



ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет» (кафедра водных биоресурсов и марикультуры)
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ ВНИРО (АзНИИРХ)



ПРОМЫСЛОВЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ

СБОРНИК
МАТЕРИАЛОВ IX ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

30 сентября – 2 октября 2020 г.



с 1881 г.

**ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет» (кафедра водных биоресурсов и марикультуры)
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ ВНИРО (АзНИИРХ)**

ПРОМЫСЛОВЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ

Материалы IX Всероссийской научной конференции

30 сентября – 2 октября 2020 г.

Симферополь
ИТ «АРИАЛ»
2020

УДК 504.7
ББК 26.2
П 81

П 81 **Промысловые беспозвоночные** : материалы IX Всероссийской научной конференции (г. Керчь, 30 сентября – 2 октября 2020 г.). – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2020. – 144 с.
ISBN 978-5-907376-18-2

УДК 504.7
ББК 26.2

Научное издание

ПРОМЫСЛОВЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ

материалы IX Всероссийской научной конференции

г. Керчь, 30 сентября – 2 октября 2020 г.

в авторской редакции

Формат 60х84/16. Усл. печ. л. 8,49. Тираж 70 экз. Заказ № 09А/18.

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТИПОГРАФИЯ «АРИАЛ»

295015, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 31-а/2,
тел.: +7 978 71 72 901, e-mail: it.arial@yandex.ru, www.arial.3652.ru

Отпечатано с оригинал-макета в типографии «ИТ «АРИАЛ»

295015, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 31-а/2,
тел.: +7 978 71 72 901, e-mail: it.arial@yandex.ru, www.arial.3652.ru

ISBN 978-5-907376-18-2

© Авторы статей, 2020
© ИТ «АРИАЛ», макет, оформление, 2020

СОСТАВ ПРОГРАММНОГО КОМИТЕТА

Председатель - Масюткин Евгений Петрович, ректор ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», профессор (г. Керчь).

Сопредседатель – Кожурин Ефим Алексеевич – руководитель Азово-Черноморского филиала ФГБНУ ВНИРО (АзНИИРХ) (г. Ростов-на-Дону).

Члены программного комитета:

- Бизиков Вячеслав Александрович, д-р биол. наук, «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ВНИРО) (г. Москва).

- Брагина Татьяна Михайловна, д-р биол. наук, профессор, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ ВНИРО (АзНИИРХ) (г. Ростов-на-Дону), Костанайский государственный педагогический университет им. У. Султангазина (г. Костанай).

- Буруковский Рудольф Николаевич, д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» (КГТУ) (г. Калининград).

- Седова Нина Анатольевна, канд. биол. наук, ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет» (КамчатГТУ) (г. Петропавловск-Камчатский).

- Спиридонов Василий Альбертович, д-р, биол. наук, ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН» (г. Москва).

- Катугин Олег Николаевич, д-р биол. наук, Тихоокеанский филиал ФГБНУ "ВНИРО" (ТИНРО) (г. Владивосток).

- Нигматулин Чингис Мухамедович, Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО») (г. Калининград).

- Кулиш Андрей Викторович, канд. биол. наук, ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет» (КГМТУ), (г. Керчь).

- Корзун Юрий Васильевич, отдел «Керченский» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ ВНИРО (АзНИИРХ) (г. Керчь).

СОСТАВ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА

Председатель:

- Масюткин Евгений Петрович, ректор ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», профессор.

Члены организационного комитета:

- Сухаренко Елена Валерьевна – д-р. биол. наук, профессор кафедры водных биоресурсов и марикультуры ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»;

- Кулиш Андрей Викторович – канд. биол. наук, зав. кафедрой водных биоресурсов и марикультуры ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»;

- Зинабадинова Сабрие Серверовна – канд. биол. наук, старший преподаватель кафедры «Водные биоресурсы и марикультура» ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет».

Ответственный секретарь:

- Кулиш Андрей Викторович – канд. биол. наук, зав. кафедрой водных биоресурсов и марикультуры ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет».

СОДЕРЖАНИЕ

Креветки, крабы и крабоиды

Баканев С.В. Современные возможности интенсификации промысла ракообразных в Баренцевом море.....	7
Русяев С.М., Шацкий А.В. О спаривании особей камчатского краба в сублиторали Мурманского побережья Баренцевом море.....	12
Рысакова К.С., Барышников А.В., Новиков В.Ю., Мухин В.А. Динамика активности протеаз камчатского краба <i>Paralithodes camtchaticus</i> в зависимости от температуры.....	17
Седова Н.А., Григорьев С.С. Распределение личинок трех промысловых видов крабоидов рода <i>Paralithodes</i> в прикамчатских водах	23
Судник С.А., Бегунова С.А. Биология креветки <i>Pandalus borealis</i> Krøyer, 1838 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) в море Лаптевых в августе-сентябре 2018 г.....	28
Шацкий А.В., Русяев С.М. Некоторые результаты наблюдений поведения камчатского краба в сублиторали Мурманского побережья Баренцева моря	38

