикла лучше рассматривать по отдельности. За начальную точку, как уже говорилось, наиболее

обоснованно принимать период начала развития гонад после паузы в конце лета — начале осени, и логичней было бы начать с этого момента. Но, с другой стороны, этот процесс непрерывный, а разделение по годам условно. И, поскольку наши материалы выстроены с марта по декабрь, мы оставили такую последовательность и выделили в качестве первого года репродукционного цикла последний период развития гонад, нерест и последующее вынашивание яиц, а второго года — завершение развития яиц, выпуск личинок, паузу и начало следующего цикла, созревание гонад.

Весной у самок, условно называемых нами «самками первого года развития репродуктивного цикла» (рис. 2), завершается развитие гонад, заполняющих к этому времени почти всё свободное пространство под карапаксом, в результате чего желудок оказывается стиснутым; скорее всего, креветки в этот период мало питаются. Несколько самок с небольшой задержкой в развитии имели гонады второй стадии, но эти случаи были немногочисленны. В пробе 10 мая (2007 г.) была в первый раз отмечена самка со свежееотложенными яйцами, резко отличавшимися ярким зелёно-голубым цветом. До конца мая такие самки встречались, но не очень часто, составляя 3–7%. В первой пятидневке июня отнерестившиеся самки составляли уже 18%, а во второй — уже 50%. К сожалению, в начале июня произошло резкое сокращение общего количества самок первого года, которое снизилось до 3–18 экз. за пятидневку, что ставит под сомнение достоверность этих результатов из-за столь малой выборки. До середины июля количество самок первого года не превышало 15 экз., а до середины августа — 100 экз., и лишь в более поздний период их доля и, соответственно, величина в общей выборке неизменно повышались. Возможные причины этого явления будут рассмотрены ниже. Прошедшие нерест самки, с зелёно-голубыми яйцами на плеоподах, до конца года не претерпевают никаких заметных изменений.

Изменения, происходящие у самок, условно определяемых как «самки второго года репродуктивного цикла» (рис. 3), более разнообразны. Весной, в начале марта, практически все самки имели яйца с глазками, хорошо види-

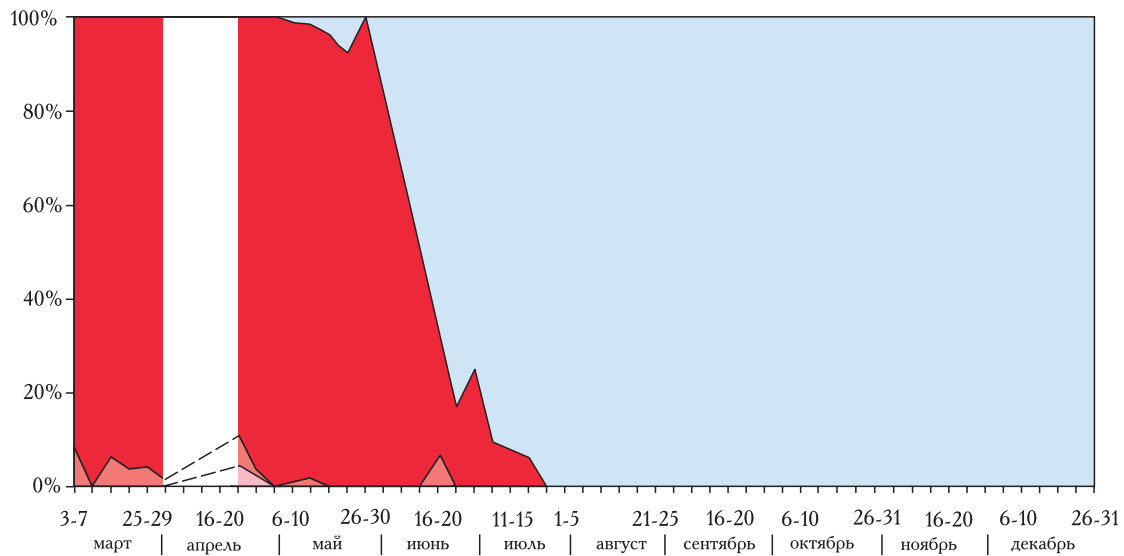


Рис. 2. Изменения стадий состояния зрелости гонад и развития яиц у самок первого года репродуктивного цикла. Обозначения те же, что на рис. 1

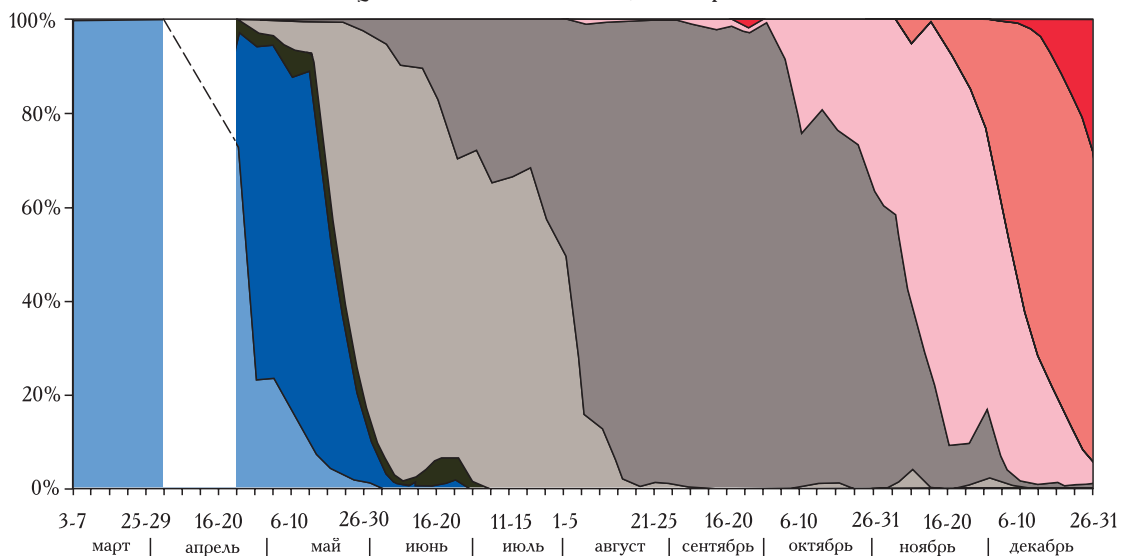


Рис. 3. Изменения состояния стадий зрелости гонад и развития яиц у самок второго года репродуктивного цикла. Обозначения те же, что на рис. 1

мыми на фоне желтка зелёно-голубого цвета. Лишь у очень небольшой части (1%, 4 экз.) глазки не просматривались, но такие особи наблюдались только в первой пятидневке. С 5 по 20 апреля появляются самки с яйцами, у сформированных эмбрионов которых полностью исчезает желток. Более точно сроки определить не удалось, поскольку в этот период наблюдения не проводились, но уже к третьей декаде апреля около 25% самок имели яйца с полностью исчезнувшим желтком, в которых просматривались эмбрионы. В следующей пятидневке их количество резко возросло, до

70%, тогда как яйца с глазками были у 23% самок. Дальнейшее снижение количества самок с яйцами с глазками происходило не столь стремительно, к концу мая их доля снизилась до 1%, но и далее, до конца июня, попадались единичные особи, составляя 0,31%. Самки с яйцами, в которых просматривались эмбрионы, преобладали в течение 20 дней, до третьей пятидневки мая их доля стабильно составляла около 70%. Затем, когда личинки стали вылупляться, произошло сокращение их доли сначала до 50, потом до 30, 12, 4%, и в начале июня она составляла менее 1%. Чтобы

детальной проследить процесс выпуска личинок, мы выделяли ещё одну, дополнительную, подстадию самок, у которых оставалось 20–40% кладки, но доля таких особей была стабильна и составляла 1–5%, что свидетельствовало лишь о том, что происходит постепенный выпуск личинок. После выпуска личинок у самок на плеоподах остаются хорошо различимые длинные волоски, которые исчезают после того, как самки совершают линьку и у них наступает новый цикл, начинающийся с развития гонад. Первые особи с развивающимися гонадами появились в начале августа, однако до конца сентября это лишь единичные случаи, составлявшие менее процента, и только в октябре их доля начинает увеличиваться, достигая 99% в начале декабря, но до конца декабря остаются единичные особи, развития гонад у которых не было видно. Завершается второй год репродуктивного цикла появлением самок, у которых гонады занимают от $1/3$ до $1/2$ длины карапакса.

Из изменений, произошедших в период отсутствия наблюдений, в январе-феврале, наиболее значимые были отмечены у самок с яйцами. Если в конце декабря не было ни одной самки с яйцами с глазками, то в первой пятидневке марта лишь у 4 особей (менее 1%) в яйцах не было видно глазков, далее глазки были видны в кладках всех креветок. У другой группы самок в марте около 95% особей имели гонады на последней стадии развития, когда они занимали почти все свободное пространство под карапаксом, тогда как в конце декабря таких самок было около 30%. Это позволяет заключить, что рост гонад проходил постепенно и растянулся более чем на три месяца, тогда как процесс появления глазков прошёл значительно быстрее, начавшись и практически за-

вершившись в период, когда не было наблюдений.

Таким образом, такие чётко определяемые изменения состояния, как нерест, полная резорбция желтка, выклев личинок, начало развития гонад происходят у основной части креветок за 20–25 дней, но у оставшейся небольшой части (1–5%) наблюдаются отклонения от этих сроков на месяц, а в некоторых случаях и на два.

Кроме этих отклонений, как видно на рисунках 1–3, в некоторых случаях наблюдаются неожиданно, нелогично возникающие пики или наоборот вместо активных изменений показателей происходит их стабилизация, на рисунке это показано как плато.

Возникает это оттого, что материал был привлечён за пять разных лет (см. табл. 1) и эти пики и плато возникают в местах стыковки материалов разных годов. Дело в том, что годы различаются по температурному режиму, который определяет темпы биологического развития северной креветки [Squires, 1968]. Естественно, что биологические процессы в разные годы происходили в разные сроки, а поскольку стыковка материалов производилась по календарным датам, на графиках в местах стыковок возникали отклонения в биологических ритмах. Сравнение темпов развития креветок в разные по температурным характеристикам годы может быть темой отдельного исследования, здесь же мы ограничимся кратким сравнением с целью объяснения возникающих отклонений. Были привлечены литературные данные о температурном характере каждого из годов [Хен и др., 2009], по которым была составлена табл. 2. В ней для северной части Охотского моря приводится обобщённая температурная характеристика

Таблица 2. Температурная характеристика поверхностных и придонных вод и синоптический режим в северной части Охотского моря, по годам

Годы		2001	2003	2005	2007	2008
Поверхность		холодный	холодный	умеренный	тёплый	тёплый
Дно		холодный	умеренный	тёплый	тёплый	тёплый
Синоптический режим	зима	холодный	умеренный	тёплый	тёплый	умеренный
	весна	умеренный	умеренный	тёплый	тёплый	тёплый

каждого из годов для поверхностных и придонных вод, а также данные о синоптическом режиме зимы и весны.

Материалы 2007 и 2008 гг. разделены пропуском в ряду наблюдений (2–21 апреля). Первый неожиданный пик наблюдается 10–20 июня, в месте стыка материалов за 2005 и 2007 гг. Эти годы по температурному режиму характеризуются примерно одинаково, однако по биологическому развитию наблюдается отставание на 10–15 дней, в результате которого возникли пики: первый у самок с не выпущенными личинками (рис. 3) и второй, значительно менее достоверный по причине малого объема материала, — у самок, не прошедших нерест (рис. 2). Более детальное рассмотрение температурного режима показало, что 2005 г. был действительно холоднее, чем 2007, причём различия наблюдались в основном в поверхностных водах [Хен и др., 2009].

Второй стык образовал плато у стадии «личинки выпущены» в период с 16 июня по 20 июля (рис. 3): год 2005 г. характеризовался как тёплый, 2001 г. — как холодный, что вызвало стабилизацию перехода в следующую стадию. Впрочем, поскольку трансформация в стадию «гонады не развиты» происходит в результате линьки, а этот процесс не имеет жёсткой связи с репродуктивным циклом, в данном случае возможно двойное трактование. Однако, образование следующего плато,

в период с 1 по 20 октября у стадии «гонады не развиты» (рис. 3) можно объяснить только стыковкой двух материалов, тёплого 2005 г. и холодно-умеренного 2003 г. Наконец, стык материалов холодного 2001 г. и тёплого 2007 г. остался незаметным, поскольку в этот период каких-либо изменений биологического состояния у креветок не происходило. Таким образом, при использовании материалов за разные годы необходимо делать поправки на их температурный режим.

Соотношение в уловах самок первого и второго года развития репродуктивного цикла (рис. 4) дало интересные результаты для анализа. С марта по первую половину мая в уловах преобладали самки второго года, тогда как доля самок первого года постепенно снижалась, с 40% в марте до 20% к середине мая. С началом нереста количество самок первого года резко сокращается, до 1,7% 21–15 мая, и далее до конца июня их доля колеблется от 0,7 до 2,1%. С начала июля доля самок первого года, со свежееотложенными на плеоподы яйцами, постепенно возрастает, достигая к середине сентября 50% и 70% в ноябре, далее снижаясь до 40%.

Креветки образуют стабильное, мало перемещающееся скопление, в котором представлены и самки, и самцы, что позволяло полагать, что соотношение самок первого и второго года развития должно быть посто-

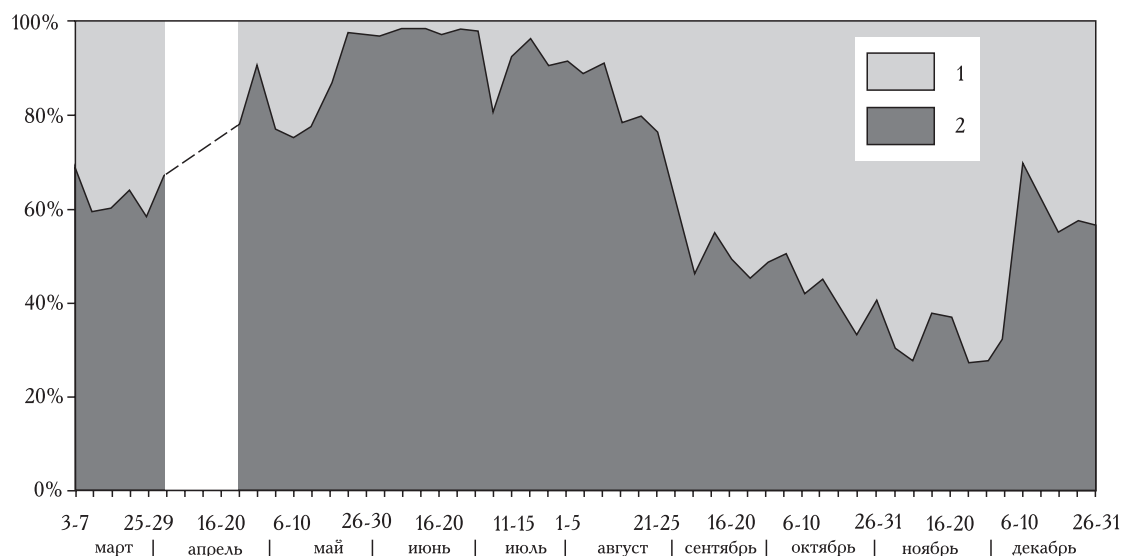


Рис. 4. Изменение соотношения самок первого (1) и второго (2) года развития репродуктивного цикла

янным, и количество тех и других — примерно равным. Поэтому тот факт, что соотношение самок в течение года изменялось, причём, несмотря на мелкие колебания, вполне закономерно и в связи со стадиями репродуктивного цикла, заставил искать объяснение этому явлению. Даже если принять, что самки первого и второго годов разделяются пространственно, образуя скопления в разных районах, сложно представить, чтобы за весь этот период, с 20 мая по конец июня, активно перемещающееся судно ни разу не встретило скопление самок первого года, неизбежно давшее бы на рисунке локальный пик, тем более что в этот период объединены материалы за два различных года, покрывающие значительную площадь. Гораздо логичнее и обоснованнее предположить, что разделение происходит, но заключается в том, что креветки уходят из зоны облова донного трала. Нерест креветок совпадает с линькой, и можно было бы предположить, что они, в поисках укрытия, оседают на дно. Но в таком случае они неизбежно попадали бы в донный трал, чего почти не происходит. Если же предположить, что они поднимаются в расположенные выше слои вод, становится понятным, почему их доля составляет около 1% — они попадают в трал только при его постановке и выборке. В пользу этого положения говорит и тот факт, что сокращение доли самок первого года произошло резко, оно было связано с нерестом, тогда как увеличение в июле-сентябре постепенно, по мере постепенного созревания яиц. Кроме того, креветки действительно всплывают в верхние слои [Барсуков, Иванов, 1979]. Всё это позволяет предполагать, что значительная часть самок с преднерестовыми гонадами находится в водах выше верхней подборы раскрытого креветочного трала, а с началом нереста и остальные креветки с яйцами на плеоподах поднимаются вверх. Постепенное их опускание в придонные слои начинается только по прошествии полутора месяцев. А то, что в сентябре-ноябре они по численности почти вдвое превосходят самок без яиц и с начавшимися развиваться гонадами, скорее всего, свидетельствует о том, что в этот период часть самок второго года репродуктивного развития, в свою очередь, также поднимается вверх. Впрочем, это только рабочая

гипотеза, требующая подтверждения сборами при помощи соответствующих орудий лова.

Линочный цикл. Линька — процесс смены наружных покровов у ракообразных и единственно возможный способ их роста. Знание сроков линьки креветок, когда покровы большинства особей мягкие, актуально для своевременного принятия мер по регулированию промысла в целях охраны и рационального использования этих промысловых объектов. Частота линек наиболее велика у молодых креветок. В течение первого года жизни северная креветка линяет около 15–20 раз (включая линьку личинок) [Беренбойм, 1992]. В дальнейшем промежутки между линьками возрастают, а у половозрелых особей линька синхронизирована с определёнными этапами репродуктивного цикла.

Перед линькой старый карапакс размягчается и становится хрупким, под ним формируется новый, что очень хорошо видно у особей с надломанным роостром: старый, травмированный, имеет вид прозрачной скорлупы, внутри которой просматривается новый, мягкий, формирующийся. Была отмечена интересная особенность — с плеопод старые покровы сходят последними. Поэтому довольно часто в период летней линьки среди самок второго года репродуктивного цикла встречались креветки с «новым», мягким, карапаксом и волосками на плеоподах. В равной степени встречались линяющие креветки и с «новыми» плеоподами. В дальнейшем у перелинявших креветок наружные покровы постепенно твердели и внешне эти креветки отличались от не линявших отсутствием волосков на плеоподах. Покровы креветок полностью отвердевают через 2–3 недели.

К анализу данных по линочному циклу был привлечён тот же материал, что и при рассмотрении репродуктивного цикла. И так же все самки были разделены на две группы (первого и второго года репродуктивного цикла), третьей группой были выделены самцы. Для каждой из групп построены свои графики динамики изменений доли числа особей различных линочных стадий по пятидневкам, представленные на рис. 5. Следует отметить, что поскольку период линьки достаточно продолжителен,

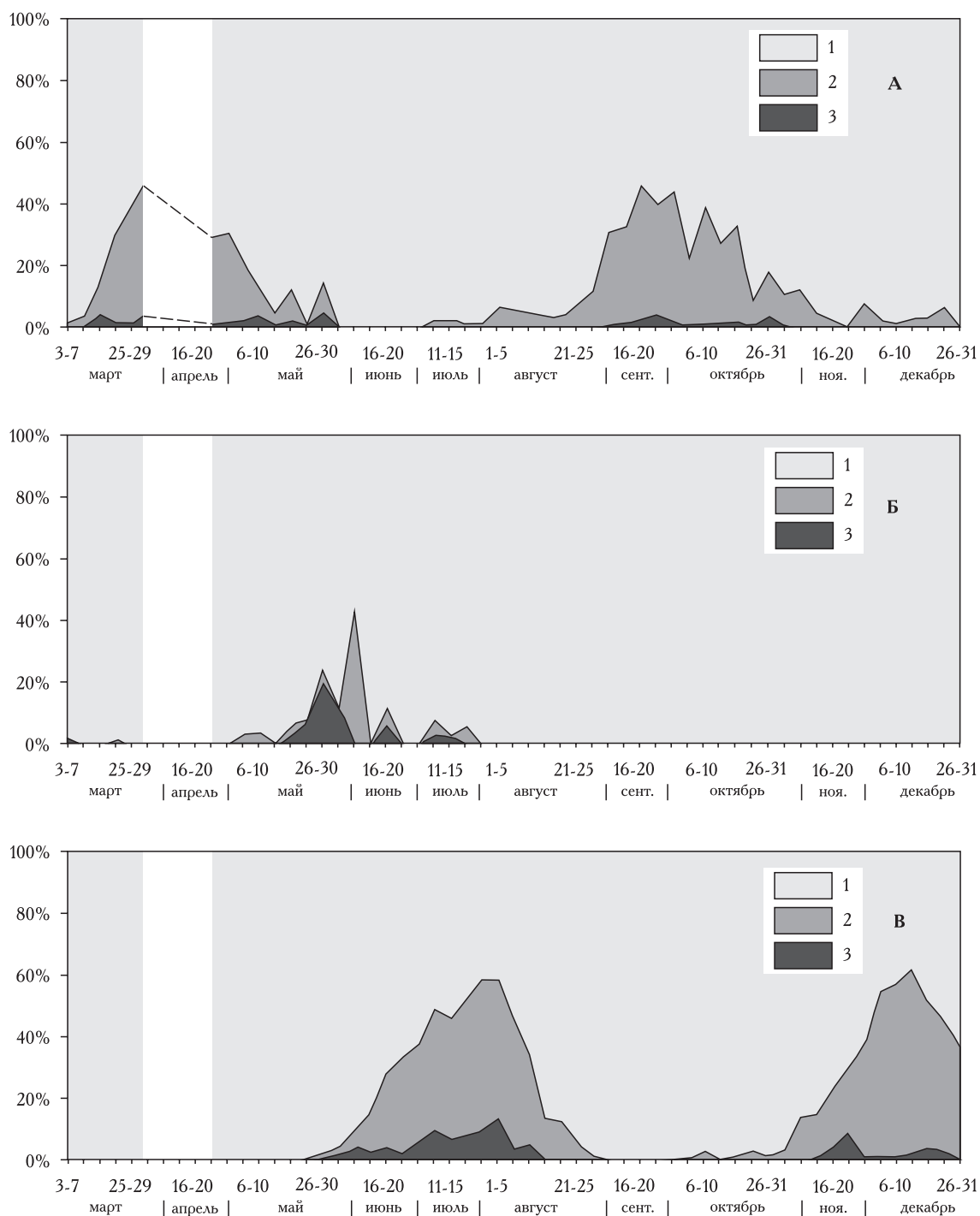


Рис. 5. Изменения доли первой (1), второй (2) и третьей (3) стадий личиночного цикла у самцов (А), самок первого (Б) и второго (В) годов репродуктивного цикла

сложностей при стыковке материалов разных по температуре годов не возникало.

Сопоставление полученных графиков рис. 5 показало, что периоды линьки в каждой из трёх выделенных групп достаточно чётко выражены и происходят с определённой циклич-

ностью, причём между пиками в одной группе всегда есть промежуток, а пики линек в разных группах расходятся во времени. Общая продолжительность периода каждой линьки составляет около трёх месяцев или чуть меньше, но наиболее интенсивный период линьки про-

должается около месяца, а процесс отвердения панциря длится около 2–3 недель.

В группе самцов наблюдаются два пика линьки (рис. 5, А). Начало первого из них совпадает с началом периода наблюдений, первой пятидневкой марта. И хотя период наиболее интенсивной линьки выпадает на 18 дней отсутствия наблюдений, очевидно, что это действительно один пик, один период линьки, интенсивность которого в мае постепенно снижается и в июне прекращается полностью. То, что это один пик, хорошо видно и при сравнении его с графиками осенней линькой у самцов, а также у самок второго года репродуктивного цикла (рис. 5, В). Второй пик линьки начинается в конце августа и заканчивается в середине ноября, хотя какое-то количество линяющих особей остается и в декабре. Сопоставляя общее количество линяющих особей и интенсивность затвердения панциря, можно уверенно утверждать, что за этот период перелиняли все особи данной группы.

Пик линьки в группе самок 1-го года репродуктивного цикла только один, выражен он не столь ярко, как пики в остальных группах, но при этом достаточно высока доля особей 1-й личинной стадии (рис. 5, Б). Происходит это оттого, что, как уже говорилось выше, выборка самок первого года репродуктивного цикла именно в этот период резко сокращается вследствие того, что подавляющее большинство особей уходят из зоны облова донным тралом. Первые линяющие особи из этой группы появляются в начале мая, последние — в конце июля. Однако то обстоятельство, что из 700–900 креветок, рассмотренных за пятидневку, к этой группе относилось лишь 5–15 особей, делает этот материал недостаточно репрезентативным и позволяет судить лишь о сроках прохождения линьки. Вместе с тем, то обстоятельство, что нерест (откладка яиц на плеоподы) блокирует возможность линьки до момента полного выпуска личинок, практически на год, есть все основания полагать, что линька происходит у всех особей перед нерестом, и в случае набора репрезентативного материала пик линьки на графике мало бы отличался от остальных. Эта линька квалифицируется как «брачная», после которой на плеоподах формируются волоски, на которые затем

происходит откладка яиц [Иванов, Соколов, 1997]. Следует отметить, что у некоторых особей линька происходила перед самым нерестом, вследствие чего в небольшом количестве встречались самки 2-й личинной стадии со свежееотложенными яйцами.

У самок второго года репродуктивного цикла наблюдаются два четких, хорошо выраженных пика, во время которых линяют, очевидно, все особи из этой группы (рис. 5, В). Первый из них начинается в начале июня и продолжается до конца августа, но наибольшая интенсивность линьки наблюдается с середины июня до середины августа. Перед линькой креветки заканчивают выпуск личинок но у них остаются длинные волоски на плеоподах, а у части особей на этих волосках и отдельные яйца с готовыми к вылуплению личинками. Собственно, эта линька — раздел, как двух этапов репродукционного цикла, «личинки выпущены» и «гонады не развиты», так и всего репродукционного цикла, конец старого и начало нового. Поскольку в этот период в придонных слоях, облавливаемых тралом, присутствуют в основном представители только этой группы, данная линька очень заметна. Второй пик линьки начинается в ноябре и продолжается, скорее всего, до середины или конца января, то есть до периода становления льда, когда работы прекращаются, и данных за этот период нет. Линяют самки с гонадами в различной стадии развития. Зимняя линька обусловлена исключительно ростом, и не связана с процессами предстоящего нереста. По своей интенсивности она не уступает летней, но не столь заметна, потому что в это время велика доля самок первого года репродуктивного цикла.

Изучение сроков линьки креветок имеет, помимо научного, также и важное практическое значение. У линяющих особей товарные кондиции резко падают, они не могут быть пущены технологическую обработку. Так, во время летней линьки северной креветки в Притавском районе значительное количество особей промыслового размера (до 54%) имели мягкие покровы, в результате чего для изготовления продукции использовалось менее половины улова, большая же часть выловленных креветок отсортировывалась и выбрасывалась за борт, где и погибала. Поэтому для рациональ-

ного ведения промысла необходимо знание сроков линьки.

У самок северных креветок, используемых промыслом, в течение года наблюдается три периода линьки. Первая из них происходит перед нерестом, однако, поскольку сразу после него креветки исчезают из зоны облова донного трала, эта линька не оказывает на промысел существенного влияния. Вторая линька происходит после выпуска личинок, основной её период приходится на середину июня — середину августа, и в это время некондиционные особи, имеющие незатвердевшие покровы, составляют более половины улова. По этим причинам, в целях рационального использования запаса северной креветки, одним из авторов, К. В. Бандуриным, было подготовлено обоснование на введение запрета на промысел северной креветки в Северо-Охотоморской подзоне с 15 июня по 15 августа, с возможностью корректировки сроков запрета в зависимости от фактических сроков наступления и окончания массовой линьки. Данный запрет отражён в пункте 15.4. Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (Приказ Минсельхоза России от 21.10.2013 года № 385 (ред. от 04.12.2014)) и действует с 2002 г. Наконец, третья линька принимает массовый характер с середины ноября и заканчивается в январе, а по своей интенсивности не уступает летней, однако в это

время в уловах велика доля не линяющих самок с яйцами, и потому относительное количество линяющих особей не очень велико.

Ещё одна характеристика самок — соотношение особей со **стермальными шипами** и без (рис. 6). Эти шипы хорошо выражены у достигших половозрелости самцов и самок, идущих на нерест в первый раз, потом они сглаживаются, и у повторно нерестящихся самок незаметны. Поскольку стерральные шипы находятся с брюшной стороны абдомена, разглядеть их можно только у самок без яиц на плеоподах. Доля самок со стермальными шипами, т. е. участвующих в процессе размножения в первый раз, колеблется в пределах 40–50%. Резкое сокращение в конце мая — начале июня вызвано линькой у самок первого года репродуктивного цикла, у которых из-за мягкости панциря, невозможно определить наличие этих шипов. Далее, 10–30 июня, следует пик, который образуют самки, только что выпустившие личинок, и благодаря отсутствию икры появляется возможность рассмотреть шипы. Но очень скоро, с начала июля, начинается интенсивная линька, когда вновь невозможно определить наличие шипов. Очень небольшое снижение количества самок со стермальными шипами в период линьки в ноябре-декабре явственно свидетельствует о том, что линяют только самки, завершившие по крайней мере один репродуктивный цикл, и, скорее

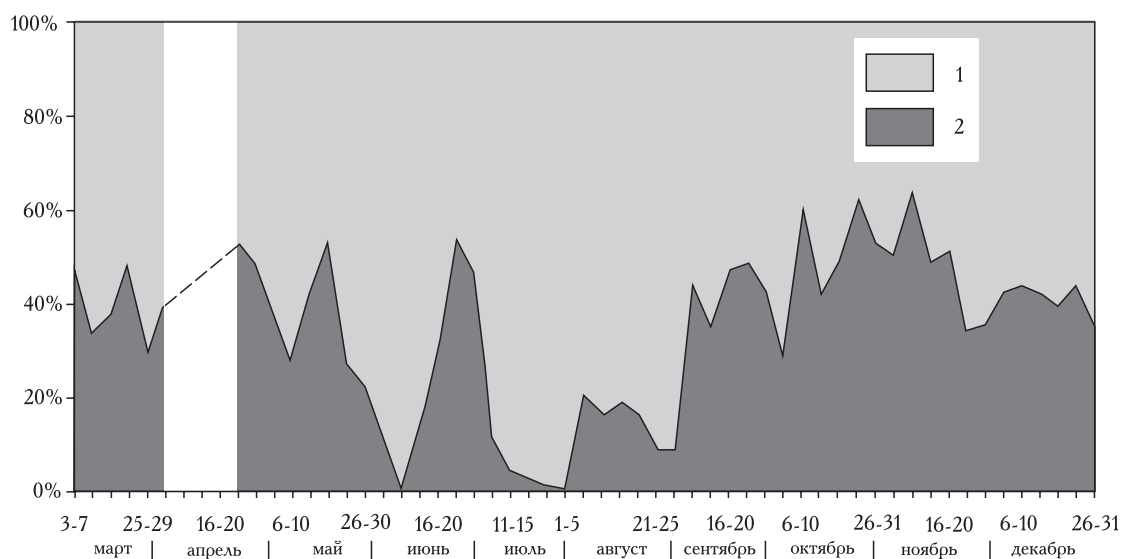


Рис. 6. Соотношение самок со стермальными шипами (2) и без них (1)

всего, до нереста они уже не линяют, а весной линяют только самки и переходные особи, идущие на первый нерест. Не принимая во внимание материалы периода первых двух линек, отметим, что количество самок, впервые принимающих участие в процессе размножения, составляет в среднем около 40–45%, что позволяет считать, что до своей гибели, с учётом естественной убыли, самки могут пройти до трёх репродуктивных циклов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суммируя вышесказанное, можно составить достаточно полное описание изменений развития самцов и 2-летнего репродуктивного цикла самок северных креветок в северной части Охотского моря. После зимне-весенней линьки, завершающейся в мае-июне, даже относительно крупные особи остаются самцами, но при следующей линьке, проходящей с августа по ноябрь, у них изменяются вторичные половые признаки, а также начинают развиваться гонады. Развитие гонад у переходных особей и повторно нерестящихся самок происходит одновременно, но у первых немного отстает в темпе. Весной гонады достигают преднерестового состояния и заполняют всю полость под карапаксом. В апреле-июне переходные особи и самки проходят «брачную линьку», после чего нерестятся; самки со свежееотложенными яйцами часто имеют ещё мягкий панцирь. Количество самок, впервые принимающих участие в процессе размножения, составляет в среднем около 45%. После нереста самки исчезают из зоны облова донного трала, вероятнее всего, поднимаясь в толщу вод. Этот период продолжается около 2 месяцев, затем они опускаются в придонные слои воды, и их доля в уловах постепенно увеличивается. До конца года самки вынашивают зелёно-голубые яйца. В январе-феврале следующего года в них сначала появляются пигментированные глазки, затем происходит формирование личинки, завершающееся исчезновением желтка, а в мае-июне — выпуск личинок. Потом следует линька, по окончании которой начинается новый репродуктивный цикл. После достаточно длинной паузы у самок начинают развиваться гонады, происходит это после или одновременно с линькой. Весной

следующего года нерестящиеся впервые особи проходят линьку и вместе с повторно нерестящимися самками откладывают яйца на плеоподы.

ЛИТЕРАТУРА

- Андронов П. Ю. 2001. Условия формирования скоплений северной креветки *Pandalus borealis* (Crustacea, Decapoda, Pandalidae) в северо-западной части Берингова моря // Промыслово-биологические исследования морских беспозвоночных. Сб. науч. трудов. М.: Изд-во ВНИРО. С. 205–211.
- Бандурин К. В. 2001. Новый район промысла креветки *Pandalus borealis* в северной части Охотского моря // Исследования биологии промысловых ракообразных и водорослей морей России. Сб. науч. трудов. М.: ВНИРО. С. 211–216.
- Бандурин К. В. 2006. Креветки (Crustacea, Decapoda, Natantia) северной части Охотского моря: распространение, биология и перспективы промыслового использования. Дисс. ... канд. биол. наук. М.: ВНИРО. 221 с.
- Бандурин К. В., Карпинский М. Г. 2007. Изменения биологического состояния северной креветки в Притауйском районе Охотского моря // Труды ВНИРО. Т. 147. С. 173–180.
- Барсуков В. Н., Иванов Б. Г. 1979. О вертикальных суточных миграциях креветок в западной части Берингова моря (Crustacea, Decapoda) // Биология моря. Вып. 3. С. 18–23.
- Беренбойм Б. И. 1992. Северная креветка (*Pandalus borealis*) Баренцева моря (биология и промысел) // Мурманск: Изд-во ПИНРО. 135 с.
- Бражников В. К. 1907. Материалы по фауне русских восточных морей, собранные на шхуне «Сторож» в 1899–1902 гг. // Записки Импер. Акад. Наук. Т. 20. Вып. 6. 185 с.
- Букин С. Д. 2003. Северная креветка *Pandalus borealis* еоиз сахалинских вод. М.: Изд-во ФГУП «Над-рыбресурсы». 137 с.
- Виноградов Л. Г. 1947. Десятиногие ракообразные Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 25. С. 67–124.
- Виноградов Л. Г. 1950. Определитель креветок, раков и крабов Дальнего востока // Известия ТИНРО. Т. 33. С. 179–358.
- Иванов Б. Г. 1969. Биология северного шримса (*Pandalus borealis* Kr.) в Беринговом море и заливе Аляска // Труды ВНИРО. Т. 65. С. 392–416.
- Иванов Б. Г. 2004. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоёмов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Вып. 2. Методическое пособие по промыслово-биологическим исследова-

- ниям морских креветок (съёмки запасов и полевые анализы). М.: Изд-во ВНИРО. 110 с.
- Иванов Б. Г., Соколов В. И. 1997. Аномалии в развитии вторичных половых признаков у северной креветки *Pandalus borealis* (Crustacea, Decapoda, Pandalidae) // Зоологический журнал. Т. 76. Вып. 2. С. 133–141.
- Кобякова Э. И. 1936. Зоогеографический обзор фауны Decapoda Охотского и Японского моря // Тр. Лен. общ-ва естествоиспытателей. Т. 65. Вып. 2. С. 185–228.
- Лысенко В. Н. 2000. Биология северной креветки *Pandalus borealis* у побережья юго-западной Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-Западной части Тихого океана. Вып. 5. С. 126–133.
- Макаров В. В. 1941. Фауна Decapoda Берингова и Чукотского морей // Исследования дальневосточных морей СССР. М. — Л.: Изд-во АН СССР. Т. 1. С. 111–163.
- Михайлов В. И., Бандурин К. В., Горничных А. В., Карасёв А. Н. 2003. Промысловые беспозвоночные шельфа и материкового склона северной части Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО. 286 с.
- Соколов В. И. 2001. Замечания о распространении и морфологической изменчивости пяти видов рода *Argis* (Crustacea, Decapoda, Crangonidae) в Охотском и Японском морях // Зоологический журнал. Т. 80. Вып. 9. С. 1050–1065.
- Хен Г. В., Басюк Е. О., Зуенко Ю. И., Устинова Е. И., Фигуркин А. Л., Шатилина Т. А. 2009. Особенности гидрологических условий в дальневосточных морях в 2008–2009 гг. // Вопросы промысловой океанологии. Вып. 6. № 2. С. 22–47.
- Allen J. A. 1959. On the Biology of *Pandalus borealis* with Reference to a Population off the Northumberland Coast // J. Mar. biol. Ass. UK. V. 38. № 1. P. 189–220.
- Berkeley A. A. 1930. The Post-Embryonic Development of the Common Pandalids of British Columbia // Contrib. Canadian Biol. N. S. V. 6. № 6. P. 79–163.
- Brandt J. F. 1851. Krebse. In: Middendorff, A. T. von, Reise in den äussersten Norden und Osten Sibiriens während der Jahre 1843 und 1844 mit allerhöchster Genehmigung auf Veranstaltung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg ausgeführt und in Verbindung mit vielen Gelehrten herausgegeben, 2 (Theil 1). 77–148, Plates 5–6. St. Petersburg.
- Butler T. H. 1964. Growth, Reproduction, and Distribution of Pandalid Shrimps in British Columbia // J. Fish. Res. Bd. Canada. Vol. 21. № 6. P. 1403–1452.
- Hayashi K. I. 1992. Studies on the Hippolytid Shrimps from Japan-VIII. The Genus *Lebbeus* White // J. Shimonoseki Univ. Fish. V. 40. P. 107–138.
- Komai T. 1999. A Revision of the Genus *Pandalus* (Crustacea: Decapoda: Caridea: Pandalidae) // Journal of the Natural History Museum and Institute. Chiba. V. 33. P. 1265–1372.
- Kurata H. 1981. Pandalid Shrimp Fisheries of Japan // Proc. Internat. Pandalid Shrimp Symp. / Ed. T. Frady. Fairbanks, Alaska. Univ. of Alaska Sea Grant College Program Rep. 81–3. P. 89–159.
- Rasmussen B. 1953. On the Geographical Variation in Growth and Sexual Development of the Deep-Sea Prawn (*Pandalus borealis* Kr.) // Norweg. Fish. and Mar. Invest. Rep. Vol. 10. № 3. P. 1–160.
- Rathbun M. J. 1904. Decapod Crustaceans of the Northwest Coast of North America // Harriman Alaska Exp., Alaska. Vol. X. 149 p.
- Squires H. J. 1968. Relation of Temperature to Growth and Self-Propagation in *Pandalus borealis* from Newfoundland // FAO Fish. Rep. 57. P. 243–250.

Поступила в редакцию 12.01.15 г.
Принята после рецензии 02.02.15 г.

Changes of the Northern Shrimp's States in the Northern Part Sea of Okhotsk during Reproductive Cycle and Molting Cycle

K. V. Bandurin, M. G. Karpinsky

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO, Moscow)

Changes of stages of reproductive cycle, molting cycle and some other features of biology of the northern shrimp (*Pandalus borealis eous*) were studied based on data of daily biological analysis, grouped to five days during 10 months (from March to December) of the calendar year. Materials were collected in Pritaujskiy area in northern part Sea of Okhotsk. Reproductive cycle of females lasts for two years: during first year gonads developed up to the spawning and in the second one females carried eggs on pleopods up to hatching of larvae and beginning a new cycle. Changes can be traced by the share of the relevant stages in the total number of individuals in three groups: males, females of first year reproductive cycle and females of second one. The males have two molts for the year and females, according to the spawning cycle have three molts during two years. All molts lasts 2–3 months and diverge in terms. By changes of share of females of first and second year of reproductive cycle hypothesis about vertical migrations was made. The share of females with sternal spines, that take part in process of reproduction first time, is about 45%, which means that females are able take part to three spawning cycles.

Key words: northern shrimp *Pandalus borealis*, the northern part of the Sea of Okhotsk, spawning cycle, molting cycle, sternal spines.

УДК 595.382/.8

**Состав скоплений и динамика биологического состояния
командорского кальмара (*Berryteuthis magister*) в районе
Северных Курильских островов в весенне-летний период 2014 г.**

Ф. В. Лищенко

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)
e-mail: lishchenko@vniro.ru

В основе данной работы лежат материалы, собранные в ходе экспедиционных исследований командорского кальмара в период с 31 мая по 18 июня 2014 г. в районе Северных Курильских островов. Исследования подтвердили наличие значительных короткоцикловых (10–12 суток) колебаний плотности и состава скоплений кальмара. Выявлено, что каждая фаза цикла характеризуется определённой плотностью скоплений, соотношением полов и физиологических групп кальмаров. Предложена гипотеза, что наблюдаемая цикличность является следствием пространственной структурированности скоплений кальмара, мигрирующих через район исследований.

Ключевые слова: командорский кальмар (*Berryteuthis magister*), Северные Курильские острова, образование и динамика скоплений, промысел кальмара, физиологический состав скоплений.

ВВЕДЕНИЕ

В районе Северных Курильских островов командорский кальмар *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) является одним из наиболее значимых промысловых объектов [Алексеев и др., 2013]. Промысел кальмара ведётся с мая по декабрь, ежегодно изымается до 60 тыс. т кальмара, что составляет около 75% от общего допустимого улова командорского кальмара в российских водах. Исследования кальмара ведутся с 1970-х гг. [Зуев, Несис, 1971; Шевцов, 1974]. Было отмечено, что численность кальмаров в районе Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки подвержена регулярным и достаточно значительным колебаниям [Алексеев, 2006; Федорец, 2006;

Katugin, 2013]. Это позволило предположить, что кальмары находятся в этих районах не постоянно, а подходят, причём эти подходы осуществляют крупные скопления [Алексеев, 2006]. По мнению некоторых авторов [Федорец, 2006] подходы кальмара могут быть связаны с фазами луны и иметь продолжительность около 4–11 суток.

Однако остаётся непонятным, существует ли какая-либо внутренняя структура этих скоплений, какие стадии развития и в каких частях этих скоплений преобладают, какова внутренняя динамика изменений в них. Это достаточно сложная и объёмная задача, попытка её решения была сделана в предлагаемом исследовании.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основе работы лежат материалы, собранные автором в ходе рейса на БМРТ «Байковск» (ОАО «Океанрыбфлот») в период с 31 мая по 18 июня 2014 г. Работы выполнялись на участке промыслового района 6103.1, ограниченном координатами $47^{\circ}54'8''$ с.ш. с юга и $48^{\circ}10'8''$ с.ш. с севера, на глубинах 160–490 м. Следует отметить, что в данном районе количество участков с грунтами, пригодными для траления, ограничено. Кроме того, работы осуществлялись при выполнении судном промысловой программы, что сузило охватываемый исследованиями диапазон глубин.

Помимо этого, в работе были использованы данные, представленные в информационной системе (ИС) «Рыболовство». По данным ИС было рассчитано среднее значение вылова на судосутки по всему флоту, добывавшему кальмара в Северо-Курильской зоне, в период проведения экспедиционных исследований 2014 г. Использование подобного метода позволило в значительной мере исключить влияние таких субъективных факторов, как количество судов, ведущих промысел кальмара, и эффективность промысла каждого отдельного судна.

Ежедневно выполнялся биологический анализ 100 экземпляров кальмара в соответствии с модифицированной методикой ФГУП «ВНИРО» [Филиппова, 1983]. Анализ включал измерение длины мантии, определение стадии зрелости по усовершенствованной 7-балльной шкале для командорского кальмара [Нигматуллин и др., 1996]. Объем обработан-

ного материала за период исследований составил 1852 экземпляра.

Данные биологического анализа кальмаров объединялись по трёхсуточным периодам. В каждый период определялось соотношение полов, а также, отдельно для каждого пола, соотношение кальмаров трёх групп, различающихся по физиологическому состоянию: незрелые (активно растущая нагульная молодь на стадиях 1 и 2), созревающие (характеризующиеся интенсивным развитием половой системы и замедляющимися темпами соматического роста, стадии 3 и 4) и зрелые (стадии 5 и 6).

Кроме того, исследовалось соотношение уловов выделенных групп в каждый трёхсуточный период. Для этого определялось соотношение полов, затем рассчитывалась доля каждой физиологической группы от общего количества проанализированных животных. После этого полученный процент пересчитывался на среднее значение уловов кальмара на судосутки в описываемый период.

РЕЗУЛЬТАТЫ

С 31 мая по 18 июня среднесуточный вылов изменялся в диапазоне от 24,79 т/судосутки до 43,69 т/судосутки, было отмечено два кратковременных периода повышения вылова кальмара (пришедшиеся на 1–3 июня и 13–15 июня 2014 г. соответственно), разделённые периодом спада вылова (рис. 1).

В период исследований повышение или снижение уловов кальмара в районе не происходило одновременно даже в пределах короткого (5–7 суток) временного отрезка. Напро-

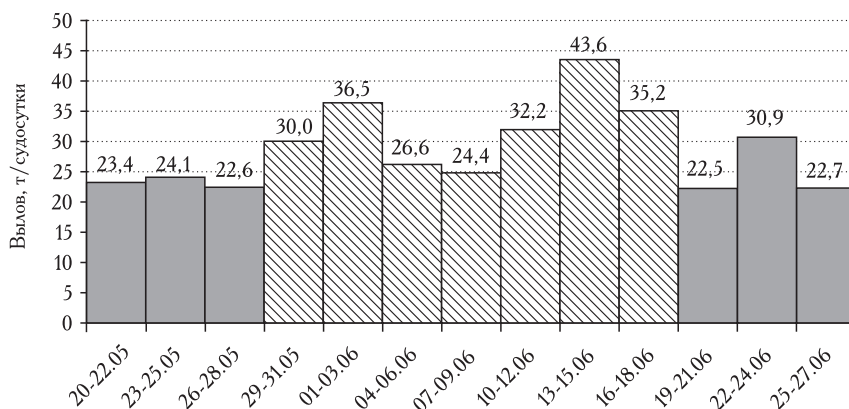


Рис. 1. Динамика среднего по флоту вылова командорского кальмара в районе Северных Курильских островов (тонны на судосутки). Штриховкой показан период исследований с 31 мая по 18 июня

тив, отмечалось последовательное увеличение уловов, сменявшееся затем столь же последовательным сокращением. Каждый период колебания уловов можно условно разделить на 4 меньшие по продолжительности периода: нарастания, максимума, спада и минимума, каждый из которых характеризуется определённой плотностью и специфическими особенностями состава скоплений, которые описаны в данной работе.

В период работ были отмечены значительные изменения в соотношении полов. Доля самок изменялась в диапазоне от 43 до 60%. Наибольшего значения доля самок достигла в первый период спада уловов, а в периоды нарастания уловов она сокращалась до минимума. В общем виде, кривая тренда доли самок в уловах была схожа с кривой тренда уловов кальмара в целом, с отставанием на один период.

В уловах присутствовали незрелые, созревающие и физиологически зрелые самки, при этом основной группой были незрелые нагульные (их доля изменялась от 62,5 до 80,4%), доли созревающих и зрелых были существенно меньше (5,3–16,1% и 9,5–26,4% соответственно), а выбойные самки в уловах отсутствовали полностью (табл. 1). В период исследований было отмечено постепенное снижение доли незрелых самок, нарушенное единожды в период с 7 по 9 июня. Доля зрелых самок постепенно увеличивалась, а доля созре-

вающих самок находилась на низком, относительно неизменном уровне.

Ряд функциональных групп самцов был так же широк, как ряд функциональных групп самок (от 1 до 6 стадии), в то же время основную долю самцов в уловах составляли созревающие и зрелые животные (см. табл. 1). Более раннее созревание свойственно самцам командорского кальмара и в других частях ареала. Так, в Беринговом море самцы достигают функциональной зрелости в среднем на 1 месяц раньше самок [Бизиков, Архипкин, 1996].

При этом кривая тренда доли созревающих самцов была подобна кривой тренда доли незрелых самок (период роста с 7 по 9 июня на фоне общего снижения) и противоположна кривой тренда доли зрелых самцов ($r = -0,98$). К концу периода исследований это привело к тому, что основную долю среди самцов составляли уже не созревающие, а зрелые животные.

В начале периода работ основу уловов составляли группировки незрелых самок и созревающих самцов (уловы каждой из них достигали 10 и 12 т/судосутки соответственно). Прочие группы хоть и были представлены в скоплениях, но отмечались в сравнительно малых количествах (рис. 2). Затем, с 1 по 3 июня, произошло значительное увеличение уловов незрелых самок, сопровождающееся увеличением количества зрелых кальмаров обоих полов и сокращением уловов созре-

Таблица 1. Соотношение различных функциональных групп в уловах кальмаров в районе Северных Курильских островов в период с 31 мая по 18 июня

Стадия	Период						
	31.05	1–3.06	4–6.06	7–9.06	10–12.06	13–15.06	16–18.06
Самки, доля, %							
Незрелые	76,2	67,8	62,5	80,4	79,7	77,2	71,2
Созревающие	14,3	11,3	11,1	8,3	5,3	12,0	16,1
Зрелые	9,5	20,9	26,4	11,3	15,0	10,8	12,7
Самцы, доля, %							
Незрелые	3,5	0,8	2,1	7,8	2,4	1,4	0,9
Созревающие	73,7	61,3	52,1	59,2	55,3	51,7	40,0
Зрелые	22,8	37,9	45,8	33,0	42,3	46,9	59,1
Соотношение полов, самки/самцы	0,75	1,43	1,50	0,94	0,79	1,10	1,07

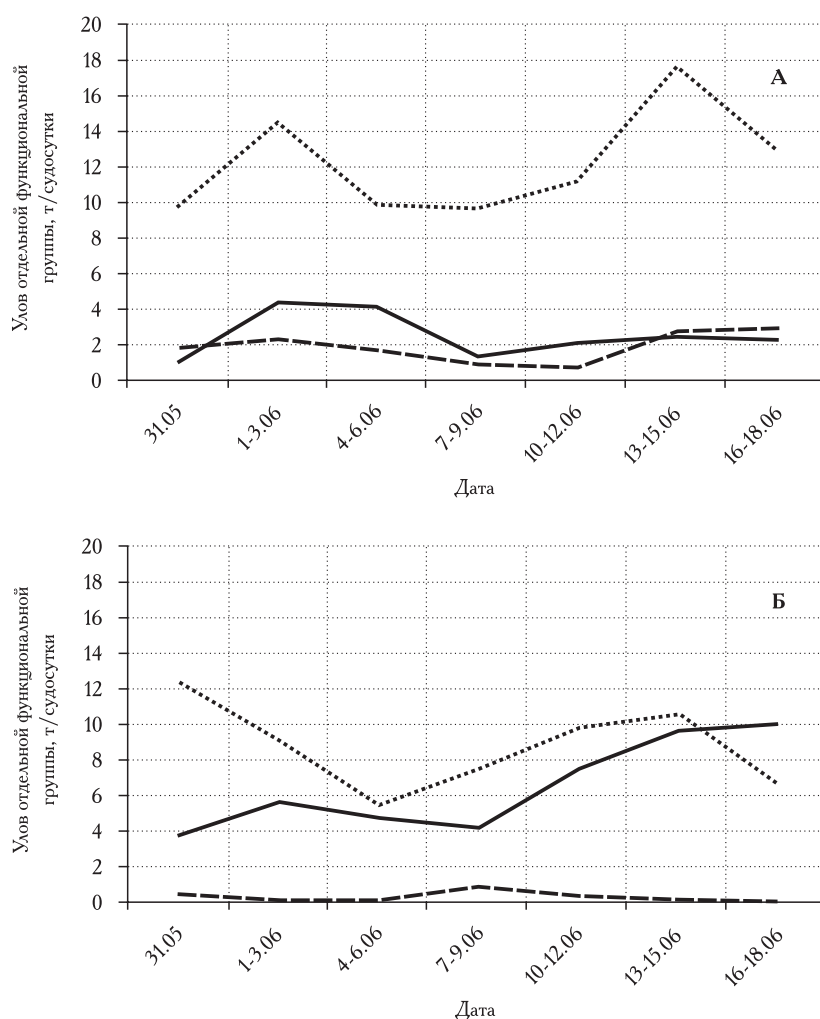


Рис. 2. Динамика уловов отдельных функциональных групп самок (А) и самцов (Б) в период исследований.

Типами линий показаны различные группы: точки — незрелые кальмары, прерывистая линия — созревающие, сплошная линия — зрелые

ющих самцов. 4–6 июня уловы созревающих самцов продолжали сокращаться, достигнув минимума за весь период исследований (до 5,53 т/судосутки). В те же сроки произошло сокращение уловов незрелых самок. Период минимального вылова кальмара в районе исследований ассоциируется с дальнейшим сокращением уловов незрелых самок, усугубленным уменьшением уловов зрелых самцов. За всё время наблюдений только в этот период произошло увеличение количества незрелых самцов, при этом, несмотря на рост, средние уловы этой группировки составили всего 0,99 т/судосутки. С 10 по 12 июня, так же как и 31 мая, наибольший объём имели группировки незрелых самок и созревающих самцов. В середине июня (13–15 июня) произошло

повторное увеличение вылова кальмара в районе исследований, связанное с увеличением количества сразу трёх функциональных групп (незрелых самок, созревающих и зрелых самцов). В последний трёхсуточный период произошло сокращение общего вылова кальмара в районе исследований, на фоне которого было отмечено увеличение уловов зрелых самцов (они составили 10,04 т/судосутки, впервые за период работ превзойдя уловы созревающих самцов, которые сократились до 6,8 т/судосутки).

Каждой фазе периода колебания уловов кальмара соответствует не только специфическое положение в рамках периода колебания уловов, но и определённое соотношение физиологических групп кальмаров и их уловы. В наи-

большей степени эта зависимость выражена у самцов, так как у самок слишком велика доля незрелых животных. В период повышения уловов отмечается постепенное снижение доли животных, находящихся на ранних этапах развития. В период максимума доля зрелых кальмаров продолжает расти (при этом могут увеличиваться и уловы незрелых и созревающих кальмаров, но относительное увеличение уловов зрелых животных более выражено). В период спада доля зрелых кальмаров достигает максимума, а доля кальмаров на ранних этапах развития — минимума. Наконец, период минимума уловов характеризуется резким снижением доли (и уловов) зрелых кальмаров.

ОБСУЖДЕНИЕ

Колебания уловов отражают изменение плотности распределения кальмара в районе работ, поэтому далее изменение плотности скоплений командорского кальмара в районе Северных Курильских островов будет характеризоваться через средние уловы на усилие.

Исследования динамики уловов командорского кальмара в мае-июне 2014 г. подтвердили [Федорец, 2006] наличие краткосрочных колебаний плотности скоплений кальмара в районе северных Курил. В нашем случае период колебания составил около 12 суток. Вероятно, наблюдаемая динамика уловов кальмара в районе Северных Курильских островов является отражением процесса формирования и распада его скоплений или миграций каль-

маров через район исследований. Амплитуда колебаний уловов оказалась очень велика (за 6 суток уловы кальмара возросли почти в 2 раза, а затем так же быстро сократились) и сопоставима с амплитудой сезонных колебаний. Ранее было показано [Федорец, 2006], что в период активного промысла на Курилах уловы кальмара могут изменяться в 2–4 раза от сезона к сезону.

Также было отмечено наличие закономерных и повторяющихся изменений в соотношении функциональных групп кальмара в течение каждого из периодов колебания плотности скоплений. При этом динамика доли большей части функциональных групп не коррелирует с динамикой плотности скоплений кальмара в районе работ (коэффициент корреляции трендов изменяется от 0,06 у наиболее многочисленных незрелых самок до 0,69 у немногочисленных незрелых самцов). Так, в течение большей части периода исследований было зафиксировано последовательное сокращение доли незрелых самок и созревающих самцов при увеличении доли зрелых животных. Подобная тенденция была нарушена в период минимальной плотности скоплений, когда доля молодых животных резко возросла, а доля зрелых — сократилась. Возможно, этот процесс является отражением созревания животных во время прохождения скопления через район исследований. С другой стороны, представляется маловероятным, что созревание происходит в такие короткие сроки (например, в Берин-

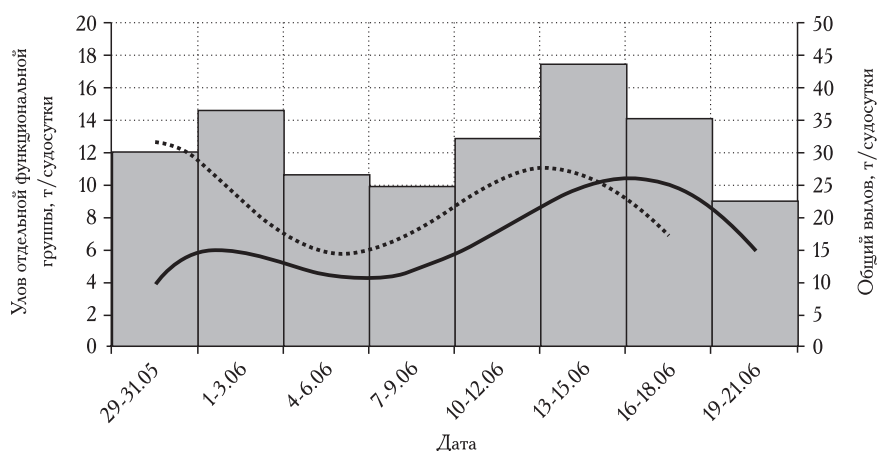


Рис. 3. Тренды динамики вылова созревающих (прерывистая линия) и зрелых (сплошная линия) самцов с 31 мая по 18 июня и прогноз вылова зрелых самцов на следующий трёхдневный период. Фон — средний вылов кальмара за судосутки

говом море процесс созревания кальмаров занимает около 5 месяцев [Бизиков, Архипкин, 1996]).

По нашему мнению, более вероятно, что замещение части незрелых животных зрелыми являлось следствием структурированности скоплений. В пользу этого предположения свидетельствует и смещение трендов вылова созревающих и зрелых самцов (рис. 3).

Ранее было установлено, что скопления командорского кальмара неоднородны по своей пространственной структуре. В Беринговом море были выявлены различия в соотношении функциональных групп в зависимости от глубины [Бизиков, Архипкин, 1996]. Незрелые особи были отмечены на наименьших глубинах, зрелые и нерестящиеся — на наибольших, а созревающие занимали промежуточное положение. Также была отмечена пространственная неоднородность распределения, связанная с предпочтением кальмара к формированию однородных стай [Алексеев и др., 1989]. Кроме того, каждое мигрирующее скопление может быть условно разделено на 3 части: авангард, ядро и арьергард, различающиеся соотношением стадий зрелости животных, как показано в разделе «Результаты» данной работы.

В районе Северных Курил структурированность скоплений может быть как закономерной, в этом случае происходит разделение составляющих скопление группировок по физиологической и функциональной зрелости, так и случайной, если эти группировки смешиваются только в районе исследований. В первом случае разделение скопления приводит к тому, что в авангарде этого скопления больше доля кальмаров, находящихся на ранних этапах развития, в арьергарде — на поздних, а в центральной части скопления смешаны особи, находящиеся на разных этапах развития. Такое распределение в скоплении может иметь приспособительное значение, снижая каннибализм кальмаров. Широкое распространение каннибализма среди кальмаров было показано в исследованиях середины XX в. [Зуев, Несис, 1971]. В отношении командорского кальмара было отмечено, что частота каннибализма у него может достигать 15% [Алексеев, Нигматуллин, 1996]. Также наблюда-

емая структура скоплений кальмара может являться следствием снижения подвижности кальмаров на поздних стадиях зрелости, аналогичного отмеченному Ч. М. Нигматуллиным [Нигматуллин, 2007] для кальмаров семейства *Ommastrephidae*. В случае если структурированность случайна, в район исследований последовательно подходили группировки, основу которых составляли кальмары, находящиеся на разных стадиях зрелости. Исходя из имеющихся в нашем распоряжении данных, оба объяснения представляются возможными.

Особо отметим отсутствие в уловах выбойных животных. По-видимому, это указывает на отсутствие нереста в районе Северных Курил, по крайней мере, в период исследований. В Беринговом море в ходе исследований 1993–1995 гг. скопления нерестящихся кальмаров отмечались на глубинах 350–450 м; доля нерестовых кальмаров (на 6 стадии) составляла около 80%, а доля выбойных изменялась от 0,5 до 20% [Бизиков, 1996 а; Бизиков, 1996 б]. Но, несмотря на то, что исследования в районе Северных Курил в 2014 г. охватывали даже более широкий диапазон глубин, в уловах ни разу не были отмечены выбойные особи. При этом, хотя в отдельные периоды было отмечено довольно значительное количество функционально зрелых самцов, доля собственно нерестящихся (находящихся на 6 стадии зрелости) животных всегда была невелика и явно недостаточна для массового нереста. Также следует отметить кратковременность и цикличность периодов повышения доли зрелых животных в уловах.

Все вышеизложенное позволяет утверждать, что в период исследований в районе Северных Курильских островов не было отмечено нереста командорского кальмара. Вероятно, наблюдаемая динамика соотношения функциональных групп (так же как и динамика распределения кальмара) является свидетельством миграции скоплений командорского кальмара различного состава, проходящих **через** район Северных Курильских островов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования биологического состояния кальмаров в районе Северных Курильских островов в мае-июне 2014 г. показали, что

в данном районе запас кальмара отличается сложной пространственной структурой, характеризующейся разделением мигрирующих скоплений на авангард, ядро и арьергард, различающиеся по соотношению полов и физиологических групп.

Отмечено отсутствие признаков нереста кальмара в мае-июне 2014 г. в районе Северных Курильских островов. Характерная картина динамики соотношения полов, стадий зрелости и уловов в целом, по-видимому, является следствием миграции различных скоплений кальмара через район Северных Курильских островов.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев Д. О. 2006. Новые данные о биологии командорского кальмара *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) у Северных Курильских островов // Тезисы докладов VII всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным. М.: Изд-во ВНИРО. С. 199–203.
- Алексеев Д. О., Бизиков В. А., Буяновский А. И. 2013. Современное состояние ресурсов беспозвоночных и перспективы их промысла // Материалы Первой научной школы молодых учёных и специалистов по рыбному хозяйству и экологии. М.: Изд-во ВНИРО. С. 51–77.
- Алексеев Д. О., Бизиков В. А., Хромов Д. Н., Помозов А. А. 1989. Подводные наблюдения за поведением и распределением командорского кальмара и других головоногих моллюсков в северной части Тихого океана // Подводные исследования в биоокеанологических и рыбохозяйственных целях. М.: Изд-во ВНИРО. С. 66–77.
- Алексеев Д. О., Нигматуллин Ч. М. 1996. Питание командорского кальмара в Олюторско-Наваринском районе // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. Научные итоги Берингоморской экспедиции ВНИРО в 1993–1995 гг. по программе совместных российско-японских исследований командорского кальмара в Беринговом море (Биоресурсы морей России). М.: Изд-во ВНИРО. С. 40–43.
- Бизиков В. А., Архипкин А. И. 1996. Структура запаса командорского кальмара и её сезонная динамика в северо-западной части Берингова моря // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. Научные итоги Берингоморской экспедиции ВНИРО в 1993–1995 гг. по программе совместных российско-японских исследований командорского кальмара в Беринговом море (Биоресурсы морей России). М.: Изд-во ВНИРО. С. 142–143.
- Бизиков В. А. 1996 а. Размерно-половой состав уловов кальмара // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. Научные итоги Берингоморской экспедиции ВНИРО в 1993–1995 гг. по программе совместных российско-японских исследований командорского кальмара в Беринговом море (Биоресурсы морей России). М.: Изд-во ВНИРО. С. 43–74.
- Бизиков В. А. 1996 б. Сезонная и межгодовая изменчивость размерно-половой и возрастной структуры уловов командорского кальмара // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. Научные итоги Берингоморской экспедиции ВНИРО в 1993–1995 гг. по программе совместных российско-японских исследований командорского кальмара в Беринговом море (Биоресурсы морей России). М.: Изд-во ВНИРО. С. 144–145.
- Зуев Г. В., Несис К. Н. 1971. Кальмары (биология и промысел). М.: Пищевая промышленность. 360 с.
- Нигматуллин Ч. М., Лаптиховский В. В., Сабиров Р. М. 1996. Репродуктивная биология командорского кальмара // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. Научные итоги Берингоморской экспедиции ВНИРО в 1993–1995 гг. по программе совместных российско-японских исследований командорского кальмара в Беринговом море (Биоресурсы морей России). М.: Изд-во ВНИРО. С. 101–124.
- Нигматуллин Ч. М. 2007. Краткий обзор эволюционных и экологических аспектов биологии кальмаров семейства *Ommastrephidae* (Cephalopoda: Teuthida) // Уч. зап. казанского гос. университета. С. 182–193.
- Федорец Ю. А. 2006. Командорский кальмар *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) Берингова и Охотского морей (распределение, биология, промысел). Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток. 283 с.
- Филиппова Ю. А. 1983. Рекомендации по изучению головоногих моллюсков. М.: Изд-во ВНИРО. 28 с.
- Шевцов Г. А. 1974. Некоторые черты биологии кальмара *Berryteuthis magister* из района Командорских островов // Гидробиология и биогеография шельфов холодных и умеренных вод Мирового океана. Ленинград. С. 68–69.

Katugin O. N., Shevtsov G. A., Zuev M. A.,
Didenko V. D., Kulik V. V., Vanin N. S. 2013.
Berryteuthis magister, Schoolmaster Gonate Squid.
Advances in Squid Biology, Ecology and Fisheries //

Part II. Oegopsid Squids. New-York: Nova Science
Publishers. P. 1–48.

Поступила в редакцию 19.12.14 г.
Принята после рецензии 24.01.15 г.

Short-Term Variations of Biological Condition of Commander Squid (*Berryteuthis magister*) in Aggregations in the Kuril Islands Area in Spring and Summer of 2014

F. V. Lischenko

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO, Moscow)

This work is based on the materials collected during scientific observation of Commander squids fishery in the waters adjacent the Northern Kuril Islands from 31 May till 18 June, 2014. The study revealed short-term (10–12 days) cycles of density and composition of squid aggregations. Each phase of the cycle may be characterized by specific density of squid aggregations, sex ratio and maturity stages composition. A hypothesis is provided that this cyclicity appears as a result of migration of spatially structured squid shoals through the fishing ground in the Northern Kuril Islands area.

Key words: *Berryteuthis magister*, Commander squid (schoolmaster gonate squid), Northern Kurils, physiological structure of squid aggregations.

УДК 597.21 (265)

Сравнительный анализ распределения двух видов анадромных паразитических миног в Северной Пацифике

А. М. Орлов^{1,2}, А. А. Байталюк³

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

²Институт проблем эволюции и экологии им. А. Н. Северцова РАН (ФГБУН «ИПЭЭ РАН», г. Москва)

³Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ФГБНУ «ТИНРО-Центр», г. Владивосток)
e-mail: orlov@vniro.ru

Рассматриваются особенности пространственного и вертикального распределения двух видов анадромных паразитических миног — тихоокеанской *Lethenteron camtschaticum* и трёхзубой *Enthosphenus tridentatus*, в северной части Тихого океана в сравнительном аспекте. Показано, что первый вид наиболее многочислен в северо-западной Пацифике (Японское и Охотское моря), тогда как последний — в северо-восточной (западное побережье США и Канады). Оба вида достигают высокой численности в Беринговом море, однако различаются по предпочитаемым биотопам. Тихоокеанская минога обитает преимущественно в верхнем 100-метровом слое, в то время как трёхзубая — в пелагиали на глубинах менее 200 м (численность высока также в мезопелагиали на глубине 400–500 м), а у дна — на изобатах до 500 м. На основании особенностей пространственного и вертикального распределения предполагается, что жертвами первого вида являются в основном тихоокеанские лососи рода *Oncorhynchus*, а второго, помимо лососей, — различные придонно-пелагические и донные виды рыб: минтай *Theragra chalcogramma*, треска *Gadus macrocephalus*, чёрный палтус *Reinhardtius hippoglossoides* и др.

Ключевые слова: тихоокеанская минога *Lethenteron camtschaticum*, трёхзубая минога *Enthosphenus tridentatus*, пространственное распределение, вертикальное распределение, жертвы, северная часть Тихого океана.

ВВЕДЕНИЕ

В северной части Тихого океана наиболее обычными и многочисленными видами паразитических круглоротых являются тихоокеанская *Lethenteron camtschaticum* (Tilesius, 1811) и трёхзубая *Enthosphenus tridentatus* (Richardson, 1836) миноги [Parin, 2001; Парин и др., 2014]. Тихоокеанская минога —

анадромный паразитический вид круглоротых, широко распространённый в Арктике и северной части Тихого океана. Её современный ареал включает в себя воды арктических морей от Варангер-фьорда в Баренцевом море до моря Бофорта, а в северной Пацифике — от Берингова пролива до южной части Корейского полуострова в Японском море и централь-

ной части о. Хонсю в тихоокеанских водах по азиатскому побережью и до полуострова Кен-най в зал. Аляска по американскому побережью [Mecklenburg et al., 2002; Федоров и др., 2003; Renaud, 2011]. Она служит пищей различным животным: чайкам, налиму *Lota lota*, щуке *Esox lucius*, нельме *Stenodus leucichthys* [McClory, Gotthardt, 2005], и рассматривается в качестве основного источника травматизма тихоокеанских лососей *Oncorhynchus* spp. как в морской [Бирман, 1950; Рослый, Новомодный, 1996; Novomodnyy, Belyaev, 2002; Бугаев, Шевляков, 2005; Bugaev, Shevlyakov, 2007], так и пресноводный [Шевляков, Паренский, 2010, 2011] период их жизни. Правда, отдельными исследователями роль тихоокеанской миноги в травмировании тихоокеанских лососей заметно принижается: от полного отсутствия [Мягков, 1983] до несущественного [Гриценко, 1968]. Паразитирует данный вид также на сиговых Coregonidae, трехиглой колюшке *Gasterosteus aculeatus*, зубатой корюшке *Osmerus mordax dentex* и тихоокеанской наваге *Eleginus gracilis* [Никольский, 1956; Horne-Brine, 2007]. Кроме того, тихоокеанская минога играет важную роль в поддержании естественного фона заражения лососёвых рыб нематодами: она служит промежуточным и резервуарным хозяином паразитов и является основным источником заражения молоди, жилых и проходных лососей [Буторина, 1988].

Трёхзубая минога — эндемичный для северной части Тихого океана вид анадромных паразитических миног с широким ареалом, который включает в себя тихоокеанские воды от центральной части Хонсю (префектура То-чиги) и Мексики на юге до северной части Берингова моря на севере [Scott, Crossman, 1973; Ruiz-Campos, Gonzalez-Guzman, 1996; Fukutomi et al., 2002]. Она признаётся наиболее многочисленным видом паразитических миног западного побережья Канады [Richards et al., 1982]. На разных стадиях своего жизненного цикла служит пищей различным водным животным: от речных раков до рыбоядных птиц и морских млекопитающих [Hart, 1973; Scott, Crossman, 1973; Beamish, 1980], и среди всех северотихоокеанских видов миног представляет наиболее серьёзную угрозу для других рыб [Richards et al., 1982].

Сведения о морском периоде жизни тихоокеанской и трёхзубой миног, когда они ведут паразитический образ жизни, разрозненны, ограничены и фрагментарны [Никольский, 1956; Новиков, 1963; Абакумов, 1964; Прохоров, Грачёв, 1965; Beamish, 1980; Шунтов, Бочаров, 2003, 2004, 2005, 2006; Murphy et al., 2003; Свиридов, 2006; Орлов и др., 2007; Sviridov et al., 2007; Renaud, 2011; Murauskas et al., 2013]. Несмотря на опубликованные недавно материалы по распределению рассматриваемых видов миног в северной части Тихого океана [Орлов и др., 2008 а, 2014], сравнительного анализа особенностей распределения наиболее многочисленных видов паразитических миног в Северной Пацифике до сих пор не проводилось, что не позволяет выявить с достаточной определённой круг жертв каждого из рассматриваемых видов и определить их место и роль в экосистемах северной части Тихого океана.

Целью предлагаемого обзора является обобщение и сравнительный анализ многолетних данных по пространственному и вертикальному распределению тихоокеанской и трёхзубой миног в северной части Тихого океана и попытка выявления круга рыб-жертв каждого из рассматриваемых видов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для настоящего обзора послужили данные траловых съёмок и промысловых тралений донными и разноглубинными травами в различных районах северной части Тихого океана в период с 1975 по 2009 гг., выполненных сотрудниками Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра (ТИНРО-Центр, Владивосток), Аляскинского рыбохозяйственного научного центра (Alaska Fisheries Science Center, Сиэтл, США), Всероссийского (ВНИРО, Москва), Сахалинского (СахНИРО, Южно-Сахалинск) и Камчатского (КамчатНИРО, Петропавловск-Камчатский) научно-исследовательских институтов рыбного хозяйства и океанографии, а также Чукотского филиала ТИНРО-центра (ЧукотТИНРО, Анадырь). Использованные материалы представляли собой выборки из вышеназванных баз данных и включали сведения только о тех ло-

вах, в которых были отмечены тихоокеанская или трёхзубая миноги.

Всего проанализированы данные 469 поимок донными и разноглубинными тралами тихоокеанской миноги (все с указанием глубины места и горизонта траления) и 3832 — трёхзубой миноги, в том числе 3818 с указанием глубины. Все поимки с известной глубиной места и горизонта траления были условно разделены на донные, если глубина места и горизонт траления совпадали, и пелагические, если глубина места и горизонт траления различались на 10 м и более. Таким образом, количество поимок у дна и в пелагиали обоих ви-

дов составило, соответственно, 40 и 429, 700 и 3118. Карты пространственного распределения построены с использованием компьютерной программы SURFER 8 (Golden Software Inc., 2005).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЧИСЛЕННОСТЬ. Тихоокеанская минога встречается преимущественно на акватории окраинных дальневосточных морей (Японское, Охотское и Берингово) и лишь единичными поимками отмечается в тихоокеанских водах о. Хоккайдо, Курильских островов и восточ-

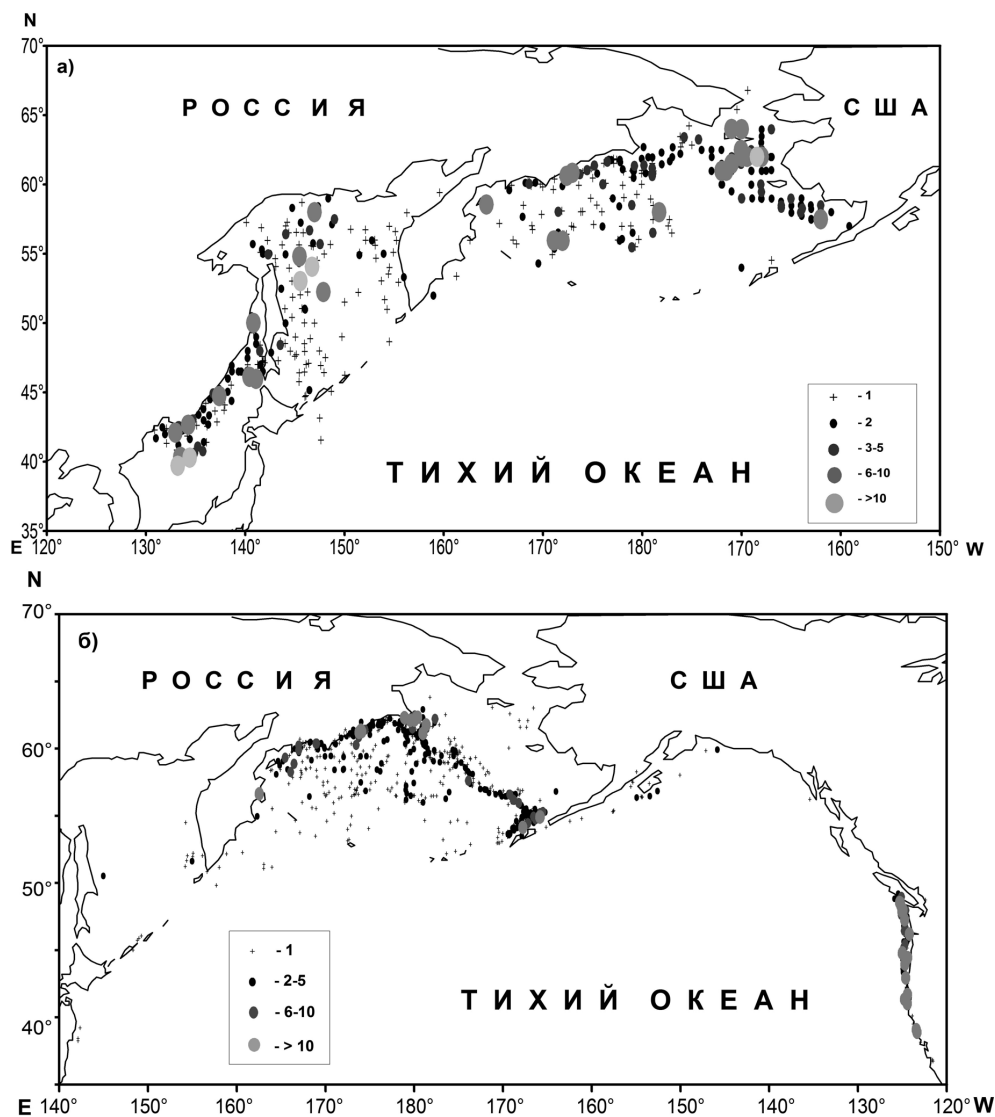


Рис. 1. Количественное распределение (экз./трал.) в северной части Тихого океана тихоокеанской (а) и трёхзубой (б) миног

ного побережья Камчатки (рис. 1, а). Концентрации, максимальные по плотности, она формировала в центральной части Японского моря к юго-востоку от зал. Петра Великого, у юго-западного и северо-восточного побережий Сахалина и в северной части Берингова моря. В большинстве остальных районов её уловы были незначительны.

Наибольшей численности трёхзубая минога достигает в Беринговом море, где встречается практически повсеместно, за исключением ограниченной акватории в центральной южной

части (рис. 1, б). Достаточно редки находки трёхзубой миноги в мелководной восточной части Берингова моря. В пределах российских вод максимальные по величине уловы отмечались в Беринговом море в районе м. Наварин и центральной части Корякского побережья, в восточной части Берингова моря — в восточной части Алеутских о-вов, а в водах западного побережья США и Канады — от южной части о. Ванкувер до Сан-Франциско (данными по уловам к северу от о. Ванкувер до зал. Аляска мы не располагаем). На юге данный

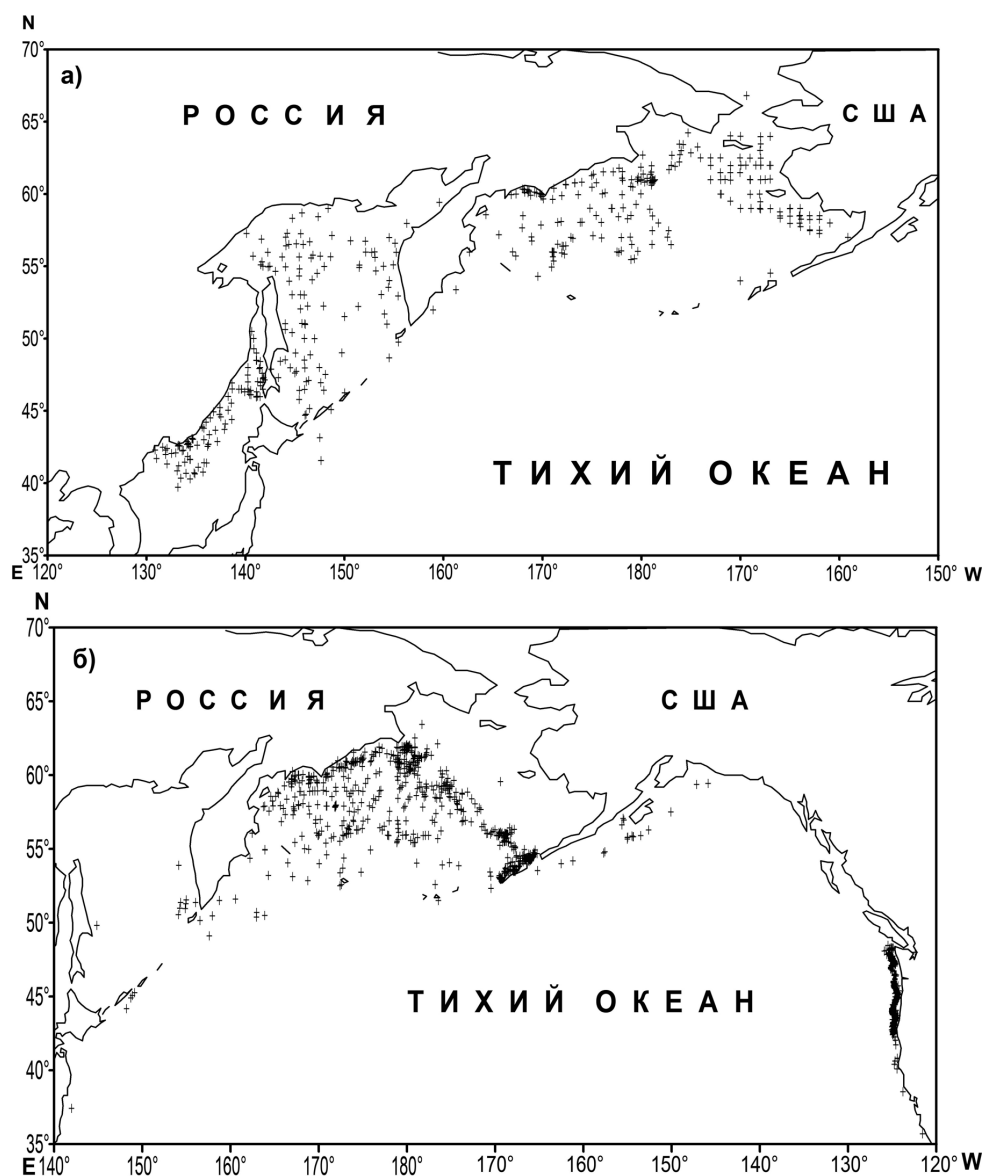


Рис. 2. Места поймок в пелагиали северной части Тихого океана тихоокеанской (а) и трёхзубой (б) миног

вид отмечен до побережья центрального Хонсю (Япония) и вод южной Калифорнии.

ВСТРЕЧАЕМОСТЬ В ПЕЛАГИАЛИ И У ДНА.
 Подавляющее большинство особей тихоокеанских миног выловлено на значительном удалении от дна (рис. 2, а), что свидетельствует о преимущественном обитании данного вида в толще воды.

Трёхзубая минога распространена в пелагиали весьма широко (рис. 2, б). При этом многочисленные её поимки зафиксированы на достаточном удалении от побережий, например в центральной части Берингова моря и у камчатского побережья, что подтверждает выводы

[Beamish, 1980] о способности данного вида мигрировать далеко в открытые воды. Вместе с тем наши данные свидетельствуют о встречаемости трёхзубой миноги в восточной части Охотского моря у юго-западного побережья Камчатки, где ранее она была известна лишь по единичным находкам [Свиридов, 2006].

У дна тихоокеанская минога встречается гораздо реже, а наиболее часто в придонных горизонтах обнаружена у восточного побережья Сахалина и в западной части Берингова моря от м. Олюторский до м. Наварин (рис. 3, а).

Трёхзубая минога у дна встречается преимущественно в Беринговом море вдоль материкового склона от м. Африка до восточной

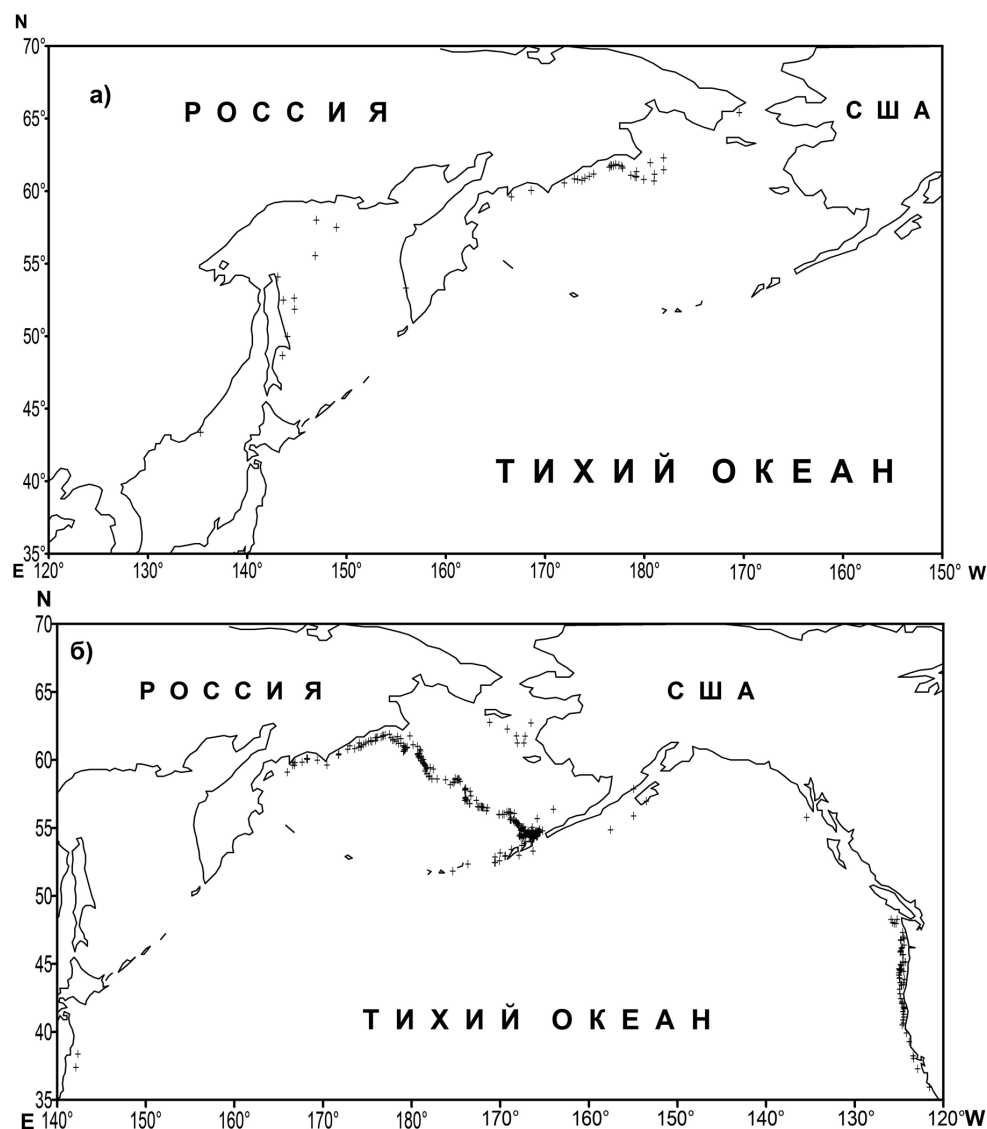


Рис. 3. Места поимок у дна в северной части Тихого океана тихоокеанской (а) и трёхзубой (б) миног

части Алеутского архипелага, а также у западного побережья Северной Америки к югу от о. Ванкувер (рис. 3, б). Подавляющее большинство её поимок приурочено к водам шельфа и верхней части материкового склона. Отсутствие находок рассматриваемого вида в водах Британской Колумбии объясняется отсутствием у нас данных траловых съёмок из канадских вод, а редкость его находок в зал. Аляска (как в пелагиали, так и у дна) пока не находит каких-либо разумных объяснений. Хотя не исключено, что такой разрыв в распределении связан с существованием двух подви-

дов трёхзубой миноги — северного и южного [Hubbs, 1967].

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ. Данные по распределению тихоокеанской миноги в различные сезоны можно признать репрезентативными лишь для лета и осени, а для весеннего и зимнего периодов недостаточными, что связано как с характером проведения исследований, выполнявшихся преимущественно в летне-осенний период, так и с особенностями её жизненного цикла. Весной основным райо-

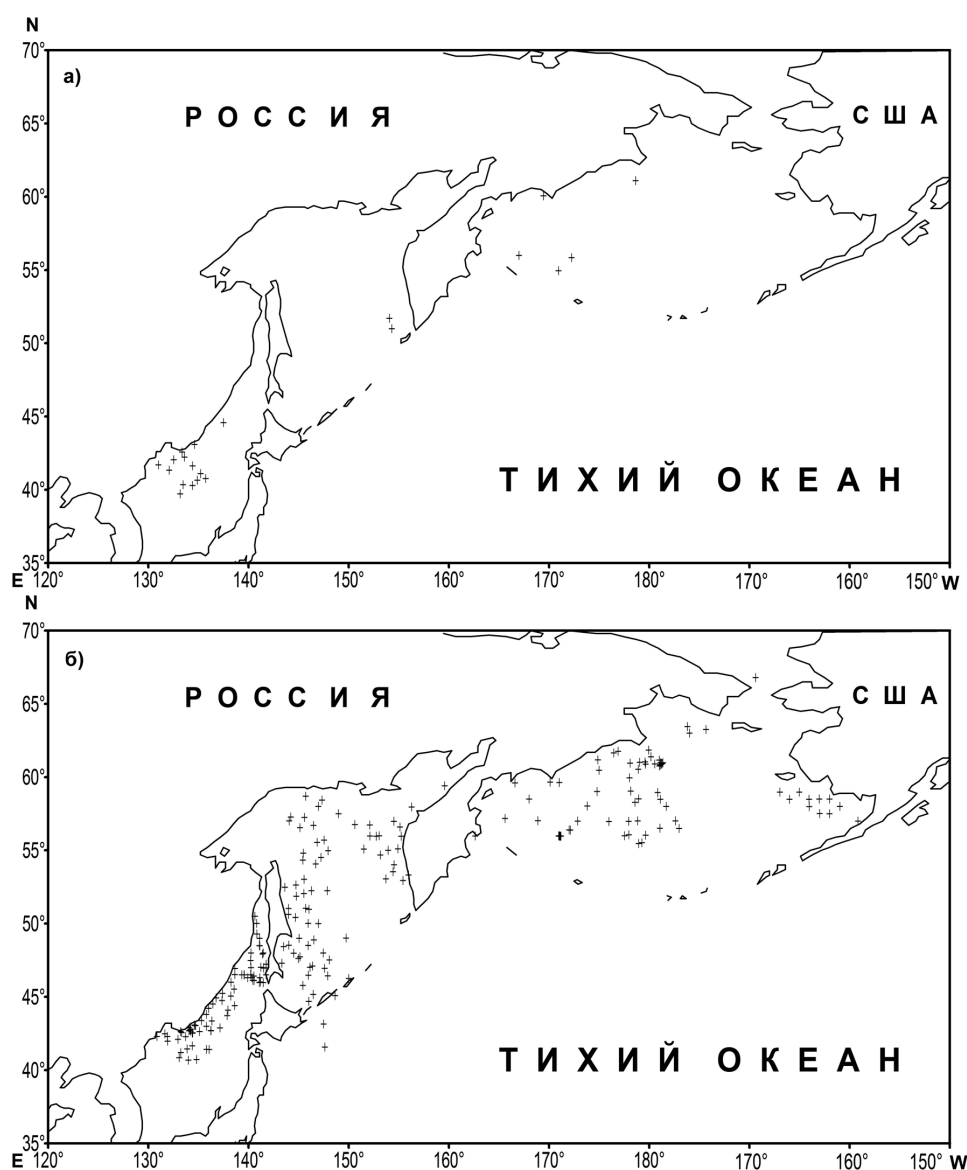


Рис. 4. Поимки тихоокеанской миноги в северной части Тихого океана весной (а), летом (б), осенью (в) и зимой (г)

ном поимок рассматриваемого вида были воды центральной части Японского моря (рис. 4, а). Единичные находки отмечались в Охотском море у юго-западной Камчатки и в юго-западной части Берингова моря, т.е. в районах, свободных в это время ото льда. Летом тихоокеанская минога в районе исследований распространена широко и встречается на акваториях Японского, Охотского и Берингова морей практически повсеместно, за исключением их глубоководных котловин (рис. 4, б). Практически отсутствовала она в этот период в северо-западной части Охотского моря и се-

верной части Берингова моря, а также была немногочисленна в прибрежных водах западной части Берингова моря от м. Олюторский до м. Наварин. К осени тихоокеанская минога становилась весьма малочисленной в северной части Японского моря и у побережий восточного Сахалина и западной Камчатки (рис. 4, в), но наблюдалась в повышенных количествах в северо-западной части Охотского моря и прибрежных водах северной и северо-западной частей Берингова моря от м. Олюторский до о. Св. Матвея. Зимой единичные поимки рассматриваемого вида зарегистрированы только

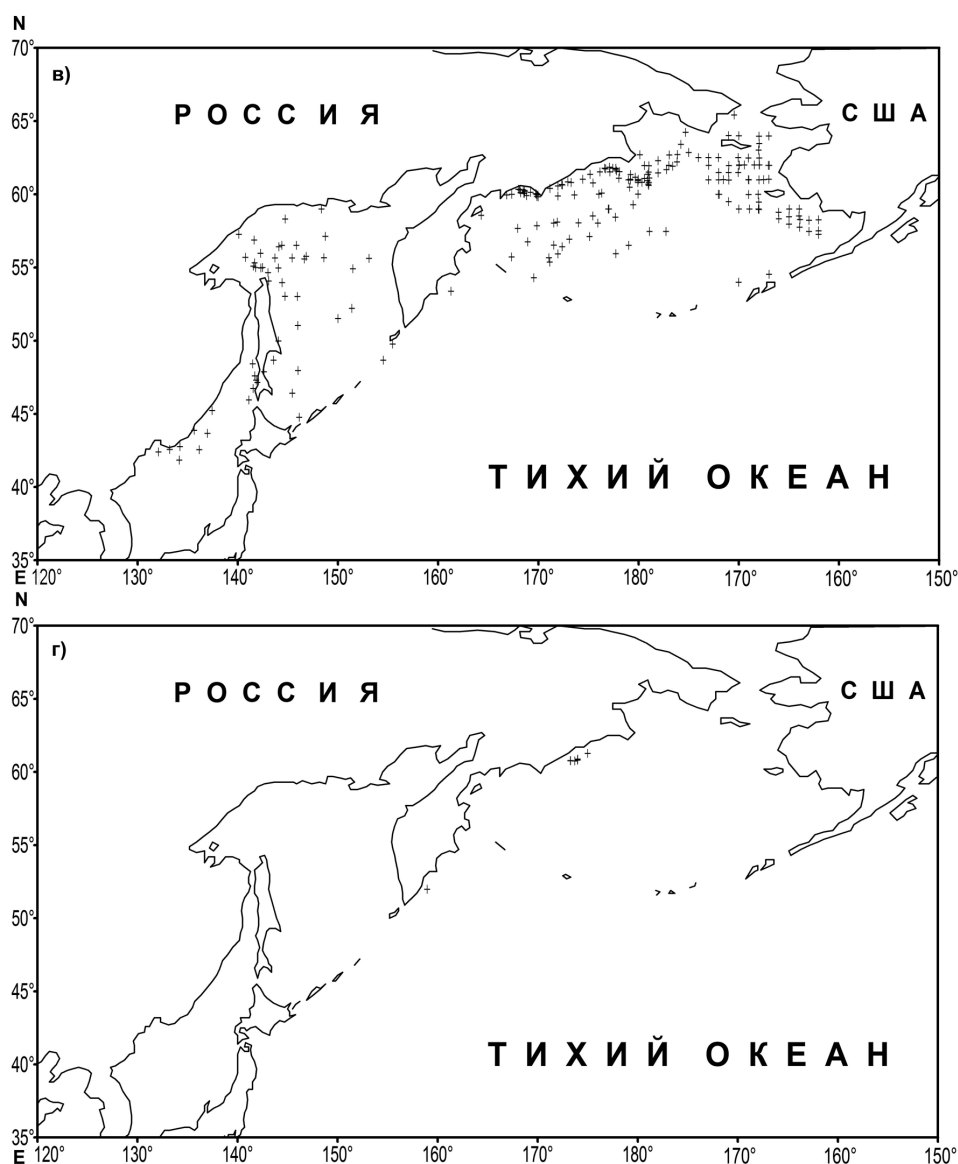


Рис. 4. Окончание

у юго-восточного побережья Камчатки и в центральной части Корякского шельфа в западной части Берингова моря (рис. 4, г), что, по всей вероятности, обусловлено малочисленностью наблюдений в этот период в связи с неблагоприятными условиями для проведения исследований (шторма, низкие температуры, лёд).

Трёхзубая минога в весенние месяцы (рис. 5, а) отмечена единичными поимками у о-вов Парамушир и Кодьяк, но в наибольших количествах встречалась в Беринговом море от м. Олюторский и м. Наварин до восточных Алеутских о-вов, а также у западного побережья США и Канады к югу от о. Ванкувер. Летом данный вид распространялся в Северной Пацифике заметно шире (рис. 5,

б) — южная граница по азиатскому побережью сместилась к южным Курильским о-вам. В Беринговом море его численность заметно выросла, а поимки по большей части стали отмечаться вдоль побережья от м. Олюторского до м. Наварин и далее вдоль границы материковой отмели к восточной окраине Алеутского архипелага. У западного побережья Канады и США характер распределения ничем принципиально не отличался от предшествующего периода. Осенью (рис. 5, в) трёхзубая минога наиболее часто встречалась в Беринговом море, причём численность её в открытой части моря в сравнении с летом значительно выросла. Южная граница распространения сместилась к центральной части о. Хонсю, несколько

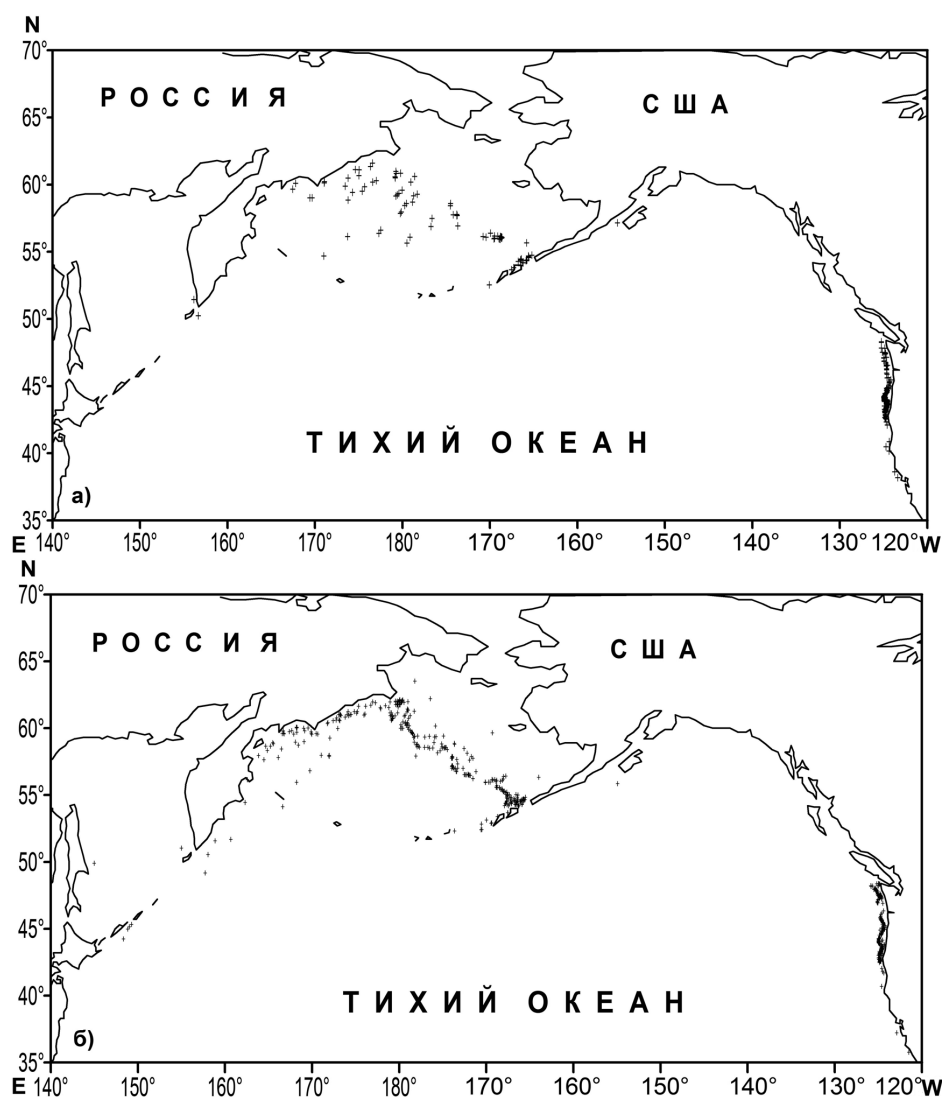


Рис. 5. Поимки трёхзубой миноги в северной части Тихого океана весной (а), летом (б), осенью (в) и зимой (г)

возросла встречаемость у юго-западной Камчатки, отмечены поимки в восточной части Берингова моря между о. Св. Матвея и о. Нунивак. Как и в предшествующие два периода, у североамериканского побережья трёхзубая минога встречалась в значительных количествах к югу от о. Ванкувер. Зимой её поимки отмечены преимущественно в открытой части Берингова моря (рис. 5, г), свободной в это время ото льда, кроме того, единично — в открытых частях океана к востоку от п-ова Камчатка и к югу от зал. Аляска, а также в прибрежных водах о. Хонсю.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ. До начала

1990-х гг. наиболее часто тихоокеанская минога отмечалась в северной части Японского и западной части Берингова моря (рис. 6, а). В следующее десятилетие число поимок тихоокеанской миноги в Японском море и центральной части Берингова моря значительно сократилось, но возросла частота её встречаемости в Охотском море, особенно у побережья западной Камчатки (рис. 6, б). В 2000-е гг. в Японском море поимок рассматриваемого вида не отмечено, сократилось существенно их число в Охотском и западной части Берингова морей, но в больших количествах она была обнаружена в восточной части Берингова моря (рис. 6, в). Основная причина выявленных нами многолетних изменений характе-

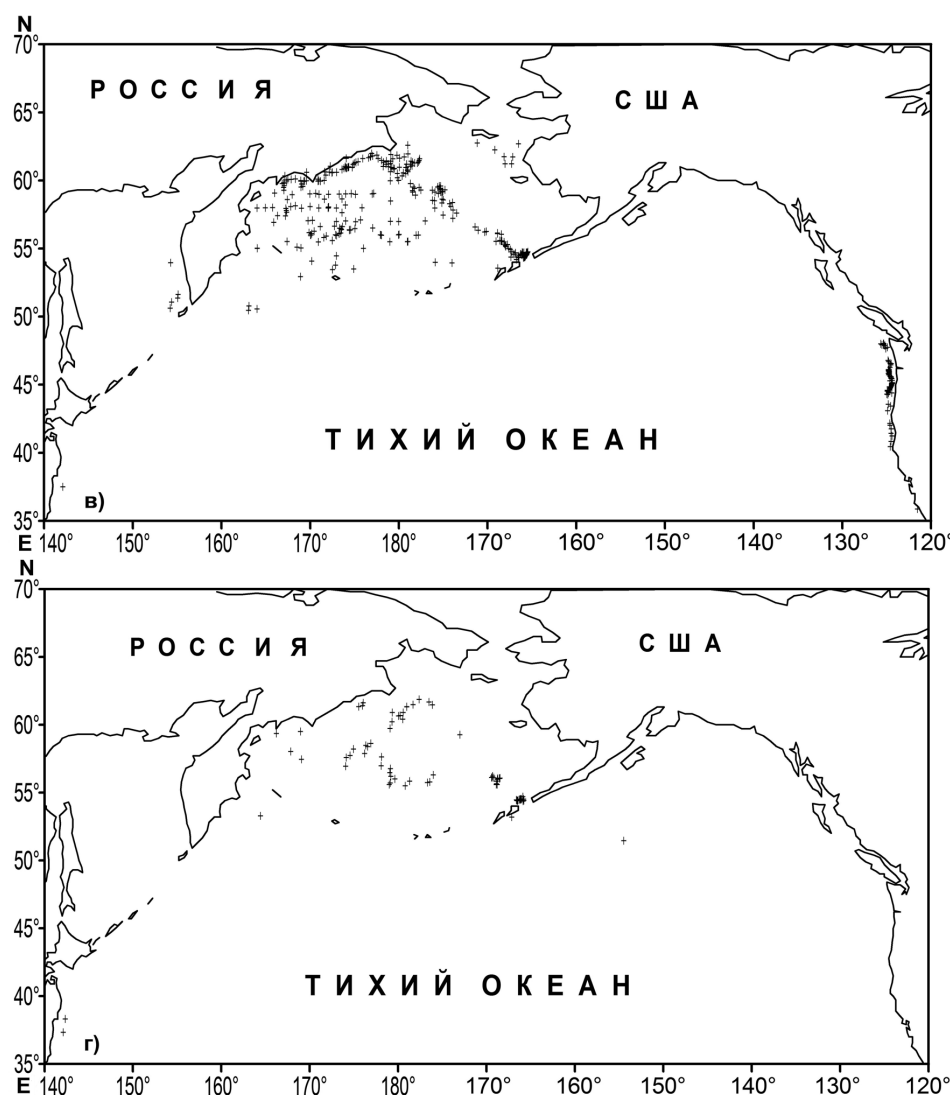


Рис. 5. Окончание

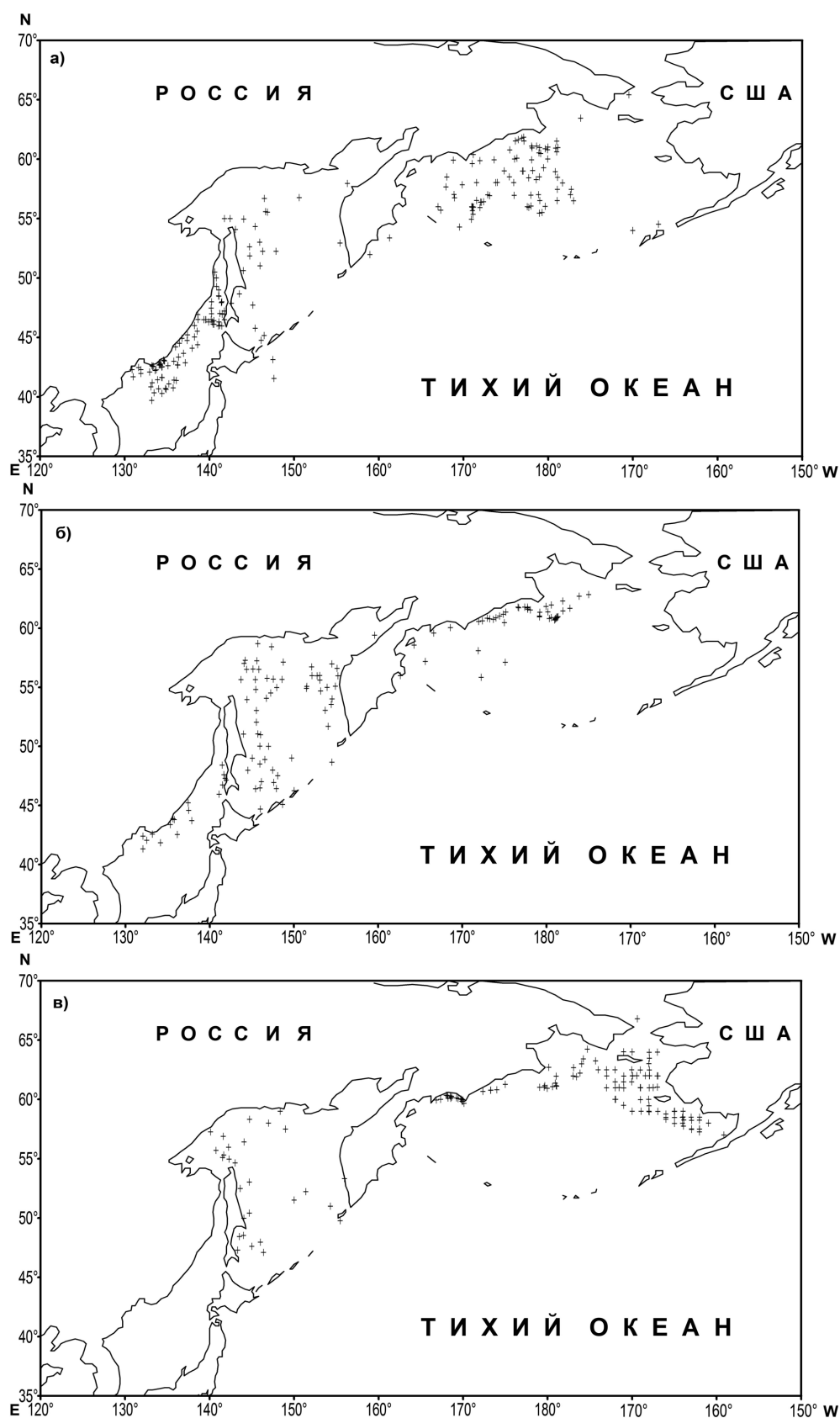


Рис. 6. Поимки тихоокеанской миноги в северной части Тихого океана до 1990 г. (а), в 1990—1999 гг. (б), после 2000 г. (в)

ра пространственного распределения данного вида в Северной Пацифике, вероятно, кроется в специфике организации научно-исследовательских работ в рассматриваемом регионе в различные периоды. Сокращение объёмов исследований в Японском море в 1990-е гг. и практически полное их отсутствие в 2000-е гг. связано с прекращением подходов в наши воды из-за катастрофического снижения численности в начале 1990-х гг. сардины-иваси *Sardinops melanostictus* [Фадеев, 2005], на которую в первую очередь и были ориентированы экспедиции. В 80-е гг. прошлого столетия регулярные рейсы, направленные на оценку запасов минтая *Theragra chalcogramma*, проводились в центральной части Берингова моря, где данный вид имел высокую численность [Фадеев, 2005], что отразилось на большом числе поимок тихоокеанской миноги в данном районе. В последующие годы по причине падения численности минтая работы в центральной части Берингова моря практически не проводились. Обнаружение тихоокеанской миноги в большом количестве в восточной части Берингова моря в 2000-е гг. связано с проведением в этот период ряда траловых съёмок в рамках международной программы «BASIS» (Bering Aleutian Salmon International Survey), проводимой Организацией по морским наукам в северной части Тихого океана (PICES) [Helle et al., 2007]. Тем не менее, есть сведения [Барабанщиков Е.И., перс. сообщение] о том, что в последние годы в южном Приморье во время проведения учёта покатников тихоокеанских лососей перестали отмечать молодь и взрослых особей тихоокеанской миноги. Имеются также сведения о том, что в последние годы существенно сократилась численность тихоокеанской миноги в Амуре по причине многолетней маловодности и вспышки численности амурской щуки *Esox reicherti* [Новомодный Г.В., перс. сообщение], о чем свидетельствуют поимки зимой рыбаками-любителями щук, желудки которых в отдельных местах набиты миногой, а также сообщения промысловиков о нахождении в вентерях миног с глубокими полосами от зубов (вероятно, щучьих).