Криль, мизиды и бокоплавы

Благодуров И.С. Ранний жизненный цикл антарктического криля (<i>Euphausia superba</i>).....	44
Будникова Л.Л., Седова Л.Г. Состояние скоплений и биологические характеристики трёх видов мизид (Crustacea: Mysidacea) в заливе Петра Великого (Японское море)	52
Корзун Ю.В., Жук Н.Н., Крискевич Л.В. Оценка биомассы <i>Euphausia superba</i> на промысловых участках в районе Антарктического полуострова в апреле-мае 2006 года по данным промысловых уловов	57
Корзун Ю.В., Кухарев Н.Н., Зайцев А.К., Битютский Д.Г., Сербин В.В. Криль Индоокеанского сектора Антарктики и перспективы возобновления его отечественного промысла.....	61

Речные раки

Саенко Е.М., Марченко А.О. Результаты исследования состояния популяции раков в Ахтарско-Гривенских лиманах в 2020 году	68
---	----

Иглокожие

Иванов П.Ю. Современное состояние запаса и промысла кукумарии (<i>Cucumaria okhotensis</i>) у юго-западной Камчатки.....	73
---	----

Брюхоногие и двустворчатые моллюски

Коноплева Е.С., Кондаков А.В. Особенности филогеографии обыкновенной беззубки <i>Anodonta cygnea</i>	78
Марков А.В., Морозова М.А., Горовцов А.В. Бактериофаги галофильных вибрионов: перспективы применения в устричной марикультуре Черного моря	82
Морозова М.А., Рыбальченко А.Д., Бугаев Л.А., Димитрова Д.В. Видовой состав галофильных вибрионов у культивируемой тихоокеанской устрицы в озере Донузлав	86
Саенко Е.М., Марушко Е.А. Результаты обследования поселений мидии в акватории Черного моря у берегов Крымского полуострова.....	91
Саенко Е.М., Шаганов В.В. Промысел рапаны в Черном море в 1096-2019 годах.....	97
Седова Л.Г., Соколенко Д.А. Распределение и ресурсы мидии Грея и модиолуса Курильского в Уссурийском заливе (залив Петра Великого, Японское море)	102
Смолькова О.В. Двустворчатый моллюск <i>Mya arenaria</i> в сообществах литорали Белого моря.....	107

Жаброногие ракообразные

Семик А.М., Саенко Е.М., Замятина Е.А. Изменчивость размеров цист артемии в заливе Сиваш	115
---	-----

Хирономиды

Зуев Ю.А., Шацкий А.В. Особенности распределения личинок хирономид в озерах Ленинградской области.....	122
---	-----

Аквакультура

Мальцев В.Н. Предварительные данные о вспышке герпесвирусной инфекции устриц в Черном море	127
Новосёлова Н.В., Туркулова В.Н., Высочин С.В. Опыт культивирования зоопланктона для выращивания черноморской камбалы-калкан (<i>Psetta maeotica maeotica</i> Pallas)	134
Серёгин С.С., Кибенко В.А. Перспективы марикультуры двустворчатых моллюсков в Крыму	139

КРЕВЕТКИ, КРАБЫ И КРАБОИДЫ

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОМЫСЛА РАКООБРАЗНЫХ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

CURRENT OPPORTUNITIES TO INTENSIFY FISHERIES FOR CRUSTACEANS IN THE BARENTS SEA

Баканев Сергей Викторович

S.V. Bakanev

*Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии («ПИНРО»), г. Мурманск, РФ*

*Polar branch of The Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography
(PINRO), Murmansk, Russia*

E-mail: bakanev@pinro.ru

В настоящее время в Баренцевом море интенсивно добываются три вида беспозвоночных – северная креветка, камчатский краб и краб-стригун опилио. Благополучное состояние запасов этих видов позволяет в долгосрочной перспективе значительно увеличить объемы их добычи. Большим потенциалом обладает запас краба-стригуна опилио, ежегодный отечественный вылов которого возможно увеличить с 10 до 70 тыс. т. Выполненная в соответствии с правилами регулирования промысла, максимизация вылова камчатского краба может повысить ежегодные объемы добычи с 10 до 30 тыс. т. Кроме того, благоприятные прогнозы позволяют надеяться на дальнейший рост интереса российской промышленности к промыслу северной креветки.

Ключевые слова: промысел беспозвоночных, оценка запасов, общий допустимый улов, Баренцево море

Intensive fisheries for three species of invertebrates are currently conducted in the Barents Sea. These species are northern shrimp, red king crab and snow crab. The good state of their stocks provides in the long-term an opportunity to obtain larger catches. The stock of snow crab has a strong potential and the annual domestic catches of this species can be increased from 10 to 70 thousand tons. Carried out in accordance with the harvest control rules (HCR), maximization of the red king crab catches can increase annual catches from 10 to 30 thousand tons. Additionally, favorable fisheries forecasts offer hope for heightening of the Russian fishing industry's engagement with the northern shrimp fishery.

Keywords: shellfish fishery, stock assessment, total allowable catch, the Barents Sea

Введение. В Баренцевом море встречаются около 20 видов промысловых и потенциально промысловых беспозвоночных. Однако в

настоящее время в российской части этого региона интенсивно добываются всего три вида ракообразных – северная креветка (*Pandalus borealis*), камчатский краб (*Paralithodes camtschaticus*) и краб-стригун опилио (*Chionoecetes opilio*).

В 2017-2019 гг. около 15 % российского вылова беспозвоночных приходилось на долю Баренцева моря. Суммарный отечественный вылов ракообразных в 2019 г. в баренцевоморском регионе составил рекордные 46 тыс. т или 34% от общего российского вылова промысловых крабов и креветок [1]. При этом доля северной креветки от общего вылова креветок составила 62 %, а доля крабов и крабоидов - 22 % от отечественного вылова всех крабов и крабоидов.

Причины увеличения вылова ракообразных в Баренцевом море в последние годы связаны как с устойчивым ростом сырьевой базы промысла крабов-вселенцев, так и с возвращением интереса рыбаков к традиционному объекту промысла – северной креветке. В тоже время потенциал интенсификации промысла этих видов еще не исчерпан. Так, например, в 2019 г. рабочая группа ИКЕС по оценке запасов северной креветки (NIPAG) пересмотрела свои рекомендации предыдущих лет (ежегодный вылов не более 70 тыс. т) и оценила возможное изъятие на уровне 150 тыс. т в год. Отечественные исследования показывают, что возможность увеличения промыслового пресса на запасы крабов-вселенцев также оценивается на высоком уровне. Это подтверждается результатами возобновившейся траловой съемки камчатского краба в 2017-2019 гг., которые показали, что ранее промысловый запас был недооценен. Кроме того, большим потенциалом обладает запас краба-стригуна опилио. Начавшийся в 2013 г. отечественный промысел этого вида пока не вышел на расчетные мощности, необходимые для изъятия ресурса на уровне, соответствующем максимально устойчивому вылову.

Цель работы – на основе данных аналитических моделей, количественно оценить возможности увеличения ежегодного вылова промысловых ракообразных в Баренцевом море на долгосрочную перспективу.

Материал и методика. В основу работы положены два ретроспективных массива данных по запасам северной креветки, камчатского краба и краба-стригуна опилио в Баренцевом море: 1) данные отечественного и международного промысла в 2000–2019 гг.; 2) данные научно исследовательских съемок в 2004–2019 гг.

В качестве аналитической модели для всех рассматриваемых запасов ракообразных использовалась вероятностная продукционная модель, реализованная в системе статистических вычислений BUGS (Bayesian inference Using Gibbs Sampler), в рамках которой были рассчитаны ориентиры управления (в том числе целевой уровень эксплуатации E_{tr}) и максимальный устойчивый улова (MSY) с учетом предосторожного подхода [2].

Соотношение между ежегодным возможным выловом, рассчитанным с использованием E_{tr} , и фактическим ежегодным выловом гидробионтов рассматривается в работе как потенциал для интенсификации промысла беспозвоночных в Баренцевом море, который может быть реализован в долгосрочной перспективе.

Результаты. Несмотря на широкомасштабную экспансию крабов-вселенцев в Баренцевом море северная креветка до сих пор остается самым массовым видом десятиногих раков в этом регионе. В последние два десятилетия ее промысел сместился в районы исключительной экономической зоны (ИЭЗ) Российской Федерации вслед за основными промысловыми скоплениями. Отечественный промысел камчатского краба и краба-стригуна опилио также локализован в ИЭЗ России, где распределяется свыше 90% запаса этих ракообразных (рис. 1).

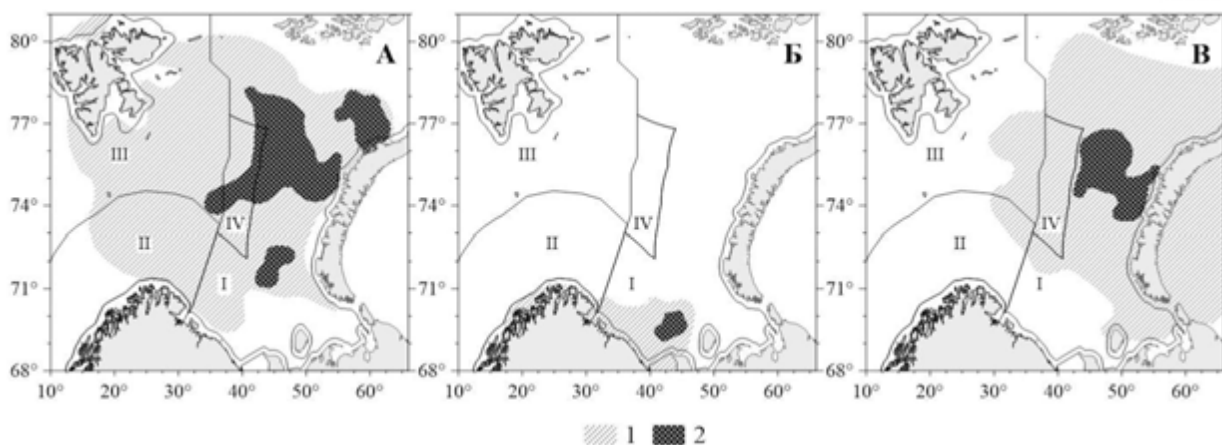


Рисунок 1. Распределение промыслового запаса (1) и районов российского промысла (2) северной креветки (А), камчатского краба (Б) и краба-стригуна опилио (В) в Баренцевом море в 2019 г. (I – ИЭЗ РФ, II – ИЭЗ Норвегии, III – зона Шпицбергена, IV – Открытая часть Баренцева моря)

Биомасса северной креветки в Баренцевом море в 2000-2019 гг. оценивается на уровне 2-3 млн. т и имеет весьма высокую межгодовую изменчивость. В тоже время промысловые запасы крабов-вселенцев значительно увеличились с 20 до 700 тыс. т (рис. 2 А). Общий ежегодный вылов беспозвоночных в Баренцевом море за последние 10 лет вырос благодаря возобновившейся добыче северной креветки и открытию промысла краба-стригуна опилио (рис. 2 Б)

В 2019 г. промысловые запасы вышеуказанных видов находились на уровне значительно превышающем расчетные целевые ориентиры управления по биомассе (B_{tr} , табл. 1). Согласно правилу регулирования промысла (ПРП) при благополучном состоянии запасов ежегодный целевой уровень изъятия (E_{tr}) может составлять 15-16 % от биомассы запаса [3].