Данные факты и обнаружение тихоокеанской миноги в больших количествах в восточной части Берингова моря могут быть связаны

с климатическими изменениями, обусловившими снижение численности в традиционных районах обитания и сдвиг в распространении рассматриваемого вида в северном направлении. Таким образом, выявленные многолетние изменения характера распределения тихоокеанской миноги в Северной Пацифике в большой степени, вероятно, являются следствием специфики организации исследований, но могут быть также обусловлены и климатическими изменениями.

В период до 1990 г. поимки трёхзубой миноги фиксировались исключительно в двух районах: у западного побережья США и Канады и в Беринговом море с единичными поимками у южных Курильских о-вов, центральной части о. Хонсю и о. Коджик (рис. 7, а). В 90-е гг. прошлого столетия число поимок в Беринговом море существенно возросло, особенно в районе Корякского побережья. Начала она встречаться в юго-западной части Охотского моря, выросло число поимок в зал. Аляска (рис. 7, б). В новом тысячелетии ареал рассматриваемого вида значительно расширился в воды зал. Аляска, отмечен он также у восточного побережья Сахалина, существенно выросла численность в водах материкового склона восточной части Берингова моря от м. Наварин до восточной части Алеутского архипелага и у западного побережья США и Канады (рис. 7, в). Долгопериодные колебания численности трёхзубой миноги практически не изучены. Лишь в последние годы опубликованы результаты анализа многолетних данных о заходах производителей в реку Колумбия и величине уловов в Северной Пацифике по результатам траловых съёмок [Mugauskas et al., 2013]. Первые свидетельствуют о том, что в конце 1990-х гг. численность производителей трёхзубой миноги была существенно ниже в сравнении с 2000-ми гг., вторые же говорят о наличии пиков с максимальными уловами в середине 1980-х, 1990-х и 2000-х гг. В настоящее время численность трёхзубой миноги, вероятно, испытывает существенный подъём, о чем могут свидетельствовать сообщения с лососёвой путины 2014 г. у побережья Британской Колумбии [Pynn, 2014]. Во многих районах на теле заходящих на нерест особей нерки *Oncorhynchus nerka* отмечается большое ко-

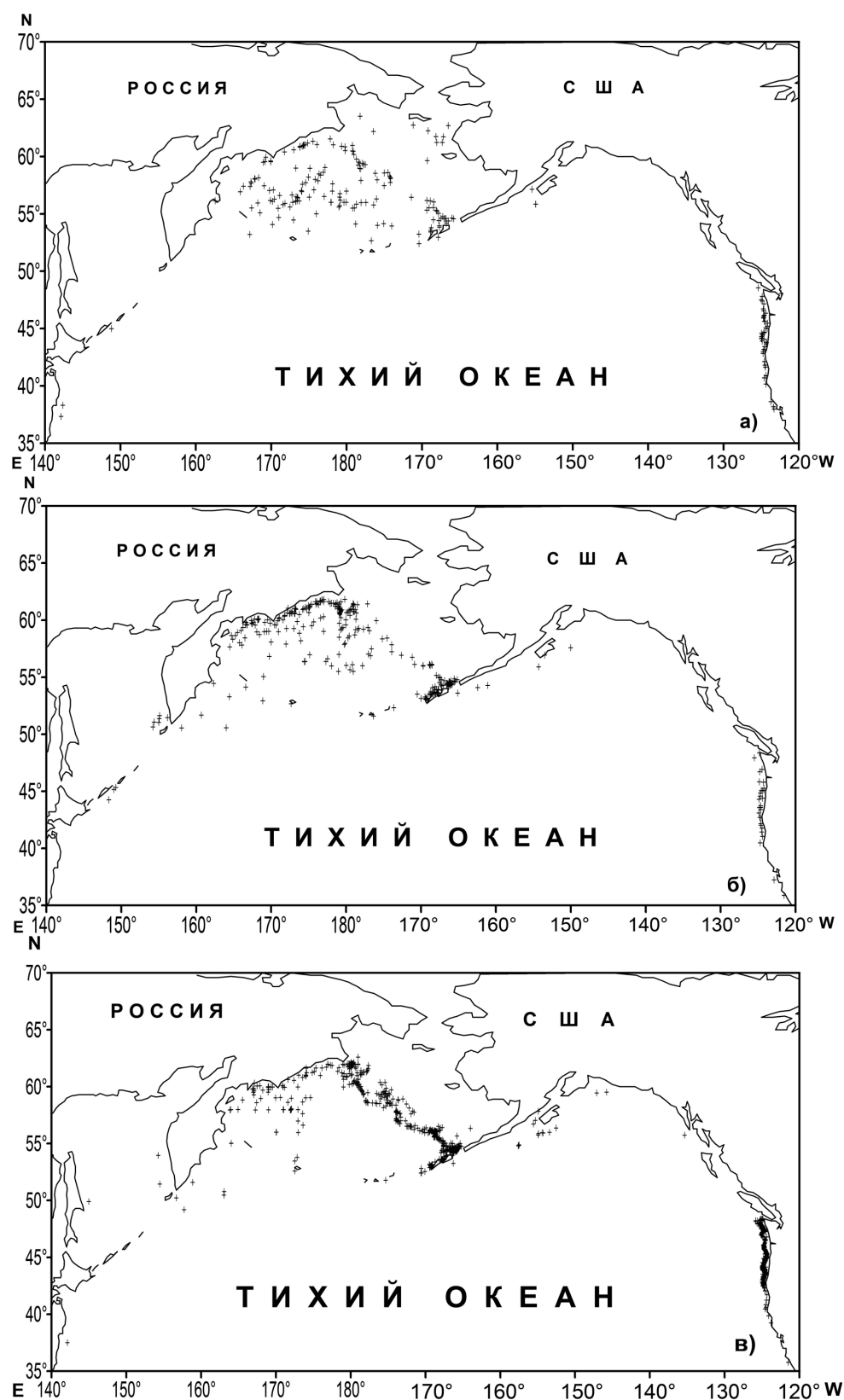


Рис. 7. Поимки трёхзубой миноги в северной части Тихого океана до 1990 г. (а), в 1990–1999 гг. (б), после 2000 г. (в)

личество ран, порой глубоких, которые могут оказывать воздействие на нерестовую миграцию и выживаемость производителей.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ. Как уже отмечалось выше, тихоокеанская минога встречается преимущественно в пелагиали. В толще воды она была отмечена в уловах разноглубинных тралов от поверхности до глубины 1000 м. При этом 82,1% поимок было зарегистрировано в верхнем 100-метровом слое (рис. 8, а). И хотя частота встречаемости с глубиной уменьшалась, уловы в диапазоне 0–400 м были стабильными.

В пелагиали разноглубинными травами трёхзубая минога ловилась в диапазоне глубин от 0 до 1485 м, а 74% всех поимок зафиксировано на глубинах менее 200 м (рис. 8, б). При

этом с ростом глубины уменьшались как величины её средних уловов, так и встречаемость. Тем не менее, значительное число особей (около 13%) отмечено в мезопелагиали на глубинах 400–500 м, что подтверждает опубликованные ранее данные [Баланов, Ильинский, 1992; Баланов, Радченко, 1995] о высокой встречаемости рассматриваемого вида в мезопелагиали Берингова моря.

У дна тихоокеанская минога обнаружена на глубинах от 23 до 710 м. При этом 90,2% всех поимок пришлось на глубины менее 400 м (рис. 9, а). На этих же глубинах зарегистрированы и максимальные по величине уловы.

Трёхзубая минога в уловах донных тралов встречалась на глубинах 16–1193 м, а около 81% всех поимок было зафиксировано в диапазоне глубин менее 300 м (рис. 5, а). При

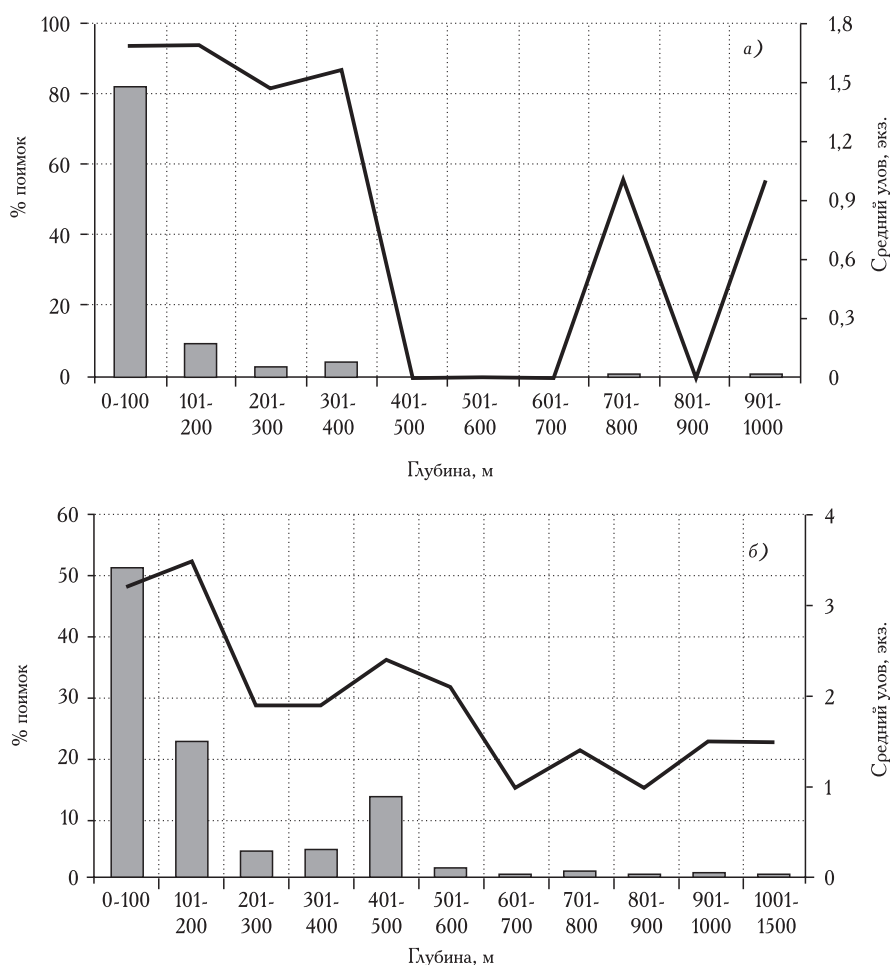


Рис. 8. Вертикальное распределение в пелагиали северной части Тихого океана тихоокеанской (а) и трёхзубой (б) миног

этом число находок на глубинах свыше 200 м с ростом глубины последовательно сокращалось.

Сведения по вертикальному распределению тихоокеанской миноги в Северной Пацифике до сих пор были весьма ограничены [Фёдоров, 2000; Шейко, Фёдоров, 2000; Mecklenburg et al., 2002; Фёдоров и др. 2003]. Во всех упомянутых публикациях указывается, что рассматриваемый вид населяет верхний 50-метровый слой. Представленные нами сведения вносят существенные коррективы в современные представления об особенностях вертикального распределения тихоокеанской миноги в морской период её жизни.

О вертикальном распределении трёхзубой миноги до сих пор было известно немно-

го. Абакумов [1964] полагал, что она обитает на больших глубинах (300–400 м и глубже). Позднее было показано [Прохоров, Грачёв, 1965], что данный вид может паразитировать на сельди на глубинах порядка 5 м. Считается, что трёхзубая минога может встречаться на глубине от 0 до 1100 м с предпочитаемыми глубинами 200–1000 м [Фёдоров, 2000; Шейко, Фёдоров, 2000]. Приведённые нами данные значительно меняют существующие представления об особенностях её вертикального распределения в море.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ. Сравнение представленных нами данных по пространственному распределению тихоокеанской и трёхзубой миног позволяет сделать

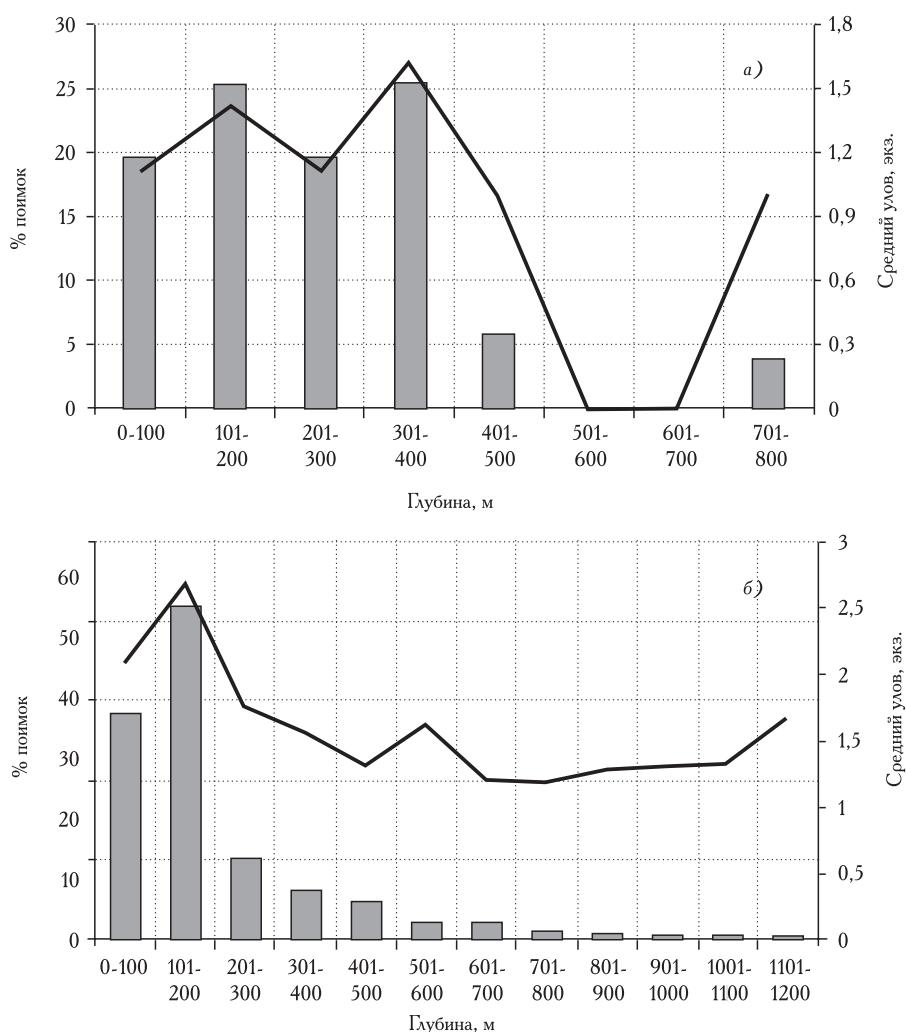


Рис. 9. Вертикальное распределение у дна в северной части Тихого океана тихоокеанской (а) и трёхзубой (б) миног

некоторые заключения о характере распределения этих двух видов в рассматриваемом регионе. Прежде всего, следует сказать о том, что районом их совместного обитания является преимущественно Берингово море, поскольку тихоокеанская минога практически не встречается в тихоокеанских водах северо-восточной Пацифики (воды Алеутских островов, зал. Аляска и западного побережья США и Канады). В то же время трёхзубая минога не попадает в Японском море, крайне малочисленна в Охотском море (чаще всего она отмечается у юго-западной Камчатки), но в больших количествах в сравнении с тихоокеанской миногой наблюдается в тихоокеанских водах Курильских островов и восточного побережья Камчатки. В Беринговом море оба вида распространены практически повсеместно, но в характере их распределения обнаруживаются некоторые различия. Трёхзубая минога весьма немногочисленна в шельфовых водах северной и восточной части Берингова моря к востоку от м. Наварин, где замещается тихоокеанской миногой, которая, в отличие от предыдущего вида, практически отсутствует в районе, прилегающем к материковому склону, отделяющему восточную часть Берингова моря от глубоководной Алеутской котловины. В западной части Берингова моря характер распределения обоих видов довольно сходен с повышенными концентрациями к юго-востоку от м. Наварин и в центральной части Корякского шельфа. Тихоокеанская минога, кроме того, формирует повышенные скопления в центральной части Берингова моря, а трёхзубая — в юго-западной части Бристольского залива. Считается [Murphy et al., 2003], что тихоокеанская минога встречается ближе к берегу в сравнении с трёхзубой, которая распространена на большем удалении от берегов. Результаты недавних исследований [Орлов и др., 2008 а, 2014] не подтверждают эти выводы. Таким образом, только в северо-западной части Берингова моря оба вида могут совместно встречаться в больших количествах, составляя друг другу конкуренцию в поиске жертв, однако особенности их вертикального распределения, вероятно, в немалой степени нивелируют остроту конкурентных отношений между ними.

Сведения по вертикальному распределению рассматриваемых видов миног в Северной Пацифике весьма ограничены [Фёдоров, 2000; Шейко, Фёдоров, 2000; Mecklenburg et al., 2002; Фёдоров и др. 2003]. Во всех упомянутых публикациях указывается, что тихоокеанская минога населяет верхний 50-метровый слой. Наши данные значительно меняют существующие представления об особенностях вертикального распределения данного вида в море. Учитывая крайне редкую встречаемость его в придонных горизонтах и преимущественное обитание в верхнем 100-метровом слое, следует заключить, что основными объектами, на которых он паразитирует в морской период жизни, являются тихоокеанские лососи рода *Oncorhynchus*.

Несмотря на то что трёхзубая минога, как и тихоокеанская, преимущественно обитает в пелагиали, характер распределения обоих видов в толще воды существенно различается. Если у последнего в верхнем 100-метровом слое отмечается 82,1% поимок, то у первого — только 51,3%, а в диапазонах 100–200 м и 400–500 м — 22,5 и 13,1% поимок соответственно [Орлов и др., 2008 а, 2014]. Учитывая существенно более высокую относительную численность в северной Пацифике трёхзубой миноги в сравнении с тихоокеанской (число поимок за сравнимый период более чем 8 раз выше) и особенности вертикального распределения, можно заключить, что для первого вида в качестве жертв, помимо тихоокеанских лососей, большое значение имеют демерсальные рыбы, обитающие глубже 100 м — минтай *Theragra chalcogramma*, треска *Gadus macrocephalus*, сельдь *Clupea pallasii*, палтусы *Hippoglossus stenolepis*, *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae*, *Atheresthes* spp., морские окуни *Sebastes* spp. и др. [Орлов и др., 2008 б].

Учитывая изложенную выше информацию, можно констатировать, что климатические изменения могут оказывать существенное влияние на характер пространственного распределения и определять колебания численности тихоокеанской и трёхзубой миног в Северной Пацифике, однако до проведения анализа всей имеющейся на сегодня информации пока ещё рано говорить о взаимосвязи численности и ха-

рактера распределения двух рассматриваемых симпатрических видов миног в бассейне северной части Тихого океана.

Благодарности

Авторы искренне признательны своим коллегам Савиных В. Ф. (ТИНРО-Центр, г. Владивосток), Винникову А. В. (Чукотский филиал ТИНРО-Центр, г. Анадырь) и Пеленеву Д. В. (ВНИРО, г. Москва), оказавшим неоценимую помощь при подготовке настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- Абакумов В. А. 1964. О морском периоде жизни тихоокеанской трёхзубой миноги — *Enthosphenus tridentatus* (Richardson) // Труды ВНИРО. Т. 49. С. 253–256.
- Баланов А. А., Ильинский Е. Н. 1992. Видовой состав и биомасса мезопелагических рыб Охотского и Берингова морей // Вопросы ихтиологии. Т. 32. № 1. С. С. 56–63.
- Баланов А. А., Радченко В. И. 1995. Состав и распределение рыб в мезо- и батипелагиали Берингова и Охотского морей // Комплексные исследования экосистемы Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 335–343.
- Бирман И. Б. 1950. О паразитизме тихоокеанской миноги на лососях рода *Oncorhynchus* // Известия ТИНРО. Т. 32. С. 158–160.
- Бугаев А. В., Шевляков Е. А. 2005. Травмированность тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* spp. некоторыми видами хищников по данным дрейферных уловов в экономической зоне России в 2004 г. // Известия ТИНРО. Т. 142. С. 46–63.
- Буторина Т. Е. 1988. О роли миног в жизненном цикле нематод лососёвых рыб на Камчатке // Биология моря. № 4. С. 66–67.
- Гриценко О. Ф. 1968. К вопросу об экологическом параллелизме между миногами и лососями // Известия ТИНРО. Т. 65. С. 157–169.
- Мягков Н. 1983. Дальневосточные миноги // Рыбоводство и рыболовство. № 11. С. 10.
- Никольский Г. В. 1956. Некоторые данные о морском периоде жизни тихоокеанской миноги *Lampetra japonica* (Martens) // Зоологический журнал. Т. 35. № 4. С. 588–591.
- Новиков Н. П. 1963. Случаи нападения трёхзубой миноги *Enthosphenus tridentatus* (Gairdner) на палтусов и других рыб Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 3. № 3. С. 567–569.
- Орлов А. М., Винников А. В., Пеленев Д. В. 2007. К методике изучения морского периода жизни паразитических миног на примере трёхзубой миноги *Lampetra tridentata* (Gairdner, 1836) сем. Petromyzontidae // Вопросы рыболовства. Т. 8. № 2. С. 287–312.
- Орлов А. М., Савиных В. Ф., Пеленев Д. В. 2008 а. Особенности пространственного распределения и размерного состава трёхзубой миноги *Lampetra tridentata* в Северной Пацифике // Биология моря. Т. 34. № 5. С. 324–335.
- Орлов А. М., Пеленев Д. В., Винников А. В. 2008 б. Трёхзубая минога и запасы промысловых рыб в дальневосточных водах России // Рыбное хозяйство. № 2. С. 60–65.
- Орлов А. М., Байталюк А. А., Пеленев Д. В. 2014. Особенности распределения и размерный состав тихоокеанской миноги *Lethenteron camtschaticum* в Северной Пацифике // Океанология. Т. 54. № 2. С. 200–215.
- Парин Н. В., Евсеев С. А., Васильева Е. Д. 2014. Рыбы морей России: аннотированный каталог. М.: Товарищество научных изданий КМК. 733 с.
- Прохоров В. Г., Грачёв Л. Е. 1965. О нахождении трёхзубой миноги *Enthosphenus tridentatus* (Gairdner) в западной части Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 5. № 4. С. 723–726.
- Рослый Ю. С., Новомодный Г. В. 1996. Элиминация молоди лососей рода *Oncorhynchus* из реки Амур тихоокеанской миногой *Lampetra japonica* и другими хищными рыбами в раннеморской период жизни // Вопросы ихтиологии. Т. 36. № 1. С. 50–54.
- Свиридов В. В. 2006. Пространственно-временная изменчивость распределения основных видов хищных рыб и рыбообразных — потребителей тихоокеанских лососей в дальневосточных морях // Бюллетень реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». № 1. С. 266–276.
- Фадеев Н. С. 2005. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-Центр. 336 с.
- Фёдоров В. В. 2000. Видовой состав, распределение и глубины обитания видов рыбообразных и рыб северных Курильских островов // Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских о-вов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг. М.: Изд-во ВНИРО. С. 7–41.
- Фёдоров В. В., Черешнев И. А., Назаркин М. В., Шестаков А. В., Волобуев В. В. 2003. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря. Владивосток: Дальнаука. 204 с.
- Шевляков В. А., Паренский В. А. 2010. Травмирование тихоокеанских лососей миногами в реке Камчатка // Биология моря. Т. 36. № 5. С. 390–394.

- Шевляков В. А., Паренский В. А. 2011. Травмирование лососей р. Камчатка хищниками и эктопаразитами // Вестник СВНЦ ДВО РАН. № 3. С. 59–69.
- Шейко Б. А., Фёдоров В. В. 2000. Класс Cephalaspidomorphi — Миноги. Класс Chondrichthyes — Хрящевые рыбы. Класс Holocerphali — Целноголовые. Класс Osteichthyes — Костные рыбы / Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 7–69.
- Шунтов В. П., Бочаров Л. Н. (ред.). 2003. Атлас количественного распределения nekтона в Охотском море. Карты. Т. 1. М.: Нац. рыб. ресурсы. 1038 с.
- Шунтов В. П., Бочаров Л. Н. (ред.). 2004. Атлас количественного распределения nekтона в северо-западной части Японского моря. Карты. Т. 2. М.: Нац. рыб. ресурсы. 986 с.
- Шунтов В. П., Бочаров Л. Н. (ред.). 2005. Атлас количественного распределения nekтона в северо-западной части Тихого океана. Карты. Т. 3. М.: Нац. рыб. ресурсы. 1079 с.
- Шунтов В. П., Бочаров Л. Н. (ред.). 2006. Атлас количественного распределения nekтона в западной части Берингова моря. Карты. Т. 4. М.: Нац. рыб. ресурсы. 1071 с.
- Beamish R. J. 1980. Adult Biology of the River Lamprey (*Lampetra ayresi*) and Pacific Lamprey (*Lampetra tridentata*) from the Pacific Coast of Canada // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. V. 37. P. 1906–1923.
- Bugaev A. V., Shevlyakov E. A. 2007. Wounding of Pacific Salmon by Predators in Gillnet Catches in the Russian Economic Zone in 2004 // North Pacific Anadromous Fish Commission Bulletin. № 4. P. 145–154.
- Fukutomi N., Nakamura T., Doi T., Takeda K., Oda N. 2002. Records of *Enthosphenus tridentatus* from Naka River System, Central Japan: Physical Characteristics of Possible Spawning Redds and Spawning Behavior in the Aquarium // Japanese Journal of Ichthyology. V. 49. № 1. P. 53–58.
- Hart J. L. 1973. Pacific Fishes of Canada // Bulletin of Fisheries Research Board of Canada. № 180. P. 1–740.
- Helle J., Farley E., Murphy J., Feldmann A., Cieciel K., Moss J., Eisner L., Pohl J., Courtney M. 2007. The Bering-Aleutian Salmon International Survey (BASIS) // AFSC Quarterly Report. January-February-March. P. 1–5.
- Horne-Brine M. 2007. Yukon River Lamprey Fishery // *Oncorhynchus*. V. 27. № 3. P. 1, 3–4.
- Hubbs C. L. 1967. Occurrence of the Pacific Lamprey, *Enthosphenus tridentatus*, off Baja California and in Streams of Southern California; with Remarks on Its Nomenclature // Transactions of the San Diego Society of Natural History. № 20. P. 303–311.
- McClory J. G., Gotthardt T. A. 2005. Arctic Lamprey. Доступно через: http://www.adfg.alaska.gov/static/species/speciesinfo/_aknhp/Arctic_lamprey.pdf. 27.12. 2007.
- Mecklenburg C. W., Mecklenburg T. A., Thorsteinson L. K. 2002. Fishes of Alaska. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society. 1037 p.
- Murauskas J. G., Orlov A. M., Siwicke K. A. 2013. Relationships between the Abundance of Pacific Lamprey in the Columbia River and Their Common Hosts in Marine Environment // Transactions of the American Fisheries Society. V. 142. № 1. P. 143–155.
- Murphy J., Davis N., Ivanov O., Rohr M., Elmajatii S., Barber W. 2003. Cruise Report of the 2002 F/V Northwest Explorer BASIS Survey in the Bering Sea, September-October // NPAFC Doc. 676. Rev. 1. Vancouver: North Pacific Anadromous Fish Commission Headquarters. 23 p.
- Novomodnyy G. V., Belyaev V. A. 2002. Predation by Lamprey Smolts *Lampetra japonica* as a Main Cause of Amur Chum Salmon and Pink Salmon Mortality in the Early Sea Period of Life // NPAFC Technical Report. № 4. P. 81–82.
- Parin N. V. 2001. An Annotated Catalog of Fishlike Vertebrates and Fishes of the Seas of Russia and Adjacent Countries. Pt. 1. Orders Myxiniformes — Gasterosteiformes // Journal of Ichthyology. V. 41. Suppl. 1. P. S51-S131.
- Renaud C. B. 2011. Lampreys of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Lamprey Species Known to Date // FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. V. 5. P. 1–109.
- Richards J. E., Beamish R. J., Beamish F. W. H. 1982. Descriptions and Keys for Ammocoetes of Lampreys from British Columbia, Canada // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. V. 39. P. 1484–1495.
- Ruiz-Campos G., Gonzalez-Guzman S. 1996. First Freshwater Record of Pacific lamprey, *Lampetra tridentata*, from Baja California, Mexico // California Fish and Game. V. 82. № 6. P. 144–146.
- Scott W. B., Crossman E. J. 1973. Freshwater Fishes of Canada // Bulletin of Fisheries Research Board of Canada. № 184. P. 1–966.
- Sviridov V. V., Glebov I. I., Starovoytov A. N., Sviridova A. V., Zuev M. A., Kulik V. V., Ocheretyanny M. A. 2007. Wounding of Pacific Salmon in Relation to Spatio-Temporal Variation in Distribution Patterns of Important Predatory Fishes in the Russian Economic Zone // North Pacific Anadromous Fish Commission Bulletin. № 4. P. 133–144.

Поступила в редакцию 12.09.14 г.
Принята после рецензии 07.10.14 г.

Comparative Analysis of Distribution of Two Anadromous Parasitic Lampreys in the North Pacific

A. M. Orlov^{1,2}, A. A. Baitalyuk³

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (Moscow)

² A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

³ Pacific Scientific Research Fisheries Center (Vladivostok)

Features of spatial and vertical distributions of two species of anadromous parasitic lampreys, Arctic lamprey *Lethenteron camtschaticum* and Pacific lamprey *Entosphenus tridentatus*, in the North Pacific Ocean are considered in a comparative perspective. It is shown that the first species is most abundant in the northwestern Pacific (Sea of Japan and Sea of Okhotsk), while second species — in the northeastern Pacific (west coast of USA and Canada). Both species reach high abundance in the Bering Sea, however prefer different biotopes. Arctic lamprey inhabits mostly upper 100-m layer, while Pacific lamprey occupies water column with depths less than 200 m and near-bottom layers shallower 500 m. Based on the features of spatial and vertical distributions, it might be assumed that the hosts of the former species are mainly Pacific salmon *Oncorhynchus* spp., while those of the latter species — various demersal fishes such as walleye pollock *Theragra chalcogramma*, Pacific cod *Gadus macrocephalus*, Greenland halibut *Reinhardtius hippoglossoides*, etc.

Key words: Arctic lamprey *Lethenteron camtschaticum*, Pacific lamprey *Entosphenus tridentatus*, spatial distribution, vertical distribution, hosts, North Pacific Ocean.

УДК 574.587

**Состав сиртона и суточная динамика дрефта
донных беспозвоночных в р. Тымь и её верхнем
притоке — руч. Угловом (о-в Сахалин)***Л.А. Живоглядова, Д.С. Даирова, В.С. Лабай*

Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «СахНИРО», г. Южно-Сахалинск)
e-mail: zhivoglyadova.l@rambler.ru

По материалам гидробиологической съёмки, выполненной в июне-июле 2010 г., определён видовой состав сиртона р. Тымь (75 таксонов) и руч. Угловой (39 таксонов). Рассматриваются структурные характеристики и суточная динамика дрефта. Показано, что динамику дрефта определяют 1–3 доминирующих вида донных беспозвоночных.

Ключевые слова: Сахалин, р. Тымь, сиртон, донные беспозвоночные, суточная динамика дрефта.

ВВЕДЕНИЕ

Под «дрифтом» понимают процесс перемещения донных беспозвоночных в речном потоке вниз по течению [Waters, 1972]. Для обозначения совокупности бентосных организмов, находящихся в толще воды, используют термин «сиртон» [Константинов, 1979].

Дрифт донных беспозвоночных играет важную роль в функционировании лотических экосистем, а в дальневосточных реках, характеризующихся развитой зоной ритрали и низким содержанием планктона, дрейфующие организмы это ещё и основной источник пищи для многих видов рыб [Леванидов, 1969; Богатов, 1994].

Для сахалинских рек, многие из которых имеют статус водотоков высшей рыбохозяйственной категории, исследования кормовой базы речных ихтиоценов актуальны, однако на

сегодня данные по дрефту донных беспозвоночных в реках острова единичны [Фроленко, 1965; Канидьев, Жуйкова, 1971; Жуйкова, 1974; Жульков, Шершнев, 1975; Френкель, 2003]. Подобные работы в наиболее значительной водной артерии Сахалина — р. Тымь, ранее не проводились.

Для исследованных водотоков в работе впервые приведены видовые списки донных беспозвоночных. По продольному профилю р. Тымь и в её притоке выбраны модельные участки, для каждого выявлены наиболее массовые виды сиртона. Значительное внимание уделено суточной динамике дрефта. Полученные материалы могут быть востребованы при рассмотрении вопросов кормовой базы ихтиоценов Тыми и её притоков, пищевых спектров и ритмов питания рыб.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Река Тымь расположена в центральной части острова (рис. 1), берёт своё начало на западном склоне Набильского хребта у подножья горы Лопатина (1609 м). Длина реки — 330 км, площадь бассейна — 7850 км², средний уклон — 3,6‰. В верхнем течении (от истока до устья р. Громова) река протекает с севера на юг по сильно пересечённой горной местности, затем поворачивает на запад и выходит из гор на Тымь-Поронайскую низменность. В 3 км ниже устья р. Белой река ещё раз резко изменяет своё направление и далее течёт на север между Западно-Сахалинскими и Восточно-Сахалинскими горами. На приустьевом участке Тымь протекает в северо-восточном направлении и впадает в Ныйский залив Охотского моря.

По характеру строения долины, русла и условиям протекания р. Тымь делят на четыре участка. Верхний участок (от истока до устья р. Громова) характеризуется отсутствием поймы, умеренно извилистым, неразветвлённым руслом. Плёсы и пороги здесь не выражены, ширина русла в нижней части участка не превышает 15 м, глубина достигает 0,4–0,6 м, а скорость течения — 1,0–1,4 м/с. Второй участок (от р. Громова до р. Малая Тымь) отличается хорошо развитой двусторонней поймой, извилистым руслом, которое при выходе реки из гор разбивается на протоки и рукава. Ширина реки — 25–40 м, глубина и скорость течения на порогах — 0,5–0,7 м и 0,8–1,2 м/с, на плесах — 1,0–1,5 м и 0,5–0,8 м/с соответственно. На третьем участке (от р. Малой Тымь до устья р. Ныш) река протекает по сильно заболоченной Тымь-Поронайской низ-

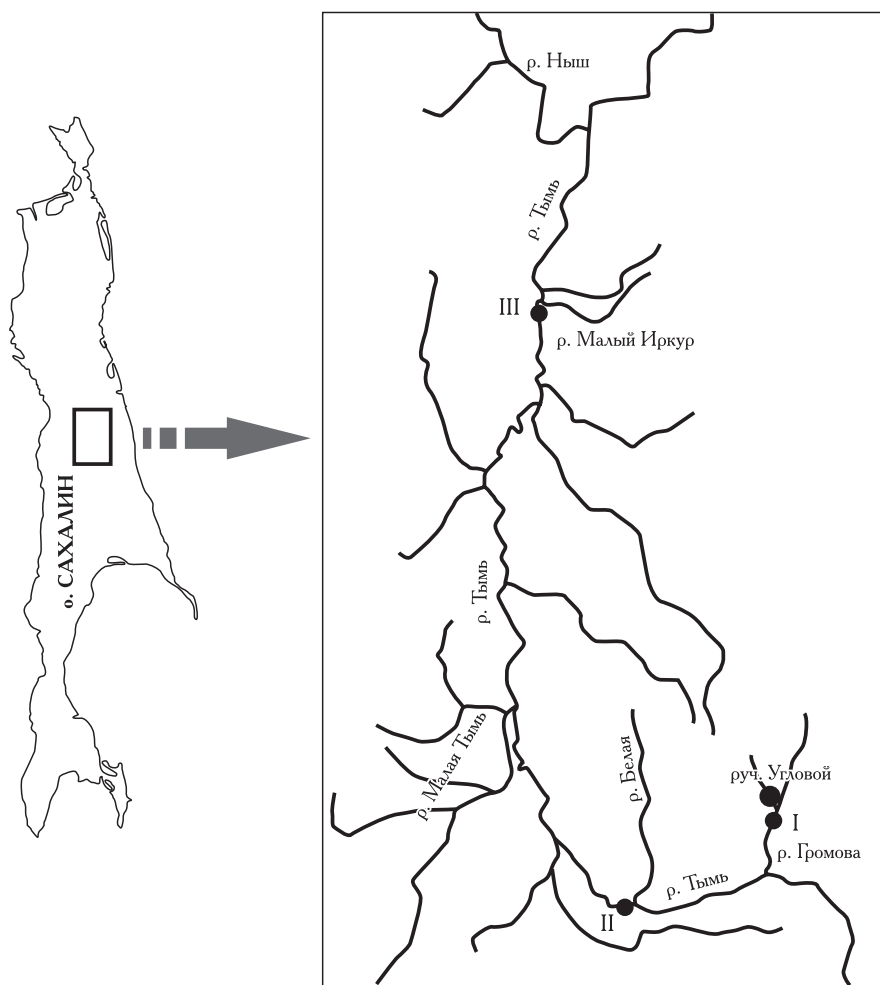


Рис. 1. Карта-схема района работ и мест отбора проб на р. Тымь и руч. Угловом

менности. Пойма реки преимущественно двусторонняя, пересечена старицами, протоками; на ней расположены небольшие пойменные озёра. Русло сильно извилистое, разветвления отмечаются лишь на отдельных участках. Преобладающая ширина реки 40–60 м, глубина на перекатах 0,5–0,8 м, на плёсах 1,2–2,0 м, скорость течения составляет 0,9–1,4 и 0,4–0,8 м/с соответственно. Последний четвёртый участок (ниже р. Ныш) проходит по северо-западной окраине Набильской низменности и характеризуется развитой двусторонней поймой, пересекаемой ложбинами, старицами и пойменными озёрами. Русло неразветвлённое, извилистое. Ширина реки 80–200 м, глубина на перекатах 1–2 м, на плёсах 1,8–5,0 м, скорость течения составляет 0,6–0,8 и 0,3–0,5 м/с соответственно [Ресурсы поверхностных вод..., 1973].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работы проводили в период с 25 июня по 06 июля 2010 г. на верхнем правобережном притоке р. Тымь — руч. Угловом (311 км от устья Тыми) и в основном русле Тыми на участке выше р. Громова (307 км от устья), на участке от р. Громова до р. Малая Тымь (276 км от устья) и на участке от р. Малая Тымь до р. Ныш (138 км от устья) (см. рис. 1). В руч. Угловом пробы собраны 26–27 июня на затенённом кронами деревьев перекате в 1,2 км выше места впадения в р. Тымь. На первом участке р. Тымь пробы собраны 28–29 июня на протяжённом (более 10 км) перекате в 2,6 км ниже впадения руч. Углогого. На втором участке пробы собраны 30 июня — 1 июля в 2,0 км ниже впадения

р. Белой выше многорукавного разветвления на невыраженном плёсе. На третьем участке пробы взяты 5–6 июля на плёсе в 1,5 км выше впадения р. Малый Иркий.

Сбор дрейфующих организмов проводили сачком-ловушкой с входным отверстием высотой 0,3 м и шириной 0,4 м (газ № 23). При отборе проб дрефта сутки условно были разделены на два периода — тёмное и светлое время суток. В тёмное время (с 22:00 до 6:00) пробы дрефта отбирали каждый час, в светлое — каждые четыре часа. Время экспозиции сачка составляло 10 минут. В руч. Угловом и на верхнем участке р. Тымь сачок устанавливали на медиали реки на глубине, равной высоте рамки, на втором и третьем участках — на медиали у дна.

Скорость течения измеряли с помощью зонда ГМЦ-1. Гидрологические характеристики руч. Углогого и р. Тымь в местах взятия проб, а также глубина в точке отбора проб и скорость течения на входе в сачок-ловушку приведены в табл. 1.

Всего собрано 48 проб сиртона. Пробы фиксировали 4%-м формалином, их обработку проводили в лабораторных условиях. Донные беспозвоночные определены до вида за исключением олигохет. Собранных беспозвоночных подсчитывали и взвешивали на электронных аналитических весах AND GH-202 с точностью до 0,0001 г.

При описании количественных показателей сиртона использовали исходные данные (улов в дрефтовой ловушке), а для сравнения с ранее опубликованными материалами приведена плотность дрефта (экз./м³, мг/м³).

При определении структуры сиртона использована классификация Чельцова—Бебу-

Таблица 1. Гидрологические характеристики р. Тымь и руч. Углогого в местах отбора проб

Характеристики	руч. Угловый	р. Тымь (I)	р. Тымь (II)	р. Тымь (III)
Высота над у.м., м	360	360	200	40
Уклон русла, ‰	6,9	6,4	3,8	0,6
Ширина русла, м	8,1	19,5	59,1	95,5
Глубина в месте отбора проб, м	0,3	0,3	0,4	0,6
Скорость течения на входе в ловушку, м/с	0,32	0,29	0,25	0,25
Грунт	галечно-гравийный	галечный	галечный	песчано-галечный

това в модификации В.Я. Леванидова [Леванидов, 1977, цит. по: Чебанова, 2009]: доминанты — доля в общей численности (биомассе) $\geq 15,0\%$, субдоминанты — от 5,0 до 14,9%, второстепенные — от 1,0 до 4,9%, третьестепенные — менее 1,0%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В водной толще обследованных водотоков зарегистрировано 86 таксонов донных беспозвоночных, в том числе хирономид — 41, прочих двукрылых — 8, подёнок — 14, веснянок — 11, ручейников — 7, ракообразных — 2, жуков, большекрылых и олигохет — по одному таксону (табл. 2). На всех участках основу (31–47%) таксономического разнообразия формировали хирономиды. Максимальное число таксонов донных беспозвоночных (44) отмечено в составе сиртона на первом, а минимальное (25) на третьем участках Тыми.

В руч. Угловом численность донных беспозвоночных в дрейфовых пробах в течение суток изменялась от 1 до 349 экз. (0,04–15,15 экз./м³), вес — от 3,4 до 1245,8 мг (0,15–54,07 мг/м³). Среди основных групп зообентоса наиболее значимы были личинки подёнок (табл. 3). Доминировал единственный вид — *Baetis (Baetis) pseudothermicus*, доля которого в общей численности составила 70,1%, в биомассе — 48,6%. Среди субдоминантов по численности зарегистрированы веснянки *Suwallia* sp. (6,2%) и подёнки *Cinygmula kurenzovi* (5,1%), по биомассе — ручейники *Brachycentrus americanus* (9,2%) и *Hydatophylax* sp. (8,3%), а также подёнки *Drunella aculea* (7,6%) и *C. kurenzovi* (5,2%).

Дрейф донных беспозвоночных в руч. Угловом имел выраженную суточную динамику. Средние количественные показатели в ночной период составили 124 экз. (5,38 экз./м³) и 417,8 мг (18,13 мг/м³), днём — 17 экз. (0,74 экз./м³) и 32,4 мг (1,41 мг/м³).

В ночной период в дрейфе зарегистрировано два пика активности (рис. 2). Первое резкое увеличение числа донных беспозвоночных в толще воды наблюдалось после 22:00 и достигало максимума в 23:00. Затем, в течение 3 часов наблюдался спад количественных показателей дрейфа. Второй пик массового подъёма гидробионтов в толщу воды зарегистри-

рован в 3:00 ночи, причём по количественным показателям этот пик активности почти в два раза уступал первому. К 6:00 утра ночной дрейф прекратился.

Двухвершинный характер кривой, описывающей динамику ночного дрейфа, определял доминирующий вид — *B. (B.) pseudothermicus*. Для прочих видов, относящихся к доминантам и субдоминантам, за исключением единично поднимавшихся в водную толщу крупных ручейников *Hydatophylax* sp., отмечен только один незначительный пик миграционной активности, приходившийся на 23:00 (рис. 2).

В светлое время максимальное число донных беспозвоночных в дрейфе отмечено в 18:00, в этот период в потоке преобладали *B. (B.) pseudothermicus* (53,3% численности и 37,3% биомассы) и находящиеся на последней стадии развития личинки веснянок *Alloperla* sp. (11,1 и 26,1% соответственно). Последние в течение остального времени суток в пробах отмечены единично. Возможно, их стайное поднятие в толщу воды в вечернее время связано с подготовкой к метаморфозу и предстоящему вылету.

На верхнем (первом) участке Тыми численность сиртона в пробах варьировала от 4 до 376 экз. (0,19–18,01 экз./м³), вес — от 7,7 до 862,3 мг (0,37–41,30 мг/м³). Ведущее положение в дрейфе также занимали личинки подёнок (см. табл. 3). В качестве доминантов и субдоминантов по численности отмечены *B. (B.) pseudothermicus* (39,7%), ручейники *B. americanus* (9,6%), мошки *Simulium* sp. (7,0%) и молодёжь подёнок *Ephemerella* sp. (6,8%). По биомассе доминировали *B. (B.) pseudothermicus* (29,8%) и *B. americanus* (24,1%). В роли субдоминантов выступали подёнки *Ephemerella aurivillii* (9,4%) и *Simulium* sp. (7,2%).

Дрейф в ночные часы (153 экз. (7,33 экз./м³), 371,2 мг (17,78 мг/м³)) значительно превосходил дневной (44 экз. (2,11 экз./м³), 54,1 мг (2,59 мг/м³)). В динамике дрейфа вновь было отмечено два ночных пика активности (рис. 3): максимум первого пика приходился на 24:00, а второго — на 3:00, причём второй пик был хорошо выражен только по численности. Второй пик активности, как и в руч. Угловом, по количественным показателям

Таблица 2. Таксономический состав сиртона р. Тымь и руч. Угловый

	руч. Угловый	р. Тымь		
		(участок I)	(участок II)	(участок III)
Oligochaeta	+			
Amphipoda				
<i>Gammarus lacustris</i> Sars				+
<i>Pseudocrangonyx relictus</i> Labay	+		+	
Ephemeroptera				
<i>Ameletus gr. montanus</i>	+	+	+	
<i>Baetis (Baetis) pseudothermicus</i> Kluge	+	+	+	+
<i>B. (B.) ursinus</i> Kazlauskas			+	+
<i>B. (B.) sp.1</i>				+
<i>Cinygmula kurenzovi</i> (Bajkova)	+	+	+	
<i>Epeorus sp.</i>	+	+	+	
<i>Ephemerella sachalinensis</i> Matsumura				+
<i>Drunella aculea</i> Allen	+	+	+	
<i>Ephemerella aurivillii</i> Bengtsson	+	+	+	
<i>Ephemerella</i> juv.	+	+	+	+
<i>Heptagenia sulphurea</i> (Müller)				+
<i>Leptophlebia japonica</i> (Matsumura)	+	+		
<i>Rhithrogena gr. lepnevae</i>		+	+	+
<i>Uracanthella lenoki</i> (Tshernovae)				+
Megaloptera				
<i>Sialis sp.</i>		+		
Plecoptera				
<i>Agnetina brevipennis</i> (Navas)				+
<i>Amphinemura sp.</i>			+	
<i>Alloperla sp.</i>	+	+		
<i>Isoperla sp.</i>	+	+	+	
<i>Megarcys sp.</i>	+			
<i>Nemoura sp.</i>	+	+		
<i>Perlodidae</i> juv.	+	+	+	+
<i>Pteronarcys sachalina</i> Klapalek			+	
<i>Stavsolus sp.</i>	+	+		
<i>Suwallia sp.</i>	+	+	+	
<i>Utaperla orientalis</i> Nelson et Hanson	+			
Trichoptera				
<i>Arctopsyche palpata</i> Martynov			+	
<i>Brachycentrus americanus</i> Banks	+	+		
<i>Hydropsyche orientalis</i> Martynov			+	+
<i>Hydatophylax sp.</i>	+			
<i>Rhyacophila (Hyporhyacophyla) sp.</i>			+	+
<i>R. angulata</i> Martynov	+		+	

	руч. Угловой	р. Тымь		
		(участок I)	(участок II)	(участок III)
<i>R. hokkaidensis</i> Iwata	+			
Diptera				
сем. Limoniidae				
<i>Antocha</i> sp.	+			
<i>Dicranota bimaculata</i> Schummell	+	+		
<i>Pedicia (Crunobia) straminea</i> Meigen		+		
сем. Blephariceridae			+	
сем. Mycetophilidae		+		
Dixidae				
<i>Dixa</i> sp.	+			
сем. Simuliidae				
<i>Simulium</i> sp.	+	+	+	+
сем. Ceratopogonidae		+		
сем. Chironomidae				
подсем. Tanypodinae				
<i>Ablabesmia longistyla</i> Fittkau			+	
<i>Conchapelpia melanops</i> (Meigen)				+
<i>Rheopelopia ornata</i> (Meigen)			+	
Tanypodinae gen. TB			+	
<i>Thienemannimyia fuscipes</i> (Edwards)		+	+	+
<i>Trissopelopia longimana</i> Staeger	+			
подсем. Diamesinae				
<i>Diamesa leona</i> Roback	+	+	+	
<i>Diamesa gregsoni</i> Edwards		+		
<i>Pagastia orientalis</i> (Tshernovskij)		+		
<i>Potthastia gaedii</i> (Meigen)	+			
<i>Symphothastia repentina</i> Macarchenko				+
подсем. Orthocladiinae				
<i>Brillia</i> gr. <i>flavifrons</i>	+	+		+
<i>Chaetocladius</i> sp.		+		
<i>Cricotopus</i> gr. <i>cylindraceus</i>				+
<i>Epoicocladius flavens</i> (Malloch)				+
<i>Eukiefferiella</i> sp.		+	+	
<i>Nanocladius (Plecoteracoluthus) asiaticus</i> Hayashi			+	
<i>Orthocladius (Euorthocladius) abiskoensis</i> Thienemann et Kr ger	+	+		
<i>O. (E.) rivulorum</i> Kieffer		+		+
<i>O. (E.) saxosus</i> Tokunaga		+		
<i>O. (E.)</i> sp.		+		

	руч. Угловой	р. Тымь		
		(участок I)	(участок II)	(участок III)
<i>O. (E.) thienemanni</i> Kieffer		+		
<i>O. (Mesorthocladius) frigidus</i> Zetterstedt	+	+		+
<i>O. (Orthocladius) defensus</i> Macarchenko et Macarchenko		+		
<i>Orthocladius</i> sp.	+			
<i>Parorthocladius nudipennis</i> (Kieffer)		+		
<i>Psectrocladius bisetus</i> Goetghebuer			+	
<i>Thienemanniella</i> gr. <i>clavicornis</i>	+	+		
<i>Tokunagaia ambigua</i> Macarchenko et Macarchenko		+	+	
<i>Tokunagaia</i> gr. <i>rectangularis</i>			+	
<i>Tokunagaia</i> sp.			+	
<i>Tvetenia</i> gr. <i>bavarica</i>		+	+	
подсем. Chironominae				
триба Chironomini				
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i>				+
<i>Robackia pilicauda</i> Saether			+	
<i>Stictochironomus pictulus</i> Meigen				+
триба Tanytarsini				
<i>Micropsectra logani</i> Johannsen	+	+		+
<i>Rheotanytarsus curtistylus</i> Goetghebuer		+		
<i>Stempellina subglabripennis</i> (Brundin)		+		
<i>Stempellina</i> sp.			+	
<i>Tanytarsus chuzesecundus</i> Sasa		+		
<i>Tanytarsus</i> sp.	+			
Coleoptera				
<i>Esolus</i> sp.	+	+		
Всего	37	45	35	25

почти в два раза уступал первому. Двухвершинный характер суточной динамики дрейфа также определял *B. (B.) pseudothermicus*. Для прочих таксонов, относящихся к доминантам и субдоминантам, массовый подъём в водную толщу зарегистрирован только в полночь. Исключение составляли ручейники *B. americanus* (см. рис. 3), для которых отмечено два ночных пика, при этом первый пик по биомассе был зафиксирован в 23:00, а по численности — в 24:00, т.е. очевидно первыми в толщу воды

поднимались крупные экземпляры, и лишь часом позже — более мелкие личинки.