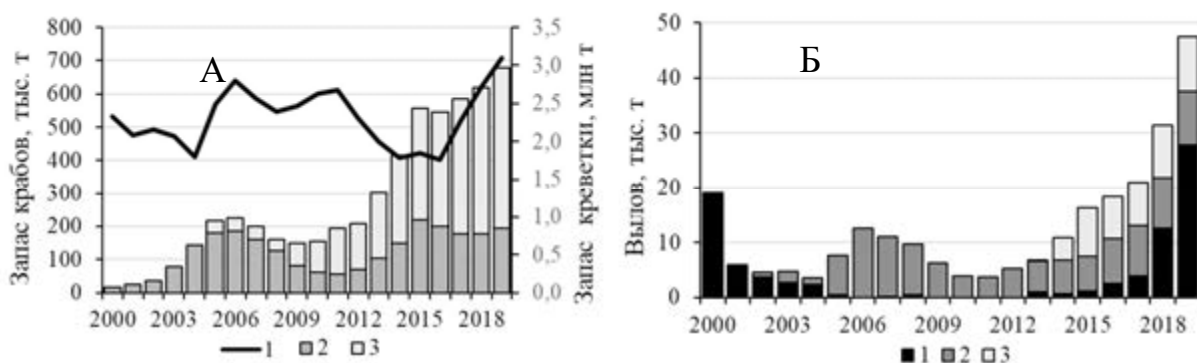


Рисунок 2. Промысловый запас (А) и отечественный вылов (Б) северной креветки (1), камчатского краба (2) и краба-стригуна опилио (3) в Баренцевом море в 2000-2019 гг.

Таблица 1. Биомасса промыслового запаса (медианная оценка с 95 %-ными доверительными границами), целевые ориентиры по биомассе (B_{tr}) и эксплуатации E_{tr} , фактический и потенциальный вылов беспозвоночных в Баренцевом море в 2019 г.

Вид	Промысловый запас (B_{2019}) в 2019 г., тыс. т			B_{tr} (тыс. т)	E_{tr}	Вылов в 2019 г., тыс. т	Потенциальный вылов, тыс. т
	2,5%	Медиана	97,5%				
Северная креветка	1475	3102	4479	669	0,15	28	465
Краб камчатский	47	198	750	149	0,16	10	32
Краб-стригун опилио	195	483	959	356	0,15	10	72

Эксплуатация на уровне E_{tr} теоретически может многократно увеличить годовой вылов беспозвоночных в Баренцевом море. Например, текущие оценки камчатского краба позволяют увеличить вылов в три раза, а краба-стригуна опилио - в 7 раз. Согласно расчетам рабочей группы ИКЕС запасы северной креветки позволяют эксплуатацию на уровне 465 тыс. т. Тем не менее, рекомендации в настоящее время ограничиваются уровнем 150 тыс. т, что связано с высокими неопределенностями в оценках запаса на акваториях, имеющих промысловое значение. Аналогичный подход применяется и для краба-стригуна опилио, когда рекомендация ниже уровня E_{tr} основывается не только на высоких неопределенностях в оценках запаса, но и отсутствием продолжительного ряда промысловой статистики для оценки параметров системы «запас-промысел». Вместе с тем, риск-анализ при прогнозировании динамики запасов показывает, что постепенное увеличение (в рамках принятых максимальных уровней межгодового изменения ОДУ) ежегодного вылова не приведет к существенному риску перелова. Такая стратегия управления должна обеспечить сохранение

запасов в области биологически безопасных границ и способствовать получению максимально возможного среднегодовалого вылова промысловых беспозвоночных в Баренцевом море.

Выводы. Согласно текущему состоянию запасов крабов-вселенцев в Баренцевом море их ежегодный вылов может быть увеличен в долгосрочной перспективе при условии смены стратегии управления запасами с «поддержания стабильного вылова» на получение максимально возможного среднегодовалого вылова. Позитивные тенденции, отмеченные в последние 5 лет, позволяют надеяться на повышение заинтересованности промышленности и восстановление полномасштабного промысла северной креветки в Баренцевом море. Дальнейшее развитие промысла беспозвоночных, вероятно, позволит Северному бассейну в долгосрочной перспективе стать лидером отечественной добычи промысловых ракообразных.

Список использованной литературы:

1. Сведения об улове рыбы, добыче других водных биоресурсов и производстве рыбной и иной продукции из них, производстве продукции товарной аквакультуры (товарного рыбоводства) за январь - декабрь 2019 года (нарастающим итогом) (форма 1П-рыба). 2019. Доступно через: http://fish.gov.ru/files/documents/otraslevaya_deyatelnost/ekonomika_otrasli/statistika_analitika/2020/f407-01-12_2019.pdf 20.06.2020.

2. Hvingel C., Kingsley M.C.S. A framework to model shrimp (*Pandalus borealis*) stock dynamics and quantify risk associated with alternative management options, using Bayesian methods / C. Hvingel, M.C.S. Kingsley // ICES J. Mar. Sci. V. 63. 2006. P. 68–82.

3. Алексеев Д.О., Буяновский А.И., Бизиков В.А. Принципы построения единой стратегии регулирования промысла крабов и крабоидов в морях России / Д.О. Алексеев, А.И. Буяновский, В.А. Бизиков // Вопросы рыболовства. Т. 18. № 1. 2017. –21– 41 С.

©Баканев С.В., 2020

О СПАРИВАНИИ ОСОБЕЙ КАМЧАТСКОГО КРАБА В СУБЛИТОРАЛИ МУРМАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

OF MATING INDIVIDUALS OF THE RED KING CRAB IN SUBLITTORAL MURMANSK COAST OF THE BARENTS SEA

Русяев Сергей Михайлович^{1,*}, Шацкий Андрей Викторович^{2,**}

Rusyaev S.M.^{1,*}, Shatsky A.V.^{2,**}

¹ Магаданский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Магадан, РФ

² Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. СПб, РФ

¹ Magadan branch of VNIRO, Magadan, Russia

² Saint Petersburg branch of VNIRO, Saint Petersburg, Russia

*E-mail: lpr@magadanniro.ru ; **E-mail: lpr@magadanniro.ru

Представлены результаты исследований спаривания особей камчатского краба весной 2007-2011 гг., в сублиторальной зоне мурманского побережья Баренцева моря. Выявлены период и биотопы встречаемости спаривающихся особей камчатского краба. Представлены данные размерного состава спаривающихся особей.

Ключевые слова: Баренцево море, камчатский краб, спаривание, водолазный способ.

The results of diving studies of mating of Red king crab individuals in the spring of 2007-2011 in the sublittoral zone of the Murmansk coast of the Barents Sea are presented. The period and biotopes of occurrence of mating individuals of the Red king crab are revealed. Data on the size composition of mating individuals are presented.

Keywords: Barents Sea, Red king crab, mating, diving method.

Введение. Наименее изученным в биологии камчатского краба является период его размножения, когда половозрелые особи не улавливаются ловушками. Для акклиматизированного в Баренцевом море камчатского краба этот этап его жизненного цикла представляет повышенный интерес: спаривание особей камчатского краба оставалось одним из последних белых пятен в его интродукции. Выяснение особенностей спаривания особей камчатского краба позволяет уточнить элементы репродуктивной биологии и экологии этого вида, улучшить понимание процессов формирования численности поколений.

Целью работы являлось выяснение пространственного расположения мест спаривания особей камчатского краба, уточнение периода спаривания, получение данных о размерах спаривающихся особей камчатского краба в сублиторали Мурманского побережья Баренцева моря.

Обзор литературы. Камчатский краб мигрирует на мелководья Охотского и Берингова морей, северной части Тихого океана для того, чтобы спариться в течение апреля и мая [1,7,8]. Спаривание обычно

происходит в течение нескольких часов после линьки самок. Самцы не линяют до спаривания [9].

Самцы краба становятся физиологически зрелыми при меньшем размере и возрасте, чем самки [10], причём маленькие самцы (с шириной карапакса (ШК) 80-89 мм) могут спариваться только в отсутствии больших самцов, или при избытии достигших половой зрелости самок [11], однако, их участие в спаривании не всегда приводит к оплодотворению самок [12]. Вероятно, соотношение размеров разнополых особей определяется периодом спаривания, способностью совместного движения, защиты самки и некоторыми другими факторами [13]. Предположение об успешности спаривания особей камчатского краба, имеющих более крупный размер, стало рассматриваться в качестве компонента стратегии управления для популяции этого вида [14,15].

Материал и методика. Материалом для работы послужили данные 15-ти водолазных погружений (станций) в губе Ура, выполненные в 2007-2009 гг., и 6-ти – в губе Териберская Мурманского побережья Баренцева моря, выполненные в 2010-2011 гг. Для поиска участков спаривания краба, выполнялось тотальное водолазное обследование вдоль береговой линии на глубинах 3-20 м.

За весь период поисковых работ было найдено 16 пар спаривающиеся (сцепленных) особей, которые поднимались на борт лодки для измерения ширины карапакса (ШК), после чего выпускались в живом виде за борт. Найденные на участках 50 экзувиев перелинявших самок (в большинстве случаев – только карапакс), исследовались в лаборатории (определение пола, состояния карапакса, ШК).

Протяжённость участка спаривания крабов определяли GPS-навигатором по дистанции пройденной водолазом вдоль береговой линии с борта двигающейся за ним лодки. Ширина участка определялась по минимальной и максимальной глубинам местоположения экзувиев, либо спаривающихся особей, с учётом уклона дна.

Показатель плотности распределения крабов – количество пар/м². Температуру воды определяли по показаниям водолазного наручного компьютера (модель Cressi Sub, точность измерения – 0,1 С°.).

Результаты и обсуждение.

Распределение камчатского краба по глубинам и биотопам. В результате тотального поиска были найдены 4 участка спаривания особей камчатского краба. Два из четырех участков спаривания крабов находились в кутовой части губ (глубины 5-15 м), два – в мористой части, с повышенной волновой нагрузкой, на глубинах 3-18 м.