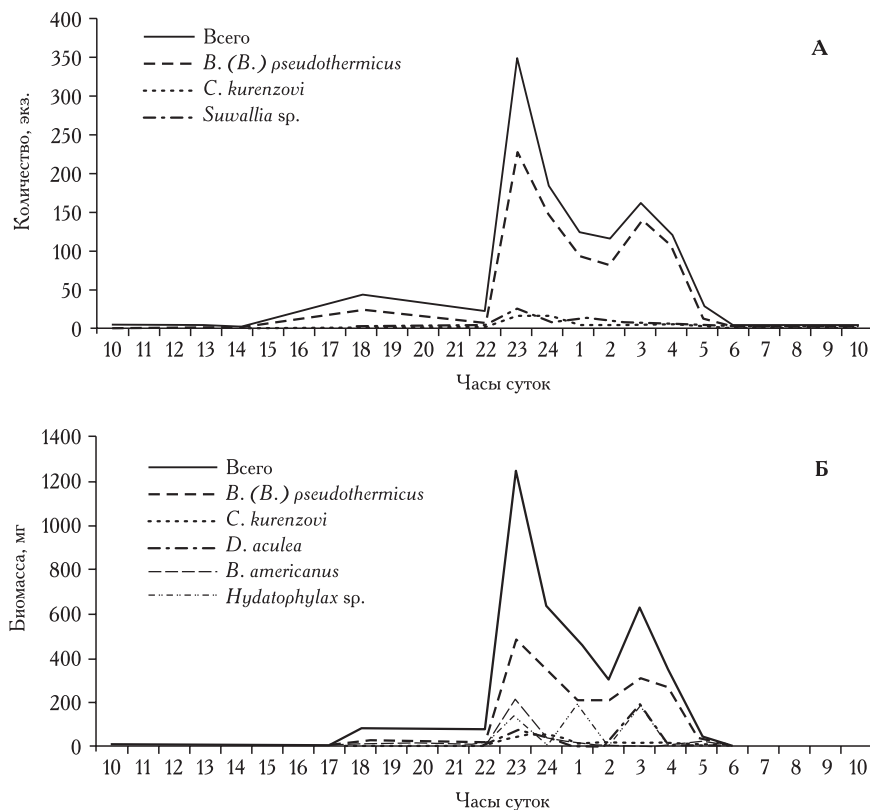
В светлое время суток сравнительно высокие показатели дрейфа отмечены в 10:00 и в 14:00, в эти часы в водной толще по численности ведущее положение занимали *B. (B.) pseudothermicus* (12,4%), хирономиды *Eukiefferiella* sp. (9,3%) и не идентифицированная молодёжь веснянок Perlodidae juv. (7,8%).

На втором участке р. Тымь количественные показатели сиртона значительно

Таблица 3. Среднесуточные показатели уловов сиртона в руч. Угловом (численность, экз./ вес, мг)

	руч. Угловой	р. Тымь		
		(участок I)	(участок II)	(участок III)
Ephemeroptera	44/115,5	43/88,6	4/10,3	7/94,7
Plecoptera	5/18,0	6/7,6	1/5,3	0,2/1,8
Trichoptera	3/30,5	11/62,2	2/36,7	1/0,8
Diptera (Chironomidae)	1/1,0	16/7,8	3/2,1	3/1,5
Diptera (Прочие)	2/8,0	5/12,1	2/1,1	+/0,9
Oligochaeta	+/0,1	—	—	—
Crustacea	+/0,1	—	+/+	+/0,3
Coleoptera	+/0,1	+/0,1	—	—
Megaloptera	—	+/+	—	—
Всего	55/173,3	82/178,5	12/55,5	12/43,605
Доминанты по численности	<i>B. (B.) pseudothermicus</i> ,	<i>B. (B.) pseudothermicus</i> ,	<i>Baetis</i> spp., <i>Simulium</i> sp.	<i>E. sachalinensis</i> , <i>Baetis</i> spp.
Доминанты по биомассе	<i>B. (B.) pseudothermicus</i>	<i>B. (B.) pseudothermicus</i> , <i>B. americanus</i>	<i>A. palpata</i>	<i>E. sachalinensis</i>

Примечание. «+» — < 1 экз., < 0,1 мг.

**Рис. 2.** Суточная динамика численности (А) и биомассы (Б) сиртона, сносимого через 0,12 м² поперечного сечения руч. Углового за 10 минут

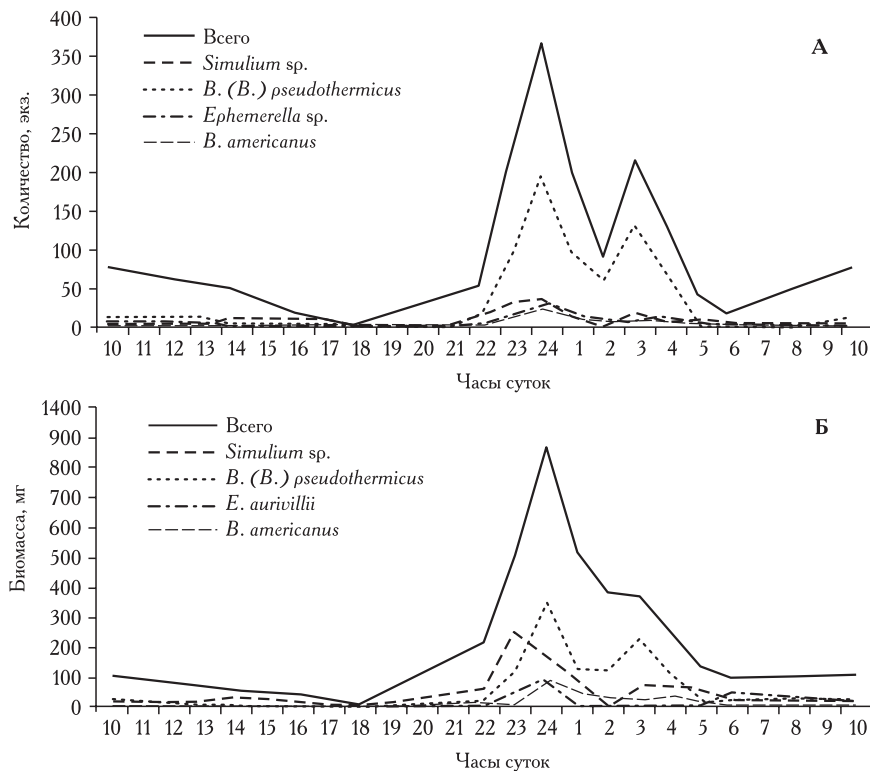


Рис. 3. Суточная динамика численности (А) и биомассы (Б) сиртона, сносимого через 0,12 м² поперечного сечения р. Тымь (участок I) за 10 минут

(в 3–7 раз) уступали таковым на двух предыдущих участках. Численность беспозвоночных в уловах сачка варьировала в пределах 1–71 экз. (0,06–3,94 экз./м³), вес — в пределах 0,7–499,5 мг (0,04–27,75 мг/м³). Среди основных групп сиртона по численности лидировали личинки подёнок, по биомассе — личинки ручейников (табл. 3). По численности в роли доминантов и субдоминантов выступали подёнки *Baetis* spp. (22,8%), мошки *Simulium* sp. (15,5%), ручейники *Arctopsyche palpata* (9,3%) и *Hydropsyche orientalis* (5,3%), а по биомассе — *A. palpata* (55,7%), *Baetis* spp. (9,0%), *H. orientalis* (8,3%) и веснянки *Pteronarcys sachalina* (7,9%).

Численность сиртона в среднем за ночные часы составила 24 экз. (1,33 экз./м³), биомасса — 149,3 мг (8,29 мг/м³). В дневные часы эти показатели значительно снизились и составили соответственно 4 экз. (0,22 экз./м³) и 3,9 мг (0,22 мг/м³).

В общей динамике дрейфа отмечен только один пик активности (рис. 4), зарегистрированный в 1:00 ночи, и дополнительный —

в 4:00, выраженный только по биомассе. По численности первый пик обеспечивали личинки *Baetis* spp., *Simulium* sp., *A. palpata* и *H. orientalis*, по биомассе — преимущественно личинки ручейников *A. palpata* и *H. orientalis*. Дополнительный пик по биомассе — исключительно *A. palpata*.

В светлое время в дрейфе единично отмечены мошки, четыре вида хирономид и два вида веснянок, каких-либо особенностей дневного дрейфа на данном участке нами не отмечено.

На нижнем (третьем) участке Тыми количественные показатели сиртона варьировали в пределах от 0 до 74 экз. (0–4,11 экз./м³) и от 0 до 474,1 мг (0–26,34 мг/м³). Ключевая роль в формировании структуры сиртона принадлежала подёнкам (табл. 3). По численности доминировали личинки *Ephemerella sachalinensis* (37,7%) и *Baetis* spp. (17,0%), в роли субдоминантов выступали хирономиды *Thienemannimyia fuscipes*. (5,7%). По биомассе доминировали *E. sachalinensis* (87,7%), субдоминантов не отмечено.

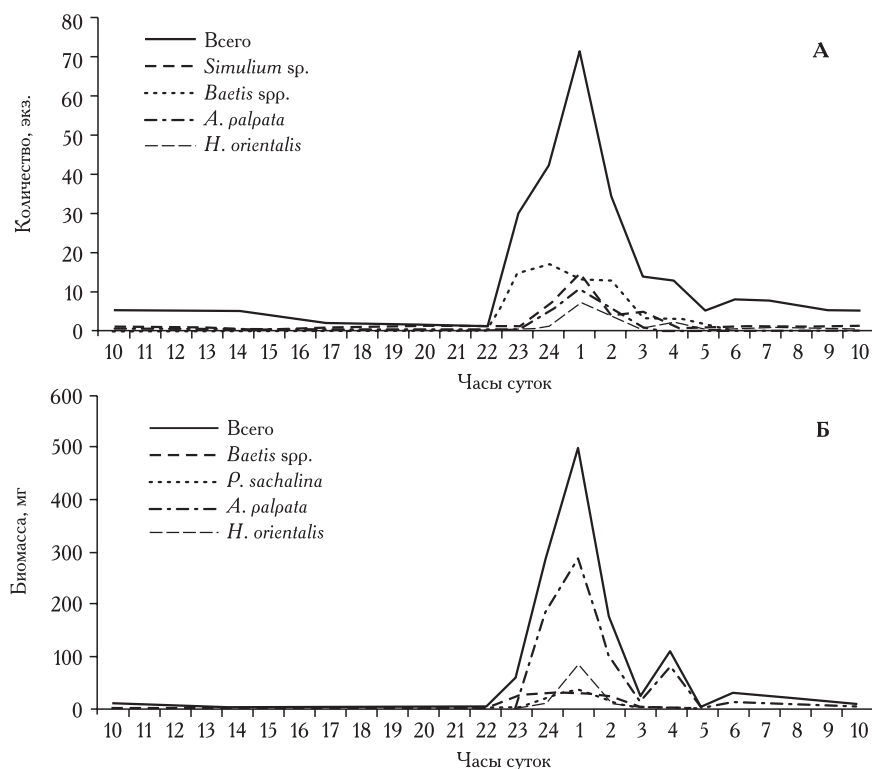


Рис. 4. Суточная динамика численности (А) и биомассы (Б) сиртона, сносимого через 0,12 м² поперечного сечения р. Тымь (участок II) за 10 минут

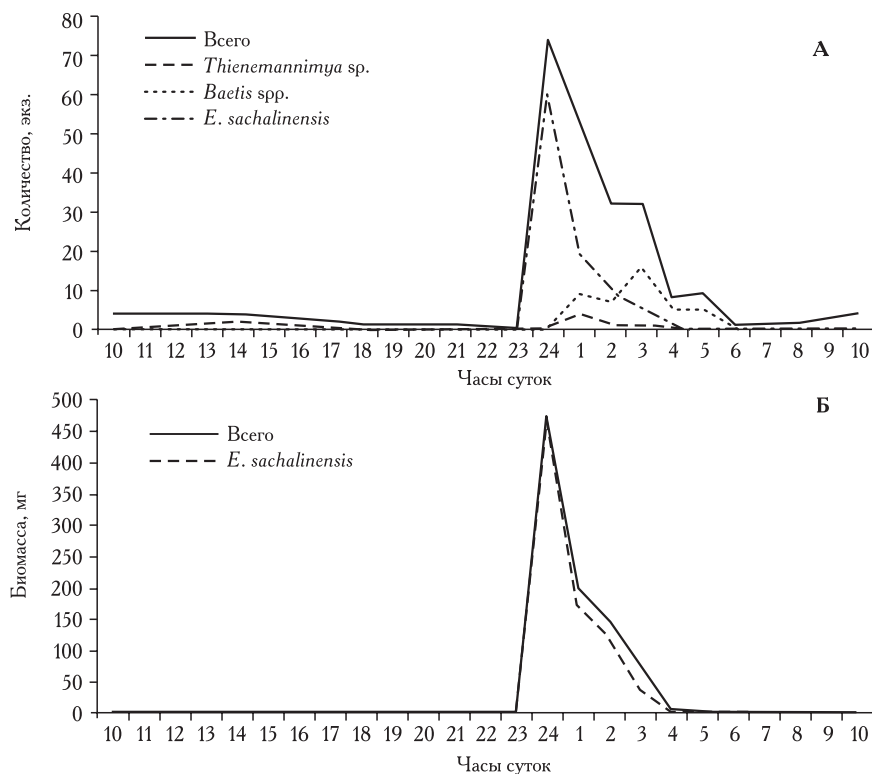


Рис. 5. Суточная динамика численности (А) и биомассы (Б) сиртона, сносимого через 0,12 м² поперечного сечения р. Тымь (участок III) за 10 минут

В среднем в ночные часы численность сиртона составила 23 экз. (1,28 экз./м³), биомасса — 100,8 мг (5,60 мг/м³), в дневные — 3 экз. (0,17 экз./м³) и 0,6 мг (0,03 мг/м³) соответственно. В динамике дрефта на данном участке отмечен единственный пик, наблюдавшийся в полночь. По численности и биомассе он был сформирован *E. sachalinensis* (рис. 5). Уже к 1:00 ночи доля этих подёнок в пробах сократилась, однако общая численность донных беспозвоночных ещё некоторое время оставалась на высоком уровне за счёт поднятия в толщу воды хирономид *Thienemannimyia fuscipes*. и подёнок *Baetis* spp.

В светлое время в пробах единично были представлены бокоплавы, четыре вида хирономид и подёнки.

Таким образом, в руч. Угловом и на всех участках Тыми лидирующее положение в сиртоне занимали подёнки, преимущественно рода *Baetis*. В верховьях (руч. Угловой и первый участок Тыми) доминировал *B. (B.) pseudothermicus*. В среднем течении (второй и третий участки) род *Baetis* был представлен группой видов: *B. (B.) pseudothermicus*, *Baetis (B.) ursinus*, *Baetis (B.)* sp.¹. Кроме представителей рода *Baetis* в среднем течении на выраженном песчано-галечном плёсе (третий участок) значимую роль играли роющие подёнки *E. sachalinensis*.

Помимо подёнок в сиртоне значимы хирономиды (по численности) и ручейники (по биомассе). В самой р. Тымь хирономиды, как группа в целом, занимали второе место, однако отдельные виды этого семейства (*Thienemannimyia fuscipes*) превалировали только на нижнем участке. Среди ручейников на верхнем участке р. Тымь и в руч. Угловом доминировал *B. americanus*, на втором участке р. Тымь ключевую роль играли *A. palpata* и *H. orientalis*. Перечисленные виды являются типичными представителями бентоса ритрала сахалинских рек [Вшивкова, Рязанова, 1998; Лабай, 2009].

В отношении подёнок и ручейников и их роли в структуре сиртона наши данные хорошо

согласуются с материалами по дрефту донных беспозвоночных в р. Белой [Жульков, 1974] и р. Приторной [Жульков, Шершнев, 1975]. Для полугорного участка р. Приторной (приток р. Нерпичьей, Восточный Сахалин) отмечен аналогичный руч. Угловому и верхнему участку Тыми комплекс доминант — *Baetis* sp. + *B. americanus*². Иной состав сиртона характерен для преимущественно равнинного водотока — р. Ударница, где большую часть года доминировали хирономиды [Френкель, 2003]. Как показали наши исследования, хирономиды значимы и на верхних участках. Роль этой группы в реках Белой и Приторной возможно недооценивали в связи с использованием ловушек с газом с более крупной ячейкой (в р. Ударница использовали ловушку из газа № 38, в р. Приторной — № 14, в р. Белой — № 15, в наших исследованиях — № 23).

В аналогичный период исследований (июнь—июль) плотность дрефта в руч. Угловой (2,48 экз./м³, 7,68 мг/м³) и на верхнем участке р. Тымь (4,07 экз./м³, 8,29 мг/м³) ниже по сравнению с верховьями р. Ударница (8,2 экз./м³, 28,33 мг/м³), где в это время высокой численности достигали хирономиды, а основу биомассы формировали крупные ручейники *Dicosmoecus palatus* MacLachlan [Френкель, 2003]. В Тыми плотность сиртона на втором (0,64 экз./м³, 3,25 мг/м³) и третьем участках (0,59 экз./м³, 2,12 мг/м³) по численности уступала, а по биомассе была сопоставима с показателями для среднего течения р. Ударница (4,2 экз./м³, 2,66 экз./м³). Более высокая численность в Ударнице отмечена за счёт хирономид, основу биомассы в Ударнице формировали гаммарусы, а в р. Тымь — ручейники и подёнки.

На всех исследованных участках отмечена выраженная суточная динамика дрефта. В среднем в р. Тымь и её верхнем притоке в дневные часы сносится от 13 до 29% численности и 0,6—14,7% биомассы ночных мигрантов. Максимальные значения дневного дрефта по сравнению с ночным зарегистрированы на наиболее динамичном участке реки — про-

¹ Изначально не удалось определить видовой состав рода *Baetis*, поэтому они были указаны как группа видов.

² В работе А.И. Жулькова, А.П. Шершнева [1975] по р. Приторной используется синоним *Oligoplectrodes potanini*, Martynov, 1910.

тяжённом перекате в верховье Тыми, а минимальные на плёсе нижнего участка, что свидетельствует о преимущественно пассивном характере дрейфа, происходящем в дневные часы. В то же время для некоторых форм или определённых стадий личиночного развития, в данном случае веснянок *Alloperla* sp., в светлое время суток характерен и активный (поведенческий) дрейф.

Массовый активный дрейф наблюдался после 22:00, максимальный пик приходился на период с 23:00 до 1:00, заканчивался к 4:00—6:00 утра. Для большинства преобладающих в дрейфе видов отмечен один пик миграционной активности, приходившийся, как правило, на первые ночные часы. Двухвершинная кривая подъёмов организмов в толщу воды оказалась характерна для *B. (B.) pseudothermicus*, доминировавшего в руч. Угловом и на верхнем участке Тыми. Несмотря на схожий характер дрейфа этих подёнок, первый пик подъёма в водную толщу в руч. Угловом зафиксирован на час раньше, чем на первом участке р. Тымь, в то же время вторые пики на обоих участках по времени совпадали. Возможно, более ранний подъём поденок в руч. Угловом связан с большей затенённостью водотока и, таким образом, относительно более ранним наступлением сумерек, что указывает на регуляцию ночного дрейфа не только эндогенными, но и внешними факторами.

Выводы

1. В толще воды руч. Углогового зарегистрировано 39 таксонов донных беспозвоночных, в р. Тымь — 75 таксонов.
2. Из общего числа зарегистрированных донных беспозвоночных в руч. Угловом наиболее значим *B. (B.) pseudothermicus*, на первом участке в верховье Тыми на протяжённом перекате — *B. (B.) pseudothermicus* и *B. americanus*, на втором участке в среднем течении на галечных грунтах — *Baetis* spp., *Simulium* sp., *A. palpata*, ниже по течению на выраженных песчано-галечных плесах — *E. sachalinensis* и *Baetis* spp. Перечисленные таксоны формируют от 48,6 до 87,7% численности (биомассы) мигрирующих организмов.
3. На всех участках ярко выражен ночной тип дрейфа донных беспозвоночных. В днев-

ные часы сносится от 13 до 29% численности и 0,6—14,7% биомассы ночных мигрантов.

4. Динамика дрейфа определяется составом доминирующих форм, для большинства из них отмечен один ночной пик миграционной активности, для подёнок *B. (B.) pseudothermicus* — два пика.

5. В условиях затенённости водотока максимальный ночной пик отмечается раньше.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность д.б.н. Т. М. Тиуновой, д.б.н. Е. А. Макаренченко, к.б.н. М. А. Макаренченко, к.б.н. О. А. Зориной за консультации по видовой идентификации подёнок и хирономид, а также сотрудникам лаборатории Гидробиологии СахНИРО, принимавшим участие в полевом этапе исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- Богатов В. В. 1994. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 218 с.
- Вшивкова Т. С., Рязанова Н. Б. 1998. Пространственное распределение и структура сообществ ручейников (Trichoptera) в бассейне р. Белая (Южный Сахалин) // Чтения памяти А. И. Куренцова. Владивосток. Вып. 8. С. 5—20.
- Жуйкова Л. И. 1974. О сносимом бентосе в реке Белой (юго-восточный Сахалин) // Известия ТИНРО. Т. 93. С. 124—128.
- Жульков А. И., Шершнев А. П. 1975. Материалы по суточному дрейфу водных беспозвоночных р. Приторной // Известия ТИНРО. Т. 95. С. 58—63.
- Канидьев А. Н., Жуйкова Л. И. 1971. Обеспеченность пищей как показатель допустимой концентрации молоди осенней кеты в реке // Известия ТИНРО. Т. 76. С. 97—110.
- Константинов А. С. 1979. Общая гидробиология. М.: Высшая школа. 480 с.
- Лабай В. С. 2009. Распределение макрозообентоса в нижней ритрале среднеразмерной лососёвой реки о. Сахалин // Гидробиологический журн. Т. 45. Вып. 5. С. 14—30.
- Леванидов В. Я. 1969. Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура // Известия ТИНРО. Т. 67. 242 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Сахалин и Курилы. 1973. Ленинград: Гидрометеоздат. Т. 18. Вып. 2. 262 с.
- Френкель С. Е. 2003. Межгодовая динамика дрейфа донных беспозвоночных в р. Ударница (Южный

- Сахалин) // Чтения памяти В. Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 2. С. 107–116.
- Чебанова В. В. 2009. Бентос лососёвых рек Камчатки. М.: Изд-во ВНИРО. 172 с.
- Фроленко Л. А. 1965. Питание и кормовая база молодых кеты и горбуши в реках и прибрежных участках юго-восточной части Татарского пролива // Известия ТИНРО. Т. 59. С. 161–172.
- Waters T. F. 1972. The Drift of Stream Insects // Ann. Rew. Entomol. V. 17. P. 253–272.
- Поступила в редакцию 05.12.13 г.
Принята после рецензии 28.10.13 г.

Syrton Composition and Diurnal Periodicity of Drift of Stream Bottom Invertebrates in the River of Tym» and Its Upper Tributary Uglovoy Stream (Sakhalin Island)

L. A. Zhivoglyadova, D. S. Dairova, V. S. Labay

Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography (SakhNIRO, Yuzhno-Sakhalinsk)

The specific structure of syrton of the river of Tym (75 taxa) and Uglovoy Stream (39 taxa) is defined in June–July 2010. Quantitative characteristics and diurnal periodicity of drift are considered. It is shown that dynamics of drift is defined by 1–3 dominating species of bottom invertebrates.

Key words: Sakhalin, Tym» River, syrton, bottom invertebrate, diurnal periodicity of drift.

УДК: 582.26 (268.45)

Структура ценопопуляций промысловых фукусовых водорослей на литорали западного Мурмана

Н. В. Евсеева

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)

e-mail: evseeva@vniro.ru

В 2011–2012 гг. были проведены исследования биологии и динамики размерно-массовых показателей доминирующих водорослей на полигоне в восточной части губы Ура. Описаны возрастная, половая и размерно-массовая структуры ценопопуляций водорослей. Полученные результаты будут использованы для формирования рекомендаций по рациональной эксплуатации ресурсов водорослей.

Ключевые слова: бурые водоросли, фукус, аскофиллум, Баренцево море, ценопопуляция, размножение, возраст, биомасса.

ВВЕДЕНИЕ

Фукусовые водоросли являются ценными промысловыми объектами. Они относятся к семейству Fucaceae порядка Fucales класса Rhaeophyceae и представлены в регионе 3 видами рода *Fucus* — *F. vesiculosus* L., *F. distichus* L., *F. serratus* L. и 1 видом рода *Ascophyllum* — *A. nodosum* (L.) Le Jolis.

Изучение растительных сообществ и отдельных видов водорослей Баренцева моря проводится не один десяток лет. Наиболее полные сведения о распределении фукусовых водорослей на литорали и их биологическая характеристика представлены в работах В. В. Кузнецова [1960], Н. Е. Толстиковой [1977 а, 1980], Е. И. Блиновой [2007], Е. В. Шошиной [1998; Кузнецов, Шошина, 2003]. Те же самые виды в условиях Белого моря были подробно изучены

О. Н. Максимовой [1979, 1980] и В. Б. Возжинской [1986].

В последние десятилетия во всём мире активизируется промысел донных водорослей-макрофитов. Неумеренный промысел может не только подорвать растительные ресурсы, но и существенно повлиять на состояние ресурсов других гидробионтов. Пояс прибрежной растительности является естественной преградой для разрушающего действия штормов и регулятором береговой абразии. Нельзя планировать добычу промысловых видов макрофитов на базе только промышленных принципов, не учитывая биологические аспекты проблемы. При условии рациональной эксплуатации и бережного отношения запасы водорослей могут осваиваться долгие годы без дополнительных затрат на их воспроизводство. Для рационального использования растительных ресурсов

необходимо проведение комплексных исследований структуры и функционирования донных растительных сообществ, их вертикального и горизонтального распределения, изучение сезонной и межгодовой изменчивости зарослей, также нужно учитывать биологические особенности видов. Всё вышесказанное обуславливает актуальность предпринятого нами исследования и определяет его цель.

Целью исследований являлся сбор биологической информации по фукусовым водорослям, необходимой для разработки рекомендаций по их рациональному использованию.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Научно-исследовательские работы проводили на литорали восточного рукава губы Ура (западный Мурман, Баренцево море) на полевой базе ПИНРО. Сбор материала проводился период с мая по сентябрь 2011–2012 гг. и в апреле 2013 г. в соответствии с методикой гидробиотических работ [Блинова и др., 2005; Калугина-Гутник, 1975]. Работа на литорали осуществлялась в период отливов. Выделение в литоральной зоне верхнего, среднего и нижнего горизонтов проводилось по уровню сизигийных и квадратурных приливов и отливов.

В местах произрастания фукусовых водорослей был выбран участок с максимальной шириной зарослей для изучения видового состава и продукционных характеристик. Для всего поселения водорослей визуально определялось общее проективное покрытие, грунт и рельеф литорали. В поясе фукусовых водорослей закладывались площадки в верхнем, среднем и, по возможности, нижнем горизонтах литорали площадью $0,09 \text{ м}^2$ ($30 \times 30 \text{ см}$). Все водоросли, прикрепленные в пределах площадки, выкашивались. Собранные пробы разбирали по видам и взвешивали. Все слоевища каждого вида измерялись и взвешивались (общая длина слоевища, длина оси 1 порядка, ширина слоевища в нижней части таллома, толщина створика у подошвы, толщина жилки (у фукуса), толщина оси 1 порядка (у аскофиллума), определялось количество дихотомных ветвлений, рядов воздушных пузырей. В лаборатории по срезам рецептакулов под микроскопом проводили определение пола растений для выявле-

ния половой структуры ценопопуляций. Дополнительный материал для уточнения сроков и особенностей размножения водорослей на других участках побережья был собран в октябре–ноябре 2012 г. в период рейса на НИС «Протей» (ПИНРО).

Для изучения темпов роста слоевищ фукусовых водорослей в 2011 г. было проведено мечение 50 талломов, промеры которых проводились ежемесячно в течение периода наблюдений (рис. 1). Для определения возобновления зарослей в период массового спороношения было выставлено на месячную экспозицию 3 пластины для оседания спор в верхнем и среднем горизонтах литорали. Всего за период исследований было промерено более 2 тыс. слоевищ фукуса и около 500 слоевищ аскофиллума.



Рис. 1. Метки на растениях фукуса

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение и структура литоральных зарослей водорослей. Ширина литоральной зоны в восточной части губы Ура невелика и редко достигает 10 м (рис. 2), рельеф берега крутой. На большей части литорали её ширина составляет 5–7 м. Грунт представлен крупнообломочными осадками, валунами, реже — скальными плитами. Приливы — полусуточные с максимальной величиной до 4,8 м. Участок относится к слабозащищённому берегу, что соответствует прибойности III степени [Гурьянова и др., 1930]. На литорали доминируют *F. vesiculosus* и *A. nodosum*.

Ширина нижнего горизонта не превышает 1 м. В нижнем горизонте литорали произрас-



Рис. 2. Участок литорали, на которой расположен полигон, в восточной части губы Ура

тает *F. distichus*, L., его проективное покрытие не превышало 30–70%. Около 20% площади занимали *Palmaria palmata* (L.) Weber et Mohr, *Dumontia contorta* (Gmel.) Rupr., *Ulva intestinalis* L., *Sphaerotrichia divaricata* (C. Ag.) Kylin, *Ectocarpus confervoides* (Roth) Le Jol. И только у самой границы среднего и нижнего горизонтов литорали покрытие увеличивалось до 80–90% за счёт присутствия *A. nodosum* (до 70% от общего покрытия).

Ширина среднего горизонта 1,5–3 м. Средний горизонт занимают 100-процентные монодоминантные заросли *A. nodosum*. На аскофиллуме часто встречается красная *Vertebrata lanosa* (L.) T. A. Christensen — облигатный эпифит. Граница между средним и верхним горизонтами литорали характеризуется проективным покрытием 100%, где *F. vesiculosus* составляет до 70%, а *A. nodosum* — 30%. Ширина верхнего горизонта насчитывает 2–2,5 м. Верхнюю часть литорали занимают монодоминантные заросли *F. vesiculosus* с проективным покрытием 100%. Реже фукус и аскофиллум встречаются в соотношении 9:1. В ассоциации фукуса также отмечены: *Cladophora rupestris* (L.) Kütz., *Sphacelaria radicans* (Dillw.) Ag., *Entocladia viridis* Reinke. В период образования рецептакулов у фукуса на них поселяется эпифит *Elachista fusicola* (Velley) Aresch.

Общее проективное покрытие литорали зарослями на разных участках варьирует от 70 до 100%.

Продукционные характеристики ценопопуляций обоих видов изменяются в зависимости от стадии размножения. Максимальные плот-

ность (табл. 1) и биомасса (табл. 2) фукуса отмечены в июле — 3522 экз./м² и 12,7 кг/м² соответственно.

Таблица 1. Плотность поселений водорослей на полигоне

Плотность, экз./м ²	Май	Июнь	Июль	Сентябрь
<i>F. vesiculosus</i>	1244,4	3222	3522	2166,7
<i>A. nodosum</i>	1500	1600	2878	620

В сентябре слоевища фукуса теряют рецептакулы и продукционные показатели резко снижаются (плотность — 2166,7 экз./м², биомасса — 5,9 кг/м²).

Таблица 2. Средняя биомасса поселений водорослей на полигоне

Биомасса, кг/м ²	Май	Июнь	Июль	Сентябрь
<i>F. vesiculosus</i>	7,2	8,9	12,7	5,9
<i>A. nodosum</i>	19,2	25,0	22,7	5,5

Такие значения биомассы также наблюдаются на участках литорали мурманского побережья, где отмечены 1–3 типа зарослей [Блинова, 2007] с прибойностью III–IV степени [Гурьянова и др., 1930]. Например, в районе о. Б. Олений в октябре–ноябре средняя биомасса в ассоциации *F. vesiculosus* составляла 8,6 кг/м², а в бухте М. Волоковая — 5,8 кг/м². На участках с прибойностью I–II степени биомасса выше. Так, в губе Дроздовка в октябре–ноябре биомасса насчитывала 12 кг/м², а в средней части губы Ура максимально достигала 15,9 кг/м².

Возрастная структура ценопопуляций.

Определение возраста водорослей рода *Fucus* проводилось на основании числа дихотомных разветвлений [Толстикова, 1977 б; Максимова, 1980; Возжинская, 1986]. Применение формул основано на утверждении, что за вегетационный период (апрель–сентябрь) у фукуса образуется два новых дихотомных ветвления на вегетативных ветвях. Сложность применения данных формул для взрослых растений заключается в невозможности выявления деления первого года. Н. Е. Толстикова, проводившая

продолжительные исследования у восточного Мурмана, считала возрастным признаком число рядов воздушных пузырей. По её наблюдениям [Толстикова, 1977 а] первое дихотомическое разветвление у *F. vesiculosus* происходит в июне—июле следующего года и за 2,5 года (к моменту образования первой пары пузырей) их количество может насчитывать от 2 до 12.

Наблюдения за мечеными растениями фукуса на полигоне в губе Ура подтвердили, что число рядов пузырей и количество дихотомных разветвлений нельзя считать одинаковым для всех районов исследований. Так, на исследуемом полигоне число дихотомных разветвлений за год наблюдений варьировало от 0 до 4 и в среднем составило 1 разветвление. Воздушные пузыри наблюдались у растений возрастом менее 2,5 лет, причём достаточно часто. Подобный результат был получен также для дальневосточного *F. evanescens* [Чмыхалова, 2005].

Мониторинг зарослей *F. vesiculosus* на полигоне в губе Ура позволил скорректировать методику определения возраста водорослей применительно к западной части мурманского побережья. Вероятнее всего такие признаки, как число рядов воздушных пузырей и дихотомных разветвлений, можно считать стабильными и показательными для конкретных ценопопуляций *F. vesiculosus*. При определении возраста фукуса у западного побережья Мурмана мы предлагаем определять возраст по количеству дихотомных разветвлений таллома.

В ценопопуляции фукуса восточного рукава губы Ура были отмечены растения возрастом от 0 до 12 лет, наиболее часто встречались 1—4-летние, а доминировали 2-летние растения. Максимальный возраст составил 12 лет (рис. 3). Максимальная продолжительность жизни фукуса в Баренцевом море, по данным В. В. Кузнецова, составляет 12 лет [Кузнецов, 1960], что вполне согласуется с полученными нами данными. Некоторые исследователи отмечают предельный возраст фукуса Белого моря 9—10 и даже 8 лет [Максимова, 1980; Возжинская, 1986]. Вполне вероятно, что продолжительность жизни определяется местными гидрологическими и климатическими условиями, поэтому у беломорских фукусов она меньше.

По данным Н. Е. Толстиковой [1977 б] во все месяцы года в зарослях фукуса по численности преобладают проростки и двухлетки. По нашим наблюдениям по численности в литоральных поселениях в губе Ура преобладают растения возрастом до 2 лет — 55,5%. Незначительную часть популяции представляют старшие возрастные группы (свыше 6 лет) — всего 1,8% от общей численности.

С определением возраста аскофиллума возник ряд трудностей. Для этого вида регистрирующей структурой считается число рядов воздушных пузырей, которые образуются начиная с 3 года жизни [Толстикова, 1977 б]. При этом часть исследователей считает, что в год обра-

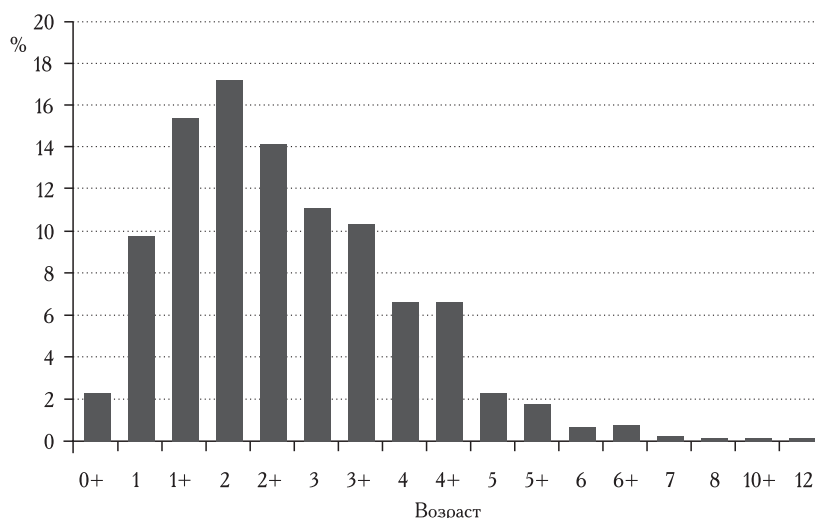


Рис. 3. Возрастная структура поселений *F. vesiculosus* на полигоне в губе Ура

зуется одна пара пузырей [Толстикова, 1977 а; Кузнецов, 1960]. Другие же полагают, что в год образуется 2 пары пузырей [Максимова, 1980; Возжинская, 1986]. Возраст образования первой пары пузырей можно поставить под сомнение, т.к. у части молодых растений имелись воздушные пузыри, о чём также писала О. В. Максимова [1980].

Максимальный определённый возраст аскофиллума на полигоне составил 9 лет. По литературным данным максимальный возраст аскофиллума может насчитывать 13 лет [Толстикова, 1980], а по некоторым данным — 19 лет [Кузнецов, 1960]. Наиболее часто на полигоне в губе Ура встречались растения возрастом от 3 до 6 лет, видимо, составляющие наиболее продуктивную часть ценопопуляции. Пополнение популяции аскофиллума происходит в течение всего года. Как и у фукуса, у этого вида существует 2 генерации молодых спорофитов — весенняя и осенняя, выросшие из оплодотворённой зиготы.

Кроме того, для аскофиллума, более чем для других фукусовых, характерно вегетативное размножение. Вегетативные спорофиты (раметы) образуются в течение всего года и являются наиболее жизнеспособной частью пополнения [Толстикова, 1980].

Половая структура ценопопуляций и особенности размножения. Фукусовые водоросли относятся к классу циклоспоровых. Основные отличительные особенности связаны с циклом развития и размножения. Отсутствуют две самостоятельно растущие формы развития. Гаметофиты развиваются в слоевище спорофита в виде слоя, выстилающего концептакул [Петров, 1977]. Растения фукуса пузырчатого — раздельнополые. Антеридии и оогонии образуются в концептакулах, совокупность которых при разрастании верхушки спорофита превращается в рецептакул [Клочкова и др., 2004]. Сброс рецептакулов после спороношения заканчивается на Мурманском побережье в начале сентября [Блинова, 2007].

Учёт фертильных растений в ценопопуляции фукуса на полигоне позволил уточнить сроки спороношения на данном участке западного Мурмана. Так (рис. 4), в мае количество фер-

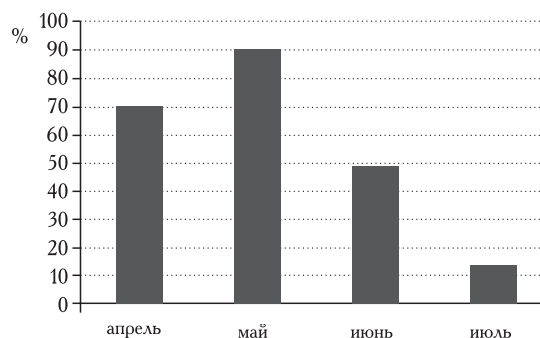


Рис. 4. Доля фертильных растений *F. vesiculosus* на полигоне в губе Ура

тильных растений было максимальным и составило 90%.

Причём все рецептакулы фукуса содержали зрелые гаметангии. В июне число размножающихся спорофитов резко уменьшилось до 48,9%, и к июлю на полигоне рецептакулы были обнаружены только у 14,2% слоевищ. Органы размножения несут не все взрослые растения. Рецептакулы имеют 25–30% от общего числа растений в зарослях [Толстикова, 1977 а]. Для Белого моря эта цифра сходна — 32,8% [Максимова, 1980]. Половозрелые растения формируются на четвёртом году жизни [Толстикова, 1977 а]. В прибрежье Белого моря фертильными становятся растения уже третьего года жизни [Максимова, 1980]. Наши исследования на полигоне в губе Ура показали, что впервые рецептакулы появляются у особей фукуса возрастом 2+, у следующих возрастных групп (трёх- и четырёхлетних растений) их количество увеличивается (рис. 5). Максимального значения (100%) этот показатель достигает у пятилетних растений и у всех старших возрастных групп.

Масса рецептакулов у фукуса составляет весьма значительную долю от общей массы талломов — от 2 до 66% у разных возрастных групп. Масса рецептакулов варьирует у разных возрастных групп и в разные фазы размножения. Так, в апреле среднее значение доли рецептакулов от общей массы слоевища насчитывало 5,1% и максимально достигало 19%. В июне—июле (фаза массового спороношения и начало спада) среднее значение составляло 17,4%, максимально достигая 76,2%. В период сброса рецептакулов (после спороношения) в ценопопуляции отмечается резкое снижение

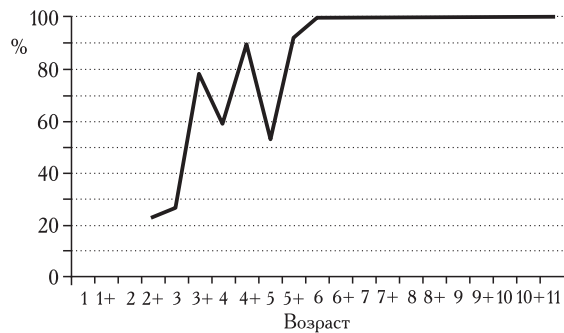


Рис. 5. Участие различных возрастных групп *F. vesiculosus* в размножении

биомассы, что необходимо учитывать при разработке рекомендаций по рациональному использованию ресурсов фукуса пузырчатого.

Фукус *F. vesiculosus* является раздельно-половым видом. Предполагается, что с учётом соотношения яйцеклеток в оогонии (8) и антерозоидов в антеридии (64) женские особи должны преобладать по численности [Кузнецов, Шошина, 2003]. Выявление половой структуры у фукусовых водорослей возможно только в период размножения. Соотношение полов в весенне-летний период представлено в табл. 3. Доминирование в ценопопуляции мужских растений в апреле—мае и женских растений в июле может свидетельствовать об асинхронности созревания женских и мужских гамет фукуса.

Наблюдается пространственная неоднородность половой структуры. О мозаичности расположения разнополых растений фукуса на литорали упоминается в работе С. А. Прохоровой [2004]. Однако она пришла к выводу о зависимости половой структуры от динамики гидрологического режима на участке обитания. В губах закрытого типа в ценопопуляции доминируют женские особи, в губах открытого типа — мужские растения [Прохорова, 2004]. Между тем исследования на полигоне в губе Ура и направленный сбор материала на других

участках позволили предположить, что соотношение разнополых особей в ценопопуляции фукуса согласовано с расположением на литорали (табл. 3). Так, в верхнем горизонте литорали преимущественно произрастают мужские растения (в соотношении близком к 4:1). В среднем горизонте доминируют женские растения (в таком же соотношении).

Фукус способен размножаться как половым, так и вегетативным путём [Блинова, 2007]. Соотношение вклада вегетативного и полового размножения в возобновлении популяции составляет примерно 10:1 (по численности). Огромная изначальная численность половых проростков катастрофически падает уже в первые недели и месяцы жизни [Толстикова, 1977 б].

В течение года проростки фукуса появляются дважды: в летне-осенний период через 1–2 недели после спороношения и в весенний период после «полярной ночи» [Толстикова, 1980]. Весенняя генерация появляется из покоящихся спорофитов с остановленным развитием. С учётом того, что в зарослях фукуса в осенние месяцы погибает от 60 до 90% проростков [Толстикова, 1977 б], весенняя генерация является своеобразным «банком» спорофитов. В течение всего вегетационного периода появляются проростки фукуса, образованные вегетативным путём.

В период размножения были выставлены 3 пластины для определения степени возобновления ценопопуляции. После экспозиции в течение 1 месяца массового размножения на пластинах были обнаружены ювенильные спорофиты фукуса на разных стадиях развития с достаточной плотностью (рис. 6). На основании полученных данных можно говорить о хорошей возобновляемости зарослей.

Аскофиллум, как и фукус пузырчатый, является раздельнополым растением. Сроки спороношения аскофиллума немного опережают

Таблица 3. Соотношение разнополых растений *F. vesiculosus* на литорали исследованных участков

Горизонт литорали	Апрель, губа Ура	Май, губа Ура, полигон	Июнь, губа Ура, полигон	Июль, губа Ура, полигон	Октябрь, губа Малая Волоковая	Октябрь, губа Ура
Верхний	22♀:78♂	22♀:78♂	25♀:75♂		24♀:76♂	20♀:80♂
Средний				78♀:22♂	96♀:4♂	74♀:26♂

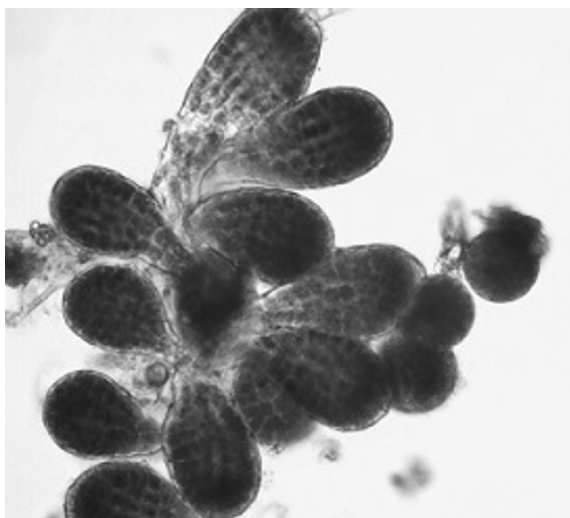


Рис. 6. Агрегация ювенильных спорофитов *F. vesiculosus*, снятых со стекла после месячной экспозиции в зарослях

сроки размножения фукусов [Кузнецов, 1960; Максимова, 1980]. Максимальное количество фертильных слоевищ на полигоне в губе Ура наблюдалось в мае, к июлю талломы сбрасывали рецептакулы. Доля массы всех рецептакулов к общей массе таллома у аскофиллума составляет 10–50%. Максимально она достигала 62,5%. Наибольшее количество фертильных слоевищ наблюдалось в возрастных группах 3,7+, 8+. В этих же группах наблюдалось максимальное соотношение массы рецептакулов к массе слоевища.

Половая структура в ценопопуляции аскофиллума, как и у фукусов, определяется только в период образования рецептакулов. В мае соотношение полов было следующим: 60% особей женского пола и 40% мужского. В июне количество женских растений увеличилось до 71%, что соответствует нормальному распределению полов у водорослей с подобным жизненным циклом.

Размерно-массовый состав ценопопуляций. У фукуса не отмечено полной остановки вегетативного роста в течение года. В зимний период он лишь замедляется [Толстикова, 1977 а]. Интенсивный вегетативный рост всех возрастных групп, и особенно растений 1–3 года жизни, приходится на сентябрь–ноябрь. В это время в зарослях бурно развиваются проростки. Летом вегетативный рост замедляется.

Максимальная длина слоевища фукуса у мурманского побережья не превышает 50 см. По данным В. В. Кузнецова [1960] средний годовой прирост длины слоевища фукуса у восточного Мурмана насчитывает 2,6–18,4 см, и происходит он в апреле–ноябре. По другим данным средний годовой линейный прирост составляет 12 см [Толстикова, 1977 а].

Годовой линейный прирост, полученный при измерении меченых растений на полигоне в губе Ура, максимально составлял 8,8 см. Средний годовой линейный прирост не превышал 5,7 см.

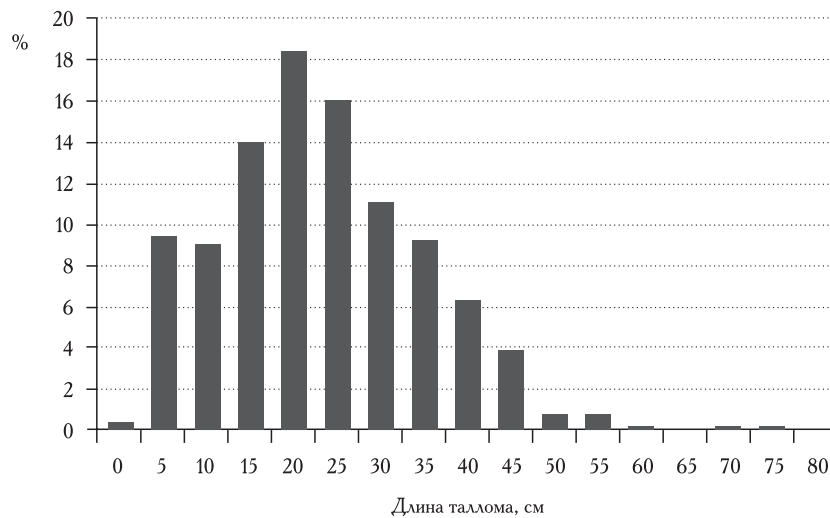
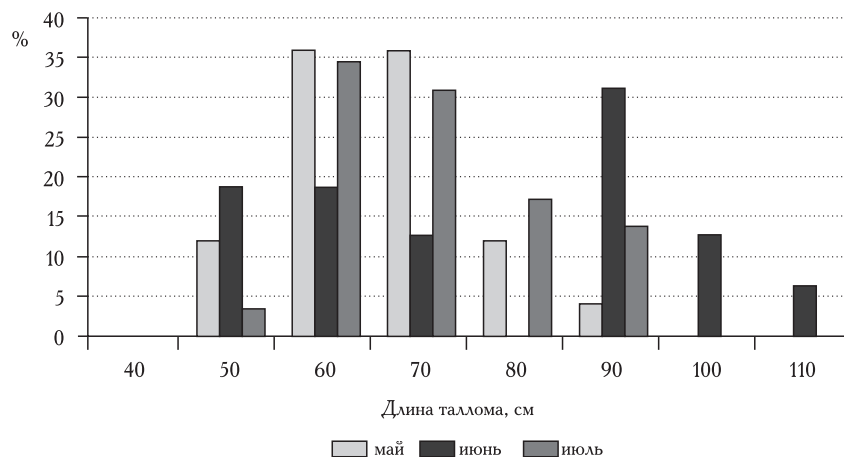
В. Б. Возжинская [1986] для фукусов Белого моря также отмечает, что рост слоевища начинается в апреле–мае. В процессе линейного роста наблюдаются два разновершинных пика. Наибольший темп роста приходится на позднюю весну и раннее лето. Затем в период выхода гамет и сброса рецептакулов рост приостанавливается. Таким образом, линейный прирост по сезонам отличается. Так, весной он не превышает 0,8–1 см, летом 3,6–8,3 см и к осени составляет 0,3–0,5 см.

По данным проведенных промеров максимальная длина слоевища фукуса составляла 78,5 см (июнь 2011 г.) и 73,5 см (сентябрь 2012 г.). Доминировали особи с длиной таллома от 15 до 25 см (рис. 7).

Индивидуальная масса слоевищ в выборке максимально составила 126,5 г. В 2011 и в 2012 г. доминировали экземпляры с индивидуальной массой около 5 г.

Измерение морфологических параметров аскофиллума представляет определенные трудности. Он имеет упругое и довольно хрупкое слоевище. При малейшем напряжении длинные ветви обламываются, а вегетативные отростки отрываются от слоевища. Поэтому все линейные и весовые параметры очень сильно варьируют. При проведении биоанализа мы проводили два линейных промера: общая длина всех ветвей и длина ветви 1 порядка. Чаще всего ветвь 1 порядка была обломана почти до основания, либо от неё оставалось 5–10 см. Понятно, что использовать этот параметр в анализе не представляется возможным. Общая длина таллома также изменяется по сезонам (рис. 8).

Средняя общая длина растений изменялась с 62,8 в мае до 74 см в июне и опять снижалась

Рис. 7. Распределение длины таллома *F. vesiculosus* на полигоне в губе УраРис. 8. Динамика общей длины таллома *A. nodosum* на полигоне в губе Ура

в июле до 65,7 см. Похожие изменения происходили и с массой слоевища. Максимальная индивидуальная длина таллома насчитывала 118 см, а максимальная индивидуальная масса — 1560 г.

Таким образом, проведённые в 2011–2012 гг. исследования биологии массовых видов фукусовых водорослей подтвердили, что каждой конкретной ценопопуляции присущи не только продукционные, но и биологические особенности. Что необходимо учитывать при прогнозировании возможного изъятия водорослей на каждом отдельном участке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На литорали исследованного участка в восточной части губы Ура доминирующими ви-

дами являются два представителя фукусовых водорослей: *F. vesiculosus* и *A. nodosum*. Максимальные значения плотности и удельной биомассы на литорали отмечаются в июне–июле, что в первую очередь связано с активным размножением водорослей. Осенью, после сбрасывания рецептакулов, наблюдается резкое снижение биомассы.

В поселениях фукуса были отмечены экземпляры возрастом от 0 до 12 лет, доминировали водоросли не старше 2 лет. Поселения аскофиллума были образованы талломами от 2 до 9 лет. Преобладали слоевища возрастом от 3 до 6 лет, видимо, составляющие наиболее продуктивную часть ценопопуляции. Учёт количества фертильных слоевищ фукуса позволил уточнить сроки созревания и спороношения

(май—июль). Впервые рецептакулы у фукуса появляются у особей возрастом 2+. Сроки размножения аскофиллума совпадают с фукусом, однако сам процесс спороношения и сброса рецептакулов проходит в более сжатые сроки. В поселениях как фукуса, так и аскофиллума отмечено значительное преобладание женских особей, при этом наблюдается пространственная неоднородность в распределении талломов разного пола. Данные особенности должны быть учтены при возможной эксплуатации ресурсов водорослей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаю искреннюю благодарность сотрудникам ПИНРО: В. В. Есину, Ю. Е. Жаку и В. Г. Рудневу за помощь в сборе материала.

ЛИТЕРАТУРА

- Блинова Е. И. 2007. Водоросли-макрофиты и травы морей европейской части России (флора, распространение, биология, запасы, марикультура). М.: Изд-во ВНИРО. 114 с.
- Блинова Е. И., Вилкова О. В., Милютин Д. М., Прошина О. А., Штрик В. А. 2005. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоёмов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Вып. 3. Методы ландшафтных исследований и оценки запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны. М.: Изд-во ВНИРО. 135 с.
- Возжинская В. Б. 1986. Донные макрофиты Белого моря. М.: Наука. 191 с.
- Гурьянова В. Ф., Закс И. Г., Ушаков П. В. 1930. Литораль Кольского залива. III. Условия существования на литорали Кольского залива // Тр. Ленингр. общ-ва испытателей. Т. 60. Вып. 2. С. 47–71.
- Калугина-Гутник А. А. 1975. Фитобентос Чёрного моря. Киев: Наукова думка. 247 с.
- Клочкова Н. Г., Чмыхалова В. Б., Королёва Т. Н. 2004. Биология, экология и распространение рода *Fucus* L. и вида *F. evanescens* Ag. // Бот. исслед. на Камчатке: Мат. I и II сессий Камчат. отд. Русского бот. общ-ва. Петр.-Камчатский: Изд-во КГПУ. С. 68–87.
- Кузнецов В. В. 1960. Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. М.: Изд-во АН СССР. 256 с.
- Кузнецов Л. Л., Шошина Е. В. 2003. Фитоценозы Баренцева моря (физиологические и структурные характеристики). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 308 с.
- Максимова О. Н. 1979. Соотношение возрастных, размерных и весовых характеристик некоторых представителей пор. *Fucales* Белого и Японского морей // Тез. докладов III Всесоюзного совещания по морской альгологии-макрофитобентосу. Киев: Наукова думка. С. 90–92.
- Максимова О. Н. 1980. Некоторые сезонные особенности развития и определение возраста беломорских фукоидов // Донная флора и продукция краевых морей СССР. М.: Наука. С. 73–78.
- Петров Ю. Е. 1977. Отдел бурые водоросли (Phaeophyta) // Жизнь растений. Т. 3 / Под ред. проф. М. М. Голлербаха. М.: Просвещение. С. 144–192.
- Прохорова С. А. 2004. Влияние интенсивности волноприбойного движения воды на возрастные, размерно-весовые и репродуктивные характеристики *Fucales* Баренцева моря. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Мурманск. 27 с.
- Толстикова Н. Е. 1977 а. Циклы развития *Fucus vesiculosus* L. и *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis на литорали Баренцева моря // Океанология. Т. 17. Вып. 1. С. 123–126.
- Толстикова Н. Е. 1977 б. Некоторые особенности развития фукуса пузырчатого (*Fucus vesiculosus* L.) и аскофиллума (*Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis) на побережье Баренцева моря // Труды ВНИРО. Т. 124. С. 31–36.
- Толстикова Н. Е. 1980. Наблюдения за развитием *Fucus vesiculosus* L. и *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis в течение года на литорали Восточного Мурмана // Донная флора и продукция краевых морей СССР. М.: Наука. С. 81–89.
- Чмыхалова В. Б. 2005. Развитие бурой водоросли *Fucus evanescens* Ag. в прикамчатских водах. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский. 25 с.
- Шошина Е. В. 1998. Фукусовые водоросли // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей / Отв. ред. проф. Г. Г. Матишов. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. С. 174–187.

Поступила в редакцию 19.12.14 г.
Принята после рецензии 12.02.15 г.

Structure of Cenopopulations of Commercial Fucus Algae in the Intertidal Zone of the Western Murman

N. V. Evseeva

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO, Moscow)

In 2011–2012 were carried out research of the biology and dynamics of size- mass indices dominant algae of the coastal zone in the eastern part of the bay of Ura. The age structure, sex structure and size and mass structure of cenopopulations of algae were described. The results will be used to develop recommendations for the rational exploitation of seaweed.

Keywords: brown algae, fucus, ascophyllum, the Barents Sea, cenopopulation, reproduction, age, biomass.

УДК 597—146, 511

О необходимости корректирующих коэффициентов при исследованиях фиксированной икры

А. В. Новосадова, А. Г. Новосадов

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)
e-mail: novosadova@vniro.ru

Исследовано изменение массы икры стерляди после фиксации. Показано существенное уменьшение её массы при использовании трёх фиксирующих растворов: 4%-го раствора формальдегида, жидкости Серра и 96°-го этилового спирта. Постулируется необходимость определения и использования поправочных коэффициентов при работе с фиксированной икрой рыб.

Ключевые слова: икра, стерлядь, фиксация, уменьшение массы.

ВВЕДЕНИЕ

В практике ихтиологических и рыбохозяйственных исследований в полевых условиях происходит, как правило, только сбор материала и его фиксация. Обработка и анализ результатов проводится уже в лабораторных условиях. Фиксация проб в специальных растворах широко используется и является наилучшим способом накопления и хранения.

Фиксирующие свойства большинства растворов основаны на замещении воды в составе тканей их компонентами. Фиксация является сложным процессом, изменяющим свойства изучаемых объектов. Поскольку рыбы, образцы тканей и другие объекты изучения ихтиологии могут содержать до 80% воды, то её замещение может существенно исказить реальную массу объекта после фиксации, что необходимо принимать во внимание.

Факторы, которые влияют на это изменение, — вид, размеры рыбы, состояние рыбы

в момент фиксации. Очевидно, что влияние различных фиксирующих жидкостей специфично и для различных методов и объектов фиксации требуется их калибровка [Горбунова, 1952; Привалихин, 1998; Parker, 1963; Lockwood, Daly, 1975].

Целью данной работы было изучение влияния традиционно применяемых фиксирующих растворов на массу овулировавших икринок стерляди и, в случае её изменений, обоснование необходимой коррекции данных, получаемых в результате работы с фиксированным материалом.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Овулировавшая икра была получена от стерляди во время нерестовой кампании 2012 г. в Электрогорском рыбноводном хозяйстве.

От каждой самки были отобраны по три пробы икры (около 50 икринок в каждой пробе), которые фиксировали в различных фикси-

рующих растворах. Объём фиксатора составлял 10 мл на 1 см³ материала.

Излишек овариальной жидкости, собранной вместе с икринками, удаляли фильтровальной бумагой. Взвешивание икринок до и после фиксации проводили на торсионных весах Labimex типа WT (Польша).

В качестве фиксирующих жидкостей использовали наиболее распространённые в биологии растворы: формалин (4%-й раствор формальдегида), 96°-й этиловый спирт, а также жидкость Серра, в состав которой входят 6 частей 96°-го этилового спирта, 3 части 40%-го формалина и 1 часть ледяной уксусной кислоты [Ромейс, 1954].

Потерю массы рассчитывали по формуле: $P = (M - M_{\phi}) / M \times 100$, где P — потеря массы, M — масса икринки до фиксации, M_{ϕ} — масса икринки после фиксации, 100 — коэффициент перевода в проценты.

Достоверность разности средних определяли методом t-критерия (критерий Стьюдента) [Плохинский, 1961].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Взвешивание икринок проводили на 2-е, 5-е и 10-е сутки после фиксации. Различия в массе на 5-е и 10-е сутки отсутствовали после фиксации в каждом растворе. Можно считать, что изменения прекратились после 5 суток нахождения в фиксирующем растворе, масса икры стабилизировалась. В табл. 1 представлена средняя масса икринок в каждой пробе и ее потери после стабилизации массы икринок в фиксирующем растворе.

Из приведённых данных видно, что наибольшие изменения массы икринок происходят при использовании 96°-го этилового спирта, наименьшее влияние оказывает 4%-й раствор

Таблица 1. Масса икринок в зависимости от фиксирующего раствора

№ п/п	Средняя масса икринки до фиксации, мг	Средняя масса икринки после фиксации, мг	Потеря массы, мг	Потеря массы, %
4%-й раствор формальдегида				
1	11,00	8,83	2,17	19,73
2	10,11	9,22	0,89	8,80
3	9,55	8,02	1,53	16,02
4	8,38	7,00	1,38	16,47
5	8,55	7,66	0,89	10,41
6	6,92	6,74	0,18	2,60
7	6,25	5,79	0,46	7,36
Достоверность разности $t_d \geq 99,5\%$				
Жидкость Серра				
1	9,88	6,86	3,02	30,58
2	10,78	7,22	3,57	33,06
3	7,83	5,00	2,83	36,12
4	8,54	6,17	2,37	27,78
5	8,19	6,17	2,02	24,66
Достоверность разности $t_d \geq 99,5\%$				
96°-й этиловый спирт				
1	10,10	6,14	3,96	39,21
2	10,63	7,22	3,41	32,11
3	8,39	4,50	3,89	46,38
4	9,84	6,36	3,48	35,37
5	9,15	5,58	3,58	39,08
Достоверность разности $t_d \geq 99,5\%$				

формальдегида. В своей работе Н. Н. Горбунова [1952] также указывает, что этот фиксатор меньше, чем другие изменяет величину и естественную окраску икры рыб.

При фиксации в формалине потеря массы икринки стерляди зависит от исходной массы икринки (рис. 1) и имеет с ней положительную связь ($r = 0,71$). При этом потеря массы ва-

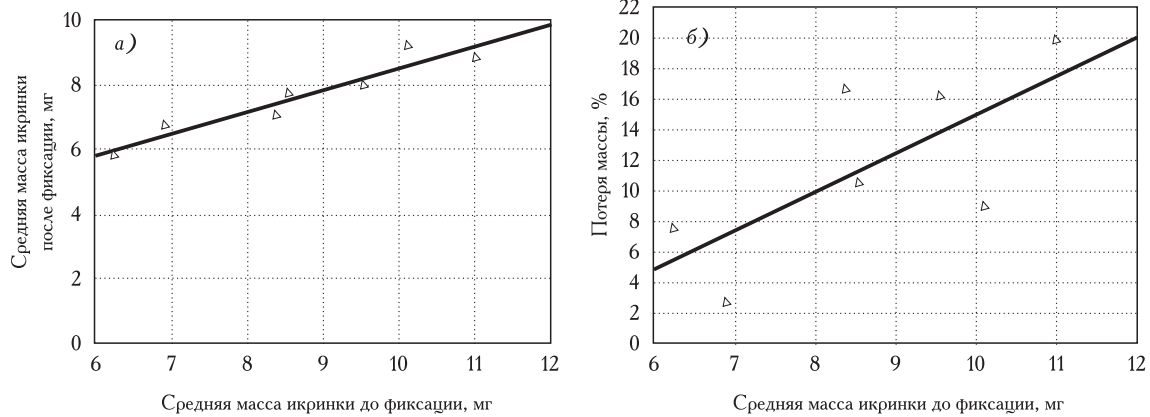


Рис. 1. Потеря массы икринками стерляди в зависимости от исходной массы после фиксации в 4%-м растворе формальдегида в абсолютных (а) и относительных (б) величинах

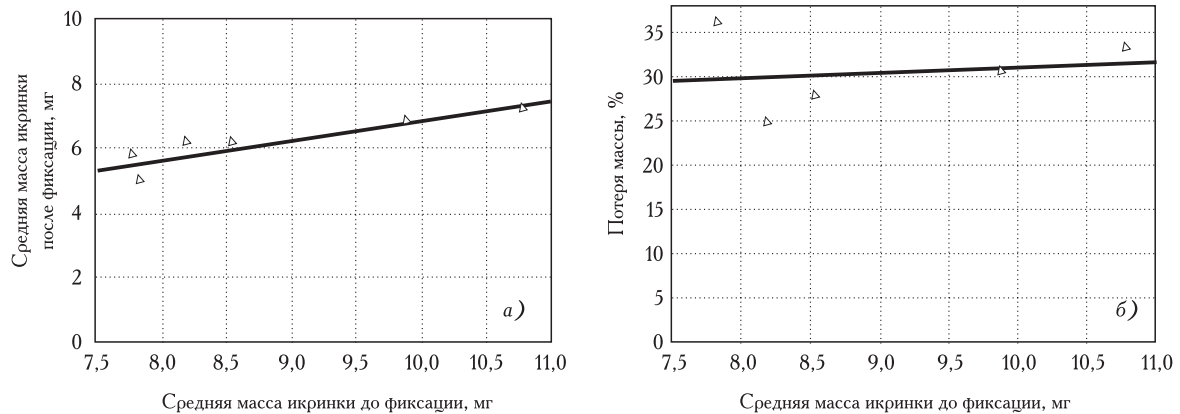


Рис. 2. Потеря массы в зависимости от исходной массы икринок стерляди при фиксации в жидкости Серра в абсолютных (а) и относительных (б) величинах

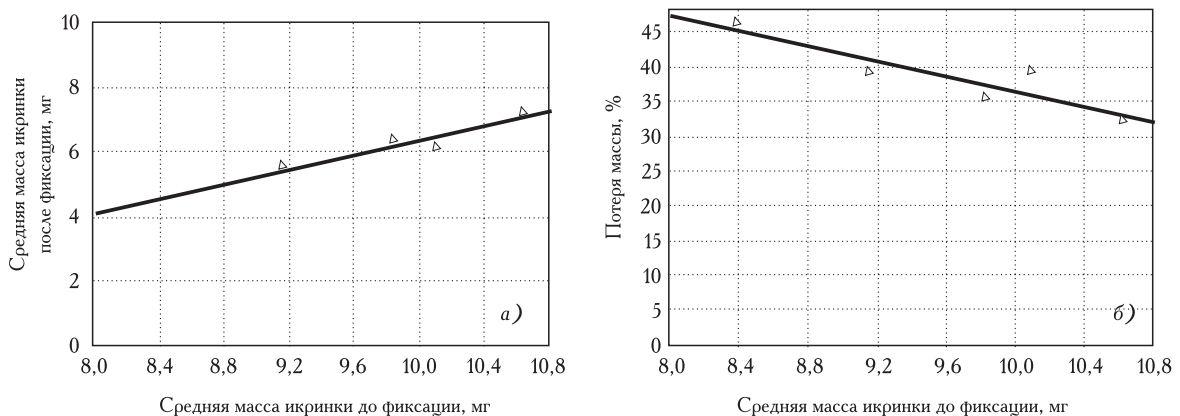


Рис. 3. Потеря массы икринками стерляди после фиксации в 96%-м этиловом спирте в абсолютных (а) и относительных (б) величинах

рировала от 2,60 до 19,73% при очень большом разбросе значений ($C_v = 51,8\%$).

При фиксации икринок в жидкости Серра (рис. 2) потеря массы практически не зависела от исходной массы икринки ($r = 0,18$). Эта величина варьировала от 24,7 до 36,1% при сравнительно небольшом разбросе значений ($C_v = 14,7\%$).

При фиксации икринок в 96°-м этиловом спирте (рис. 3) потеря массы обратно пропорциональна исходной массе икринки ($r = -0,91$). При фиксации в спирте она была наибольшей и составляла от 32,11 до 46,38% при допустимых значениях коэффициента вариации ($C_v = 13,9\%$).

Наибольшая потеря массы в 96°-м этиловом спирте объясняется его способностью извлекать из тканей, помимо воды, ещё и липиды, что приводит к более существенным потерям массы, это отмечалось на многих объектах [Steedman, 1976; Melo et al., 2010].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования продемонстрировали существенное и достоверное уменьшение массы икры стерляди при фиксации в различных фиксирующих растворах. Исследователи, работающие с фиксаторами, оказывающими значительное влияние на результат, должны это учитывать при реконструкции нативной массы объекта. При работе с фиксированным материалом необходимо вносить поправочные коэффициенты. Такие поправочные коэффициенты имеются для других видов рыб и применяются на практике зарубежными исследователями [Buchheister, Wilson, 2005; Fey, Hare, 2005; Santos et al., 2009].

В ходе наших исследований установлено, что после фиксации в формалине масса икринки уменьшается в среднем на 11,63%, при фиксации в жидкости Серра — на 30,44% и при фиксации в спирте — на 38,43%. Небольшой объём проведённых нами работ не позволяет установить корректирующие коэффициенты с достаточной точностью, однако необходимость определения таких коэффициентов для икры стерляди и других видов рыб очевидна.

ЛИТЕРАТУРА

- Горбунова Н. Н. 1952. Влияние фиксации на величину икринок минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) // Доклады академии наук СССР. Т. 82 (1). С. 163–164.
- Плохинский Н. А. 1961. Биометрия. Новосибирск: Новосибирское отделение АН СССР. 361 с.
- Привалихин А. М. 1998. Некоторые методические подходы к определению индивидуальной плодовитости минтая *Theragra chalcogramma* // Вопросы ихтиологии. Т. 38. № 3. С. 347–352.
- Ромейс Б. 1954. Микроскопическая техника. М.: Иностранная литература. 719 с.
- Buchheister A., Wilson M. T. 2005. Shrinkage Correction and Length Conversion Equations for *Theragra chalcogramma*, *Mallotus villosus* and *Thaleichthys pacificus* // J. Fish Biology. Vol. 67. P. 541–548.
- Fey D. P., Hare J. A. 2005. Length Correction for Larval and Early-Juvenile Atlantic Menhaden (*Brevoortia tyrannus*) after Preservation in Alcohol // Fishery Bull. Vol. 103. N 4. P. 725–727.
- Lockwood S. J., Daly C. B. 1975. Further Observations of the Effects of Preservation in 4% Neutral Formalin on the Length and Weight of 0-group Flatfish // J. Cons. Int. Explor. Mer. Vol. 36. P. 170–175.
- Parker R. R. 1963. Effects of Formalin on Length and Weight of Fishes // J. Fish Res. Board Can. Vol. 20. P. 1441–1455.
- Santos J. N. S., Araújo F. G., Silva D. S. 2009. Length Correction for Early-Juvenile Brazilian Herring *Sardinella janeiro* (Eigenmann, 1894) after Preservation in Formalin, Ethanol and Freezing // Neotropical Ichthyology. Vol. 7. N 1. P. 87–92.
- Steedman H. F. 1976. General and Applied Data on Formaldehyde Fixation and Preservation of Marine Zooplankton // Zooplankton Fixation and Preservation. Monographs on Oceanographic Methodology. Paris: UNESCO Press. Vol. 4. P. 103–154.
- Melo M. T., Saturnino C., Santos J. N. S., Vasconcelos R. M., Cruz-Filho A. G., Araújo F. G. 2010. Correction of the Weight and Length for Juveniles *Atherinella brasiliensis* (Actinopterygii: Atherinopsidae) after Fixation in Formalin and Preservation in Ethanol // Zoologia. Vol. 27. N 6. P. 892–896.

Поступила в редакцию 26.08.13 г.

Принята после рецензии 02.12.13 г.

About Necessity of Correcting Coefficient at Researches of Sterlet Eggs after Fixation

A. V. Novosadova, A. G. Novosadov

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO, Moscow)

Change of weight of eggs of a sterlet after fixing is investigated. Its essential reduction when using three fixing solutions is shown: 4% solutions of formaldehyde, Serre's liquid and 96° of ethanol. Need of definition and use of correction coefficients during the work with the fixed eggs of fishes is postulated.

Keywords: eggs, sterlet, fixing, weight reduction.

УДК.551.351:394 (26):574.5

**Антропогенное воздействие на морские экосистемы
и биоресурсы: источники, последствия, проблемы***С.А. Патин*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)
e-mail: patine@rambler.ru

Современная экологическая ситуация в Мировом океане характеризуется многофакторностью и неравномерностью воздействия человека на морские экосистемы и биоресурсы. Тревожной чертой этой глобальной картины является совпадение областей повышенной биопродуктивности с районами наиболее сильного антропогенного пресса. Загрязнение сопутствует большинству видов хозяйственной деятельности в море и на побережье. Вероятное снижение общего уровня биопродуцирования прибрежных экосистем в районах хронического загрязнения составляет около 10% по сравнению с доиндустриальным периодом. Наиболее высокие риски и потенциальные угрозы экологических катастроф регионального уровня связаны с нефтяными разливами, эвтрофированием прибрежных вод и инвазией чужеродных видов. К числу относительно новых факторов масштабного антропогенного воздействия относятся засорение океанической пелагиали пластиковыми частицами и «акустическое загрязнение» водных масс. Общепринятая методология надёжных количественных оценок последствий воздействия человека на морские экосистемы и биоресурсы в настоящее время практически отсутствует.

Ключевые слова: факторы воздействия, морские экосистемы, биоресурсы, экологические последствия, морской нефтегазовый комплекс, методология оценок воздействия.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно определению группы экспертов ООН [GESAMP, 2001], антропогенное (техногенное) воздействие на морскую среду представляет собой «совокупное проявление любых форм деятельности человека, которые приводят к явным или скрытым нарушениям состояния экосистем, гидрологии и геоморфологии водных объектов, снижению рыбохозяйственной и рекреационной ценности и другим негативным последствиям экологического, экономического и социального характера». Несмотря на очевидную актуальность и дли-

тельную историю исследований этой многоплановой проблемы, многие вопросы до сих пор остаются нерешёнными, а также сохраняются разногласия по многим её аспектам, особенно экологическим. К их числу следует отнести: анализ экологического риска при разных видах морской и прибрежной деятельности, оценку влияния загрязнения на сырьевую базу рыболовства, методологию оценок антропогенных эффектов, стратегию реагирования на экологические угрозы и др. В данной работе предпринята попытка обобщения накопленных в этой области последних опубликованных ма-

териалов с целью сравнительной характеристики источников, факторов и последствий антропогенного воздействия на морские экосистемы и биоресурсы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

В принципе существуют две основные группы внешних по отношению к океану ключевых факторов, которые непосредственно влияют на состояние морских экосистем. Первую группу составляют факторы *антропогенного воздействия* в широком смысле этого понятия (включая рыболовство, судоходство и др.), тогда как вторая группа включает в себя *климатические изменения* во всем многообразии их проявлений в ходе физических, химических и биологических процессов в океане. При этом изменения климата, как известно, также происходят сейчас в заметной степени под влиянием глобальной деятельности человека.

Общее представление о характере, структуре и факторах антропогенного воздействия на морские регионы можно получить по обоб-

щённым экспертным оценкам в табл. 1. При этом мы опирались на совокупность опубликованных по данной проблеме материалов, а также на предложенные ранее критерии для ранжирования пространственных и временных масштабов воздействий и степени их опасности [Патин, 2001, 2004]. Оценки относятся к наиболее характерным ситуациям, которые сложились сейчас во многих морских регионах России и других стран.

Под экологическими последствиями имеются в виду такие изменения в морских водоёмах, которые вызывают нарушения (отклонения от природного фона) условий среды и состояния биоты и приводят к изменению структуры и функций экосистем. Рыбохозяйственные последствия включают снижение численности промысловых видов, ухудшение их воспроизводства, а также помехи рыболовству и морской аквакультуре. Эти две категории последствий в какой-то мере перекрывают друг друга. Что касается масштаба последствий, то локальный уровень ограничивается

Таблица 1. Экспертные оценки антропогенного воздействия на морские регионы (оценки относятся к наиболее характерным ситуациям с учётом максимальных рисков)

Виды деятельности и факторы воздействия	Характер, масштаб и степень опасности последствий					
	экологические			рыбохозяйственные		
	Л	Р	Г	Л	Р	Г
<i>Промышленная индустрия</i>						
Удаление сточных вод*	+++	++	—	++	+	—
Сброс твёрдых отходов*	+	—	—	+	—	—
Атмосферные выбросы*	++	++	+	+	+	—
Водопотребление	+	—	—	+	—	—
Аварийные ситуации*	++	+	—	++	+	—
<i>Урбанизация, строительство и освоение морских побережий</i>						
Удаление коммунальных стоков*	+++	++	—	++	+	—
Разрушение берегов	+++	+	—	++	+	—
Водопотребление	+	—	—	+	—	—
<i>Теплоэнергетика</i>						
Атмосферные выбросы*	++	+	+	+	—	—
Водопотребление	+	—	—	+	—	—
Тепловое загрязнение	+	—	—	—	—	—
<i>Добыча нефти и газа на шельфе</i>						
Сейсморазведка	+++	+	—	+++	+	—

Виды деятельности и факторы воздействия	Характер, масштаб и степень опасности последствий					
	экологические			рыбохозяйственные		
	Л	Р	Г	Л	Р	Г
Удаление отходов буровых и промысловых работ*	++	—	—	+	—	—
Строительство платформ, терминалов, трубопроводов	+++	+	—	+	+	—
Захоронение конструкций	+	—	—	+	—	—
Аварийные ситуации*	+++	++	—	++	+	—
<i>Добыча нефти и газа на суше</i>						
Поступление нефти в водоёмы*	+++	++	—	++	++	
Переходы трубопроводов через реки	++	—	—	+	—	—
Аварии на трубопроводах*	+++	++	—	++	+	—
<i>Интродукция и акклиматизация вселенцев</i>						
Модификация экосистем	+++	+++	—	++	++	—
Нарушения биотопов	+++	++	—	++	++	—
<i>Дноуглубительные работы</i>						
Разрушение берегов и дна	+++	++	—	+++	+	—
Повышение мутности*	+++	+	—	+	—	—
<i>Гидротехническое строительство</i>						
Нарушения речного стока	+++	++?	—	+	?	—
<i>Морской дампинг (сброс отходов)</i>						
Нарушения на дне, повышение мутности*	++	+	—	+	—	—
<i>Судоходство</i>						
Сброс и сливы судовых отходов*	++	+	—	+	+	—
Физические воздействия	+	+	—	++	—	—
<i>Морские перевозки нефти</i>						
Сброс балластных и льяльных вод*	++	+	—	+	—	—
Аварии танкеров*	+++	++	—	+++	+	—
Инвазия организмов-вселенцев	++	?	—	?	?	—
<i>Рыболовство</i>						
Селективное изъятие биомассы, нарушение структуры экосистем	+++	+++	+	+++	+++	+
Сбросы приловов*	++	+	—	—	—	—
Нарушения дна и бентоса при донных тралениях	+++	++?	—	++	++?	—
<i>Лесное хозяйство</i>						
Молевой сплав леса	+++	+	—	++	—	—
Эрозия берегов и нарушение баланса поступления взвеси в море	+++	+	—	+	—	—

Примечания.

1. Масштаб воздействия: Л — локальный (местный), Р — региональный (субрегиональный), Г — глобальный.
2. Степень опасности (экологический риск): +++ сильная, ++ умеренная, + слабая, — отсутствие, ? неопределённая;
3. * Виды деятельности, сопровождаемые загрязнением.

зоной очевидных и легко регистрируемых нарушений на расстоянии обычно не более десятков километров от источника воздействия. Региональный масштаб охватывает последствия в пределах обширных акваторий (отдельные моря, крупные заливы, эстуарии больших рек и др.), тогда как глобальный уровень относится к эффектам и последствиям в районах, удалённых от прямого антропогенного воздействия (например, пелагиаль океанов).

При всех ограничениях изложенного подхода, он тем не менее позволяет не только дифференцировать антропогенные экологические угрозы, но и дать относительную качественную оценку опасности последствий при разных типах и масштабах их проявлений. Разумеется, приведённые в табл. 1 оценки носят ориентировочный характер и отражают наиболее распространённые ситуации, которые могут сильно варьировать в разных странах и регионах. Из этой сводки и положенных в её основу многочисленных опубликованных данных можно сделать несколько важных выводов и констатаций.

Прежде всего, обращает на себя внимание чрезвычайно высокая многофакторность, разнообразие и мозаичность антропогенного воздействия. Мы видим здесь такие разноплановые явления, как сбросы промышленных и других отходов, вынос в море взвеси и биогенных веществ, нарушения берегов и донных отложений, промысловое изъятие морских организмов и т.д. Недооценка этой вполне очевидной комплексности воздействия человека на природу моря и возможности синергических эффектов при совместном действии некоторых факторов существенно снижает эффективность многих программ по защите морей в нашей стране и за рубежом.

Характерной чертой современной экологической ситуации в Мировом океане является совпадение (пересечение) областей повышенной биопродуктивности морских акваторий с районами наиболее сильного антропогенного воздействия. Главные угрозы и повышенные риски для морских экосистем связаны с хозяйственной деятельностью на морских побережьях, где проживает более 60% населения Земли. В то же время в морской прибрежной зоне сосредоточены и воспроизводятся основ-

ные биоресурсы Мирового океана, которые обеспечивают 80–90% улова промысловых видов. Именно поэтому в последнее время многие национальные и международные программы фокусируются на охране прибрежной зоны [AMAP, 2004; UNEP, 2006; OSPAR, 2010].

При анализе приведённых в табл. 1 источников и факторов экологического неблагополучия в морских регионах следует отметить произошедшую в последнее время смену акцентов. Несколько десятилетий тому назад главной (едва ли не единственной) причиной такого неблагополучия считалось загрязнение. В результате национальных и международных усилий по ограничению потоков загрязняющих веществ в морскую среду удалось заметно снизить остроту этой проблемы. Сегодня, как показано ниже, к числу масштабных антропогенных угроз для морских экосистем относится также ряд других факторов воздействия человека на морскую среду и биоресурсы.

ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

В географическом плане в контексте данной работы важно разграничивать две группы морей:

окраинные моря с открытыми протяжёнными шельфами, интенсивным обменом водных масс и прямой сопряжённостью циркуляции с океаном, что определяет высокую инерционность их реагирования на внешние воздействия и способность относительно быстро нивелировать последствия локальных воздействий (Баренцево, Берингово, Охотское и другие моря); *внутриконтинентальные моря* с ограниченным водообменом и сильной зависимостью их режима от материкового стока, который существенно усиливает антропогенную нагрузку на бассейны такого типа (Балтийское, Азовское, Каспийское и другие моря).

Одна из известных попыток оценить глобальное антропогенное воздействие на морские экосистемы была предпринята недавно международной группой экспертов (135 специалистов из 19 стран) на основе обширных баз данных, включающих 38 источников и факторов воздействия человека на 23 морские экосистемы [Halpern et al., 2008]. Представленные в виде карты результаты этой работы показа-

ли, что около 40% акватории Мирового океана подвержены тем или иным видам воздействия человека. Наибольшая интенсивность такого воздействия характерна для шельфа Северного моря, Балтики и других регионов Северо-Восточной Атлантики, а также для прибрежных вод Юго-Восточной Азии и Китая. К числу наиболее распространённых экологических угроз отнесены: повышение температуры морской воды в результате глобального потепления климата, нарушения на морском дне при использовании донных тралов и загрязнение прибрежных вод органическими веществами.

Известны и другие оценки такого рода. Так, по данным экспертов ООН [GESAMP, 2001], которые проанализировали экологическую ситуацию в различных регионах Мирового океана в конце прошлого века, к наиболее серьёзным проблемам глобального уровня относятся:

- нарушения прибрежных экосистем и разрушение берегов;

- переловы и сокращение запасов рыб и других видов биоресурсов;

- влияние коммунальных стоков на экологию прибрежных вод;

- глобальные климатические аномалии.

В порядке комментария к этим оценкам следует отметить, что глобальный климат меняется в основном за счёт цикличности ряда природных процессов и явлений. Надёжные оценки антропогенного вклада в изменение глобальных климатических параметров до сих пор отсутствуют. В этой связи нет достаточных оснований для включения наблюдаемого в ряде регионов тренда к повышению температуры морской воды в число ключевых факторов антропогенного воздействия на морские экосистемы.

Аналогичные сомнения возникают также относительно антропогенной природы глобальной ацидификации (снижения показателя pH) морской воды за счёт перераспределения между атмосферой и океаном избыточных количеств углекислого газа. Доказательства такого эффекта и его возможных последствий для морских организмов, популяций и экосистем пока находятся в сфере поиска и дискуссий [Halpern et al., 2007]. В некоторых странах, например в США [NAS, 2010], приняты

национальные программы для изучения и прогноза негативных экологических последствий этого явления.

В известных обзорах экологического состояния морских регионов (в том числе российских морей) [Матишев, 2004; АМАР, 2004; UNEP, 2006; Мокиевский, 2008; Денисов, 2009; OSPAR, 2010; Патин, 2011] отмечается широкий спектр источников и факторов воздействия человека на морские экосистемы. При прочих равных условиях антропогенный пресс и негативные экологические последствия во внутренних морях проявляются более чётко и остро по сравнению с окраинными морями. При этом наибольшая антропогенная нагрузка обычно приходится на прибрежную зону морей любого типа. Среди наиболее распространённых источников и факторов воздействия на морские экосистемы чаще всего фигурируют: химическое загрязнение (нефть, биогенные элементы, тяжёлые металлы и др.), рыболовство (переловы, донные траления и др.) и речной сток (зарегулирование рек, вынос взвеси).

К числу относительно новых источников масштабного воздействия человека на морские организмы и экосистемы следует отнести «акустическое загрязнение» моря, интенсивность которого во многих регионах повысилась за последние десятилетия в 10 и более раз [Andrew et al., 2002]. Речь идет об антропогенных подводных звуках, которые генерируются в результате судоходства, сейсморазведки, эхолотации, применения сонаров, добычи полезных ископаемых, строительства платформ, укладки трубопроводов и многих других видов деятельности в море. Главная особенность подводных звуков состоит в их высокой скорости распространения (в 5 раз быстрее, чем в воздухе) и слабом затухании (в 700 раз медленнее, чем в воздухе). В результате антропогенные звуковые волны в толще морской воды могут распространяться на большие расстояния от источника их возникновения и приводить к серьёзным биологическим и экологическим нарушениям в море. Известны сенсационные данные об обнаружении низкочастотных звуковых импульсов от сейсморазведки в Атлантическом океане на расстоянии более 3000 миль (!) от источника их генерирования [Nieukirk et al., 2004]. Наиболее уязвимы к акустическому

воздействию морские млекопитающие и рыбы, для которых звук является основным средством коммуникации и выживания в водной среде. Судя по многочисленным публикациям, эта угроза нарастает с каждым годом и рассматривается сейчас как одна из приоритетных природоохранных проблем морской экологии [IWC, 2006; OSPAR, 2009].

В табл. 2 даны ориентировочные оценки степени опасности (экологического риска) и последствий наиболее распространенных видов деятельности в пределах трёх основных экологических зон в море.

В открытых водах (пелагиаль) нет оснований ожидать каких-либо заметных антропогенных эффектов, за исключением промыслового изъятия биомассы пелагических видов. На шельфе, помимо рыбопромысловых последствий, возможны также локальные экологические нарушения за счёт судоходства, дампинга (сброса) грунтов и добычи углеводородов. На экосистемы прибрежных вод оказывают влияние практически все известные сейчас факторы и источники негативного воздействия. Примерно такие же оценки на глобальном и региональном уровнях содержатся в итоговом докладе международного проекта GIWA (Global International Water Assessment) [GIWA, 2005].

Принципиально важным обстоятельством является то, что многие симптомы антропогенных эффектов и последствий в море не отличаются по своему характеру от природных процессов и аномалий, которые всегда были

и будут проявлять себя независимо от деятельности человека. Резкие сезонные и годовые колебания численности многих видов гидробионтов, нарушения экологических условий во время штормов и паводков, вулканическая активность и выходы углеводородов на морском дне — вот далеко не полный перечень такого рода природных возмущений, которые постоянно происходят во всех морских регионах без какой-либо связи с человеческой деятельностью. Антропогенные нарушения отличаются от них лишь географией, масштабами и частотой проявления. К сожалению, это очевидное обстоятельство далеко не всегда учитывается при оценке экологической ситуации в морях, а между тем именно оно является главным камнем преткновения для выделения антропогенных эффектов на фоне высокой изменчивости аналогичных природных параметров в морских экосистемах [Патин, 2004].

ЗАГРЯЗНЕНИЕ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР В МОРЕ

Как показано в табл. 1, загрязнение сопутствует большинству видов деятельности человека в море и на берегу. В то же время загрязняющие вещества весьма разнородны по своему происхождению, составу и степени экологической опасности.

Источники и каналы поступления. При всём разнообразии источников загрязнения, существуют три основных канала поступления загрязняющих веществ в морскую среду:

Таблица 2. Оценка антропогенного воздействия на экосистемы основных экологических зон в море при разных видах хозяйственной деятельности

Виды деятельности	Степень опасности в пределах экологических зон		
	Прибрежные воды	Шельфовая зона	Пелагиаль
Удаление отходов с суши	+++	—	—
Освоение побережий	+++	—	—
Добыча песка и гравия	+++	+	—
Дампинг	+++	+	—
Рыболовство	+++	++	+
Судоходство	++	+	—
Добыча нефти и газа	++	+	—
Сельскохозяйственный сток	+++	—	—

Примечания. Степень опасности: +++ сильная, ++ умеренная, + слабая, — отсутствие.

непосредственное удаление в море отходов разного состава и происхождения (промышленные, городские и другие сточные воды, судовые сбросы, дампинг твёрдых отходов и грунтов и др.);

вынос загрязняющих веществ (удобрения, пестициды, нефтепродукты и др.) в прибрежные воды с речным стоком;

атмосферные выбросы, перенос и выпадение аэрозольных примесей на морскую поверхность.

Глобальные оценки основных потоков загрязняющих веществ в морскую среду, основанные на данных международной статистики [GESAMP, 2001; NAS, 2003], показаны на рис. 1.

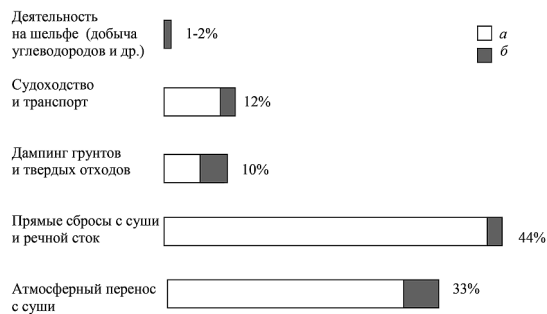


Рис. 1. Вклад основных каналов поступления загрязнения в морскую среду:

а — поступление в прибрежные воды, б — поступление в открытые воды

Для разных веществ и в разных регионах относительный вклад каждого из отражённых на рис. 1 каналов в суммарный поток загрязнения в море будет, естественно, разным. Однако в большинстве регионов основные пути, по которым идёт поступление загрязняющих веществ в море, связаны с удалением отходов, речным стоком и атмосферным переносом аэрозолей, причём максимальные объёмы загрязнения тяготеют к прибрежным водам.

При анализе крупномасштабного загрязнения следует выделить группу наиболее распространённых загрязняющих веществ, к которым относятся нефть и нефтепродукты, тяжёлые металлы, хлорорганические препараты, биогены и искусственные радионуклиды. Именно эти вещества формируют так называемое фоновое (глобальное) загрязнение морской

среды, признаки которого можно обнаружить сейчас практически в любой точке Мирового океана. Некоторые из техногенных примесей (например, ДДТ и другие хлорорганические соединения, стронций-90) являются ксенобиотиками, т.е. веществами, созданными человеком, другие (нефть, биогенные элементы, ртуть, свинец и другие металлы) поступают и распределяются в море на фоне природного содержания тех же самых веществ.

Особое место в группе токсикантов глобальной распространённости занимает нефть, которая поступает в морскую среду в результате многих видов хозяйственной деятельности в море и на берегу, особенно при добыче и транспортировке углеводородов на шельфе. Согласно последним оценкам [NAS, 2003; GESAMP, 2007], суммарный объём таких поступлений составляет около 600 тыс. т/год. В то же время нефть является природным субстратом, который всегда присутствует в Мировом океане независимо от деятельности человека. Доля природных источников нефти только за счёт её выходов с морского дна (сипы) составляет в среднем около 50% от глобального нефтяного потока в морскую среду. Кроме того в Мировом океане ежегодно производится более 10 млн т биогенных углеводородов, аналогичных по составу нефтяным углеводородам [Немировская, 2004]. Эти обстоятельства, а также многокомпонентность и изменчивость состава нефти и форм её нахождения в море крайне осложняют как мониторинг нефтяного загрязнения морской среды, так и оценку экологического риска и последствий присутствия нефти в море [Патин, 2008].

В последнее время перечень веществ, загрязняющих Мировой океан, пополнился ещё одним «фигурантом». Речь идёт о пластиковом мусоре в виде мелкодисперсных частиц, которые аккумулируются в антициклональных океанических круговоротах, особенно в северной части Тихого океана [Thompson, 2004; Rios et al., 2007]. Ежегодно в мире производятся сотни миллионов тонн пластиковых бутылок, пакетов и других изделий. Более 10% из них в конечном счёте попадают в Мировой океан, где они деградируют и распадаются на мелкие частицы размером менее 1 мм. Масса таких дрейфующих скоплений мелкодисперс-

ного пластикового мусора только в северо-западной части Тихого океана достигает 100 млн т, а концентрация микрочастиц иногда в несколько раз превышает плотность биомассы зоопланктона. Включаясь в пищевые цепи рыб и других организмов с неселективным питанием, такие частицы могут представлять определённую угрозу для морской биоты. Однако надёжных данных о механизме биологического действия, масштабе и степени опасности этого сравнительно нового антропогенного фактора в океане пока нет. Эта проблема рассматривается сейчас как одна из актуальных задач в рамках некоторых национальных и международных программ [NRC, 2008].

Содержание и распределение в экосистемах. Сводные данные о характерных уровнях содержания наиболее распространённых токсикантов в морской воде, промысловой биоте и донных осадках для основных экологических зон российских морей приведены в табл. 3.

Приведённые данные показывают большой разброс концентраций — в пределах одного-трёх порядков величин. Это несомненно

отражает как естественную изменчивость содержания токсикантов в зависимости от множества природных и антропогенных факторов, так и неизбежные аналитические погрешности и разброс результатов из-за методической несогласованности данных разных авторов. По этой причине трудно оперировать какими-либо надёжными средними данными даже в пределах отдельных регионов. Тем не менее они позволяют сделать несколько общих выводов.

Прежде всего надо отметить явное нарастание уровня загрязнения при переходе от открытых пелагических областей к прибрежным водам, заливам, устьям и эстуариям рек, что вполне закономерно, если учесть наземное происхождение основных источников морского загрязнения и значительную роль речного стока в балансе поступления загрязняющих веществ в море. Эта глобальная закономерность давно известна [Patin, 1982], она характерна для большинства морских регионов, и российские моря в этом отношении не являются исключением.

Другая, важная в экологическом плане общая черта распределения загрязняющих ве-

Таблица 3. Характерные уровни содержания загрязняющих веществ в морской воде (числитель, мкг/л), донных осадках (знаменатель, мкг/кг сухого веса) и организмах (мкг/кг сырой массы) для морей России

Экологические зоны* и объекты биоты	Компоненты загрязнения					
	ХОВ	ΣПАУ	ΣЭНУ	Ртуть	Свинец	Кадмий
Открытые воды шельфа — 90%	$\frac{10^{-1}-1}{10-10^2}$	$\frac{10^{-4}-10^{-2}}{1-10^2}$	$\frac{1-10}{10^2-10^3}$	$\frac{10^{-1}-10}{10^2-10^3}$	$\frac{1-10}{10^3-10^4}$	$\frac{1-10}{10^3-10^4}$
Прибрежные воды — 5%	$\frac{1-10}{10^2-10^3}$	$\frac{10^{-3}-10^{-1}}{10-10^2}$	$\frac{10-10^2}{10^3-10^4}$	$\frac{1-10}{10^2-10^4}$	$\frac{10-10^2}{10^3-10^5}$	$\frac{10-10^2}{10^4-10^5}$
Заливы, устья рек, эстуарии — 5%	$\frac{1-10^2}{10^3-10^4}$	$\frac{10^{-2}-10}{10^2-10^3}$	$\frac{10-10^3}{10^3-10^4}$	$\frac{1-10^2}{10^2-10^4}$	$\frac{10^2-10^3}{10^3-10^5}$	$\frac{10-10^2}{10^4-10^6}$
Районы локального загрязнения <0,1%	$\frac{>10^2}{>10^4}$	$\frac{>10}{>10^3}$	$\frac{>10^3}{>10^3}$	$\frac{>10^3}{>10^4}$	$\frac{>10^4}{>10^5}$	$\frac{>10^5}{>10^5}$
Промысловые рыбы (открытые воды)	1–10 ²	10–10 ³	1–10 ⁴	1–10 ²	10–10 ²	1–10
Промысловые беспозвоночные	10–10 ³	10–10 ³	10–10 ⁴	10–10 ³	10–10 ²	1–10
Млекопитающие (открытые воды)	10–10 ³	10–10 ²	1–10 ³	10–10 ²	10–10 ²	1–10

Примечания.

1. * В процентах указано ориентировочное распределение площадей отдельных зон.

2. ХОВ — хлорорганические вещества; ΣПАУ — концентрация суммы полициклических ароматических углеводородов, измеренная дифференциальными методами хроматографии и масс-спектрометрии либо интегрально с помощью флуоресцентного анализа; ΣЭНУ — концентрация суммы экстрагируемых органическими растворителями углеводородов (в основном алифатических), измеренная интегральным методом ИК-спектрофотометрии.

ществ в морской среде заключается в их локализации в сопряжённых средах, т.е. на границе раздела водных масс с атмосферой (поверхностный микрослой морской воды толщиной несколько сантиметров) и в верхнем слое донных осадков. Концентрации всех техногенных примесей в этих средах значительно (иногда в сотни и тысячи раз) превосходят соответствующие уровни в морской воде.

Содержание всех компонентов загрязнения в биомассе рыб, беспозвоночных и млекопитающих на несколько порядков (обычно в пределах от 10^2 до 10^4) превышает их концентрацию в морской воде. Биоаккумуляция особенно велика для депонирующих органов и тканей (печень, жировые ткани и др.) морских организмов, замыкающих пищевые цепи в море. Однако в целом объекты морского (особенно океанического) промысла в России загрязнены существенно меньше по сравнению с сельскохозяйственной продукцией и не представляют опасности для здоровья населения [Патин, 1994].

Как следует из результатов многочисленных исследований и мониторинга экологической ситуации в морях России, за последние 20 лет уровни загрязнения морской среды несколько снизились. Однако отмеченные выше особенности и тенденции распределения антропогенной нагрузки в морских регионах остались практически без изменений. Наиболее высокие уровни загрязнения и сопутствующие

экологические нарушения по-прежнему наблюдаются в мелководной прибрежной зоне вблизи населённых пунктов, портов, гаваней, а также в зоне влияния речного стока. По мере удаления от таких районов в сторону открытого моря все показатели экологического неблагополучия снижаются до величин, регистрация которых становится практически невозможной на фоне естественной динамики природных процессов.

Таким образом, современное загрязнение морей России (за исключением, возможно, Азовского и Каспийского морей) сосредоточено в основном в прибрежных водах. При этом речь идет не обо всей прибрежной зоне, а лишь об импактных районах, т.е. об относительно локализованных участках акватории, прилегающих к источникам прямого антропогенного воздействия. По ориентировочной оценке, площадь таких акваторий не превышает 10% от общей площади прибрежной зоны морей и заведомо меньше 1% от всей акватории шельфа [Патин, 2011].

Влияние на экосистемы и биоресурсы.

Антропогенный пресс (особенно загрязнение) в районах интенсивной хозяйственной деятельности приводит к перестройкам в морских экосистемах, включая изменения биомассы, упрощение видовой структуры, эвтрофирование вод и ряд других экологических нарушений, отражённых схематически на рис. 2 и 3.

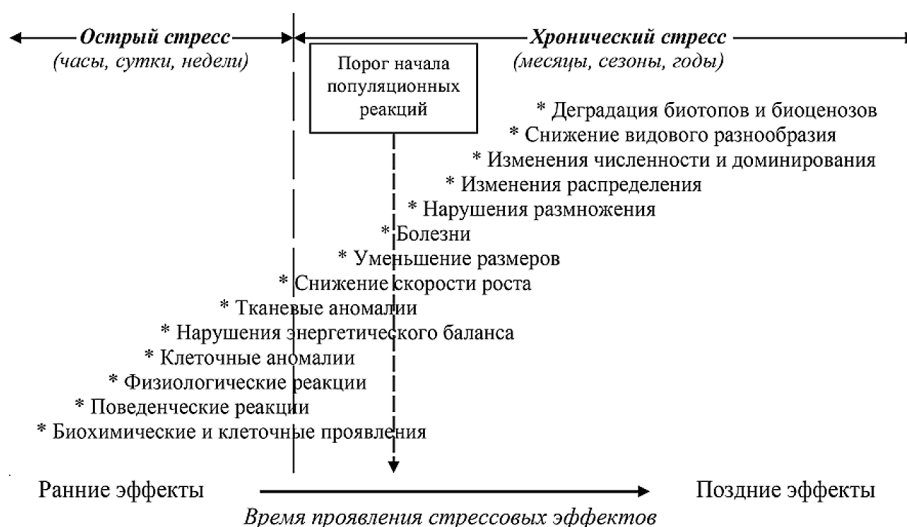


Рис. 2. Характер и последовательность проявления стрессовых эффектов в морских экосистемах



Рис. 3. Общая схема воздействия загрязнения на прибрежные экосистемы и биоресурсы

К настоящему времени накоплены огромные массивы информации (десятки тысяч публикаций) относительно механизмов действия перечисленных выше токсикантов на морские организмы разных систематических и экологических групп. Тем не менее надо признать, что строгие количественные оценки влияния загрязнения (как, впрочем, и всех остальных факторов антропогенного воздействия) на морские экосистемы и биоресурсы до сих пор отсутствуют. Один из путей решения подобных задач связан с использованием экспертных оценок.

Опираясь на всю совокупность известных материалов об экологической ситуации в морях и океанах, можно полагать, что современный общий уровень биопродуцирования прибрежных экосистем в районах *хронического* загрязнения снизился примерно на 10% по сравнению с доиндустриальным периодом. Эта ориентировочная экспертная оценка была получена путём сопоставления фактически измеренных и экспериментально установленных действующих (вредных) концентраций основных загрязняющих веществ в морской среде [Patin, 1995; Патин, 2004]. В первом приближении эту глобальную оценку можно экстраполировать и на прибрежные акватории морей России как верхний предел возможного нега-

тивного воздействия загрязнения на морские экосистемы и биоресурсы этих регионов.

Некоторая региональная детализация степени опасности загрязнения для разных экологических зон и групп промысловых объектов дана в табл. 4. Из приведённых оценок следует, что:

наиболее сильное негативное влияние загрязнения характерно для тех видов и групп промысловых организмов, жизненный цикл которых приурочен к прибрежной полосе, зонам смешения морских и пресных вод и особенно к низовьям рек, где происходит размножение и нагул проходных рыб;

в большинстве ситуаций сильное загрязнение и его последствия для рыбных ресурсов (за исключением пресноводной фауны) ограничены локальным или местным масштабом;

морские рыбы и беспозвоночные, обитающие в открытых водах шельфа за пределами прибрежной зоны и составляющие основу промысловых уловов, практически не подвержены воздействию загрязнения.

МОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ КОМПЛЕКС

Общая характеристика. За последние 50 лет на шельфе Мирового океана сложился относительно новый (по сравнению с судостроительством и рыболовством), масштабный

Таблица 4. Эколого-рыбохозяйственная оценка опасности загрязнения для основных групп промысловых биоресурсов морей России

Экологические и систематические группы организмов	Степень и масштаб опасности в разных регионах					
	Южные моря		Моря Арктики		Моря Дальнего Востока	
	Л	Р	Л	Р	Л	Р
Морские рыбы, беспозвоночные:						
пелагиаль	+	+(?)	—	—	—	—
бенталь	++	+	+	—	—	—
неритическая зона	++	+	++	+(?)	+	+(?)
Полупроходные и солоноватоводные рыбы	+++	++	++	+(?)	++	+(?)
Проходные рыбы	+++	++	++	+(?)	++	+
Пресноводные рыбы	+++	+++	++	++	++	+
Морские млекопитающие						
ластоногие	++	+	+	—	+	—
китообразные	—	—	—	—	—	—
Морские птицы	++	—	+	—	+	—
Объекты марикультуры	+++	—	—	—	++	—

Примечания.

1. Масштаб воздействия: Л — локальный (местный), Р — региональный (субрегиональный), Г — глобальный.

2. Степень опасности: +++ сильная, ++ умеренная, + слабая, — отсутствие, ? неопределённая.

и динамичный вид деятельности — морской нефтегазовый комплекс (МНГК), который обеспечивает сейчас до 30% мировой добычи углеводородов. В настоящее время в морских экономических зонах 80 стран установлены около 7000 нефтяных платформ, пробурены более 150 тыс. глубоких скважин и уложены более 150 тыс. км подводных трубопроводов. Танкерный флот насчитывает около 7000 крупнотоннажных нефтеналивных судов, которые обеспечивают ежегодную перевозку около 3 млрд т нефти и нефтепродуктов [АРИ, 2005].

Россия, обладающая самыми большими в мире морскими запасами углеводородов, сравнительно недавно приступила к их освоению. Однако уже сейчас на акваториях многих российских морей реализуются или планируются крупные проекты добычи нефти и газа. Это означает неизбежное, в ряде регионов — радикальное, изменение в недалёком будущем ситуации на шельфах России (прежде всего в морях Западной Арктики и Дальнего Востока), где морская среда будет испытывать дополнительную антропогенную нагрузку, а рыболовство будет вестись при наличии мощной

и разветвлённой инфраструктуры морских нефтепромыслов.

Освоение морских нефтегазовых месторождений является одним из наиболее масштабных и многоплановых видов деятельности на шельфе и включает в себя геолого-геофизические изыскания, разведочные бурения, обустройство месторождения, промысловые работы, транспортировку углеводородов и ликвидацию нефтяного промысла. При всём разнообразии факторов воздействия МНГК на морскую среду в их составе различаются три основные группы.

Физические воздействия, которые сопровождают все этапы и операции МНГК. К их конкретным проявлениям относятся: сейсмические импульсы (сейсмозащита), изъятие и перемещение грунтов (строительство платформ и нефтяных терминалов, укладка трубопроводов и др.), световые, шумовые, тепловые и гидродинамические эффекты (буровые и промысловые работы на платформах, сжигание газа в факелах, танкерные операции и др.), ударные взрывные волны (ликвидация промыслов).

Химические воздействия в результате поступления в окружающую среду нефтегазовых углеводородов (особенно при аварийных ситуациях), а также других отходов (технологических, хозяйственно-бытовых и др.) на разных этапах строительной, промысловой и транспортной деятельности в море и на берегу.

Биологические воздействия за счёт непреднамеренного вселения (инвазии) чужеродных видов из других морских регионов при сбросе балластных вод из нефтяных танкеров.

Интенсивность этих воздействий, их пространственно-временной масштаб и тяжесть последствий будут, естественно, сильно варьировать в зависимости от многих конкретных обстоятельств. Анализ обширной литературы по экологии МНГК позволяет выделить несколько наиболее опасных и распространённых факторов воздействия на морскую среду [Patin, 1999; Патин, 2001].

Сейсморазведка. Один из таких факторов связан с сейсморазведкой, основанной на генерировании сейсмических ударных волн в толще воды. В пределах нескольких метров от источника сейсмосигналов (пневмопушки) наблюдается гибель зоопланктона, включая икру, личинки и молодь рыб, которые не способны уйти из зоны поражения. Объёмы таких потерь только при одной региональной сейсмостъёмке могут достигать 1% от популяционной численности рыб на ранних стадиях развития [Tscui, 1998]. Масштабные последствия сейсморазведки связаны также с нарушениями поведенческих реакций стайных пелагических рыб, что многократно наблюдалось на расстояниях более 10 км от районов проведения сейсмических съёмок [Karlsen et al., 2004; Веденеев, 2009]. Эти и некоторые другие данные позволяют полагать, что длительные сейсмические съёмки на региональном уровне способны нарушать пути миграции пелагических рыб, рассеивать их нерестовые скопления и таким образом негативно сказываться как на состоянии запасов рыб, так и на эффективности рыбного промысла в районах проведения сейсморазведки.