Спаривание крабов наблюдалось на участках с песчано-илистым грунтом и уклоном в 30° (остров Зеленый, губа Ура), и на участке с уклоном в 80° на скальных грунтах (бухта Телячья, губа Ура). В губе Териберская, спаривание краба обнаружено на валунно-каменистых грунтах, с небольшим уклоном в 20°, с обильным произрастанием макрофитов (губа

Завалишина), и на участке песчано-илистого грунта (район мыса Деппоранского). Спаривающиеся особи краба находились на небольших участках дна, площадью от 50 (бухта Телячья) до 370 м² (о. Зелёный). С учётом найденных экзувиев перелинявших самок, на участке у острова Зелёный (губа Ура), в 2008 г. количество пар спаривающихся особей могло достигать 70.

Период спаривания особей камчатского краба. Так как ежегодные исследования начинались в апреле, не удалось установить начало периода спаривания камчатского краба. В губе Ура спаривающиеся крабы отмечены в первой неделе апреля. Максимальное количество особей здесь наблюдалось на 3-ей неделе апреля. В мае, сцепленные особи краба здесь уже не встречались.

В губе Териберская, спаривающиеся крабы отмечались также в апреле, и единично в мае. На исследуемых глубинах в апреле температура воды варьировала от -0,1 до 1,4°C (табл. 1), и была близка к своим наименьшим значениям в годовом цикле у мурманского побережья [2].

Таблица 1. Период обнаружения спаривания камчатского краба и температура воды на глубине 10 м в губе Ура (2007-2009 гг.)

Год	Период спаривания, № недели в году	Температура воды на глубине 10 м, °С	
		апрель	май
2007	13-15	1,4	2,1
2008	13-16	0,6	1,7
2009	14-15	-0,1	1,6

Выявленные сроки спаривания особей камчатского краба согласуются с исследованиями динамики численности личинок камчатского краба в планктоне губы Ура, согласно которым, пик численности личинок первой стадии (зоа) приходится на март [3], т.е. интервал между максимальным развитием этих процессов составляет около месяца.

Плотность распределения и размерный состав спаривающихся особей. Минимальное расстояние между парами спаривающихся особей составляло 7 м. Плотность спаривающихся особей краба варьировала от 0,001 до 0,09 пар на м², в среднем — 0,003 пары на м². Размеры спаривающихся особей варьировали от 106 до 163 мм по ШК (таблица 2). Средняя ШК спаривающихся самок в губе Ура, за все годы исследований составила 118 мм; самцов — 144 мм. В губе Териберская, ШК спаривающихся самцов составила 153, 164 и 173 мм, самок — 126, 127, 141 мм.

Экзувии. Все найденные экзувии самок находились на тех же участках и глубинах, где были обнаружены спаривающиеся особи. Экзувии камчатского краба, хорошо выделялись на грунте из-за более светлой

внутренней стороны карапакса, обращённой обычно вверх. Все карапаксы экзувиев имели характерные признаки (обрастания, потертости) типичные для заключительной стадии линьки и принадлежали самкам. Лишь в трех случаях из 50-ти были найдены остатки конечностей линявших особей крабов. Вероятно, конечности – как более легкие остатки экзоскелета самок, чем их карапакс, вследствие прибрежной гидродинамики, заиливались и/или переносились на большие глубины. Кроме того, водолазный осмотр предполагал фокусирование на крупных объектах, что могло оставить незамеченным разрушающиеся элементы пост-линочного экзоскелета краба. Таким образом, местонахождение экзувиев (карапакса), их состояние и принадлежность дают основания для использования таких данных для изучения контингента спаривающихся особей камчатского краба.

Таблица 2. Размерные характеристики спаривающихся особей камчатского краба в губе Ура в 2007-2009 гг.

Год	Максимальный размер (ШК, мм)		Минимальный размер (ШК, мм)	
	Самцы	Самки	Самцы	Самки
2007	163	131	149	117
2008	143	126	108	106
2009	156	126	146	108

Ширина карапакса (экзувиев) в губе Ура самок варьировала от 102 до 143 мм, в среднем составив 115 мм, что несколько меньше ШК самок, непосредственно сцепленных с самцами, но согласуется с выводами о более раннем участии в размножении молодых самок [4]. В губе Териберская ШК самок (экзувии) составила 132 мм. Достаточно большая разница в ШК экзувиев (а также ШК спаривающихся особей) по районам, может объясняться не только недостаточной выборкой в губе Териберская, но и быть следствием интенсивной нелегальной добычи камчатского краба, имевшей место в данные годы в губе Ура [5].

Заключение.

Наблюдения за местами спаривания камчатского краба у мурманского побережья указывают на межгодовую устойчивость их местоположения. Эта особенность дает возможность проведения ежегодного, весьма эффективного по временным затратам, мониторинга спаривания камчатского краба.

Максимальное количество спаривающихся особей камчатского краба приходилось на середину апреля, что устанавливает между спариванием и, предшествующим ему пиком выклева личинок краба, временной интервал в 1 месяц.

Исследование экзувиев самок может быть полезным для уточнения начала сроков спаривания, получения полной информации о размерном составе самок камчатского краба, участвующих в спаривании.

В контексте развития единой стратегии регулирования промыслов приоритетных объектов рыболовства [6], средний размер спаривающихся особей камчатского краба, может быть рассмотрен в качестве вспомогательного индикатора состояния половозрелой части популяции этого вида.

Список использованной литературы:

1. Виноградов Л.Г. Годичный цикл жизни и миграции краба в северной части западнокамчатского шельфа // Известия ТИНРО. Т. 19. – 1945. – 3–54 С.
2. Бойцов В.Д. Гидрометеорологический режим районов обитания камчатского краба // Камчатский краб в Баренцевом море. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. – 40–59 С.
3. Шамрай Т.В. Изменения численности и сроков нахождения в планктоне личинок камчатского краба в губе Ура Западного Мурмана в 2011-2016 гг. Вестник Мурманского государственного технического университета, Т. 20, №. 2, – Мурманск, 2017. – 493-502 С.
4. Матюшкин В.Б. Определение сроков нереста по стадиям развития эмбрионов в кладках самок камчатского краба *Paralithodes camtschaticus*. Труды ВНИРО. Т. 161. – М, 2016. – 27-37 С.
5. Сенников А.М., Матюшкин В.Б. Влияние нелегальной добычи и запрета промысла на камчатского краба губы Ура Баренцева моря в 2001-2014 гг. // Промысловые беспозвоночные. Сборник материалов VIII Всероссийской научной конференции. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. 93-95 С.
6. Алексеев Д.О., Буяновский А.И., Бизиков В.А Принципы построения единой стратегии регулирования промысла крабов и крабоидов в морях России. Вопросы рыболовства. Т. 18. № 1. – М, 2017. –21-41 С.
7. Marukawa, H. Biological and fishery research on the Japanese king crab *Paralithodes camtschatica* (Tilesius). 1933. Journal of the Imperial Fisheries Experimental Station 37: 1–152.
8. Jewett S.C., Powell G.C. Nearshore movement of king crab. 1981. Alaska Seas and Coasts 9: 6–8.
9. Powell G.C., Nickerson R.B. Aggregations among juvenile king crabs *Paralithodes camtschatica* (Tilesius), Kodiak, Alaska. 1965. Animal Behavior 13: 374–380.
10. Paul J.M., Paul A.J. Breeding success of sublegal size male red king crab *Paralithodes camtschatica* (Tilesius, 1815) (Decapoda, Lithodidae). 1990. Journal of Shellfish Research 9(1): 29–32.
11. McCaughran D.A., Powell G.C. Growth model for Alaska king crab (*Paralithodes camtschatica*). 1977. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 34: 989–995.
12. Paul A.J., Paul J.M. Breeding success of large male red king crab *Paralithodes camtschaticus* with multiparous mates. 1997. Journal of Shellfish Research 16(2): 379–381.

13. Blau S.F. Recent declines of red king crab (*Paralithodes camtschatica*) populations and reproductive conditions around the Kodiak archipelago, Alaska. In G. Jamieson and N. Bourne (eds.), North Pacific Workshop on Stock Assessment and Management of Invertebrates. Department of Fisheries and Oceans, Nanaimo, British Columbia, Canada, 1986. pp. 360–369.

14. Pengilly D., Schmidt D. Harvest Strategy for Kodiak and Bristol Bay Red King Crab and St. Matthew Island and Pribilof Blue King Crab. Alaska Department of Fish and Game, Commercial Fisheries Division, Special Publication No. 7, 1995. 11p.

15. Powell G.C., Pengilly D., Blau S.F. Mating pairs of red king crabs (*Paralithodes camtschaticus*) in the Kodiak Archipelago, Alaska, 1960–1984. In A.J. Paul, E. G. Dawe, R. Elner, G. S. Jameison, G. H. Kruse, R. S. Otto, B. Sainte-Marie, T. C. Shirley, and D. Woodby (eds.), Crabs in Cold Water Regions: Biology, Management, and Economics. University of Alaska Sea Grant College Program AK-SG-02-01, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, AK, 2002. pp. 225–245.

© Русяев С.М., 2020

ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ ПРОТЕАЗ КАМЧАТСКОГО КРАБА *PARALITHODES CAMTCHATICUS* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

THE ACTIVITY DYNAMICS OF RED KING CRAB (*PARALITHODES CAMTCHATICUS*) PROTEASES IN VARIOUS TEMPERATURES.

**Рысакова Кира Сергеевна^{1, *}, Барышников Андрей Владимирович¹,
Новиков Виталий Юрьевич¹, Мухин Вячеслав Анатольевич¹
Rysakova K.S.¹, Baryshnikov A.V.¹, Mukhin V.A.¹, Novikov V.Yu.¹**

¹Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Мурманск, РФ

¹Polar branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
«The Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography»

*E-mail: rysakova@pinro.ru

В работе установлено влияние температуры на протеолитическую активность комплекса ферментов, полученных из пищеварительных органов гепатопанкреаса камчатского краба. На примере протеолитических ферментов краба и взятого для сравнения ферментного препарата поджелудочной железы свиньи показано, что не существует абсолютного температурного оптимума для проявления максимальной активности ферментов. Определено, что значения температурного оптимума для жизнедеятельности организма не совпадает с температурным оптимумом функционирования его ферментной системы. Максимум ферментативной эффективности растет с уменьшением температуры и увеличением продолжительности инкубации.

Ключевые слова: Камчатский краб, протеолиз, температурная зависимость, протеолитические ферменты.