Пластовые воды. По мере истощения запасов нефти при эксплуатации любого месторождения резко возрастают объёмы со-

путствующих пластовых воды. Их обратная закачка в пласт в морских условиях далеко не всегда возможна, и потому они обычно сбрасываются в море. По некоторым оценкам [Veil et al., 2004], эти объёмы в несколько раз превышают объёмы извлекаемой из недр нефти, а годовые показатели сброса таких вод на региональном уровне могут исчисляться сотнями миллионов тонн. Именно эти сбросы являются главным источником загрязнения моря на этапе промысловых работ. Для химического состава пластовых вод характерна высокая минерализация (до 300 г/л), а также присутствие ряда токсичных веществ, включая фенолы, тяжёлые металлы, радионуклиды, взвешенные вещества, растворённые газы. Кроме того, эти воды всегда загрязнены нефтью, нефтепродуктами и многими реагентами, которые используются в процессе добычи и обработки углеводородов. Наиболее чёткие и долговременные экологические аномалии при удалении с промысловых платформ пластовых вод фиксируются в донных осадках и биоценозах. Индикаторами таких нарушений обычно являются повышенные уровни нефтяного загрязнения донных осадков и изменения видового состава бентоса на расстояниях до нескольких километров от промысловых платформ.

Танкерные операции. Среди факторов экологического риска, связанных с транспортировкой нефти танкерами, особого внимания заслуживают операции с балластными водами, сброс которых является одной из главных причин «биологического загрязнения» (инвазии вселенцев) — вспышки развития чужеродных для данного региона видов. По разным оценкам, от 7000 до 10000 видов морских организмов ежегодно перевозятся сейчас с водяным балластом на судах танкерного типа, которые сбрасывают этот балласт в море в объёме до 5 млрд т/год [Raaymakers, 2003]. К настоящему времени зарегистрированы сотни ситуаций биологических инвазий с тяжёлыми последствиями для экологии и экономики многих прибрежных государств, а иногда и для здоровья людей [IPIECA, 2010]. В некоторых случаях сбросы балластных вод оборачивались экологическими катастрофами регионального масштаба, как это было, например, в конце

1980-х гг. в Чёрном море в результате вселения гребневика *Mnemiopsis* (рис. 4). Биомасса популяции этого хищного планктофага достигала здесь 10 млрд т, что привело к резкому падению рыбных запасов и коллапсу рыболовства в регионе. Позже эта губительная инвазия распространилась на Азовское и Каспийское моря.

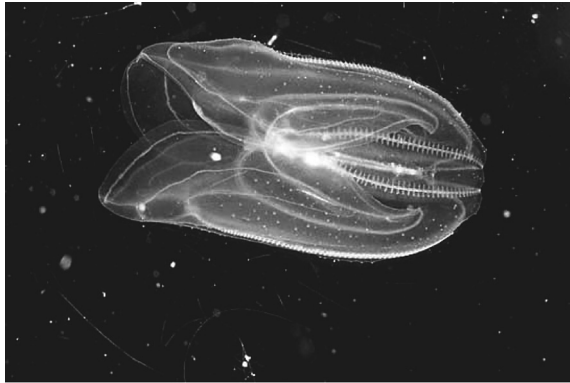


Рис. 4. Хищный планктофаг гребневик *Mnemiopsis leidyi*, вселение которого в Чёрное море в конце 1980-х гг. привело к экологической катастрофе

В отличие от нефтяных разливов, для ликвидации которых существуют эффективные методы и средства, популяции чужеродных видов после их вселения в новые экосистемы практически не поддаются какому-либо контролю. Единственная возможность борьбы с такими явлениями состоит в принятии международных превентивных мер для снижения риска (вероятности) их возникновения. Не случайно инвазия в морскую среду патогенных и других нежелательных вселенцев относится сейчас к числу глобальных угроз для экологии океана [IMO, 2004; UNEP, 2006].

Нефтяные разливы. Несмотря на некоторое снижение частоты и объёмов нефтяных разливов в море за последние десятилетия, они по-прежнему сопутствуют всем видам морской нефтедобывающей деятельности и остаются серьёзной угрозой для прибрежных экосистем и рыболовства. Из данных международной статистики [GESAMP, 2007; ИТОРФ, 2008] следует, что основные потери нефти (около 12% от глобального потока) связаны с аварийными разливами при танкерных перевозках нефти. Список катастрофических нефтя-

ных разливов в море обширен, а нанесённые ими экологические и экономические ущербы весьма внушительны. Достаточно вспомнить об известных авариях супертанкеров *Exxon Valdez* (США, 1989 г.), *Braer* (Великобритания, 1992 г.), *Sea Empress* (Великобритания, 1996 г.), *Erica* (Франция, 1999 г.), *Prestige* (Испания, 2002 г.). Объёмы этих и ряда других разливов (в том числе на скважине *Deepwater Horizon* в Мексиканском зал. в 2010 г.) исчислялись десятками и сотнями тысяч тонн нефти, а ущербы — миллиардами долларов (рис. 5).



Рис. 5. Крушение танкера «Prestige» в Бискайском заливе в ноябре 2002 г. с грузом 77 тыс. т тяжелого мазута (www.cedre.fr)

С экологических позиций следует различать два основных типа нефтяных разливов. Один из них включает пелагические разливы, которые начинаются и завершаются в открытом море без соприкосновения с береговой линией. Их последствия, как правило, носят временный, локальный и быстро обратимый характер в форме острого стресса. Другой и наиболее опасный тип разливов предполагает вынос нефтяного поля на берег, аккумуляцию нефти на побережье и длительные (до 10 лет) экологические нарушения в прибрежной и литоральной зоне.

Помимо крупных и катастрофических разливов нефти, существуют два других источника нефтяного загрязнения, которые остаются до сих пор вне фокуса общественного и научного внимания. Речь идёт о так называемых «малых разливах», которые происходят, во-первых, при обычных (штатных) операци-

ях во время добычи и транспортировки углеводородов в море и, во-вторых, в результате нелегальных сбросов нефти и нефтепродуктов с танкеров и других судов [Olsson, 2005; UNEP, 2006]. Анализ известной литературы и международной статистики [Патин, 2008] показывает, что современное нефтяное загрязнение моря формируется в значительной мере за счёт именно этих источников.

В последние десятилетия во многих странах и на международном уровне предпринимаются серьёзные меры по предупреждению аварий и разливов нефти в море. Однако полной гарантии экологической безопасности нет и не может быть в принципе. «Дамоклов меч» аварийных разливов, в том числе катастрофических, продолжает висеть над акваторией морей и океанов, а их список может быть продолжен в любое время и в любом месте. Это относится несомненно и к России, которая является крупнейшим мировым экспортером нефти.

Экстраполяционный прогноз показывает, что суммарный (накопленный) объём аварийных и других потерь нефти к 2020 г. при реализации проектов добычи и транспортировки углеводородов в российских морях может превысить 300 тыс. т [Патин, 2008].

Рыбохозяйственные последствия.

В табл. 5 дана сводка негативных эффектов и последствий рыбохозяйственного характера при разных видах работ в рамках МНГК. Были учтены многочисленные материалы, накопленные в России и за рубежом, включая выводы международных организаций и независимых экспертов.

Из этой сводки следует, что негативное воздействие на сырьевую базу и рыболовство проявляется на всех этапах нефтегазодобывающей деятельности в море. Потенциальные потери для рыбной отрасли весьма разнородны и включают в себя как прямые, так и косвен-

Таблица 5. Потенциальные рыбохозяйственные ущербы и последствия при разработке морских нефтегазовых месторождений

Этапы работ и виды деятельности	Эффекты, ущербы, последствия
Сейсмические съёмки	Помехи рыболовству. Гибель личинок и молоди (до 1% от численности популяций). Рассеяние промысловых скоплений (на расстояниях до 10–20 км)
Бурение разведочных скважин	Ухудшение качества среды. Локальные нарушения кормовой базы промысловых видов
Промысловые работы с платформ	Сокращение промысловых акваторий и помехи рыболовству. Загрязнение морской воды, донных осадков и промысловых организмов. Устойчивые нарушения кормовой базы в бентосе (до нескольких километров от платформ)
Строительные работы в море (платформы, трубопроводы и др.)	Помехи рыболовству. Нарушения качества среды в водной толще и на дне. Гибель донных организмов и ухудшение кормовой базы в бентосе. Возможные нарушения миграций промысловых видов
Строительство трубопроводов на суше	Временное ухудшение условий воспроизводства и миграции промысловых видов в нерестовых реках
Эксплуатация трубопроводов	Сокращение промысловых акваторий и помехи рыболовству. Возможные препятствия для миграции промысловых беспозвоночных на дне
Танкерные перевозки	Нарушения качества среды. Потенциальная угроза экологических нарушений за счёт инвазии (вселения) чужеродных видов
Нефтяные разливы	Сильное нефтяное загрязнение прибрежной зоны и литорали. Гибель или утрата товарных качеств объектов промысла и марикультуры. Прекращение рыбохозяйственной деятельности со значительными экономическими потерями (до сотен миллионов долларов)
Отработанные сооружения, материалы и конструкции на дне	Сокращение промысловых акваторий и помехи рыболовству
Ликвидационные работы	Сильные локальные воздействия при взрывных работах

ные ущербы. К числу наиболее масштабных и долговременных угроз относятся:

экономические последствия крупных нефтяных разливов в прибрежной зоне;

сокращение доступных для промысла акваторий из-за введения охранных зон вокруг платформ и других элементов инфраструктуры МНГК;

физические помехи для траловых операций за счёт присутствия на дне подводных трубопроводов и других конструкций и материалов.

Как показывает опыт, наибольшие экономические потери для рыбной отрасли в результате аварийных разливов нефти возникают в основном за счёт временных запретов на рыболовство и реализацию продукции марикультуры. Необходимость введения таких запретов связана в основном с риском загрязнения морепродуктов и утраты их товарных качеств из-за появления нефтяного запаха и привкуса. Сроки действия подобных запретов при крупных разливах колеблются от нескольких месяцев до нескольких лет, а прямые ущербы для рыбной отрасли могут исчисляться сотнями миллионов долларов, как это было, например, после нефтяных катастроф у берегов Западной Европы и США [Lord, Michel, 2003; IPIECA, 2003; NAS, 2003]. Что касается влияния разливов нефти на сырьевую базу рыболовства, то снижение запасов биоресурсов на региональном уровне до сих пор не было обнаружено в таких случаях из-за сильной природной изменчивости популяционных параметров промысловых видов.

ПРОБЛЕМЫ И ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ

Полагаю, не будет особым преувеличением утверждение о том, что Мировой океан с его минеральными и биологическими ресурсами остаётся сейчас единственным биосферным объектом, который человечество ещё не успело подвергнуть необратимому деструктивному воздействию. Именно поэтому так важно в настоящее время, во-первых, оценить сложившуюся экологическую ситуацию и её динамику на региональном и глобальном уровнях и, во-вторых, наметить адекватную стратегию и меры реагирования на экологические угрозы в условиях роста мировой экономики и населения Земли. От успехов в этой области зависит если

не существование человечества, то его благополучие в недалёком будущем.

В наборе экологических подходов и принципов, которые внедряются в последнее время в морскую природоохранную науку и практику, следует выделить:

1. Экосистемный подход к морскому природопользованию, при котором обеспечивается стабильность состояния морских экосистем и поддержание в пределах долговременной природной изменчивости их основных структурных и функциональных параметров;

2. Превентивный (предупредительный) принцип охраны морской среды и биоресурсов, при котором главный акцент делается не на констатации уже очевидных антропогенных аномалий, а на раннем обнаружении первых симптомов таких аномалий и принятии соответствующих опережающих мер;

3. Региональный (бассейновый) подход к охране морских экосистем, основанный на учёте конкретных особенностей того или иного морского бассейна во всём разнообразии его физико-географических, природно-климатических, социально-экономических и других характеристик;

4. Приоритет охраны морской прибрежной зоны, которая отличается повышенной биопродуктивностью и в то же время наиболее мощной антропогенной нагрузкой.

Ясно, что объективное знание об экологических угрозах и последствиях любой хозяйственной деятельности в природных условиях возможно лишь на основе соответствующих методических подходов, процедур и средств. Они нужны как для углублённого изучения и оценки последствий вмешательства человека в природу, так и для принятия адекватных природоохранных мер. Общее представление о роли и месте оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) в системе природоохранного контроля и регулирования хозяйственной деятельности можно получить из схемы на рис. 6. Подобные схемы приняты и реализуются сейчас повсеместно, в том числе в рамках природоохранных морских проектов [IAIA, 2000; Lange, 2003; ICES, 2005; Головина, 2006; Матишов и др., 2009; Дмитриев, 2010; AMAP, 2010; Fidler, Noble, 2012].



Рис. 6. Роль и место ОВОС в системе контроля и регулирования хозяйственной деятельности в природных условиях

Надо подчеркнуть, что в настоящее время отсутствует какая-либо общепринятая строгая методология количественных оценок антропогенного воздействия на морские экосистемы и биоресурсы. Причиной этого является как многофакторность таких воздействий (см. табл. 1), так и чрезвычайная сложность, большое количество взаимных связей и многообразие происходящих при этом экосистемных нарушений (см. рис. 2–3). В большинстве ситуаций (особенно при низкой интенсивности антропогенного воздействия) разграничить изменения в экосистемах, связанные с деятельностью человека и обусловленные изменчивостью природных процессов, чрезвычайно трудно либо вообще невозможно.

К числу используемых на разных стадиях ОВОС методов и подходов обычно фигурируют экспертные оценки, матричный анализ, имитационное моделирование, оценки опасности и риска и др. Принципиально важный и до сих пор слабо разработанный аспект всей методологии ОВОС заключается в подборе показателей и критериев для оценки допустимых изменений состояния природной среды. Чаще всего в качестве общего условия допустимости вторжения человека в природу декларируется необходимость обеспечения устойчивости природных экосистем и биоресурсов. В то же время конкретизация этого довольно расплывчатого требования применительно к морским экосистемам, само существование которых возможно лишь за счёт вы-

сокой изменчивости их основных параметров, до сих пор отсутствует.

К числу развиваемых в последнее время перспективных методологических подходов в данной области можно отнести выделение ЭБЗР — экологически и биологически значимых районов (ecologically and biologically significant areas, EBSA) [IUCN/NRDC, 2011; CBD, 2012; PAME, 2013]. В наборе критериев для выделения ЭБЗР ключевую роль играют такие характеристики, как уязвимость и чувствительность, которые относятся не только к живым объектам морских экосистем (организмы, виды, популяции, экологические группы), но и к сложным природным геосистемам (береговая линия, прибрежная зона, большие морские экосистемы, пелагиаль, эстуарии). В рамках такого подхода сейчас разрабатываются и используются на практике методы районирования морских акваторий и побережий по степени их уязвимости к тому или иному антропогенному воздействию, например к нефтяным разливам [IMO, 2006; Шавыкин, Ильин, 2010; IMO/IPIECA, 2010; Методические рекомендации..., 2011]. Аналогичные подходы и критерии используются в последнее время для выделения и картографирования районов, ограниченных для деятельности МНГК [Блиновская, 2006; WWF-Norway, 2009; ВФДП, 2012].

Не углубляясь далее в эту обширную тему, отметим, что определённую методологическую перспективу для решения проблем охраны морских экосистем и биоресурсов в условиях антропогенного воздействия открывает концепция больших морских экосистем (БМЭ) [Hempel, Sherman, 2003]. В рамках этой концепции человеческая деятельность рассматривается как неотъемлемый элемент БМЭ, а локальные воздействия (включая промысловые изъятия рыб, загрязнение и др.) интегрируются в долговременные кумулятивные эффекты на фоне климатических и других природных изменений.

Выводы

1. Современная экологическая ситуация в Мировом океане характеризуется многофакторностью и неравномерностью воздействия человека на морскую среду. Характер-

ной чертой этой глобальной картины является совпадение (пересечение) областей повышенной биопродуктивности с районами наиболее сильного антропогенного пресса. По мере перехода от пелагиали окраинных морей к шельфовым и прибрежным акваториям, а также ко внутренним морям интенсивность всех видов негативного воздействия значительно возрастает.

2. К числу наиболее распространённых источников и факторов антропогенного воздействия на морские экосистемы относятся: промышленные и другие стоки, эвтрофирование прибрежных вод, разрушение берегов, нерациональное рыболовство, судоходство, добыча и транспортировка углеводородов. На глобальном уровне в последние годы проявляются потенциальные угрозы, связанные с климатическими аномалиями, закислением морской воды и накоплением в пелагиали океанов огромных количеств мелкодисперсных пластиковых отходов.

3. Загрязнение сопутствует большинству видов хозяйственной деятельности в море и на побережье. По ориентировочной оценке, общий уровень биопродуцирования прибрежных экосистем в районах хронического загрязнения снизился примерно на 10% по сравнению с доиндустриальным периодом.

4. Негативное воздействие на морскую среду проявляется на всех этапах освоения нефтегазовых месторождений в море. При этом главные экологические риски и рыбохозяйственные ущербы связаны с нефтяными разливами и инвазией чужеродных видов в результате транспортировки углеводородов танкерами. Последствия таких событий могут иметь характер экологических катастроф регионального уровня.

5. Методология количественных оценок влияния человека на морские экосистемы и биоресурсы в настоящее время находится в сфере дискуссий и поисков. Основные трудности в этой области связаны как с многофакторностью антропогенных воздействий, так и с чрезвычайной сложностью, большим количеством взаимосвязей и многообразием происходящих при этом экосистемных нарушений на фоне высокой изменчивости аналогичных природных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

- Блиновская Я. Ю. 2006. Информационное обеспечение экологической безопасности при разработке нефтяных месторождений на шельфе. Владивосток: Морской государственный университет. 232 с.
- Веденёв А. И. 2010. Анализ влияния морской и прибрежной сейсморазведки и бурения скважин на миграцию лосося на о. Сахалин. М.: Всемирный фонд охраны дикой природы (WWF). 19 с.
- ВФДП (Всемирный фонд дикой природы, WWF). 2012. Методические подходы к выделению районов ограниченной антропогенной деятельности в замерзающих морях. М.: ВФДП (WWF). 45 с.
- Головина Ю. Ю. 2006. От истории развития процедуры ОВОС к необходимости разработки методологии оценки воздействия на морские арктические экосистемы // Вестник МГТУ. Т. 9. № 3. С. 478–485.
- Денисов В. В. 2009. Комплексное управление прибрежными зонами // Основные концепции современного берегопользования. СПб: Изд-во РГГМУ. С. 224–286.
- Дмитриев В. В. 2010. Интегральные оценки состояния сложных систем в природе и обществе // Биосфера: междисциплинарный научный и прикладной журнал. Вып. 4. С. 507–520.
- Матишов Г. Г. (ред.). 2004. Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. Апатиты: Изд-во КНЦ. 557 с.
- Матишов Г. Г., Макаревич П. Р., Дженюк С. Л., Денисов В. В. 2009. Морские нефтегазовые разработки и рациональное природопользование на шельфе. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. 500 с.
- Методические рекомендации по разработке и построению карт экологической уязвимости от нефти берегов, прибрежных зон и акватории морей. Мурманск: ММБИ. 47 с.
- Мокиевский В. О. 2009. Морские резерваты — теоретические предпосылки к созданию и функционированию // Биология моря. Т. 35. № 6. С. 450–460.
- Немировская И. А. 2004. Углеводороды в океане. М.: Научный мир. 328 с.
- Патин С. А. 1994. Экологические аспекты качества морской среды и морепродуктов // Материалы Международной конференции «Технология переработки гидробионтов». М.: Изд-во ВНИРО. С. 24–30.
- Патин С. А. 2001. Нефть и экология континентально-го шельфа. М.: Изд-во ВНИРО. 340 с.

- Патин С.А. 2004. Методология оценки техногенного воздействия на морские экосистемы и биоресурсы // Водные ресурсы. Т. 31. Вып. 4. С. 451–460.
- Патин С.А. 2008. Нефтяные разливы и их воздействие на морскую среду и биоресурсы. М.: Изд-во ВНИРО. 508 с.
- Патин С.А. 2011. Комплексная оценка антропогенного воздействия на арктическую морскую среду // Диагностический анализ состояния окружающей среды Арктической зоны РФ. М.: Глобальный экологический фонд (Программа ООН по окружающей среде). С. 183–213.
- Шавыкин А.А., Ильин Г.В. 2010. Оценка интегральной уязвимости акватории Баренцева моря от нефтяного загрязнения. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН. 110 с.
- AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). 2004. AMAP Assessment 2002: The Influence of Global Change on Contaminant Pathways to, within, and from the Arctic. Oslo: AMAP. 65 p.
- AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). 2010. The Assessment of Oil and Gas Activities in the Arctic (OGA 2010). Oslo: AMAP. 150 p.
- Andrew R. K., Howe B. M., Mercer J. A., Dzienciuch M. A. 2002. Ocean Ambient Sound: Comparing the 1960s with the 1990s for a Receiver off the California Coast // Acoustic Research Letters Online. Vol. 3. N 2. P. 65–70.
- API (American Petroleum Institute). 2005. Oil and Natural Gas Transportation: Tankers, Pipelines, Trucks, Rails. API. 55 p.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2012. Ecologically or Biologically Significant Marine Areas (EBSAs). CBD. 10 p.
- Fidler C., Noble B. 2012. Advancing strategic Environmental Assessment in the Offshore Oil and Gas Sector: Lessons from Norway, Canada, and the United Kingdom // Environmental Impact Assessment Review. Vol. 34. P. 12–21.
- GESAMP (UN Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). 2001. A Sea of Trouble // GESAMP Reports and Studies. N 70. 35 p.
- GESAMP (UN Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). 2007. Estimates of Oil Entering the Marine Environment from Sea-Based Activities // GESAMP Reports and Studies. N 75. 96 p.
- GIWA (Global International Waters Assessment). 2005. GIWA Regional assessment. University of Kalmar, Sweden. 110 p.
- Halpern B. S., Selkoe K. A., Micheli F., Kappel C. V. 2007. Evaluating and Ranking the Vulnerability of Global Marine Ecosystems to Anthropogenic Threats // Conservation Biology. Vol. 21. N 5. P. 1301–1315.
- Halpern B. S., Walbridge Sh., Selkoe K. A. et al. 2008. A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems // Science. Vol. 319. P. 948–955.
- Hempel G., Sherman K. 2003. Large Marine Ecosystems of the World: Trends in Exploitation, Protection, and Research. Amsterdam Elsevier. 180 p.
- IAIA (International Association for Impact Assessment). 2000. Principles of Environmental Impact Assessment Best Practice. IAIA. 10 p.
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea). 2005. Report of the ICES Advisory Committee on the Marine Environment. Copenhagen: ICES. 375 p.
- IMO (International Maritime Organization). 2004. Ballast Water Management Convention. London: IMO. 44 p.
- IMO (International Maritime Organization). 2006. Guidelines for the Identification and Designation of Particularly Sensitive Sea Areas (PSSA). Resolution A.982 (24). Adopted on 1 December 2005 (Agenda item 11). London: IMO. 13 p.
- IMO/IPIECA. 2010. Sensitivity Mapping for Oil Spill Response. Vol. 1. Revised edition. London: IMO. 28 p.
- IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). 2003. Biological Impacts of Oil Pollution: Fisheries. London: IPIECA. 28 p.
- IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). 2010. Alien Invasive Species and the Oil and Gas Industry. London: IPIECA. 82 p.
- ITOPF (International Tanker Owners Pollution Federation). 2008. ITOPF Handbook 2008/2009. London: ITOPF. 54 p.
- IUCN/NRDC (International Union for the Conservation of Nature / Natural Resources Defense Council). 2011. Workshop to Identify Areas of Ecological and Biological Significance (EBSAs) or Vulnerability in the Arctic Marine Environment (La Jolla, CA, 16–18 June, 2010). Workshop Report. 38 p.
- IWC (International Whaling Commission). 2006. Features of Sound and Seismic Surveys. Report of the Scientific Committee. Report of the Standing Working Group on Environmental Concerns. London: IWC.
- Karlsen H. E., Piddington R. W., Enger P. S., Sand O. 2004. Infrasound Initiates Directional Fast-Start Escape Responses in Juvenile Roach *Rutilus rutilus* // J. Exp. Biol. Vol. 207. P. 4185–4193.
- Lange M. 2003. The Barents Sea Impact Study (BASIS): Methodology and First Results // Continental Shelf Research. Vol. 23. P. 1673–1694.
- Lord Ch., Michel Ch. 2003. Conceptual Model for Assessing the Risk of Seafood Tainting During Oil Spills // Proceedings of the 2003 International Oil Spill Conference. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.

- NAS (National Academy of Sciences). 2010. Ocean Acidification: A National Strategy to Meet the Challenges of a Changing Ocean National Research Council. Washington, D.C.: The National Academies Press. 56 p.
- NAS (National Academy of Sciences). 2003. Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects. National Research Council. Washington, D.C.: National Academies Press. 265 p.
- Nieukirk S. L., Stafford K. M., Mellinger D. K., Dziak R. P., Fox C. G. 2004. Low-Frequency Whale and Seismic Airgun Sounds Recorded in the Mid-Atlantic Ocean // J. Acoust. Soc. Am. Vol. 115. P. 1832–1843.
- NRC (National Research Council of the National Academies). 2008. Tackling Marine Debris in the 21st Century. Washington, D.C.: National Academies Press. 224 p.
- Olsson E. H. 2005. Small Spills: Cause for Concern // Proceedings of the 2005 International Oil Spill Conference. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
- OSPAR (Oslo and Paris Convention). 2009. Overview of the Impacts of Anthropogenic Underwater Sound in the Marine Environment. London: OSPAR Commission. 75 p.
- OSPAR (Oslo and Paris Convention). 2009. Assessment of Impacts of Offshore Oil and Gas Activities in the North-East Atlantic. London: OSPAR Commission. 88 p.
- OSPAR (Oslo and Paris Convention). 2010. Quality Status Report 2010 for the North East Atlantic. London: OSPAR Commission. 36 p.
- PAME (Protection of Arctic Marine Environment). 2013. Identification of Arctic Marine Areas of Heightened Ecological and Cultural Significance. Arctic Marine Shipping Assessment (AMSA). PAME. 110 p.
- Patin S. A. 1982. Pollution and Biological Resources of the Oceans. London: Butterworth Scientific. 290 p.
- Patin S. A. 1999. Environmental Impact of the Offshore Oil and Gas Industry. New York: EcoMonitor Publ. 435 p.
- Patin S. A. 2013. Environmental Impact of Crude Oil Spills // Encyclopedia of Energy. Vol. 1. New York: Elsevier Science. P. 737–758.
- Rios L. M., Moore C., Jones P. R. 2007. Persistent Organic Pollutants Carried by Synthetic Polymers in the Ocean Environment // Marine Pollution Bulletin. Vol. 54. P. 1230–1237.
- Thompson R. C. 2004. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? // Science. Vol. 304. N 5672. P. 843.
- Tsui Ph. T. P. 1998. The Environmental Effects of Marine Seismic Exploration on Fish and Fisheries of the Scotian Shelf // Offshore Oil and Gas Information Conference. Yarmouth, Nova Scotia, Canada, October 30–31, 1998. 25 p.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2006. Challenges to International Waters. Regional Assessments in a Global Perspective. Nairobi, Kenya: UNEP. 126 p.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2006. Illegal Oil Discharge in European Seas // Environment Alert Bulletin. N 7. 4 p.
- Veil J. A., Puder M. G., Elcock D., Redweik R. J. Jr. 2004. A White Paper Describing Produced Water from Production of Crude Oil, Natural Gas, and Coal Bed Methane. Pittsburgh: US Department of Energy, National Energy Technology Laboratory. 79 p.
- Walker D., Coleman J. C., Michel K., Michel J. 2003. Oil in the Sea: Changes in the Nature of Sources and Inputs since 1985 // Proceedings of the 2003 International Oil Spill Conference. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
- WWF-Norway (World Wild Fund, Norway). 2009. Petroleum-Free Zones in the Norwegian Sea. WWF-Norway. 20 p.

Поступила в редакцию 16.09.13 г.
Принята после рецензии 20.01.15 г.

Anthropogenic Impact on Marine Ecosystems and Living Resources: Sources, Effects, Problems

S.A. Patin

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO, Moscow)

The present environmental situation in the World Ocean is characterized by the diversity and unevenness of human impact on marine ecosystems and living resources. An alarming trait of this global picture is the concurrence of highly bioproductive areas with regions of the heaviest anthropogenic impact. The most of the offshore and coastal human activities is accompanied by pollution of marine environment. The probable decrease of the overall biological productivity in coastal ecosystems due to chronic pollution is about 10%, as compared with the optimum production in a «pure» World Ocean. Potential risk of ecological catastrophes at the regional level is associated mainly with oil spills, eutrophication of coastal waters, and invasion of alien species. Relatively new factors of large-scale anthropogenic impact include appearance of small particles of plastics in the open ocean and «noise pollution» of water masses. Up to now, the generally accepted methodology of quantitative assessment of anthropogenic impact on marine ecosystems and living resources does not exist.

Key words: factors of impact, marine ecosystems, living resources, offshore oil and gas industry, methodology of environmental impact assessment.

УДК 664.951:658.562.012.7

Общие положения системы прослеживаемости пищевой рыбной продукции на территории Российской Федерации*М. В. Сытова, Л. Х. Вафина, Л. С. Абрамова*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)
e-mail: nauka@vniro.ru

В статье рассмотрены общие положения основанной на требованиях международного стандарта ISO 12875 системы прослеживаемости рыбной продукции, произведённой в судовых условиях.

Ключевые слова: система прослеживаемости, Российская Федерация, рыбная продукция, безопасность, качество.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире безопасность пищевых продуктов является важнейшим фактором обеспечения не только продовольственной безопасности, но и безопасности в области питания. Производство и потребление безопасной продукции имеют ключевое значение для любого общества и ставят широкий спектр экономических, социальных и экологических задач. Значимость проблем безопасности пищевых продуктов ещё более возрастает в условиях роста международной торговли. Необходимо отметить, что масштабы торговли продукцией из водных биоресурсов за последние три десятилетия совершили гигантский скачок с 8 млрд долл. США в 1976 г. до 129,2 млрд долл. США в 2012 г. [Состояние мирового рыболовства..., 2012, 2014].

Эффективные системы контроля продуктов питания, в том числе рыбных, имеют немаловажное значение для создания условий, в ко-

торых страны могут обеспечить безопасность и качество продукции, поступающей на международные рынки.

В условиях растущего насыщения рынков потребители всё более активно требуют соблюдения высоких стандартов качества и подтверждения того, что приобретаемая ими рыбная продукция является продукцией устойчивого производства. Необходимо введение строгих регулирующих положений, касающихся окружающей среды, безопасности пищевых продуктов из гидробионтов, прослеживаемости происхождения продукции и условий вылова (выращивания) водных биоресурсов [Состояние мирового рыболовства..., 2012].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе был применён системный аналитический метод исследования; использованы требования Технического регламента Таможенного союза (ТР ТС 021/2011) «О безопас-

ности пищевой продукции», ISO 12875:2011 «Traceability of finfish products — Specification on the information to be recorded in captured finfish distribution chains» (Прослеживаемость продукции из рыбных объектов промысла [ISO 12875:2011]. Требования к информации, регистрируемой в цепочках распределения выловленных рыбных объектов) и ряда других международных стандартов по безопасности продукции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Безопасность (в целом) — многозначное понятие, характеризующее в первую очередь защищённость и низкий уровень риска для человека, общества или любых других субъектов, объектов или их систем. Безопасность продукции — это свойства продукции сохранять безопасность для жизни, здоровья и имущества граждан при использовании приобретённой продукции или при её хранении в течение срока службы или годности. Качество продукции — это совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением, согласно Федеральному закону Российской Федерации от 02.01.2000 г. № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов».

Цепь поставок рыбной продукции сложна, поскольку она может неоднократно пересекать национальные границы, прежде чем будет доставлена конечному потребителю [Состояние мирового рыболовства..., 2012].

Системы прослеживаемости — хорошо зарекомендовавшие себя инструменты проверки целостности товаропроводящей цепи продукции и устранения сбоев при нарушении такой целостности. Для обеспечения уверенности в безопасности пищевых продуктов в крупных странах-импортёрах рыбной продукции создана обширная нормативно-правовая база, разработаны обязательные требования к прослеживанию.

В последнее время особое внимание применительно к схемам прослеживания уделялось усилиям по борьбе с незаконным, несообщаемым и нерегулируемым (ННН) промыслом, угрожающим устойчивому управлению ресурсами и с трудом поддающимся контролю

лю в районах за пределами зон национальной юрисдикции. Например, региональные рыбохозяйственные организации независимо друг от друга внедряли такие системы документооборота, которые позволяли бы договаривающимся сторонам и сотрудничающим государствам осуществлять проверку соответствия рыбной продукции требованиям межправительственных соглашений в области рыболовства и, следовательно, давали бы право на её законную реализацию на международных рынках.

Правила и международные стандарты обычно требуют, чтобы все операторы имели возможность прослеживать «один шаг до» и «один шаг после» их собственной работы. Это означает, что каждый оператор должен вести документацию обо всех составляющих, используемых для производства продукта, и о распределении конечного продукта, полученного в результате переработки. Если каждый участник товаропроводящей цепочки имеет информацию об операциях, предшествующих собственной или следующих за ней, то в случае необходимости можно проследить движение продукта по всей цепочке его создания.

В области рыбного хозяйства процесс прослеживания начинается с рыболовного судна, поэтому важным элементом применительно к рыбе, выловленной в естественных условиях, является прослеживание района промысла, а затем предоставление последующей информации, которая предусмотрена законодательством. Эта информация должна сопровождать сырьё/продукты при каждой последующей передаче, с тем чтобы оператор, отвечающий за содержание этикетки конечного продукта, мог определить источник продукта, а также все стадии его движения [Руководство по оптимальной практике..., 2014].

При формулировании основных положений системы прослеживаемости необходимо руководствоваться устоявшимися **принципами прослеживания:**

1) уникальная идентификация: любая единица и любой участник в товаропроводящей цепочке, которая/который вносит изменения в продукт или может воздействовать на продукт, должны иметь уникальную идентификацию;

2) сбор данных и управление ими: данные о качестве должны быть собраны и зарегистрированы по всей товаропроводящей цепочке;

3) передача данных: обмен информацией между различными участниками в товаропроводящей цепочке должен осуществляться в стандартном формате.

Учитывая эти факторы и базируясь на основных положениях международного стандарта ISO 12875:2011 «Traceability of finfish products — Specification on the information to be recorded in captured finfish distribution chains», разработана схема прослеживаемости продукции из рыбы, добытой, переработанной на судне и доставленной к месту разгрузки с указанием информационного объекта, описания и категорийности (рис. 1). Данная схема представляет собой набор данных, которые по ходу движения продукции последовательно дополняются, накапливаются и передаются по всей

цепи вплоть до конечного потребителя [ISO 12875:2011].

При этом необходимо отметить, что согласно требованиям ISO 12875 запись информации проводится в соответствии с классификацией информационных элементов. Для разграничения некоторых категорий информации все элементы классифицируются по трём категориям: «обязательно», «следует», «желательно». Однако независимо от значения категории все параметры, в том числе и относящиеся к «желательным», являются полезными, значимыми, а также важными, несмотря зачастую на отсутствие их в международных форматах данных. Определения и разъяснения категорийности приведены ниже в табл. 1 [ISO 12875:2011].

Разработанная схема, представленная на рис. 1, состоит из четырёх основных блоков, которые характеризуют появление торговой единицы с «историей продукции», создание

Таблица 1. Классификация информативных элементов по степени долженствования

Классификация	Определение	Разъяснение
«Обязательно»	Данная категория содержит записи, относящиеся к идентификаторам и преобразованиям, которые необходимы для отслеживания истории, применения и места нахождения объекта. Это означает уникальную идентичность торговых и логистических единиц, а также зависимости между идентификаторами инвестиций и выхода готовой продукции в процессе.	Элементы, содержащие долженствование «обязательно», являются элементами данных, которые считаются необходимыми для записи, гарантирующими возможность прослеживаемости. Элементы данных, относящиеся к свойствам продукции, не включаются в данную категорию, даже если данные свойства являются основными для документирования продукции либо безопасности продукции.
«Следует»	Данная категория содержит параметры, описывающие и предоставляющие вспомогательную информацию по прослеживаемым единицам. Записываются общие положения, предписанные законом, коммерческими требованиями либо надлежащей производственной практикой, но только в том случае если существует установленный международный формат и перечень данных по формированию стоимости.	Данная категория включает такие параметры как «виды», «идентификатор производителя пищевой продукции», «дата производства». Если в будущем предусматривается сертификация в соответствии с данным международным стандартом, параметры, отмеченные долженствованием «следует», должны быть учтены.
«Желательно»	Данная категория содержит параметры, описывающие и предоставляющие вспомогательную информацию по прослеживаемым единицам. Она содержит параметры, не входящие в категорию долженствования «следует», но данная информация может быть полезной либо значимой. Она также содержит параметры, которые могут считаться важными, но не устанавливаются международными форматами и данными.	Данная категория носит только информативный характер. Она включает в себя упрощения использования и понимания данного международного стандарта. Если в будущем предусматривается сертификация в соответствии с данным международным стандартом, параметры, отмеченные долженствованием «желательно», не учитываются при оценке строгого соблюдения. Список элементов, отмеченных долженствованием «желательно», не является решающим (окончательным) и всеобъемлющим.

СХЕМА ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ПРОДУКЦИИ ИЗ РЫБЫ, ДОБЫТОЙ, ПЕРЕРАБОТАННОЙ НА СУДНЕ И ДОСТАВЛЕННОЙ К МЕСТУ РАЗГРУЗКИ В СООТВЕТСТВИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ СТАНДАРТОМ ISO 12875 С УКАЗАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЪЕКТА, ЕГО ОПИСАНИЕМ И КАТЕГОРИЙНОСТЬЮ		
Категория «ОБЯЗАТЕЛЬНО»	Категория «СЛЕДУЕТ»	Категория «ЖЕЛАТЕЛЬНО»
БЛОК 1 «СУДНО»		
	Идентификация продовольственного предприятия Код страны плюс единый государственный идентификационный номер организации, а также название и адрес продовольственного предприятия, управляющего судном Позывной судна Международный телекоммуникационный Союз Радиопозывных Идентификатор судна Национальная принадлежность судна, название и регистрационный номер судна	GMP сертификат Наименование качества и безопасности рыбной продукции по GMP плану (надлежащая производственная практика) в соответствии с которым судно сертифицируется Дополнительная информация, которая описывает судно, связанное с судовым идентификатором
БЛОК 2 «ДЛЯ КАЖДОЙ ПРОИЗВЕДЕННОЙ ТОРГОВОЙ ЕДИНИЦЫ»		
Идентичность	Описание	Описание
Идентификация торговой единицы UTUI - Единый определитель торговой единицы	Масса нетто Записанная как взвешенное или предполагаемое (приблизительно подсчитанное) количество рыбы (кг) Вид SCI – соответствует научному названию. FAO – альфа код FAO, состоящий из 3-х букв TSN – Классифицированный серийный номер (могут повторяться в случае существования нескольких видов) Район/страна происхождения Район FAO/район RFMO промысла морских рыб либо страна происхождения (для рыб, выловленных во внутренних водоемах), либо более специфическое местонахождение Вид продукции (разделки) Неразделанная, потрошенная, обезглавленная и т.д.	Тип единицы Описание физического типа единицы (одна рыба, коробка, цистерна, бак, хранилище, блок или упаковка рыбы) Размер Номинальный вес (кг) либо длина (см) или несортированная (низкого качества) Состояние продукции (живая, в определенной среде, охлажденная, замороженная)

Рис. 1. Система прослеживаемости продукции из рыбы, добытой, переработанной на судне и доставленной к месту разгрузки в соответствии с международным стандартом ISO 12875 с разбивкой по блокам кодируемой информации (UTUI — единый определитель торговой единицы; ULUI — единый определитель логистической единицы; GLN — глобальный номер места нахождения)

ПОДБЛОК 2.1 «История продукции»		
	Дата вылова либо отправления судна Дата выгрузки либо дата первой продажи Предпочтительно записывается дата когда рыба была поднята на борт но также может быть записана дата, когда судно покинуло порт, форма ISO 8601 Способ добычи Трал, ярусные или жаберные сети и т.д. (как альфа код ФАО) Запись температуры хранения Температура/время внесенная в журнал (в ручную, автоматически) в складском помещении (холодильная камера, комната для хранения рыбы) Запись температуры хранения Температура/время внесенная в журнал (вручную, автоматически) в складском помещении (холодильная камера, комната для хранения рыбы)	Время траления либо погружения сетей в воду Время (часы) между установкой орудий лова и поднятием их на борт Система сертификации вылова Название системы сертификации, по которой сертифицируется рыболовство Идентификатор системы сертификации Идентификатор внутри системы, по которому сверяют этот вылов (идентификационная цепочка передачи товара для этого вылова) Способ сортировки по размеру Ручной или механический, произведенный в море или при разгрузке (применяется только в случае сортировки продукции) Метод взвешивания (в море или при разгрузке) Вид упаковки Помещены в коробку, сложены штабелями, в баки с морской водой, в баки с соленой водой, хранение в холодильнике Метод контроля температуры хранения Дополнительная информация, описывающая созданную торговую единицу, связанную с UTUI
БЛОК 3 «ДЛЯ КАЖДОЙ СОЗДАННОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЕДИНИЦЫ»		
Идентичность Идентификатор логистической единицы ULUI Торговая идентификация изделия в логистической единице Список (торговых единиц UTUI), составляющих логистическую единицу		Дополнительная информация, которая описывает логистическую единицу, связанную с ULUI
БЛОК 4 «ДЛЯ КАЖДОЙ ОТПРАВЛЕННОЙ ЕДИНИЦЫ»		
Идентичность Идентификатор единицы ULUI – если отправлена, как логистическая единица либо UTUI – если отправлена, как торговая единица	Место назначения Идентификатор следующего продовольственного предприятия Код страны, плюс единый государственный идентификационный номер организации, название, адрес предприятия, которому отправлена единица Дата и время отправки Дата и время передачи последующему пищевому предприятию, форма ISO 8601 Место отправления Префикс страны и национальный идентификационный номер для организации, а также название и адрес выгрузки либо GLN (либо международный ID порта, либо приблизительные широта и долгота, если передача происходила в море)	Дополнительная информация, описывающая отправленную торговую/логистическую единицу, связанную с UTUI/ULUI

Рис. 1. Продолжение

логистической единицы и её дальнейшее движение:

блок 1 «Судно»;

блок 2 «Для каждой произведённой торговой единицы» с подблоком 2.1 «История продукции»;

блок 3 «Для каждой созданной логистической единицы»;

блок 4 «Для каждой отправленной единицы».

Блок 1 «Судно»

На схеме (рис. 1) под промысловыми судами, понимаются суда, осуществляющие лов рыбы, которые также могут осуществлять основные операции с рыбой, такие как: разделка (обескровливание, потрошение, обезглавливание), мойка, сортировка и взвешивание, а затем упаковывание рыбы и транспортировка к месту разгрузки. Рыба может быть заморожена непосредственно на судне. Промысловые суда могут сами производить разгрузочные операции, которые могут включать в себя сортировку, взвешивание и упаковывание, вплоть до непосредственной разгрузки их продукции последующим пищевым предприятиям. В качестве альтернативы последующие пищевые предприятия могут осуществлять разгрузку промысловых судов.

Поэтому первоначальной информацией в системе прослеживаемости является характеристика судна, в частности сведения о владельце, стране, которой оно принадлежит, а также о GMP-схеме, по которой оно сертифицируется.

Блок 2 «Для каждой произведённой торговой единицы»

В данном блоке формируется информация о торговой единице: обязательная и дополнительная информация, описывающая произведённую торговую единицу.

Торговые единицы, которые созданы на промысловых судах, могут состоять из одной большой рыбы либо коробки, отсортированных рыб, которые индивидуально маркированы на судне, вплоть до цельного (единого) хранения перемешанной рыбы, поступающей непосредственно на следующее пищевое предприятие. В связи с этим для осуществления идентификации торговой единицы вносится информация о массе продукции, биологическом виде, рай-

оне промысла, а также о виде операций, которым она подвергалась. Для конкретизации вносится дополнительная информация о типе единицы упаковки, размере и состоянии продукции.

Важная информация об «истории продукции» приведена в подблоке 2.1 и состоит из информации о дате вылова либо дате отправления судна, способе добычи, температуре хранения. Дополнительно заносится информация о времени траления, системе сертификации вылова и её идентификаторе, способе сортировки по размеру, методе взвешивания, виде упаковки, методе контроля температуры хранения.

Блок 3 «Для каждой созданной логистической единицы»

В данном блоке содержатся обязательные для идентификации требования, такие как идентификатор логистической единицы и торговая идентификация в логистической единице. Кроме того, рекомендуется вносить дополнительную информацию, которая бы описывала логистическую единицу, связанную с торговой единицей.

Блок 4 «Для каждой отправленной единицы»

С учётом дальнейшего движения продукции создается логистическая единица, для которой формируется своя информация, предусматривающая все этапы и специфику производимых с ней действий: адрес, по которому она отправляется, дата и время отправки, место отправки.

Таким образом, минимальную информацию для прослеживания, которую перерабатывающее предприятие должно предоставить вместе с продукцией и разместить на этикетке, составляют сведения о судне, районе промысла ФАО (для рыбы, выловленной в естественных условиях), виде рыбы, дате производства и месте переработки и упаковки. Данные, представленные на этикетке, также должны передаваться с соответствующей торговой документацией, которая может содержать дополнительную информацию об истории продукта, в соответствии с требованиями действующего законодательства. Торговая документация или прочие регистрационные записи подаются в качестве информации о том, кто стал получа-

телем рыбной продукции для её дальнейшего распространения на рынке.

На основании всестороннего анализа национальных и международных нормативных и технических документов, касающихся обеспечения безопасности и качества продукции из водных биоресурсов, проведённого специалистами ФГУП «ВНИРО», разработаны рекомендации «Система прослеживаемости рыбной продукции. Общие положения» Р15-00472124-02-2014. Рекомендации охватывают данные о создании продукта на предприятии, содержат требования к общей базе данных и схему взаимодействия государственных структур и органов, что позволяет с минимальными финансовыми вложениями на имеющейся базе сформировать систему прослеживаемости, задействовав все субъекты системы прослеживаемости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведённого во ФГУП «ВНИРО» анализа разработаны и утверждены Рекомендации Р15-00472124-02-2014 «Система прослеживаемости рыбной продукции. Общие положения», используя которые можно сформировать национальную систему

прослеживаемости в Российской Федерации на основе имеющейся иерархии государственных органов исполнительной власти и иных структур.

ЛИТЕРАТУРА

- Руководство по оптимальной практике прослеживания. 2014. COFI: FT/XIV/2014/7 // Комитет по рыбному хозяйству. Подкомитет по торговле рыбой. Четырнадцатая сессия. Берген, Норвегия, 24–28 февраля 2014 г. 11 с. [Электронный ресурс]. URL: www.fao.org (дата обращения 31 октября 2014 г.).
- Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. 2012. Департамент рыболовства и аквакультуры ФАО. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: Рим. 237 с.
- Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Возможности и проблемы. 2014. Департамент рыболовства и аквакультуры ФАО. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: Рим. 233 с.
- ISO 12875:2011 «Traceability of finfish products — Specification on the information to be recorded in captured finfish distribution chains». 2011. 36 p.

Поступила в редакцию 15.01.15 г.
Принята после рецензии 18.02.15 г.

General Provisions of Traceability Systems for Food Fish products on the Territory of the Russian Federation

M. V. Sytova, L. Kh. Vafina, L. S. Abramova

Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO, Moscow)

In the article general provisions of the system of traceability of fish products produced in the marine environment based on the requirements of international standard ISO 12875 are given.

Key words: traceability system, Russian Federation, fish products, safety, quality.

УДК 664.951.7

**Разработка оптимальных режимов ультразвуковой обработки
крабового сырья в технологии мороженой продукции***Н. Н. Яричевская, Е. Н. Харенко, Л. Ф. Фомичева*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)

e-mail: norma@vniro.ru

С использованием метода математического планирования экспериментов по униформ-рототабельному плану второго порядка для двух варьируемых факторов оптимизированы режимы ультразвуковой обработки (УЗ-обработки) крабовых конечностей, что позволит исключить пищевые фосфаты, применяемые в качестве водосвязывающих агентов для улучшения качественных показателей готовой продукции и увеличения её выхода, и тем самым избежать их возможного негативного воздействия на организм человека. За основные факторы, определяющие влияние ультразвука (УЗ) на качественные показатели и выход варёно-мороженных конечностей, приняты продолжительность УЗ-обработки крабового сырья и интенсивность УЗ.

Ключевые слова: ультразвук, крабы, оптимальный режим УЗ-обработки, показатели качества, выход продукции.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для улучшения качественных показателей готовой продукции из водных биоресурсов и увеличения её выхода, в том числе продукции из крабов, применяют фосфаты, являющиеся водоудерживающими агентами химической природы [Федичкина, 2003; Ким и др., 2006; Сарафанова, 2007; Park, Lanier, 1987; Kumazawa, 1990]. В перечень разрешённых к применению фосфатов включены: монофосфаты, дифосфаты и полифосфаты натрия, калия, кальция, аммония, магния.

Вместе с тем, несмотря на имеющийся положительный опыт использования фосфатов в производстве пищевых продуктов, отноше-

ние к ним неоднозначно. С одной стороны, применение этих пищевых добавок оправдано с точки зрения производителей, поскольку доказана их эффективность в отношении улучшения качественных показателей готовой продукции и увеличения её выхода. С другой стороны, развитие заболеваний, обусловленных нарушением кальциево-фосфорного обмена, многие специалисты связывают с употреблением в пищу продуктов, выработанных с использованием фосфатов [Спиричев, Белковский, 1989]. В связи с этим актуальным является поиск путей сокращения использования этих соединений за счёт применения физических способов обработки сырья на различных стадиях технологического процесса.

Одним из перспективных физических способов обработки сырья является способ, основанный на использовании механических колебаний ультразвукового (УЗ) диапазона. Благодаря своей способности изменять свойства сырья и готовой продукции посредством механического и электрохимического действия ультразвуковых колебаний на компоненты обрабатываемого сырья, ультразвук находит применение в различных отраслях пищевой промышленности [Беззубов и др., 1964, Бобылёв, 1999].

Согласно литературным данным ультразвуковые колебания наиболее эффективны в технологических процессах, в которых используется вода, так как вследствие распространения в ней механических колебаний ультразвуковой частоты возникает явление кавитации. При этом разрешённый диапазон рабочих частот, используемых для обработки сырья животного происхождения, может варьировать от 22 до 44 кГц, поскольку в этом диапазоне легко реализуются амплитуды колебаний 30–70 мкм, обеспечивающие максимальную производительность процесса [Физические основы ультразвуковой технологии, 1970]. Одновременно, с целью реализации явления кавитации в воде необходимо применять ультразвуковые колебания с интенсивностью 1–10 Вт/см². Использование УЗ большей интенсивности способствует образованию на поверхности рабочего инструмента кавитационного облака (большого количества воздушных пузырьков), препятствующего передаче ультразвуковых колебаний в объём.

Целью настоящей работы являлась разработка оптимальных режимов УЗ-обработки крабового сырья при производстве варёно-мороженных конечностей краба, обеспечивающих повышение качественных показателей готовой продукции и увеличение её выхода.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объектами исследований являлись краб камчатский (*Paralithodes camtschaticus*) и продукты его переработки — конечности краба-сырца в панцире и конечности варёно-мороженные в панцире. Вырабатывали продукцию и заготавливали образцы для исследований на промысловых краболовных судах ОАО «Дальрыба» и в береговых условиях СПК РК

«Восход» и ООО «Вирма» из самцов камчатского краба промыслового размера, выловленных в период путины в Западно-Камчатской и Северо-Охотоморской (Шантарский район) подзонах Охотского моря, в Западном районе Баренцева моря (район Рыбачьей банки).

Эксперименты по оптимизации режимов УЗ-обработки крабового сырья выполнялись в береговых условиях ООО «Вирма» (г. Мурманск) и лаборатории нормирования ФГУП «ВНИРО», аналитические исследования сырья и готовой продукции проводили в лаборатории нормирования ФГУП «ВНИРО».

Ранее проведёнными исследованиями установлено, что использование УЗ в технологии варёно-мороженных конечностей краба для улучшения качественных показателей и увеличения выхода готовой продукции наиболее эффективно при мойке крабового сырья перед варкой [Яричевская и др., 2011]. В связи с этим технологическая схема эксперимента включала следующие этапы. Выловленного камчатского краба-сырца разделявали, удаляли внутренности и зачищали от жабр. Выделенные конечности в панцире помещали в специальную УЗ-ванну погружного типа, наполненную водой температурой не выше 15 °С. УЗ-обработку конечностей проводили в процессе их мойки при средней рабочей частоте УЗ 35 кГц, интенсивности излучения от 2 до 7 Вт/см² в течение 10–20 мин. Опытные образцы замораживали воздушным способом в скороморозильном аппарате с принудительной циркуляцией воздуха в течение 2,5 ч при температуре минус 32 °С, хранили образцы готовой продукции при температуре не выше минус 18 °С.

Оптимизацию режимов УЗ-обработки крабовых конечностей проводили с использованием метода математического планирования экспериментов по униформ-рототабельному плану второго порядка для двух варьируемых факторов.

За основные факторы, определяющие влияние УЗ на качественные показатели и выход варёно-мороженных конечностей, были приняты X_1 — продолжительность УЗ-обработки крабового сырья, (τ , мин) и X_2 — интенсивность УЗ, (I , Вт/см²). Интервалы варьирования основных факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Интервалы варьирования факторов

№ п/п	В безразмерных величинах		В натуральном выражении	
	X_1	X_2	τ , мин	I , Вт/см ²
1	-1	-1	10	2,8
2	-1	1	10	6,3
3	1	-1	20	2,8
4	1	1	20	6,3
5	1,414	0	22,07	4,7
6	-1,414	0	7,93	4,7
7	0	-1,414	15	2,1
8	0	1,414	15	7
9	0	0	15	4,7

Границы варьирования факторов были установлены, исходя из технологических ограничений производства варёно-мороженных крабовых конечностей и технических характеристик используемого УЗ-оборудования.

Влияние варьируемых факторов на качественные характеристики мяса конечностей краба при УЗ-обработке оценивали по следующим показателям: Y_1 — белково-водный коэффициент (БВК); Y_2 — коэффициент растворимого азота (КРА); Y_3 — нежность мяса краба (Н, см²/г N); Y_4 — водоотдача мяса краба (В, см²/г); Y_5 — выход продукции (B_n , %).

Отбор проб для определения физико-химических показателей проводили по ГОСТ 31339 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приёмки и методы отбора проб», подготовку средней пробы — по ГОСТ 7636.

Химический состав мышечной ткани краба-сырца и готовой продукции исследовали по ГОСТ 7636 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа». Массовую долю белковых веществ определяли по методу Къельдаля на автоматическом анализаторе азота «Къельтек 1030» (Tecator, Швеция), содержание воды — методом высушивания навески до постоянной массы при температуре 105 °С.

При определении коэффициента растворимого азота (КРА) рассчитывали количество растворимого азота в процентах от общего азота (N) [Литвинова, Антипова, 2009].

Белково-водный коэффициент (БВК) мышечной ткани краба определяли как отношение массовой доли белка к массовой доле воды в навеске.

Величину водоотдачи и показатель нежности мяса конечностей краба определяли по методу Грау и Хамма в разработке ВНИИМП [Воловинская, Кельман, 1960]. Навеску фарша прессовали 10 мин, затем фиксировали контуры пятен на фильтровальной бумаге от выделившегося тканевого сока и навески мяса краба после прессования.

Водоотдачу мяса конечностей краба вычисляли по разности площадей пятен от тканевого сока и навески фарша после прессования, отнесенной к массе навески фарша до прессования по формуле (1):

$$B = \frac{S - S_1}{0,3}, \text{ (см}^2\text{/г)}, \quad (1)$$

где S — площадь пятна от выделившегося тканевого сока на фильтровальной бумаге, см²;

S_1 — площадь, занимаемая остатком мяса после прессования, см².

Нежность мышечной ткани конечностей краба вычисляли по формуле (2):

$$H = \frac{S_1 \times 100}{0,3 \times N}, \text{ (см}^2\text{/г} \cdot \text{N)}, \quad (2)$$

где S_1 — площадь, занимаемая остатком мяса после прессования, см²;

0,3 — навеска фарша мяса краба, г;

N — содержание общего азота в мясе краба, %.

Выход готовой продукции определяли, руководствуясь «Методиками определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов» [2002] с использованием «Комплекса компьютерных программ для обработки результатов опытно-контрольных работ при производстве мороженой продукции из крабов».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучен общий химический состав (табл. 2) мышечных тканей конечностей камчатского краба-сырца, выловленного в Западно-Камчатской и Северо-Охотоморской подзонах Охотского моря и Баренцевом море, проведён сравнительный анализ полученных результатов с литературными данными по химическому составу мышечной ткани краба синего (*Paralithodes platypus*) и краба-стригуна Опилио (*Chionoecetes opilio elongatus*).

Анализ данных табл. 2 показал, что мышечная ткань обеих популяций камчатского краба, выловленного в Охотском море, характеризуется несколько большим содержанием белка (в среднем на 3,4%) и меньшим содержанием воды, по сравнению с мышечной тканью акклиматизированного краба, где данные показатели составляют в среднем 13,8 и 82,0% соответственно. По содержанию жира и мине-

ральных веществ мышечная ткань исследуемых крабов достоверно не различается.

Результаты проведённых нами исследований подтверждают имеющиеся в литературных источниках сравнительные данные по химическому составу камчатского краба дальневосточных популяций и Баренцева моря [Lebskaya, Dvinin, 1997].

Сравнительный анализ полученных данных с литературными данными по показателям химического состава других промысловых видов крабов продемонстрировал, что по содержанию белка мышечная ткань камчатских крабов Охотского моря схожа с мышечной тканью краба синего — до 17,9%. Максимальное количество воды присутствует в мышечной ткани краба-стригуна Опилио — до 83,4%, минимальное — в мышечной ткани камчатского краба Западно-Камчатской подзоны Охотского моря — до 78,7%. По содержанию жира и золы мышечная ткань камчатского краба разных районов промысла практически не отличается от мышечной ткани синего и краба-стригуна Опилио, но содержит больше углеводов.

Таким образом, результаты проведённых нами исследований свидетельствуют о том, что мышечная ткань баренцевоморского камчатского краба содержит меньше белка и больше воды по сравнению с крабами дальневосточных популяций.

Таблица 2. Химический состав мышечных тканей конечностей краба-сырца

Объект исследования	Содержание, %				
	воды	белка (N 6,25)	жира	золы	гликогена
Краб камчатский Охотского моря					
Западно-Камчатской подзоны	78,5 ± 0,2	17,4 ± 0,6	0,7 ± 0,2	1,8 ± 0,1	1,6 ± 0,1 ¹
Северо-Охотоморской подзоны (Шантарский район)	78,8 ± 0,1	16,9 ± 1,2	0,8 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,8 ± 0,2 ¹
Краб камчатский Баренцева моря					
	82,0 ± 0,7	13,8 ± 0,5	0,9 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,4 ± 0,1 ¹
Краб синий² (<i>Paralithodes platypus</i>)	80,3 ± 1,3	16,1 ± 1,8	0,8 ± 0,3	1,6 ± 0,5	0,5 ± 0,2
Краб-стригун Опилио² (<i>Chionoecetes opilioelongatus</i>)	82,2 ± 1,2	14,7 ± 1,5	0,5 ± 0,2	1,7 ± 0,3	1,1 ± 0,1

Примечания.

1. Содержание гликогена рассчитано по разности.

2. Справочные данные [Справочник по химическому составу..., 1999].

Вместе с тем содержание жира и минеральных веществ в северном крабе сопоставимо с содержанием этих компонентов в мясе дальневосточных крабов, что в определённой мере свидетельствует о сходстве их химического состава и позволяет использовать УЗ для обработки крабового сырья вне зависимости от района промысла.

Высокое содержание белка (до 18,0%) и малое количество липидов (до 1,0%) (табл. 2) позволяют отнести мясо краба к типичному белковому продукту, при этом следует отметить, что в процессе технологической обработки сырья именно белки мышечной ткани краба подвергаются наиболее существенным изменениям. В отличие от всех других присутствующих в клетках соединений белки характеризуются способностью к денатурации. Это проявляется в резком снижении их растворимости, уменьшении способности к набуханию, удержанию тканевого сока в мышцах, что приводит к изменению качества готового продукта.

Растворимость белка в значительной степени зависит от его фракционного состава, степени денатурации, деструкции и модификации, поэтому данный показатель используют для первичной оценки качества пищевого белка [Литвинова, Антипова, 2009].

Показателем, характеризующим технологические свойства мышечной ткани, в частности её плотности и водоудерживающей способности (ВУС), является белково-водный коэффициент (БВК). Чем выше БВК, тем плотнее консистенция мышечной ткани и выше её ВУС [Леванидов и др., 1987].

При содержании в мышечной ткани менее 10% азотистых веществ (низкобелковое сырьё) БВК составляет от 0,072 до 0,084. Мышечная ткань, содержащая от 10 до 15% азотистых веществ (среднебелковое сырьё), имеет БВК от 0,130 до 0,180. Для сырья, в котором содержится от 15 до 20% белка, БВК варьирует от 0,241 до 0,261, в сырье с содержанием белка свыше 20% (высокобелковое) — от 0,264 до 0,374.

При оптимизации режимов УЗ-обработки крабовых конечностей с помощью программы для статистической обработки данных «Statistica 6.0» было получено уравнение 3, описывающее изменение КРА в зависимости от продолжительности воздействия и интенсивности УЗ:

$$\text{КРА} = A \times (-67,04 + 9,12 \times \tau' + 17,62 \times I' - 0,32 \times \tau'^2 + 0,12 \times \tau' \times I' - 2,33 \times I'^2), \quad (3)$$

где КРА — коэффициент растворимого азота, не имеет размерности;

τ — продолжительность УЗ-обработки, мин;

I — интенсивность УЗ, Вт/см²;

τ' и I' — относительные величины:

$$\tau' = \tau_{\text{уст.}} / \tau, \text{ при } \tau = 1;$$

$$I' = I_{\text{уст.}} / I, \text{ при } I = 1;$$

A — эмпирический коэффициент, не имеющий размерности и равный 1.

Поверхность отклика и изолинии сечения, построенные по данному уравнению, представлены на рис. 1, а, б.

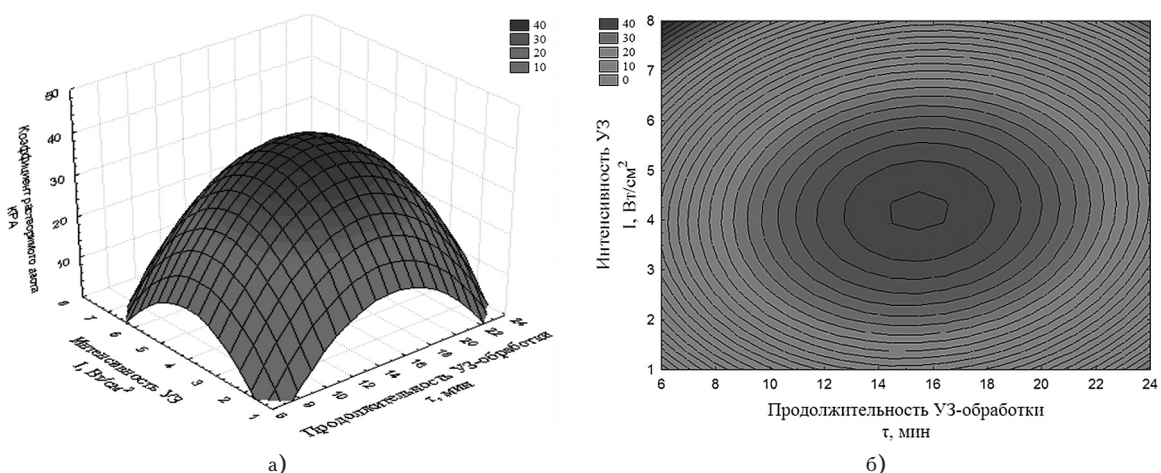


Рис. 1. Изменение КРА мяса конечностей краба в зависимости от продолжительности УЗ-обработки и интенсивности излучения УЗ

Анализируя данные рис. 1 (а, б), можно отметить, что КРА мышечной ткани краба возрастает с увеличением основных факторов, при этом максимальные значения КРА (29,8–39,6) отмечены при продолжительности УЗ-обработки от 12 до 19 мин и интенсивности УЗ-излучения от 3 до 5,5 Вт/см². Вместе с тем при дальнейшем увеличении интенсивности УЗ до 7 Вт/см² и продолжительности обработки свыше 22 мин наблюдается постепенное снижение данного показателя.

Аналогичным образом получено уравнение 4, описывающее изменение БВК мышечной ткани краба в зависимости от используемых режимов УЗ-обработки:

$$\text{БВК} = A \times (-0,12 + 0,27 \times 10^{-1} \times \tau' + 7,15 \times 10^{-2} \times I' - 0,07 \times 10^{-2} \times \tau'^2 - 0,14 \times 10^{-2} \times \tau' \times I' - 0,62 \times 10^{-2} \times I'^2), \quad (4)$$

где БВК — белково-водный коэффициент, не имеет размерности;

τ — продолжительность УЗ-обработки, мин;

I — интенсивность УЗ, Вт/см²;

τ' и I' — относительные величины:

$$\tau' = \tau_{\text{уст.}} / \tau, \text{ при } \tau = 1;$$

$$I' = I_{\text{уст.}} / I, \text{ при } I = 1;$$

A — эмпирический коэффициент, не имеющий размерности и равный 1.

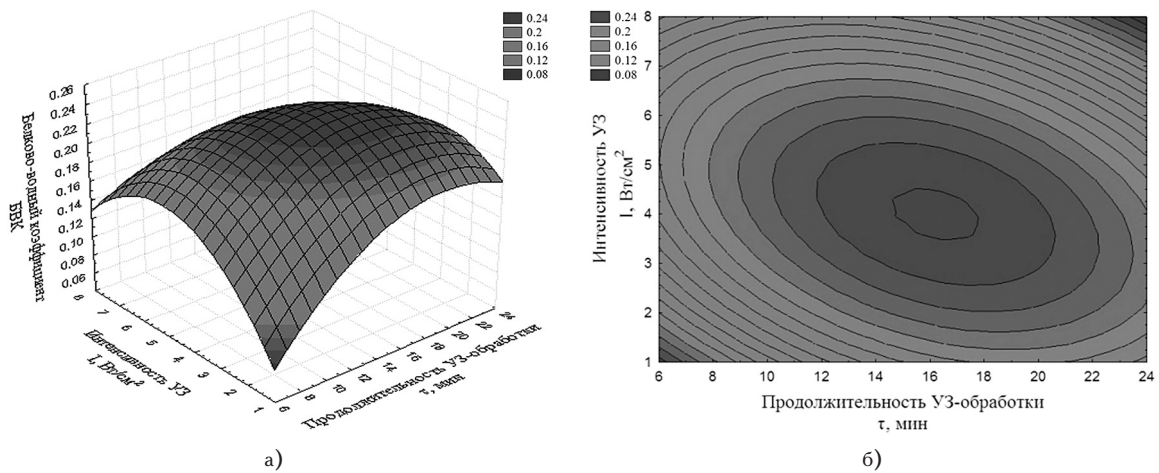


Рис. 2. Изменение БВК мяса конечностей краба в зависимости от продолжительности УЗ-обработки и интенсивности излучения УЗ

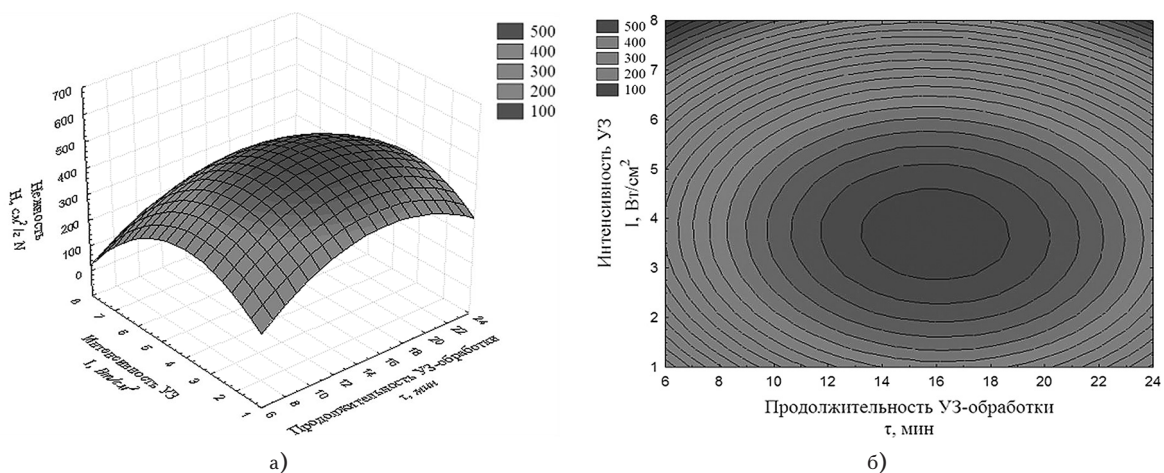


Рис. 3. Изменение показателя нежности мяса конечностей краба в зависимости от продолжительности УЗ-обработки и интенсивности излучения УЗ

Поверхность отклика и изолинии сечения, построенные по данному уравнению, представлены на рис. 2 а, б.

Анализ уравнения 4 и построенных по нему поверхности отклика (рис. 2, а) и изолиний её сечения (рис. 2, б) показал, что БВК мышечной ткани краба достигает максимальных значений (0,222–0,238) при продолжительности УЗ-обработки крабовых конечностей от 10 до 22 мин и интенсивности УЗ-излучения от 2 до 6 Вт/см².

Известно, что протекание денатурационных процессов в мышечной ткани крабов при технологической обработке крабового сырья также проявляется в интенсивной потере тканевого сока, в результате чего конечный продукт приобретает суховатую консистенцию без признаков нежности. В ходе исследования нами было изучено изменение показателя нежности (H , см²/г N) мяса краба в зависимости от заданных режимов УЗ, описываемое уравнением 5:

$$H = A \times (-242,73 + 63,79 \times \tau' + 135,19 \times I' - 1,94 \times \tau'^2 - 0,48 \times \tau' \times I' - 17,31 \times I'^2), \quad (5)$$

где H — нежность мышечной ткани краба, см²/г N;

τ — продолжительность УЗ-обработки, мин;

I — интенсивность УЗ, Вт/см²;

τ' и I' — относительные величины:

$$\tau' = \tau_{\text{уст.}} / \tau, \text{ при } \tau = 1;$$

$$I' = I_{\text{уст.}} / I, \text{ при } I = 1;$$

A — эмпирический коэффициент, имеющий размерность см²/г N и равный 1.

Графическая интерпретация полученного уравнения представлена на рис. 3, а, б.

Данные рис. 3 (а, б) свидетельствуют о том, что при продолжительности УЗ-обработки от 10,5 до 21 мин и интенсивности УЗ-излучения от 2 до 5,5 Вт/см² мясо конечностей краба характеризуется наибольшими показателями нежности — 494–583 см²/г N.

Одновременно было получено уравнение 6, характеризующее изменение величины влагоотдачи (B , см²/г) мышечной ткани краба при УЗ-обработке:

$$B = A \times (119,11 - 8,58 \times \tau' - 15,78 \times I' + 0,29 \times \tau'^2 + 0,15 \times 10^{-1} \times \tau' \times I' + 1,87 \times I'^2), \quad (6)$$

где B — влагоотдача мышечной ткани краба, см²/г;

τ — продолжительность УЗ-обработки, мин;

I — интенсивность УЗ, Вт/см²;

τ' и I' — относительные величины:

$$\tau' = \tau_{\text{уст.}} / \tau, \text{ при } \tau = 1;$$

$$I' = I_{\text{уст.}} / I, \text{ при } I = 1;$$

A — эмпирический коэффициент, имеющий размерность см²/г и равный 1.

На рис. 4 (а, б) представлены поверхность отклика и изолинии её сечения, описываемые данным уравнением.

Установлено, что при продолжительности УЗ-обработки в диапазоне 10,5–19 мин и интенсивности 2,5–6 Вт/см² мышечная ткань

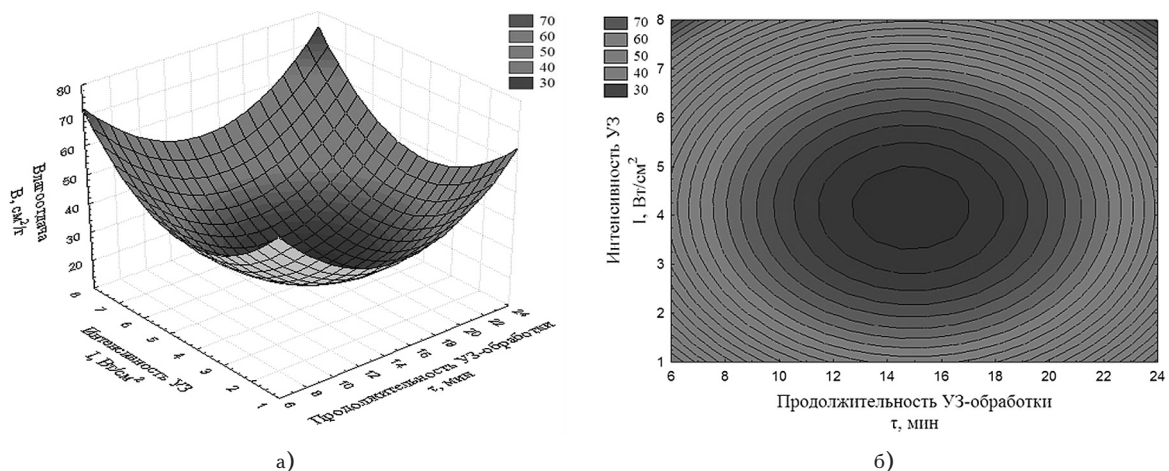


Рис. 4. Изменение величины влагоотдачи мяса конечностей краба в зависимости от продолжительности УЗ-обработки и интенсивности излучения УЗ

краба имеет наименьшие значения величины влагоотдачи.

Наряду с обеспечением высоких качественных показателей крабовой продукции существенным является увеличение её выхода. Поэтому был изучен характер изменения выхода варёно-мороженных конечностей краба в зависимости от используемых режимов УЗ согласно полученному уравнению 7:

$$B_n = A \times (7,06 + 3,87 \times \tau' + 14,84 \times I' - 0,12 \times \tau'^2 - 0,02 \times \tau' \times I' - 1,71 \times I'^2), \quad (7)$$

где B_n — выход готовой продукции, %;

τ — продолжительность УЗ-обработки, мин;

I — интенсивность УЗ, Вт/см²;

τ' и I' — относительные величины:

$$\tau' = \tau_{\text{ист.}} / \tau, \text{ при } \tau = 1;$$

$$I' = I_{\text{ист.}} / I, \text{ при } I = 1;$$

A — эмпирический коэффициент, имеющий размерность % и равный 1.

Графическая интерпретация полученного уравнения представлена на рис. 5 (а, б).

Анализ поверхности отклика и изолиний её сечения, описываемых уравнением 7, показывает, что максимальный выход варёно-мороженных конечностей наблюдается при следующих значениях основных варьируемых факторов: продолжительности УЗ-обработки 11,5–21 мин и интенсивности УЗ 3,0–5,5 Вт/см².

При сравнительной оценке эффективности использования УЗ и фосфатов в технологии мороженой продукции из крабов [Яричевская и др., 2012] установлено (табл. 3) возрастание количества связанной воды в мышечной ткани краба как под действием УЗ, так и при использовании фосфатов, по сравнению с мясом краба без обработки (контроль).

Наибольшее содержание связанной воды (33,4%) было отмечено в мясе краба, обработанном УЗ, что свидетельствует о высокой степени гидратации мышечных белков. Одно-

Таблица 3. Физико-химические показатели мяса варёно-мороженных конечностей камчатского краба различных способов обработки

Способ обработки	Содержание воды, %			ВУС
	$W_{\text{общ.}}$	$W_{\text{своб.}}^*$	$W_{\text{связ.}}^*$	%
Контроль (без обработки)	82,5±0,1	74,8±0,1	25,2±0,2	68,3
Обработка фосфатами	81,4±0,1	71,2±0,2	28,8±0,2	75,8
Обработка УЗ	81,1±0,2	66,6±0,2	33,4±0,5	74,1

Примечание. * — в % к общему содержанию воды.

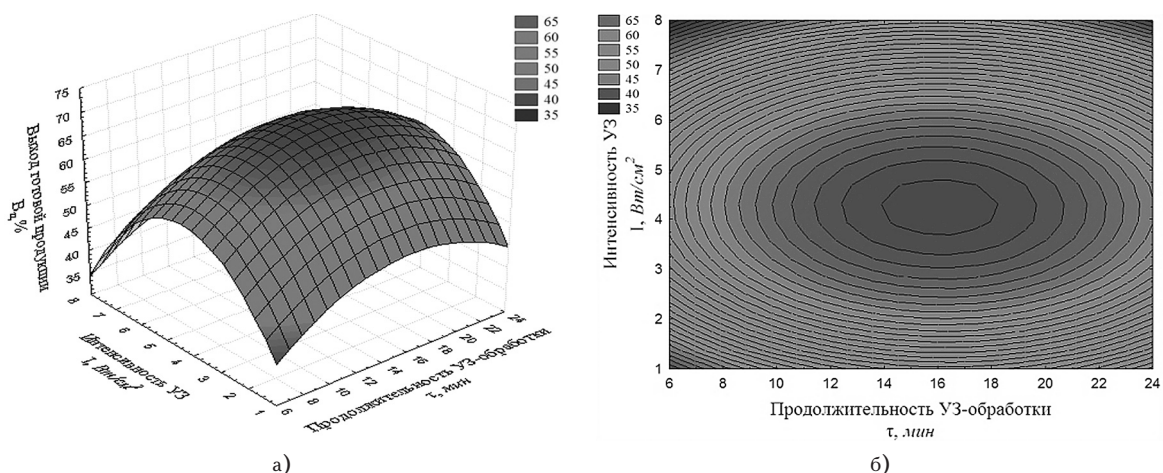


Рис. 5. Изменение выхода варёно-мороженных конечностей краба в зависимости от продолжительности УЗ-обработки и интенсивности излучения УЗ

временно установлено, что обработка крабовых конечностей УЗ или фосфатами способствует увеличению ВУС мяса краба по сравнению с контролем в среднем на 6,0%, что обусловлено изменением ионной силы свободной воды, содержащейся в мышечной ткани крабов.

Выход варёно-мороженных крабовых конечностей, выработанных с использованием УЗ, составил 68,2%, что на 6,3% выше, чем по традиционной технологии (61,9%) и на 1,1%, чем при обработке фосфатами (67,1%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено отсутствие существенных различий в химическом составе мышечной ткани камчатского краба различных районов промысла, что в определённой мере свидетельствует об аналогии исследуемых показателей, это позволяет использовать УЗ для обработки крабового сырья вне зависимости от районов промысла.

Определён диапазон режимных параметров УЗ-обработки крабовых конечностей при мойке: продолжительность УЗ-воздействия в течение 10–22 мин при интенсивности УЗ-излучения от 2 до 6 Вт/см², при которых отмечены максимальные значения качественных показателей готовой продукции, таких, как: КРА — 39,6; БВК — 0,238; нежность мяса краба — 583 см²/г Н; при этом величина влагоотдачи мышечной ткани краба снизилась до 30 см²/г по сравнению с продукцией, выработанной по традиционной технологии.

При оценке эффективности использования УЗ и фосфатов в технологии варёно-мороженных конечностей крабов выявлена идентичность воздействия данных способов обработки на крабовое сырьё, что позволит рассматривать УЗ-обработку как альтернативный способ, исключающий применение фосфатов.

ЛИТЕРАТУРА

- Беззубов А. Д., Гарлинская Е. И., Фридман Б. М. 1964. Ультразвук и его применение в пищевой промышленности. М.: Пищевая промышленность. 196 с.
- Бобылёв Б. К. 1999. Физические факторы, влияющие на обработку гидробионтов в акустическом и ультразвуковом полях // Научные труды Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз. Вып. 12. С. 143–147.
- Воловинская В. П., Кельман Б. Я. 1960. Определение влагопоглощаемости мяса // Мясная индустрия СССР. № 6. С. 47–48.
- Ким Э. Н., Холоша О. А., Лаптева Е. П., Глебова Е. В. 2006. Использование пищевых добавок при производстве продукции из гидробионтов // Известия ТИНРО. Т. 145. С. 328–337.
- Леванидов И. П., Ионас Г. П., Слуцкая Т. Н. 1987. Технология солёных, копчёных и вяленых рыбных продуктов. М.: Агропромиздат. 157 с.
- Литвинова Е. В., Антипова Л. В. 2009. Белки: роль в питании и формировании качества кулинарной продукции. Орёл: Картуш-ПФ. С. 129–137.
- Методики определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов. 2002. М.: Изд-во ВНИРО. С. 107–112.
- Сарафанова Л. А. 2007. Применение пищевых добавок в переработке мяса и рыбы. СПб: Профессия. 256 с.
- Спиричев В. Б., Белаковский М. С. 1989. Фосфор в рационе современного человека и возможные последствия не сбалансированного с кальцием потребления // Вопросы питания. № 1. С. 4–9.
- Федичкина Н. В. 2003. Применение фосфатов при производстве рыбопродукции / В кн.: Голубев В. Н., Кутина О. И. Справочник технолога по обработке рыбы и морепродуктов. СПб: ГИОРД. 192 с.
- Физические основы ультразвуковой технологии. 1970 // В кн: Физика и техника мощного ультразвука. Т. 3. М.: Наука. 266 с.
- Яричевская Н. Н., Харенко Е. Н., Бедина Л. Ф. 2012. Изменение физико-химических показателей варёно-мороженных крабов при различных способах обработки // Хранение и переработка сельхозсырья. М.: Пищевая промышленность. № 6. С. 42–44.
- Kumazawa Y., Oozaki Y., Iwami S., Matsumoto I., Arai K. 1990. Combined Protective Effect of Inorganic Pyrophosphate and Sugar on Freeze-Denaturation of Carp Myofibrillar Protein // Nippon Suisan Gairraishi. N 56. P. 105–113.
- Lebskaya T. K., Dvinin Yu. F. 1997. Assessment of the Chitin-Rich Fraction from Kamchatka Crab (*Paralithodes camtschatica*) Acclimatized in the Barents Sea // Chitin handbook. Grottammare. P. 495–499.
- Park J. W., Lanier T. C. 1987. Combined Effects of Phosphates and Sugar or Polyol on Protein Stabilization of Fish Myofibrils // J. Food Sci. N 52. P. 1509–1513.

Поступила в редакцию 05.08.13 г.
Принята после рецензии 17.01.15 г.

Development of Optimum Parameters of Ultrasonic Processing of Crab Raw Materials in Technology of Frozen Production from Crabs

N. N. Yarichevskaya; E. N. Kharenko; L. F. Fomicheva

Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO, Moscow)

Using the method of mathematical planning of experiments on uniform-rotatable plan of the second order for two variable factors optimized ultrasonic treatment crab limbs that will allow to eliminate food phosphates, used as water-binding agents to improve the quality of the finished product and increase its output and, thereby, to avoid possible negative effects on the human organism. For the main factors that determine the effect of ultrasonic on the quality indicators and yield of cooked-frozen limbs are taken the duration of the ultrasonic treatment of crab raw and the intensity of ultrasound.

Key words: ultrasonic, crabs, optimal ultrasound treatment, quality indicators, yield.

УДК 664.955.2

**Влияние глазирования на качество и безопасность
мороженных ястыков лососёвых рыб при хранении***А. К. Хамзина, Л. Р. Копыленко, Л. Д. Курлапова*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)
e-mail: llkopylenko@mail.ru

В работе приведены данные о влиянии глазирования на качество и безопасность мороженных ястыков лососёвых рыб (на примере горбуши и кеты) при хранении. Установлено, что глазирование ястыков водой или 0,3%-м раствором изоаскорбата натрия сдерживает гидролитические и окислительные процессы липидов, протекающие с большей интенсивностью в поверхностных слоях блоков ястыков. Результаты исследований по содержанию небелковых соединений, фракционного и аминокислотного состава белков, жирнокислотного состава липидов, альдегидного числа и малонового диальдегида позволили научно обосновать сроки годности мороженных ястыков лососёвых рыб, обеспечивающие безопасность и качество в течение 12 месяцев хранения при температуре минус 18 °С. Разработана и утверждена техническая документация на ястыки лососёвые мороженные, в которую включены рекомендации по технологии заготовки глазированных ястыков.

Ключевые слова: икра лососёвая, ястыки рыб, глазирование, качество, безопасность.

ВВЕДЕНИЕ

В России общие объёмы лососёвой икры составляют не менее 8—9 тысяч тонн в год. Поскольку в местах вылова рыбы не успевают перерабатывать ястыки, часть из них замораживают (глазированными или неглазированными) и направляют в центральные регионы страны [Хамзина, 2006].

Литературные данные, касающиеся изменения свойств ястыков лососёвых рыб при замораживании, хранении и дефростации, крайне малочисленны.

Длительное хранение извлечённых из рыбы ястыков сопровождается уменьшением прочности оболочки икринок, снижением вязкости

желточной массы и растворимости белков [Кизеветтер, 1958; Леванидов, Бухрякова, 1963]. Некоторые авторы считают, что уменьшение прочности икринок является следствием действия тканевых ферментов [Быков, 1987; Ершов, 2006]. Однако, чем ниже температура, тем медленнее протекают процессы протеолиза [Быков, 1987]. Ранее нами показано, что активность протеиназ и липаз при значениях pH, свойственных икре лососёвых рыб, при температуре минус 18 °С практически не проявляется [Хамзина, 2012].

Как известно, для замедления процессов окислительной и гидролитической порчи рыбы, икры или ястыков рыб используют одинарное

или двойное глазирование обеззараженной пресной или морской водой с применением антисептиков или антиоксидантов, что позволяет существенно увеличить сроки хранения сырья [Ершов, 2006].

Цель работы — исследование показателей качества и безопасности ястыков неглазированных, глазированных водой и глазированных раствором изоаскорбата натрия при хранении.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объектами исследований являлись ястыки лососёвых рыб — горбуши (*Oncorhynchus gorbusha*, Walb.) и кеты (*Oncorhynchus keta*, Walb.) — мороженные, глазированные пресной водой и глазированные 0,3%-м водным раствором антиоксиданта (изоаскорбата натрия, ИАН) — опытные партии; массовая доля нанесённой глазури составляла 4,5–5%. В качестве контроля использовали ястыки неглазированные.

Массовую долю белка, жира, воды, поваренной соли определяли по ГОСТ 7636–75; содержание азота — по методу Кьельдаля на автоанализаторе «Kieltec-1003» фирмы «Тесатор»; кислотное число жира — по Лазаревскому [1955]; альдегидное число жира (АЧЖ) — по ФС 42–2772–99; относи-

тельное содержание малонового диальдегида (МДА) — по Векшину [2007]; диеновые конъюгаты ненасыщенных жирных кислот — по Костюку [Костюк и др., 1984]; фракционный состав белков ястыков — по Леммли [Laemmli, 1970], аминокислотный состав белков — по Стейну и Муру [Stein, Moore, 1954] на аминокислотном анализаторе АА835 фирмы «Hitachi».

Липиды выделяли по методу Блайя-Дайера [Bligh, Dyer, 1959], жирные кислоты в виде метиловых эфиров (МЭЖК) анализировали на газовом хроматографе GC-16А фирмы «Shimadzu».

Прочность оболочек икринок определяли на реометре фирмы «Fudoh Kogyo Co., LTD» (Япония) по величине предельного сдвига; показатель цветности — на фотоэлектрическом колориметре фирмы «Minolta» (Япония).

Микробиологические показатели, содержание токсичных элементов, хлорорганических пестицидов, гистамина и нитрозаминов определяли стандартными методами.

Пробы отбирали асептически, на каждую пробу проводили по два параллельных посева. Органолептическую оценку проводили по пятибалльной шкале с участием экспертов в области сертификации рыбы и нерыбных объектов промысла.

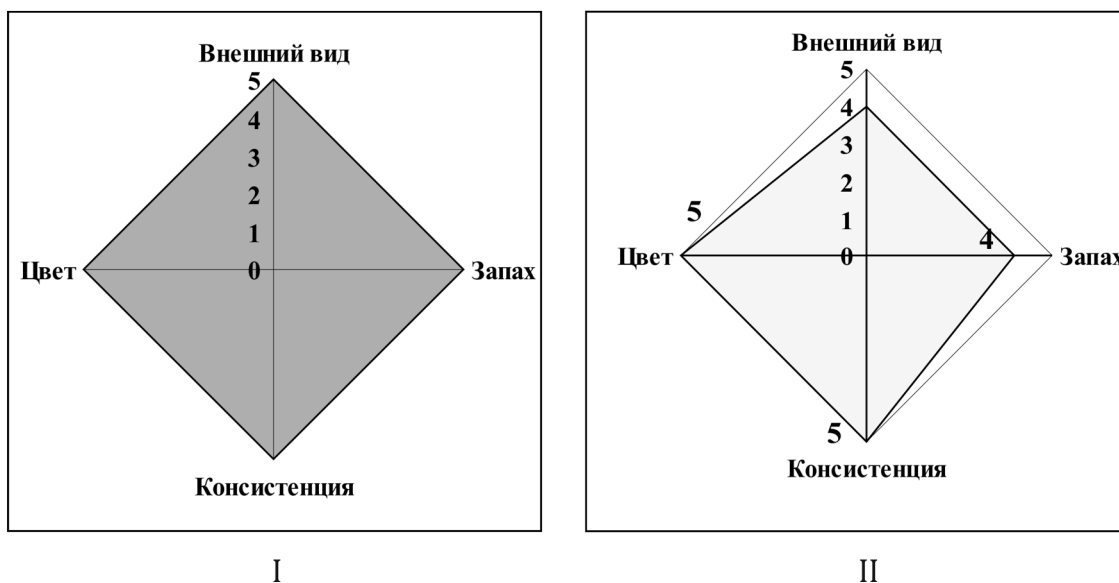


Рис. 1. Органолептическая оценка ястыков мороженных лососёвых неглазированных в процессе хранения:

I — через 1 месяц хранения, II — через 13 месяцев хранения

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Органолептическая оценка мороженных ястыков. Поверхность исследованных партий мороженных ястыков горбуши и кеты через месяц хранения была чистая, ровная, без признаков окисления, в том числе и по краям блока. После размораживания отмечено, что ястыки горбуши и кеты — целые, естественной формы и свойственной им окраски; цвет — светло-оранжевый; запах и консистенция — свойственные данному виду продукции. В течение 12 месяцев хранения нами не отмечено видимых изменений органолептических показателей мороженных ястыков.

Спустя 13 месяцев края блоков ястыков из контрольной партии начинают темнеть, появляется лёгкий запах окислившегося жира (рис. 1).

В отличие от неглазированных ястыков, на ястыках опытных партий горбуши и кеты, глазированных водой и раствором ИАН, по истечении 13 месяцев хранения видимых изменений поверхности блоков не наблюдалось (рис. 2).

После размораживания опытных партий ястыков запах окислившегося жира отсутствовал. Соблюдение условий хранения практически не меняет органолептических показателей.

Физико-химические показатели. Как известно, химический состав ястыков зависит от

ряда факторов: стадии зрелости, места обитания рыбы, сезона добычи, возрастных и физиологических особенностей, срока и условий хранения.

Как видно из представленных данных, массовая доля белка в исследованных образцах ястыков колеблется около 27,5% для горбуши и 30,0% для кеты (табл. 1).

Массовая доля жира в ястыках горбуши и кеты составляет около 12–13%, воды — около 58% в ястыках горбуши, а в ястыках кеты на 1–2% меньше.

Фоновое содержание небелкового азота (НБА) в ястыках горбуши составляет 0,04% от общего азота, азота летучих оснований (АЛО) — 9,6 мг% (табл. 2). В процессе хранения наблюдается монотонное увеличение содержания небелкового азота, значение которого к 13 месяцам хранения увеличивается в 2 раза.

Содержание азота летучих оснований возрастает к 13 месяцам хранения: в ястыках горбуши неглазированных — с 9,63 до 13,21 мг%, в глазированных — до 11,79–11,91 мг%. В ястыках кеты наблюдается аналогичная тенденция изменения определяемых показателей.

Сопоставление полученных данных с литературными показывает, что содержание азота летучих оснований в свежих ястыках лососёвых рыб составляет 6,95 мг%, в свежих ясты-

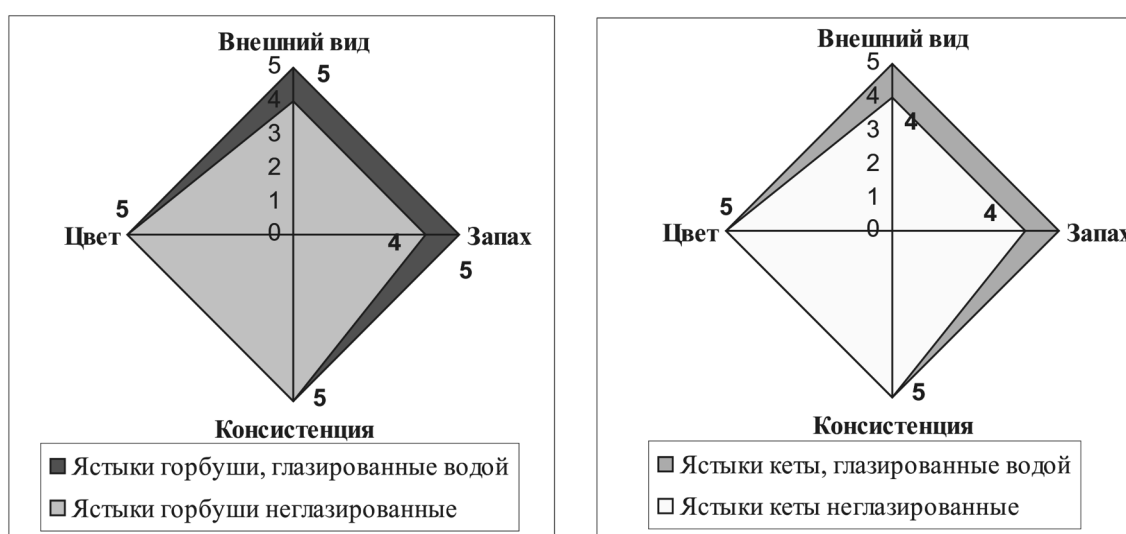


Рис. 2. Органолептическая оценка мороженных ястыков горбуши и кеты неглазированных и глазированных водой после 13 месяцев хранения

Таблица 1. Химический состав мороженных ястыков горбуши и кеты

Наименование образцов	Содержание, %			
	белка	жира	воды	зола
<i>Ястыки горбуши</i>				
Неглазированные	27,46±1,31	12,74±1,04	58,18±0,09	1,62±0,01
Глазированные водой	27,80±1,13	12,16±0,89	57,99±0,09	1,60±0,01
Глазированные 3%-м раствором изоаскорбата натрия	27,61±1,18	11,98±1,37	58,81±0,09	1,60±0,02
<i>Ястыки кеты</i>				
Неглазированные	29,14±1,15	12,81±0,96	56,20±0,08	1,75±0,03
Глазированные водой	30,11±0,72	12,38±0,89	55,84±0,07	1,67±0,01
Глазированные 3%-м раствором изоаскорбата натрия	29,63±0,93	12,67±1,01	55,98±0,08	1,69±0,02

Таблица 2. Изменение физико-химических показателей мороженных ястыков горбуши и кеты при хранении

Срок хранения, месяцы	Неглазированные			Глазированные водой			Глазированные 3%-м раствором ИАН		
	НБА, % от общего азота	АЛО, мг%	pH	НБА, % от общего азота	АЛО, мг%	pH	НБА, % от общего азота	АЛО, мг%	pH
<i>Ястыки горбуши</i>									
0	0,05	9,63	5,71	0,04	9,71	5,79	0,04	9,68	5,75
2	0,06	10,18	5,69	0,05	9,97	5,79	0,06	9,91	5,76
4	0,06	10,74	5,72	0,06	10,19	5,80	0,06	10,02	5,76
6	0,06	11,25	5,71	0,07	10,48	5,78	0,06	10,20	5,77
9	0,09	11,97	5,70	0,07	10,89	5,80	0,07	10,66	5,75
12	0,09	12,53	5,70	0,07	11,45	5,81	0,08	11,24	5,74
13	0,10	13,21	5,69	0,09	11,91	5,80	0,09	11,79	5,75

ках осетра персидского — 8,98 мг%, а в икре радужной форели, хранившейся 3 месяца при температуре минус 3 °С, — 25,48 мг% [Рубцова, 2006].

По мнению Н. А. Никоновой и И. В. Кизеветтера, солёная икра кеты и горбуши считается стандартной, с хорошими вкусовыми качествами при содержании АЛО не более 25,0–60,0 мг% и общей (титруемой) кислотности от 2,5 до 3,5 мг КОН на 1 г жира, а в испорченной икре содержание азота летучих оснований возрастает до 139,7 мг% при общей кислотности 3,76, т.е. увеличение содержания азота летучих оснований влечёт за собой увеличение общей кислотности [Никонина, 1951; Кизеветтер, 1958].

Повышение содержания небелкового азота в 2 раза и АЛО в 1,5 раза при хранении отмечено и для икры минтая [Никитина, 1976]. Наблюдаемые изменения в содержании небелкового азота и АЛО в мороженных ястыках лососёвых рыб свидетельствуют об отсутствии явных гидролитических изменений.

Активная кислотность (рН) мороженных ястыков неглазированных, глазированных водой и раствором ИАН составляла в среднем 5,75 для горбуши и 5,95 для кеты, что согласуется с литературными данными [Bledsoe et al., 2003; Bekhit et al., 2009; Inanli et al., 2010]. В процессе хранения величина рН не изменялась, что не противоречит литературным данным [Рубцова, 2004; Копыленко, 2006].

Определение прочности оболочек икринок показало, что значение этого показателя через 13 месяцев хранения в неглазированных ястыках горбуши снижается с 25 кПа до 19 кПа.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что в процессе хранения мороженных ястыков не обнаружено значительного увеличения содержания небелкового азота и азота летучих оснований. Глазирование ястыков горбуши и кеты водой и 3%-м раствором изоаскорбата натрия не оказывает существенного влияния на содержание небелкового азота и активную кислотность, но сдерживает накопление АЛО при хранении.

Исследование фракционного состава белков икры мороженных ястыков показало, что они содержат 4 крупные фракции с молекулярными массами (мМ) 165, 100, 23 и 17 кДа (килоДальтон). В процессе хранения качественный и количественный состав фракций не изменяется (рис. 3).

Белки мороженных ястыков лососёвых рыб характеризуются полным набором незаменимых и заменимых аминокислот (табл. 3). Из числа незаменимых аминокислот в ястыках кеты и горбуши отмечено высокое содержание, в г/100 г белка соответственно: лейцина — 8,27–8,97, лизина — 6,59–7,19, валина — 5,46–5,74; содержание изолейцина и треонина практически одинаково и колеблется от 4,67–5,09 до 4,67–5,12, содержание триптофана не превышает 1 г/100 г белка. Из числа заменимых преобладают такие кислоты, как глутаминовая — около 10 г/100 г белка и аспарагиновая — около 9 г/100 г белка.

Результаты исследований согласуются с литературными данными относительно достаточно высокого содержания (около 50%) незаменимых аминокислот в составе белков икры лососёвых рыб [Вахрушева и др., 1986; Рубцова, 2004; Копыленко, 2006; Al-Holy, Rasco, 2006; Mol, Turan, 2008; Bekhit et al., 2009].

Полученные данные характеризуют стабильность аминокислотного состава белков мороженных ястыков горбуши и кеты при хранении независимо от глазирования, что также свидетельствует об отсутствии выраженных гидролитических изменений белков.

При изучении интенсивности окислительных и гидролитических процессов в липидах мороженных ястыков горбуши и кеты установлено, что в контрольных и опытных образцах мороженных ястыков фоновое значение кислотного числа жира составило 3,8–4,0 мг КОН/г жира (рис. 3). Через 13 месяцев хранения значение этого показателя для ястыков горбуши неглазированных, глазированных водой и раствором изоаскорбата натрия составило 9,03, 8,86 и 8,67 мг КОН/г жира соответственно.

Поскольку к концу срока хранения наблюдается поверхностное окисление краев блока ястыков, мы определили кислотное число жира (КЧЖ) в поверхностных (ПС) и внутренних слоях (ВС) блоков ястыков кеты и горбуши неглазированных, глазированных водой и раствором ИАН.

Как видно на рис. 4, через четыре месяца хранения кислотные числа липидов ястыков горбуши, глазированных водой и раствором

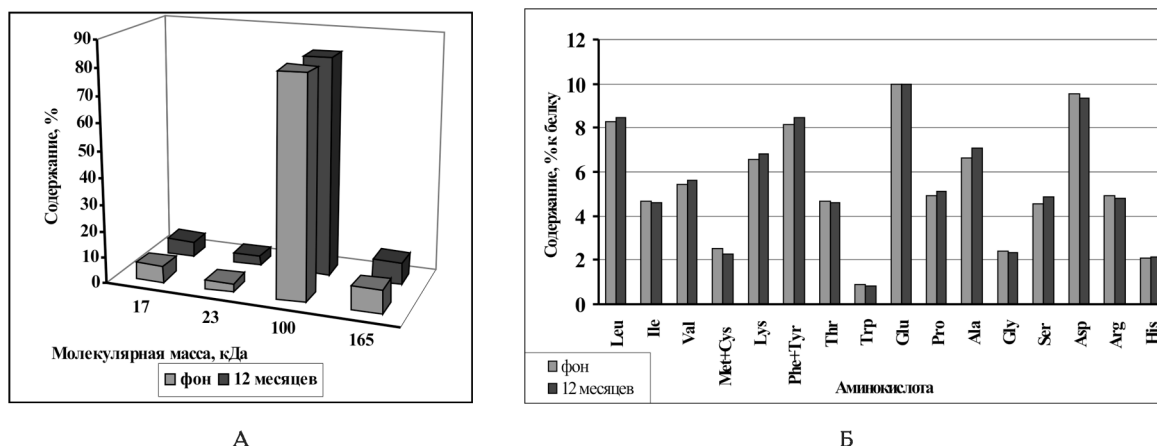


Таблица 3. Жирнокислотный состав липидов мороженных ястыков горбуши в процессе хранения, % от суммы

Название	Шифр	Ястыки неглазированные		Ястыки, глазированные водой		Ястыки, глазированные раствором ИАН	
		Срок хранения, месяцы					
		фон	12	фон	12	фон	12
Лауриновая	12:0	0,13	0,08	0,14	0,09	0,13	0,09
Тридекановая	13:0	0,07	0,05	0,06	0,05	0,07	0,06
Миристиновая	14:0	6,39	6,48	6,45	6,51	6,42	6,49
Пентадекановая	15:0	0,83	0,81	0,80	0,78	0,81	0,79
Пальмитиновая	16:0	15,99	16,02	15,90	15,98	15,95	16,01
Гептадекановая	17:0	0,47	0,57	0,50	0,61	0,51	0,60
Стеариновая	18:0	3,65	4,30	3,73	4,41	3,59	4,28
Нонадекановая	19:0	0,34	0,24	0,35	0,34	0,31	0,30
Арахиновая	20:0	0,13	0,20	0,14	0,18	0,13	0,18
Генейкозапентаеновая	21:0	0,34	0,24	0,30	0,28	0,31	0,29
Докозановая	22:0	0,29	0,22	0,33	0,25	0,28	0,21
Миристоолеиновая	14:1	0,14	0,20	0,15	0,19	0,13	0,18
Пальмитоолеиновая	16:1	10,79	10,82	10,83	10,85	10,78	10,84
Олеиновая	18:1	20,98	20,78	20,95	20,74	20,99	20,76
Эйкозаеновая	20:1	3,87	5,91	3,84	5,90	3,90	5,95
Эруковая	22:1	2,43	2,55	2,40	2,54	2,47	2,59
Нервоновая	24:1	0,15	0,00	0,13	0,00	0,16	0,00
Гексадекадиеновая	16:2	0,78	0,58	0,70	0,56	0,72	0,65
Линолевая	18:2	2,27	2,24	2,23	2,19	2,25	2,20
Эйкозодиеновая	20:2	0,53	0,49	0,50	0,42	0,57	0,50
Докозодиеновая	22:2	0,42	0,46	0,40	0,43	0,46	0,49
Гексадекатриеновая	16:3	0,15	0,12	0,16	0,14	0,14	0,12
Линоленовая	18:3	1,46	1,44	1,48	1,40	1,44	1,41
Эйкозатриеновая	20:3	0,82	0,85	0,87	0,90	0,81	0,83
Докозатриеновая	22:3	0,06	0,24	0,07	0,21	0,06	0,27
Гексадекатетраеновая	16:4	0,13	0,18	0,12	0,15	0,14	0,19
Октадекатетраеновая	18:4	1,49	1,31	1,50	1,35	1,47	1,33
Арахидоновая	20:4	2,24	2,26	2,22	2,25	2,21	2,22
Докозатетраеновая	22:4	0,04	0,12	0,04	0,10	0,03	0,11
Эйкозапентаеновая	20:5	7,20	6,99	7,22	7,04	7,17	6,93
Генейкозапентаеновая	21:5	1,16	1,06	1,18	1,10	1,15	1,09
Докозапентаеновая	22:5	1,38	1,28	1,34	1,25	1,39	1,30
Докозагексаеновая	22:6	12,91	12,67	12,94	12,70	12,88	12,71
Σ насыщенных		28,63	29,21	28,70	29,48	28,51	29,30
Σ мононенасыщенных		38,37	40,06	38,30	40,22	38,43	40,32
Σ полиненасыщенных		33,04	32,29	32,97	32,19	32,89	32,35
Σ эссенциальных		5,97	5,94	5,63	5,84	5,86	5,83
Σ ω3		25,14	24,65	25,26	24,74	25,04	24,66
Σ ω6		7,90	7,64	7,71	7,45	7,85	7,69

изоаскорбата натрия (поверхностный слой) и неглазированных (внутренний слой), практически одинаковы 4,7–5,1 мг КОН/г жира. В то же время в поверхностном слое неглазированных образцов значение этого показателя незначительно выше — 5,8 мг КОН/г жира.

На фоне плавного увеличения кислотных чисел в глазированных ястыках до 5,2–5,6 мг КОН/г жира к шести месяцам хранения наблюдается значительное увеличение кислотного числа в поверхностных слоях неглазированных ястыков до 7,1 мг КОН/г жира. К концу срока хранения (12–13 месяцам) значение кислотного числа липидов в образцах ястыков неглазированных возрастает в поверхностных слоях до 10,0 мг КОН/г жира и во внутренних слоях — до 7,6 мг КОН/г жира. Через 12 месяцев хранения самые низкие значения кислотных чисел отмечены во внутренних слоях образцов ястыков горбуши, глазированных раствором изоаскорбата натрия, — 6,78 мг КОН/г жира, что на 20% ниже, чем в ястыках горбуши, глазированных водой.

Для мороженных ястыков кеты при глазировании раствором изоаскорбата натрия наблюдается более выраженная тенденция снижения кислотного числа жира.

Результаты исследований альдегидного числа жира показывают, что значение этого показателя для всех образцов ястыков горбуши в начале срока хранения составило 1,87–2,0 мг коричневого альдегида в 100 г жира; к 12 месяцам хранения оно увеличилось до 3,2 и 2,8 мг соответственно для ястыков, глазированных водой и раствором изоаскорбата натрия, а для неглазированных ястыков возросло до 3,6 мг. Таким образом, в сравнении с неглазированными ястыками глазирование ястыков горбуши водой снижает значение альдегидного числа на 11%, а глазирование раствором изоаскорбата натрия — более чем на 20%.

Глазирование мороженных ястыков кеты водой к концу срока хранения снижает значение альдегидного числа на 23%, а глазирование раствором изоаскорбата натрия — на 37% (рис. 5).

Многочисленные литературные данные свидетельствуют о том, что процессы свободнорадикального окисления липидов, в частности перекисного окисления липидов (ПОЛ),

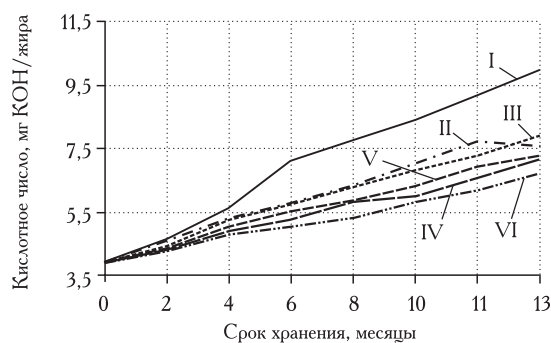


Рис. 4. Изменение КЧЖ при хранении мороженных ястыков горбуши:

I — неглазированные ястыки (ПС); II — неглазированные ястыки (ВС); III — глазированные водой (ПС); IV — глазированные водой (ВС); V — глазированные 3%-м раствором ИАН (ПС); VI — глазированные 3%-м раствором ИАН (ВС)

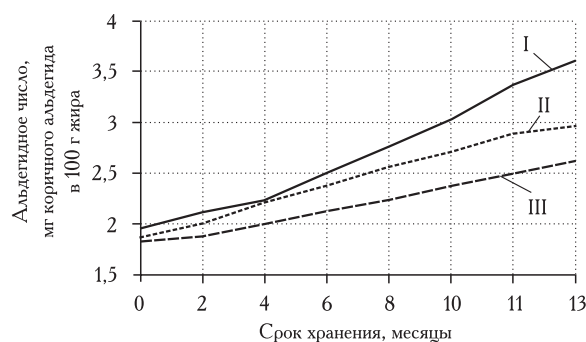


Рис. 5. Изменение АЧ мороженных ястыков кеты:

I — неглазированные, II — глазированные водой, III — глазированные 3%-м раствором ИАН при хранении

могут сопровождаться возрастанием значений малонового диальдегида и диеновых конъюгатов ненасыщенных жирных кислот [Владимиров, Арчаков, 1972; Владимиров, 1989; Varlik et al., 1993; Векшин и др., 2007].

Первичные свободные радикалы вызывают окисление ненасыщенных жирных кислот, в результате чего образуются гидроперекиси, которые в дальнейшем распадаются на вторичные и конечные продукты ПОЛ: ДК жирных кислот, МДА. Наиболее простым и адекватным способом оценки повышенного уровня ПОЛ является тест с тиобарбитуровой кислотой (ТБК), при этом основным соединением, реагирующим с ТБК, является МДА, образующийся при окислении полиненасыщенных жирных кислот, имеющих 2–3 двойные диеновые связи.

Определение относительного содержания малонового диальдегида показало, что фоновое

значение его для мороженных ястыков горбуши и кеты составляло около 0,084 относительных единиц (ОЕ). В процессе хранения ястыков неглазированных и глазированных водой наблюдалось постепенное увеличение значения этого показателя и сохранялась тенденция, характерная для изменения кислотного и альдегидного чисел жира.

Однако в ястыках, глазированных раствором аскорбата натрия, на протяжении хранения значение МДА было выше, чем в неглазированных и глазированных водой ястыках (рис. 6).

Вероятнее всего, это можно объяснить тем, что аскорбиновая кислота и её соли при определённых условиях обладают способностью ускорять процесс образования МДА, что было показано в работах [Владимиров, 1989;

Базарнова, Веретнов, 2004; Векшин, 2007; Гераскин и др., 2010].

К перечню показателей, характеризующих изменение липидов при хранении пищевых продуктов, относят и перекисные числа. В то же время мы не наблюдали чёткой зависимости изменения перекисных чисел в процессе хранения мороженных ястыков, по-видимому, из-за того, что перекиси являются первичными продуктами окисления липидов и в процессе хранения претерпевают изменения, которые носят экспоненциальный характер. Эти результаты сопоставимы с данными, согласно которым окисление жира и его прогорклость не во всех случаях дают положительную пробу на перекиси [Базарнова, Веретнов, 2004].

Несмотря на имеющиеся литературные данные, касающиеся образования диеновых конъюгатов ненасыщенных жирных кислот в различных биологических системах при ПОЛ, нам не удалось обнаружить корреляцию изменений этого показателя со значениями кислотного, альдегидного чисел и МДА в процессе хранения мороженных ястыков.

Для неглазированных и глазированных водой ястыков горбуши при хранении прослеживается явная корреляция в изменении МДА, кислотного и альдегидного чисел жира. Изменение значения малонового диальдегида в ястыках горбуши при хранении отражает протекающие процессы перекисного окисления [Cho et al., 1987]. Таким образом, экспериментально подтверждено, что малоновый диальдегид так же, как кислотное и альдегидное числа жира, можно рекомендовать в качестве простого и адекватного показателя перекисного окисления липидов в ястыках мороженных при хранении, тем более, что метод определения МДА является экспрессным и менее трудоёмким.

Результаты исследований показателей, ответственных за гидролитические и окислительные изменения липидов в процессе хранения мороженных ястыков, — кислотного и альдегидного чисел, а также относительного содержания малонового диальдегида свидетельствуют о том, что в процессе хранения ястыков наблюдается увеличение значений исследованных показателей, в большей степени заметное для поверхностных слоев блоков неглазированных ястыков.

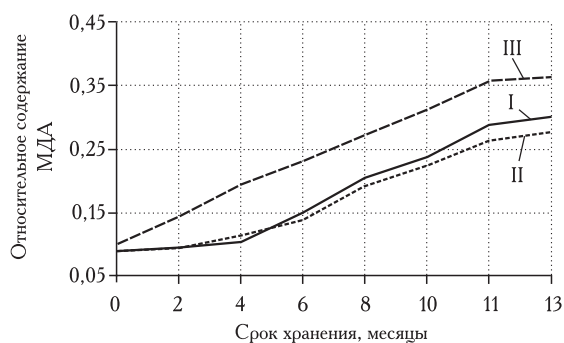


Рис. 6. Изменение относительного содержания МДА в процессе хранения мороженных ястыков кеты: I — неглазированные, II — глазированные водой, III — глазированные 3%-м раствором ИАН

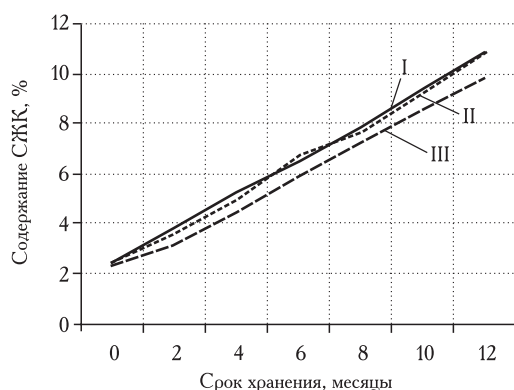


Рис. 7. Изменение содержания СЖК в мороженных ястыках горбуши при хранении: I — неглазированные, II — глазированные водой, III — глазированные антиоксидантом

В процессе хранения мороженных ястыков как глазированных, так и неглазированных наблюдается увеличение содержания свободных жирных кислот (СЖК), характеризующих степень гидролитической порчи жира (рис. 7).

Если фоновое содержание СЖК составило 2,3%, то спустя 13 месяцев хранения значение этого показателя в неглазированных ястыках и глазированных водой увеличилось до 11%, в то время как в глазированных раствором изоскорбата натрия — до 9%.

Как видно из табл. 3, в липидах мороженных ястыков горбуши нами идентифицировано более 40 жирных кислот.

Жирнокислотный состав липидов икры горбуши представлен насыщенными кислотами, которые составляют 28–29% от суммы жирных кислот, моновенасыщенными — 38–40% и полиненасыщенными — 32–33%. Основными насыщенными кислотами являются пальмитиновая — 15,9%, миристиновая (14:0) — 6,45% и стеариновая (18:0), доля которой не превышает 4,4%.

Высокий уровень суммы моновенасыщенных жирных кислот липидов горбуши (38,4%) обусловлен высокой долей олеиновой кислоты 18:1 — около 20% и пальмитолеиновой 16:1 — около 10% [Копыленко, Хамзина, 2010; Kaitaranta, Ackman, 1981].

В группе полиненасыщенных жирных кислот доминирующими являются: докозагексаеновая 22:6—12,9% и эйкозапентаеновая 20:5—7,2%. В липидах ястыков лососёвых содержится большое количество полиненасыщенных жирных кислот, которые очень чувствительны к окислению, особенно кислоты семейства $\omega 3$.

Однако в процессе хранения не было выявлено существенных изменений суммы кислот $\omega 3$ в липидах мороженных ястыков.

В составе жирных кислот липидов идентифицировано около 6% незаменимых жирных кислот: линолевой (18:2), линоленовой (18:3) и арахидоновой (20:4), составляющих витамин F.

В процессе хранения не было выявлено изменений в жирнокислотном составе липидов ястыков горбуши. При этом не обнаружено влияния глазирования и состава глазури на жирнокислотный состав липидов мороженных

ястыков при хранении. Следует отметить, что в проведённых ранее исследованиях мы также не отмечали изменений в жирнокислотном составе липидов лососёвой икры, в которой ощущался привкус окислившегося жира.

Показатели безопасности. Результаты экспертизы показали, что разные партии ястыков лососёвых рыб через 1 или 2 месяца после замораживания могут значительно отличаться по общей микробиальной обсеменённости — от $1,8 \times 10^2$ до $1,3 \times 10^4$ КОЕ/г (колониеобразующие единицы на грамм).

В исследованных нами партиях мороженных ястыков горбуши и кеты общая микробиальная обсеменённость в начале хранения составляла от $1,0 \times 10^1$ до $2,5 \times 10^2$ КОЕ/г.

В процессе двух месяцев хранения количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в ястыках горбуши и кеты, неглазированных и глазированных после замораживания, составляло $1,8 \times 10^2$ — $8,5 \times 10^2$ КОЕ/г (табл. 4). В процессе хранения при температуре минус 18 °С общая обсеменённость оставалась практически стабильной и не превышала нормируемого значения 5×10^4 .

Ни в одной партии мороженных ястыков в течение всего периода испытаний нами не были выделены такие микроорганизмы, как: *Proteus* в 0,1 г, сульфитредуцирующие кластридии в 0,01 г, патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонелла в 25 г, *L. Monocytogenes* в 25 г, *V. parahaemolyticus* в 1,0 г, а также плесени и дрожжи в 1 г, которые регламентируются требованиями СанПиН 2.3.2.1078—01.

Содержание токсичных элементов, хлорорганических пестицидов, полихлорированных бифенилов в исследованных образцах ястыков лососёвых не превышало нормируемых значений. Из числа регламентируемых показателей в хранении может возрастать только содержание гистамина и нитрозаминов. Как показали результаты исследований (табл. 5), содержание гистамина незначительно возрастает в ястыках горбуши и кеты, содержание N-нитрозаминов в процессе хранения составляет менее 0,002 мг/кг, но остаётся ниже регламентируемых значений, что согласуется с ранее полученными данными [Rehana, 2008].

Таблица 4. Общая микробная обсеменённость ястыков кеты и горбуши при хранении

Наименование образцов	КМАФАнМ, КОЕ в 1,0 г				
	Срок хранения, месяцы				
	0	6	8	10	13
Ястыки кеты неглазированные	$1,8 \times 10^2 - 3,8 \times 10^2$	$2,3 \times 10^2 - 4,4 \times 10^2$	$3,7 \times 10^2 - 4,2 \times 10^2$	$3,5 \times 10^2 - 4,5 \times 10^2$	$2,9 \times 10^2 - 4,6 \times 10^2$
Ястыки кеты, глазированные водой	$2,5 \times 10^2 - 4,7 \times 10^2$	$1,9 \times 10^2 - 4,2 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2 - 4,3 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2 - 4,5 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2 - 4,2 \times 10^2$
Ястыки кеты, глазированные 0,3%-м раствором ИАН	$2,6 \times 10^2 - 4,0 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2 - 3,9 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2 - 4,0 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2 - 3,8 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2 - 3,9 \times 10^2$
Ястыки горбуши неглазированные	$6,9 \times 10^2 - 8,5 \times 10^2$	$7,0 \times 10^2 - 8,9 \times 10^2$	$7,4 \times 10^2 - 8,8 \times 10^2$	$7,1 \times 10^2 - 8,8 \times 10^2$	$7,0 \times 10^2 - 8,7 \times 10^2$
Ястыки горбуши, глазированные водой	$6,3 \times 10^2 - 8,0 \times 10^2$	$6,9 \times 10^2 - 8,5 \times 10^2$	$7,0 \times 10^2 - 8,4 \times 10^2$	$6,9 \times 10^2 - 7,9 \times 10^2$	$6,5 \times 10^2 - 7,8 \times 10^2$
Ястыки горбуши, глазированные 0,3%-м раствором ИАН	$5,9 \times 10^2 - 8,5 \times 10^2$	$7,0 \times 10^2 - 8,9 \times 10^2$	$7,4 \times 10^2 - 8,7 \times 10^2$	$7,5 \times 10^2 - 8,8 \times 10^2$	$7,3 \times 10^2 - 8,6 \times 10^2$

Таблица 5. Показатели безопасности мороженных ястыков горбуши и кеты

Наименование определяемого показателя	ПДК по НД	Ястыки горбуши		Ястыки кеты	
		1 мес. хранения	13 мес. хранения	1 мес. хранения	13 мес. хранения
Токсичные элементы, мг/кг, не более					
Кадмий	1,0	0,04	0,04	0,06	0,06
Свинец	1,0	0,06	0,06	0,08	0,08
Мышьяк	1,0	0,10	0,12	0,12	0,10
Ртуть	0,2	0,04	0,04	0,05	0,06
Токсичные соединения, мг/кг, не более					
ГХЦГ (α, β, γ)	0,2	0,003	0,002	0,003	0,004
ДДТ и метаболиты	2,0	0,011	0,010	0,009	0,010
ПХБ	2,0	0,012	0,010	0,015	0,013
Гистамин	100	20,7	24,6	21,1	26,7
N-нитроамины	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

Мороженные ястыки лососёвых рыб на протяжении 12 месяцев хранения по регламентируемым показателям безопасности — содержанию токсичных элементов, хлорорганических токсикантов и гистамина соответствуют Единым требованиям Таможенного союза.

На основании проведённых исследований разработана и утверждена техни-

ческая документация на ястыки лососёвые мороженные — технические условия ТУ 9264-110-00472124-10 «Ястыки лососёвые мороженные» и технологическая инструкция, в которую включены рекомендации по технологии заготовки глазированных ястыков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов комплексных исследований выявлены изменения органолептических и физико-химических показателей мороженных ястыков лососёвых рыб, на примере горбуши и кеты, неглазированных, глазированных водой и глазированных раствором антиоксиданта — изоаскорбата натрия, в процессе хранения.

Установлено, что глазирование ястыков водой или 0,3%-м раствором изоаскорбата натрия сдерживает гидролитические и окислительные процессы липидов, протекающие с большей интенсивностью в поверхностных слоях блоков мороженных ястыков.

При этом эффективность глазирования ястыков раствором изоаскорбата натрия значительно выше, чем при использовании воды.

Экспериментально подтверждено, что малоновый диальдегид можно рекомендовать в качестве простого и адекватного показателя перекисного окисления липидов в мороженных ястыках лососёвых рыб при хранении, тем более, что метод определения МДА является экспрессным и менее трудоёмким.

Результаты проведённых нами исследований по широкому числу показателей, а именно: небелковым соединениям, активной кислотности, фракционному и аминокислотному составу белков, жирнокислотному составу липидов, кислотным и альдегидным числам, малоновому диальдегиду — позволили научно обосновать необходимость глазирования мороженных ястыков водой и перспективность глазирования 3%-м раствором антиоксиданта — изоаскорбата натрия.

Глазирование ястыков будет способствовать улучшению качества зернистой лососёвой икры из мороженных ястыков за счёт сохранения их качества при хранении.

ЛИТЕРАТУРА

- Базарнова Ю. Г., Веретнов Б. Я. 2004. Ингибирование радикального окисления пищевых жиров флавоноидными антиоксидантами // Вопросы питания. № 3. С. 35–40.
- Быков В. П. 1987. Изменения мяса рыбы при холодильной обработке. М.: ВО Агропромиздат. 221 с.
- Вахрушева М. Н., Будаева Г. В., Репина З. С. 1986. Биологическая ценность белков икры горбуши и изменение её при хранении // Сб. науч. трудов «Исследование по технологии гидробионтов дальневосточных морей». Владивосток: Изд-во ТИНРО. С. 10–13.
- Векшин Н. А., Ревин А. Ф., Лазарева Н. В. 2007. Определение перекисного окисления липидов в говядине тиобарбитуровым тестом на малоновый диальдегид // М.: Мясные технологии. № 3. С. 44–45.
- Владимиров Ю. А. 1989. Роль нарушений свойств липидного слоя мембран в развитии патологических процессов // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. № 4. С. 7–19.
- Владимиров Ю. А., Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. М.: Медиа сфера. 115 с.
- Гераскин П. П., Металлов Г. Ф., Аксёнов В. П., Галлактинова М. А. 2010. Влияние загрязнения Северного Каспия на интенсивность перекисного окисления липидов и активность цитохромоксидазы печени и мышц осетровых рыб // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. № 2. С. 88–97.
- Ершов А. М. 2006. Технология рыбы и рыбных продуктов. Санкт-Петербург: Гиорд. 944 с.
- Кизеветтер И. В. 1958. Технология лососёвой и чистиковой солёной икры. М.: Пищепромиздат. 127 с.
- Копыленко Л. Р. 2006. Научное обоснование и разработка технологии консервирования икры осетровых и лососёвых рыб. Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. М.: Изд-во ВНИРО. 310 с.
- Копыленко Л. Р., Хамзина А. К. 2010. Жирнокислотный состав липидов ястыков мороженных при хранении // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Принципы пищевой комбинаторики — основа моделирования поликомпонентных пищевых продуктов», г. Углич. С. 282–283.
- Костюк В. А., Потапович А. И., Лунец Е. Ф. 1984. Спектрофотометрическое определение диеновых конъюгатов // Вопросы медицинской химии. № 4. С. 125–127.
- Лазаревский А. А. 1955. Техно-химический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. М.: Пищепромиздат. 519 с.
- Леванидов И. П., Бухрякова Л. К. 1963. Физико-химические свойства икры лососёвых // Известия ТИНРО. Владивосток. Т. 19. С. 201–214.
- Никитина И. Н., Орехова Н. В. 1976. Влияние низких температур хранения на свойства икры минтая // Известия ТИНРО. Т. 99. С. 23.
- Никонова Н. А. 1951. Определение качества солёной лососёвой икры по химическим показателям // Известия ТИНРО. Т. 34. С. 195–205.
- Рубцова Т. Е. 2004. Обоснование и разработка технологии пастеризованной икры лососёвых рыб.

- Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М.: Изд-во ВНИРО. 161 с.
- Хамзина А.К. 2012. Обоснование и разработка технологии икры лососёвой зернистой из мороженных ястыков. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М.: Изд-во ВНИРО. 155 с.
- Bekhit A.E.-D.A., Morton J.D., Dawson C.O., Zhao J.H., Lee H.Y.Y. 2009. Impact of Maturity on the Physicochemical and Biochemical Properties // Food Chemistry. Vol. 117. P. 318–325.
- Bledsoe G.E., Bledsoe C.D., Rasco D.A. 2003. Caviar and Fish Roe Products // Crit. Rev. Food Sci. Vol. 43 (2). P. 233–271.
- Bligh E.G., Dyer W.J. 1959. A Rapid Method for Total Lipid Extraction and Purification // Can. J. Bioc. Physiol. Vol. 37. P. 911–918.
- Cho S.-Y., Miyashita K., Miyazawa T., Fujimoto K., Kaneda T. 1987. Autooxidation of Ethyl Eicosapentaenoate and Docosahexaenoate // Journal of the American Oil Chemists' Society. Vol. 64. P. 876–879.
- Inanli A.G., Coban Ö.E., Dartay M. 2010. The Chemical and Sensorial Changes Inrainbow Trout Caviar Salted in Different Ratios during Storage // Fisheries Science. Vol. 76. P. 879–883.
- Kaitaranta J.M., Ackman K.L. 1981. Total Lipids and Lipid Classes of Fish Roe // Comp. Biochem. Physiol. Vol. 69B. P. 1303–1308.
- Laemmli U.K. 1970. Cleavage of the Head of Structural Protein during Assembly of the Head of Bacteriophage T-4 // Nature. V. 227. London. P. 680–685.
- Mol S., Turan S. 2008. Comparison of Proximate, Fatty Acid and Amino Acid Compositions of Various of Fish Roes // Int. Journal of Food Properties. Vol. 11. № 3. P. 669–677.
- Al-Holy M.A., Rasco B.A. 2006. Characterization of Salmon (*Oncorhynchus keta*) and Sturgeon (*Acipenser transmontanus*) Caviar Proteins // Journal of Food Biochemistry. Vol. 30. P. 422–428.
- Stein W.H., Moore S. 1954. The Free Amino Acids of Human Blood Plasma // J. Biol. Chem. Vol. 211. P. 915–928.
- Varlik C., Uğur M., Gökoğlu N., Gün H. 1993. Quality Control Principles and Methods in fish Association of Food Technology. Istanbul: Istanbul University. № 17. 174 p.
- Rehana I. 2008. Determination of Selected and Potentially Hazardous Elements in Caviar // World Applied Sciences Journal. Vol. 5 (2). P. 189–192.

Поступила в редакцию 20.01.15 г.
Принята после рецензии 18.02.15 г.

The Impact of Glazing on the Quality and Safety of Frozen Roe of Salmon During the Storage

A.K. Khamzina, L.R. Kopylenko, L.D. Kurlapova

Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO, Moscow)

The article shows the impact of glazing on the quality and safety of frozen salmon ovaries during the storage (for example, *Oncorhynchus gorbusha* and *Oncorhynchus keta*). It was found that the water-glazed ovaries or 0,3% solution of i-aNa inhibits the hydrolytic and oxidative lipid processes that occur with greater intensity in the surface layers of frozen ovaries block. The results of studies on the content of non-protein compounds, fractional and amino acid composition of proteins, fatty acid composition of lipids, the aldehyde and malondialdehyde have allowed to give scientific credence of shelf life of frozen salmon ovaries to ensure the safety and quality during the 12 months of storage at minus 18 °C. Technical documentation of frozen salmon ovaries was developed and approved, it includes recommendations on technology of glazed frozen ovaries.

Key words: caviar, salmon, ovaries, glazing, quality, safety.

УДК 664.955.2

**Предварительная обработка сушёной икры летучих рыб
для обеспечения безопасности готовой продукции***Е.А. Ахмерова¹, Л.Р. Копыленко², Л.Д. Курлапова²*¹ Российский Университет дружбы народов (РУДН, г. Москва)² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)

e-mail: llkopylenko@mail.ru

В статье приведены данные исследований сушёной и солёной икры летучих рыб по микробиологическим показателям. Разработаны рациональные параметры предварительной технологической обработки сушёной икры летучих рыб. Предварительная обработка сушёной икры летучих рыб позволит обеспечить микробиальную безопасность готовой продукции.

Ключевые слова: качество, безопасность, сушёная икра летучих рыб, микробиологические показатели, анолит.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в России широкое распространение получила восточная кухня с использованием икры летучих рыб, которую импортируют из Китая, Индонезии, Японии, Перу [Ахмерова, Копыленко, 2012].

В связи удалённостью от мест реализации сырьё подвергают обработке, в основном сушке. Икру, собранную с субстрата в выметанном виде, отделяют от филантов путём протирания на сите, моют в морской воде и сушат на солнце до содержания воды 18–20%.

Для получения солёной сушёной икры её после отделения от филантов моют, солят, отделяют от образовавшегося тузлука и сушат до содержания 25–30% воды и 8–10% поваренной соли. В результате солёный замороженный полуфабрикат содержит до 70% воды и от 10 до 19% соли.

Упакованную в пакеты икру хранят от плюс 5 до минус 18 °С. На местах переработки икру промывают, восстанавливают до солёности 2,0–3,0%, после чего замораживают и хранят до использования [Ming-Ho Huang, 2011].

Из общих объёмов икры летучих рыб, составляющих не менее 2 тыс. т в год, большая доля приходится на икру, изготавливаемую из сушёной и солёной сушёной икры [Ахмерова, 2013].

Анализ нормативных документов показывает, что в «Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требованиях к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)», а также в СанПиН 2.3.2.78–01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» отсутствуют требования на импортируемую сушёную и солёную сушёную икру

летучих рыб. Сушёная икра для России является новым видом сырья, и техническая документация на изготовление из этого сырья солёной икры летучих рыб до настоящего времени отсутствовала.

Результаты экспертизы икры летучих рыб, проводившейся в Испытательной лаборатории «ВНИРО-Тест» в 2011–2012 гг., свидетельствовали о достаточно высокой микробиальной обсеменённости образцов сушёной икры летучих рыб, о наличии бактерий группы кишечных палочек и сульфитредуцирующих бактерий. В то же время в образцах солёной сушёной икры микробиальная обсеменённость была значительно ниже, бактерии группы кишечных палочек и сульфитредуцирующие бактерии отсутствовали; значения микробиологических показателей образцов не превышали уровни, допустимые для вяленой икры. Результаты испытаний указывали на необходимость предварительной обработки сушёного полуфабриката, направляемого на изготовление готовой продукции, для обеспечения её микробиальной безопасности.

Цель работы — обоснование способа предварительной технологической обработки сушёной икры летучих рыб для обеспечения безопасности готовой продукции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В качестве объектов исследования использовали образцы сушёной икры-полуфабриката летучих рыб семейства Euxostidae.

Из существующих способов обработки были рассмотрены следующие:

воздействие ультрафиолетовым излучением;

воздействие ультразвуком;

тепловая обработка;

промывание солевыми растворами различной плотности;

промывание электрохимически обработанной водой — анолитом.

Известно, что ультрафиолетовое излучение в диапазоне 205–315 нанометров обладает бактерицидным действием, которое основывается на фотохимических реакциях, происходящих в структуре молекул нуклеиновых кислот и приводящих к необратимым повреждениям клеточных стенок микроорганизмов.

Для обработки ультрафиолетовыми лучами образцы сушёной икры массой 50 г распределяли на стеклянной поверхности площадью 100 см² и обрабатывали ультрафиолетовыми лучами с длиной волны около 260 нм с использованием лампы ОБН-75 в течение 10, 20 и 30 мин [Инструкция..., 2002].

Основываясь на литературных данных о применении ультразвука в пищевой промышленности для обеззараживания, сушёную икру обрабатывали ультразвуком на установке Ultrasonic Cleaner ns 200-6, Nihonseiki Kaisa, Ltd. Условия обработки: гидромодуль 1:5, продолжительность 10 и 30 мин, температура воды 20 °С, частота — 50 Гц.

Как известно, тепловая обработка обеспечивает гибель вегетативных форм микроорганизмов при температуре 60 °С в течение 60 мин или при температуре 70–80 °С в течение 20–30 мин.

Пастеризацию проводили при температуре 60 °С, используя суховоздушный шкаф с обдувом HS 61 A (Германия). После достижения в сушёной икре температуры 60 °С образцы выдерживали при этой температуре в течение 30, 60 и 90 мин.

Для промывания сушёной икры с фоновой микробиальной обсеменённостью 5×10^5 КОЕ/г (колониеобразующие единицы на грамм), с наличием бактерий группы кишечных палочек в 0,01 г и сульфитредуцирующих бактерий в 1,0 г использовали растворы поваренной соли плотностью 1,005; 1,013 и 1,020 г/см³, в качестве контроля — воду.

При выборе гидромодуля для промывания сушёной икры были учтены результаты предварительных испытаний, которые показали, что икра при восстановлении (набухании) увеличивается в 4 раза. Для исследований были выбраны следующие параметры: гидромодуль «икра: раствор» — 1:10, пятикратное промывание, параметры перемешивания — 5 мин, скорость вращения лопастей 120 и 200 об./мин, температура — не выше 10 °С. После каждого промывания икру откидывали на сито на 5 мин.

В качестве электрохимически обработанной воды использовали раствор анолита с рН 3,7, обладающий, как известно, выраженными бактерицидными свойствами широ-

кого спектра действия. Работами В.Г. Ежова с коллегами [1997, 1998] было показано, что анолит не оказывает отрицательного действия на органолептические свойства икры лососёвых и осетровых рыб.

Приготовление анолита осуществляли путём обработки воды в анодной камере дифрагменного электролизера АП-1, при этом на выходе из анодной камеры устанавливали значение рН раствора анолита — 3–4, температура не превышала 15–20 °С.

Сушёную икру летучих рыб помещали в сетчатую корзину с ячейёй 0,8–0,9 мм. Обработку проводили в два этапа. На первом этапе корзину с икрой помещали в ёмкость с электрохимически активированной водой рН 3–4 и выдерживали в течение 5 мин при постоянном механическом перемешивании со скоростью 120–200 об./мин, затем проводили стечку и вновь повторяли обработку в течение 15 мин.

На втором этапе икру двукратно промывали раствором поваренной соли плотностью 1,005 кг/м³ и температурой 8–10 °С по 10 мин. На всех этапах обработки поддерживали гидромодуль «икра: вода» в соотношении 1:10.

Микробиологические показатели определяли по ГОСТ Р 29185–91, ГОСТ 10444.15–94, ГОСТ 10444.2–94, ГОСТ 51921–02, ГОСТ Р 52814–2007, ГОСТ 52815–2007, ГОСТ Р 52816–2007 [13–19].

Массовую долю белка, воды и поваренной соли определяли по Лазаревскому [1955].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты микробиологических исследований показали, что общая микробная обсеменённость образцов от разных партий сушёной икры летучих рыб, направляемых на изготовление солёной икры, колеблется от $1,0 \times 10^4$ до $1,0 \times 10^7$ КОЕ/г (табл. 1).

Таблица 1. Микробиологические показатели образцов сушёной и солёной сушёной икры летучих рыб

№ партии	Микробиологические показатели						
	КМАФАнМ КОЕ в 1,0 г	БГКП (коли- формы) в 0,1 г	<i>Staphylococcus aureus</i> в 0,01 г	Сульфитредуцирующие кlostридии в 1,0 г	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы в 25 г	Плесени, КОЕ в 1,0 г	Дрожжи, КОЕ в 1,0 г
<i>Сушёная</i>							
1	$8,0 \times 10^4$	обнаружены	не обн.	обнаружены	не обн.	$1,7 \times 10^3$	$1,0 \times 10^2$
2	$2,4 \times 10^4$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	$5,0 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$
3	$1,0 \times 10^7$	обнаружены	не обн.	обнаружены	не обн.	$1,5 \times 10^3$	$3,0 \times 10^2$
4	$1,0 \times 10^6$	обнаружены	не обн.	обнаружены	не обн.	$5,0 \times 10^3$	не обн.
5	$3,1 \times 10^6$	обнаружены	не обн.	обнаружены	не обн.	не обн.	$3,0 \times 10^2$
6	$5,4 \times 10^4$	не обн.	не обн.	обнаружены	не обн.	$5,0 \times 10^1$	не обн.
7	$5,0 \times 10^4$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
8	$8,0 \times 10^4$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
9	$7,8 \times 10^4$	обнаружены	не обн.	обнаружены	не обн.	$1,0 \times 10^2$	не обн.
10	$1,0 \times 10^5$	обнаружены	не обн.	обнаружены	не обн.	не обн.	не обн.
<i>Солёная сушёная</i>							
11	$4,0 \times 10^2$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
12	$3,2 \times 10^3$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
13	$1,0 \times 10^3$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
14	$1,3 \times 10^3$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
15	$2,1 \times 10^3$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
16	$3,6 \times 10^2$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.

№ партии	Микробиологические показатели						
	КМАФАнМ КОЕ в 1,0 г	БГКП (коли- формы) в 0,1 г	<i>Staphylococcus aureus</i> в 0,01 г	Сульфитредуцирующие кlostридии в 1,0 г	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы в 25 г	Плесени, КОЕ в 1,0 г	Дрожжи, КОЕ в 1,0 г
17	$4,1 \times 10^3$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
18	$2,8 \times 10^3$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
19	$3,1 \times 10^3$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
20	$2,2 \times 10^2$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.

Таблица 2. Влияние ультрафиолета на микробиологические показатели сушёной икры

Микробиологические показатели	Продолжительность обработки, мин			
	0 — фон	10	20	30
КМАФАнМ, КОЕ в 1,0 г	$1,2 \times 10^5$	$3,7 \times 10^4$	$2,4 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$
БГКП (колиформы) в 0,1 г	обнаружены	обнаружены	обнаружены	не обнаружены
Сульфитредуцирующие кlostридии, КОЕ в 1,0 г	обнаружены	обнаружены	обнаружены	обнаружены
Дрожжи, КОЕ в 1,0 г	$1,7 \times 10^3$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^1$	не обн.
Плесени, КОЕ в 1,0 г	$1,0 \times 10^2$	$7,0 \times 10^1$	не обн.	не обн.

Таблица 3. Влияние ультразвука на микробиологические показатели сушёной икры

Микробиологические показатели	Продолжительность обработки, мин		
	фон	10	30
КМАФАнМ, КОЕ в 1,0 г	$5,0 \times 10^5$	$2,5 \times 10^4$	$7,6 \times 10^3$
БГКП (колиформы) в 0,1 г	обнаружены	обнаружены	обнаружены
Сульфитредуцирующие кlostридии, КОЕ в 1,0 г	обнаружены	обнаружены	обнаружены
Дрожжи, КОЕ в 1,0 г	$3,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^1$
Плесени, КОЕ в 1,0 г	$2,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$

При этом содержание количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в 1,0 г выше $5,4 \times 10^4$ КОЕ/г сопровождается наличием бактерий группы кишечных палочек (БГКП) в 0,1 г, сульфитредуцирующих кlostридий в 1,0 г, а также наличием дрожжей, содержание которых составляет от 50 до 300 КОЕ в 1,0 г. Результаты микробиологических анализов показали, что при воздействии на икру ультрафиолетового излучения в течение 30 мин наблюдает-

ся снижение общего количества бактерий не более чем на один порядок, при этом бактерии группы кишечных палочек погибают, а сульфитредуцирующие бактерии не погибают (табл. 2).

Как показали данные, представленные в табл. 3, общая микробная обсеменённость после воздействия ультразвука в течение 30 мин снизилась более чем на порядок, однако в образцах сушёной икры были обнаружены бактерии группы кишечных палочек и сульфитредуцирующие бактерии.

Результаты исследований по влиянию тепловой обработки на микробиологические показатели сушёной икры летучих рыб показали, что пастеризация сушёной икры при температуре 60 °С в течение 30 мин снижает общую микробную обсеменённость на один порядок — с $5,0 \times 10^5$ до $7,2 \times 10^4$ КОЕ/г (табл. 4).

Пастеризация при температуре 60 °С в течение 60 и 90 минут способствует снижению общей микробной обсеменённости до $3,8 \times 10^2$ и $3,8 \times 10^1$ клеток в 1,0 г соответственно. Бактерии группы кишечных палочек и сульфитредуцирующие клостридии в образцах сушёной икры после обработки её при температуре 60 °С не обнаружены.

Однако в дальнейшем, на стадии восстановления пастеризованной сушёной икры мы наблюдали значительное снижение степени набухания икринок, что, по-видимому, было обусловлено частичной денатурацией белков. Образцы сушёной икры, обработанные в течение 30, 60 и 90 мин при температуре 60 °С, содержали 77, 74 и 70% воды соответственно (рис. 1), в отличие от контрольных, непастеризованных образцов, в которых содержание воды составляло 80–82%.

Диаметр икринок в контрольных образцах колебался от 1,9 до 2,0 мм, а в обработанных — от 1,5 до 1,8 мм. В то же время тепловая обработка сушёной икры снизила выход восстановленной икры до 380%, тогда как выход икры при восстановлении контрольных

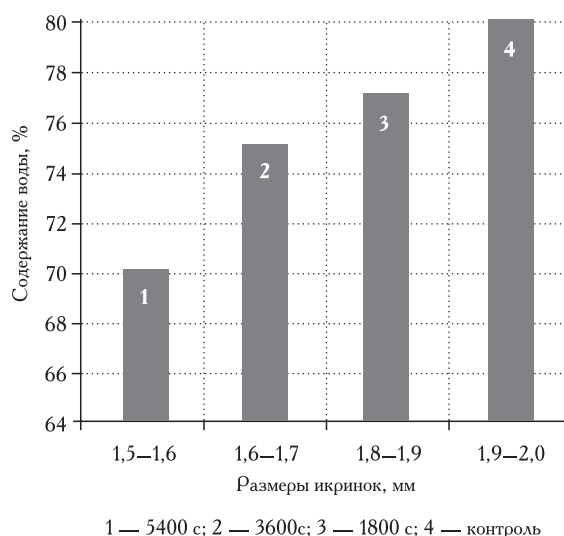


Рис. 1. Влияние тепловой обработки сушёной икры на содержание воды и размер икринок

образцов сушёной икры, не подвергнутой тепловой обработке, составлял не менее 400% [Ахмерова, Копыленко, 2012].

Результаты исследований по влиянию промывания сушёной икры летучих рыб на микробиологические показатели наглядно продемонстрировали, что второе промывание независимо от плотности солевого раствора и скорости вращения лопастей снижает микробную обсеменённость на один порядок, а третье — на два порядка (табл. 5).

После четвёртого промывания растворами поваренной соли плотностью 1,005; 1,013;

Таблица 4. Влияние пастеризации на микробиологические показатели сушёной икры

Микробиологические показатели									
До пастеризации					После пастеризации				
КМАФАнМ, КОЕ в 1,0 г	БГКП (колиформы) в 0,1 г	Сульфитредуцирующие клостридии, КОЕ в 1,0 г	Плесени, КОЕ в 1,0 г	Дрожжи, КОЕ в 1,0 г	КМАФАнМ, КОЕ в 1,0 г	БГКП (колиформы) в 0,1 г	Сульфитредуцирующие клостридии, КОЕ в 1,0 г	Плесени, КОЕ в 1,0 г	Дрожжи, КОЕ в 1,0 г
<i>Режим пастеризации: 60 °С — 30 мин</i>									
$5,0 \times 10^5$	обнаружены	обнаружены	300	200	$7,2 \times 10^4$	не обн.	не обн.	не обн.	150
<i>Режим пастеризации: 60 °С — 60 мин</i>									
$5,0 \times 10^5$	обнаружены	обнаружены	200	200	$3,8 \times 10^2$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>Режим пастеризации: 60 °С — 90 мин</i>									
$5,0 \times 10^5$	обнаружены	обнаружены	200	200	$3,8 \times 10^1$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.

Таблица 5. Влияние промывания сушёной икры растворами поваренной соли на микробиологические показатели

№ п/п	Микробиологические показатели				
	КМАФАнМ, КОЕ в 1,0 г	БГКП (колиформы) в 0,1 г	Сульфитредуцирующие клостридии, КОЕ в 1,0 г	Плесени, КОЕ в 1,0 г	Дрожжи, КОЕ в 1,0 г
<i>Солевой раствор плотностью 1,005 кг/м³</i>					
Фон	5,0×10 ⁵	обнаружены	обнаружены	2,0×10 ²	5,0×10 ²
1	5,4×10 ⁴	обнаружены	обнаружены	1,0×10 ²	4,0×10 ²
2	3,8×10 ⁴	не обн.	не обн.	5,0×10 ¹	3,0×10 ²
3	5,2×10 ³	не обн.	не обн.	не обн.	2,0×10 ²
4	5,5×10 ²	не обн.	не обн.	не обн.	1,0×10 ²
5	3,2×10 ²	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>Солевой раствор плотностью 1,013 кг/м³</i>					
Фон	5,0×10 ⁵	обнаружены	обнаружены	2,0×10 ²	5,0×10 ²
1	6,8×10 ⁴	обнаружены	обнаружены	1,0×10 ²	4,0×10 ²
2	4,3×10 ⁴	не обн.	не обн.	не обн.	2,5×10 ²
3	5,8×10 ³	не обн.	не обн.	не обн.	1,0×10 ²
4	4,2×10 ²	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
5	2,3×10 ²	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>Солевой раствор плотностью 1,020 кг/м³</i>					
Фон	5,0×10 ⁵	обнаружены	обнаружены	2,0×10 ²	5,0×10 ²
1	4,5×10 ⁴	обнаружены	обнаружены	обнаружены	3,0×10 ²
2	3,9×10 ⁴	не обн.	не обн.	не обн.	1,0×10 ²
3	5,0×10 ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
4	2,7×10 ²	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
5	1,2×10 ¹	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>Вода</i>					
Фон	5,0×10 ⁵	обнаружены	обнаружены	2,0×10 ²	5,0×10 ²
1	9,2×10 ⁴	обнаружены	обнаружены	1,0×10 ²	4,5×10 ²
2	8,5×10 ⁴	обнаружены	обнаружены	5,0×10 ¹	3,5×10 ²
3	9,6×10 ³	не обн.	не обн.	не обн.	2,5×10 ²
4	4,8×10 ³	не обн.	не обн.	не обн.	1,5×10 ²
5	9,0×10 ²	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.

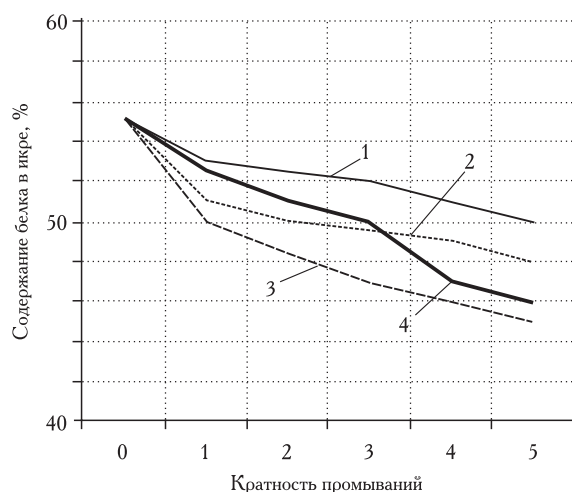
1,020 кг/м³ и водой были получены значения: 1,0×10³; 9,2×10²; 8,7×10² и 4,8×10³ КОЕ/г; а пятое промывание снизило количество мезофильных аэробных факультативных и анаэробных микроорганизмов до следующих значений: 3,2×10²; 2,3×10²; 1,2×10²; общая микробная обсеменённость сушёной икры, промытой водой, составила 9,0×10² КОЕ/г. Во всех образцах икры, промытой 4 и 5 раз, не были об-

наружены БГКП, сульфитредуцирующие клостридии, плесени и дрожжи.

Таким образом, результаты проведённых исследований показали, что плотность солевого раствора не оказывает существенного влияния на микробную обсеменённость промываемой сушёной икры. Четырёхкратное промывание солевыми растворами снижает микробную обсеменённость в среднем

до $2,7-5,5 \times 10^2$ КОЕ/г, а пятикратное — до $1,2 \times 10^1-3,2 \times 10^2$ КОЕ/г, а пятикратное промывание икры водой снижает КМАФАнМ до $9,0 \times 10^2$ КОЕ/г.

С целью выбора плотности раствора поваренной соли для промывания сушёной икры нами были определены потери белка в сушёной икре при промывании (рис. 2).



1 — 1,005 г/см³; 2 — 1,013 г/см³; 3 — 1,02 г/см³; 4 — вода

Рис. 2. Изменение содержания белка в икре в зависимости от кратности промывания и концентрации растворов поваренной соли

Как показали результаты исследований, потери белка при промывании сушёной икры возрастают при увеличении концентрации поваренной соли в растворах. При использовании

раствора NaCl плотностью 1,005 г/см³ потери составили 5,2%, при 1,013 г/см³ — 7,3%, при 1,020 г/см³ — 9,8%, при промывании водой — 7,6%.

На основании полученных данных рациональными параметрами, гарантирующими меньшие потери белка и значение общей микробиальной обсеменённости, обеспечивающей безопасность готовой продукции, ниже $1,0 \times 10^3$ КОЕ/г (при фоновом — 5×10^5 КОЕ/г), были приняты следующие: раствор поваренной соли плотностью 1,005 г/см³, гидромодуль «икра : раствор» — 1:10, температура — не выше 10 °С, продолжительность перемешивания — 5 мин, кратность промывания — 5.

Результаты исследований по влиянию промывания сушёной икры раствором анолита показали, что после первого промывания анолитом общая микробиальная обсеменённость сушёной икры снижается с $5,0 \times 10^5$ до $7,4 \times 10^4$, выделяются бактерии группы кишечной палочки в 0,1 г и сульфитредуцирующие клостридии в 1,0 г (табл. 6).

Второе промывание раствором анолита снижает КМАФАнМ до $2,5 \times 10^3$ КОЕ/г, бактерии группы кишечной палочки в 0,1 г и сульфитредуцирующие клостридии в 1,0 г не выделены. После второго промывания раствором анолита рН полуфабриката снижается до 4,9, третий и четвёртый раз промывали раствором поваренной соли плотностью 1,005 г/см³ до нейтральной реакции среды. В результате

Таблица 6. Влияние растворов анолита и растворов поваренной соли на микробиологические показатели сушёной икры летучих рыб

Наименование показателя	фон	Этапы промывания			
		1	2	3	4
		Раствором анолита	Раствором анолита	Раствором NaCl $\rho = 1,005$ г/см³	Раствором NaCl $\rho = 1,005$ г/см³
КМАФАнМ, КОЕ в 1,0 г	$5,0 \times 10^5$	$7,4 \times 10^4$	$2,5 \times 10^3$	$5,6 \times 10^2$	$6,0 \times 10^1$
БГКП (колиформы) в 0,1 г	обнаружены	обнаружены	не обн.	не обн.	не обн.
Сульфитредуцирующие клостридии в 1,0 г	обнаружены	обнаружены	не обн.	не обн.	не обн.
Дрожжи, КОЕ в 1,0 г	$5,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$7,0 \times 10^1$	не обн.	не обн.
Плесени, КОЕ в 1,0 г	$2,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^1$	не обн.	не обн.	не обн.

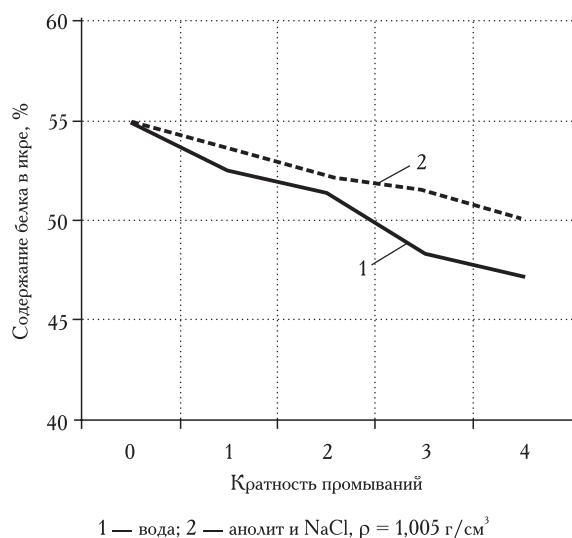


Рис. 3. Изменение содержания белка в икре в зависимости от кратности промывания растворами анолита и растворами поваренной соли

КМАФАнМ снизилось до $5,6 \times 10^2$ и $6,0 \times 10^1$ КОЕ/г соответственно, а показатель кислотности pH икры повысился до 6,7.

Потери белка при двукратном промывании сушёной икры растворами анолита и двукратном промывании растворами поваренной соли плотностью $1,005 \text{ г/см}^3$ составили 4,9%, при использовании воды — 7,8% (рис. 3).

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о том, что из испытанных способов промывание сушёной икры летучих рыб растворами поваренной соли и анолита могут обеспечить её микробиальную безопасность. Несмотря на то что икра летучих рыб не является продуктом повседневного спроса и дополнительным источником белка, следует учитывать, что выбранные параметры предварительной технологической обработки снижают потери белка в икре.

Выводы

1. Проведены исследования сушёной и солёной сушёной икры летучих рыб по микробиологическим показателям. Установлено, что сушёная икра без дополнительной обработки не может быть использована для изготовления готовой к употреблению продукции — икры летучих рыб солёной, из-за высокой микробиальной обсеменённости, наличия бактерий группы кишечных палочек и сульфитредуцирующих бактерий.

2. Разработаны рациональные параметры предварительной технологической обработки икры летучих рыб сушёной:

1 способ: промывание р-ром поваренной соли, $\rho = 1,005 \text{ г/см}^3$, t не выше плюс 10°C , кратность — 5, ГМ — 1:10;

2 способ: промывание р-ром анолита pH 3–4, ГМ — 1:10, t не выше плюс 10°C , кратность — 2; затем промывание р-ром поваренной соли, $\rho = 1,005 \text{ г/см}^3$, t не выше плюс 10°C , ГМ — 1:10, кратность — 2.

Предварительная обработка сушёной икры летучих рыб, направляемой на изготовление солёной икры летучих рыб, позволит обеспечить микробиальную безопасность готовой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

- Ахмерова Е.А., Копыленко Л.Р. 2012. Технология изготовления икры летучих рыб из сушёного сырья // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. Т. 8. № 2. С. 48–53.
- Ахмерова Е.А. 2013. Обоснование и разработка технологии икры летучих рыб солёной. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М.: ВНИРО. 158 с.
- Ежов В.Г., Богерук А.К., Маслова Г.В. 1998. Экологически чистый способ приготовления зернистой рыбной икры. Патент № 2118885.
- Ежов В.Г., Копыленко Л.Р., Богерук А.К., Громова В.А., Барышников П.Ф., Курлапова Л.Д. 1997. Способ консервирования икры рыб. Патент № 2081620.
- Инструкция по применению ультрафиолетового излучения № 13–5–02/0536, 19.07.2002; МУ № 11–16/03–06.
- Лазаревский А.А. 1955. Техно-химический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. М.: Пищепромиздат. 519 с.
- Ming-Ho Huang, Ming-Ho Huang, Ching-Hsiawn Ou. 2011. A Discussion of Management Disputes Arising from the Multiple Utilization of Flying Fish Resources in Taiwan and Suggested Countermeasures // Marine Policy. Vol. 36. Issue 2. P. 512–519.
- Поступила в редакцию 20.01.15 г. Принята после рецензии 18.02.15 г.

Pre-Processing of Dried Roe of Flying Fish to Ensure the Safety of the Finished Product

E.A. Akhmerova¹, L.R. Kopylenko², L.D. Kurlapova²

¹People's Friendship University of Russia (PFUR, Moscow)

²Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO, Moscow)

The article presents the data of microbiological indicators monitoring of dried salted and dried flying fish roe. Rational parameters of the pre-processing of dried eggs of flying fish had developed. Pre-processing of dried flying fish roe will ensure microbial safety of the finished product.

Key words: quality, safety, dried roe of flying fish, microbiological indicators, anolyt.

УДК 639.2.053.1 (063)

Информация о XVI конференции по промысловой океанологии, проходившей в г. Калининграде на базе АтлантНИРО 8–12 сентября 2014 г.*П. П. Чернышков¹, В. В. Сапожников²*

¹ Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «АтлантНИРО», г. Калининград)

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)

e-mail: biochem@vniro.ru

Прошло 45 лет со времени первой конференции по промысловой океанологии, которая проходила в г. Мурманск в ПИНРО 1–4 декабря 1969 г. XVI конференция по промысловой океанологии состоялась 8–12 сентября 2014 г. в Калининграде.

В период между XV и XVI конференциями ФГУП «ВНИРО» и бассейновые научно-исследовательские институты в содружестве с научными организациями других ведомств и форм собственности продолжали выполнять комплексные исследования, направленные на обеспечение отечественной рыбной промышленности устойчивой сырьевой базой и защиту интересов России в части использования биологических ресурсов океанов и морей при их международном разделении.

Регулярно делались диагностические и прогностические оценки особенностей развития океанологических и гидрометеорологических процессов, влияющих на биомассу и распределение промысловых гидробионтов. Широко применялись данные дистанционного зондирования поверхности океанов с искусственных спутников Земли, а также результаты крупных

международных проектов («Argo», AVISO, WOCE, TOPEX POSEIDON). По результатам этих работ созданы базы данных, которые широко используются для диагноза и прогноза океанологических условий в отдалённых промысловых районах Атлантики и ЮВТО.

В докладах на конференции были отражены значительные по объёму циклы исследований, направленные на выявление сопряжённости климатических колебаний в северных частях Атлантики и Тихого океана, а также на оценку влияния этих изменений на состояние запасов наиболее важных объектов промысла.

Огромный объём исследований выполнен гидрохимической лабораторией ВНИРО по выявлению гидрохимических изменений в экосистемах российских южных морей (Чёрное, Азовское, Каспийское), а также в Северном Ледовитом океане в связи с глобальным изменением климата и увеличением продуктивности. Сотрудниками этой лаборатории многолетние исследования проведены в Северной Атлантике и в Антарктике.

Вся акватория Мирового океана находится под контролем прибрежных государств

(исключительные экономические зоны) и региональных международных научных организаций по регулированию рыболовства. Для защиты интересов российского рыболовства, как в рамках Международных соглашений по сотрудничеству в области рыболовства с прибрежными странами, так и при выделении квот конкретным странам в рамках международных организаций требуется представление научно-обоснованной информации о состоянии водных промысловых биоресурсов и их ожидаемые изменения. Мировой вылов стабилизировался на уровне 90–95 млн т в год. Реальные резервы вылова имеются только в Антарктике (крыль, клякач, гигантские кальмары) и в южной части Тихого океана (ставрида).

Современный этап развития рыболовства требует глубокого понимания масштабов и механизмов происходящих изменений в состоянии водных биоресурсов, основанного на результатах комплексного мониторинга промысла, океанологических и гидрометеорологических процессов, влияющих на состояние эксплуатируемых популяций и промысловых экосистем.

На конференции отмечено, что главным достижением последнего десятилетия явилась регулярная публикация на базе ВНИРО 16 сборников научных статей «Вопросы промысловой океанологии». Опубликовано более 250 статей по вопросам обеспечения рационального использования биологических ресурсов океанов.

Результаты исследований представлялись на Рабочие группы и конференции различных международных организаций по рыболовству (ICES, PICES, NEAFC, ICCAT, CECAF, CCAMLR), что способствовало повышению авторитета российской промысловой океанологии.

Ежегодно в рамках секции промысловой океанологии Научно-консультационного Со-

вета МИК по биологическим ресурсам проводились совещания ведущих специалистов России в области промысловой океанологии и климатологии. Это позволяло оперативно анализировать наблюдающееся развитие океанологических процессов в промысловых районах и особенности ожидаемых изменений среды обитания промысловых гидробионтов. На основе рекомендаций этих совещаний готовились материалы к годовым, квартальным и путинным прогнозам возможного вылова на всех рыбопромысловых бассейнах. Следует с сожалением отметить, что с ликвидацией МИК совещания, проводившиеся на протяжении нескольких десятков лет, в 2012 и 2013 гг. не состоялись. Созданный при ВНИРО, приказом Федерального агентства по рыболовству от 12 июля 2013 г. № 533, Научный совет «Межведомственная ихтиологическая комиссия» пока ещё не приступил к практической работе. Более того, среди созданных научно-консультационных советов существование секции по промысловой океанологии не предусмотрено, а в составе президиума Совета нет ни одного специалиста в области промысловой океанологии. Это может привести к тому, что накопленный за последние десятилетия опыт координации промыслово-океанологических исследований и коллегиального обсуждения проблем диагноза и прогноза особенностей среды обитания промысловых гидробионтов в сложных современных условиях изменяющегося климата будет безвозвратно потерян.

Хочется выразить огромную благодарность институту АтлантНИРО, который взвалил на себя все хлопоты и расходы по проведению конференций по промысловой океанологии в течение последних 10 лет, не получая никакой поддержки от других институтов и Агентства по Рыболовству РФ.

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

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 .jpg 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 слесем. 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/Dugarov_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.