The influence of temperature on the proteolytic activity of a complex of enzymes, obtained from the hepatopancreas of the king crab, was established. In comparance with pig proteolytic enzymes, it was shown that there are no absolute temperature optima for the enzyme activity. It was determined that the values of the temperature optimum for the life of the organism do not coincide with the temperature optimum of the functioning of its enzyme system. The maximum enzymatic efficiency increases with decreasing temperature and increasing incubation time.

Keywords: Red King crab, proteolysis, temperature dependence, proteolytic enzymes.

Введение. Протеиназы всех живых организмов независимо от среды обитания имеют единый структурный формат и качественно состоят из одинаковых аминокислот. В силу этого обстоятельства функционирование ферментов осуществляется по одним и тем же закономерностям. Согласно термодинамическим законам, чем выше температура среды, тем выше активность любого фермента, однако физиология ограничивает эту закономерность диапазоном температур денатурации белка (летальная граница). Не существует особых ферментов, которые проявляют более высокую активность при низких температурах, однако возможно некоторое смещение в сторону снижения температуры денатурации за счет особенностей вторичной и третичной структуры белков [7].

Обзор литературы. В процессе эволюции на Земле температура постепенно снижалась, поэтому очевидно, что более древние организмы и их структуры переносили гораздо более высокие температуры, чем современные организмы. Отсюда следует вывод, что все предшественники существующих сегодня ферментов были термостабильными, но утратили это свойство в связи со снижением температуры окружающей среды [1].

Одним из наиболее очевидных механизмов адаптации к обитанию существ в экстремальных условиях является тонкая настройка ферментативных процессов. В свою очередь, ферменты могут быть модифицированы таким образом, чтобы выполнять достаточно эффективно свои функции в экстремальных условиях. Однако модификация ферментов имеет свои естественные пределы.

Различия в аминокислотном составе (первичная структура) гомологичных протеиназ не столь значительны, а иногда и демонстрируют поразительное совпадение ферментных систем, реализующих пищеварение у различных классов живых организмов. Например, доказано, что все кислые аспарагиновые и нейтральные сериновые протеиназы происходят от соответствующих общих ферментов-предшественников [4, 6]. Последовательность аминокислотных остатков пепсина, гастриксина и реннина весьма близка, высказано предположение, что эти ферменты

произошли в процессе эволюции от одного общего предшественника – кислой протеазы в результате удвоения гена через гипотетическую промежуточную протеазу [3]. Наличие трипсиновой активности в пищеварительных органах различных классов животных подтверждает генетическую древность трипсиноподобного фермента и предположение об эволюционном происхождении от него всех сериновых протеиназ [5].

Поскольку вторичная структура белков, фактически запрограммирована аминокислотной последовательностью, следовательно, различное влияние температуры на активность протеиназ теплокровных и холоднокровных организмов объясняется, главным образом, различиями в третичной структуре изучаемых ферментов. Очевидно, что именно пространственная ориентация молекулы фермента сказывается на его термостабильности.

Цель нашего исследования – установление оптимумов активности пищеварительных протеиназ обитателей холодных морей в сравнении с протеиназами теплокровных животных и определение влияния температуры инкубации на величину максимальной ферментативной эффективности.

Материалы и методы. Объектом исследования закономерностей протеолиза служил комплексный ферментный препарат из гепатопанкреаса камчатского краба *Paralithodes camtschaticus*, акклиматизированного в Баренцевом море (далее – гепатопанкреатин), выделенный нами по ранее описанной методике [2]. В качестве сравнения использовали коммерческий панкреатин (Pancreatin, U.S.P. «ICN Biochemicals», США), полученный из поджелудочной железы домашней свиньи *Sus scrofa domestica* (далее – панкреатин).

В качестве субстрата был выбран раствор гемоглобина бычьей крови (Sigma, США). Исходное соотношение масс субстрата и ферментного препарата составляло 50:1. Инкубацию проводили в нейтральной среде (pH 7,0) при различных температурах (от 5 до 60 °C) и продолжительности (от 0,5 до 200 ч). Для остановки реакции и осаждения высокомолекулярных белков в инкубационную смесь добавляли 10 % раствор трихлоруксусной кислоты (ТХУ). В супернатанте измеряли оптическую плотность при 280 на спектрофотометре UV-3101PC («Shimadzu Corp.», Япония). Эффективность протеолиза оценивали по накоплению неосаждаемых в ТХУ продуктов распада гемоглобина и выражали в концентрации тирозина (C , ммоль/дм³), пропорциональной концентрации гидролизованного белка.

Результаты и их обсуждение. Согласно классической трактовке, активность фермента – это количество преобразуемого субстрата единицей фермента в единицу времени. Следовательно, «максимум» активности – это максимальное количество преобразуемого субстрата, рассчитанное на количество фермента и время инкубации.

На представленном графике (рис. 1) можно обнаружить, что для гепатопанкреатина при 50 °C максимальное количество ТХУ-неосаждаемых

продуктов гидролиза гемоглобина образуется в течение первых 3-5 ч инкубации. При 40 °С это количество оказывается выше, по уже за 6 ч инкубации, а при 30 °С оно заметно выше при времени инкубации до 10 ч и более. При дальнейшем снижении температуры максимум эффективности процесса будет возрастать, с увеличением времени инкубации.

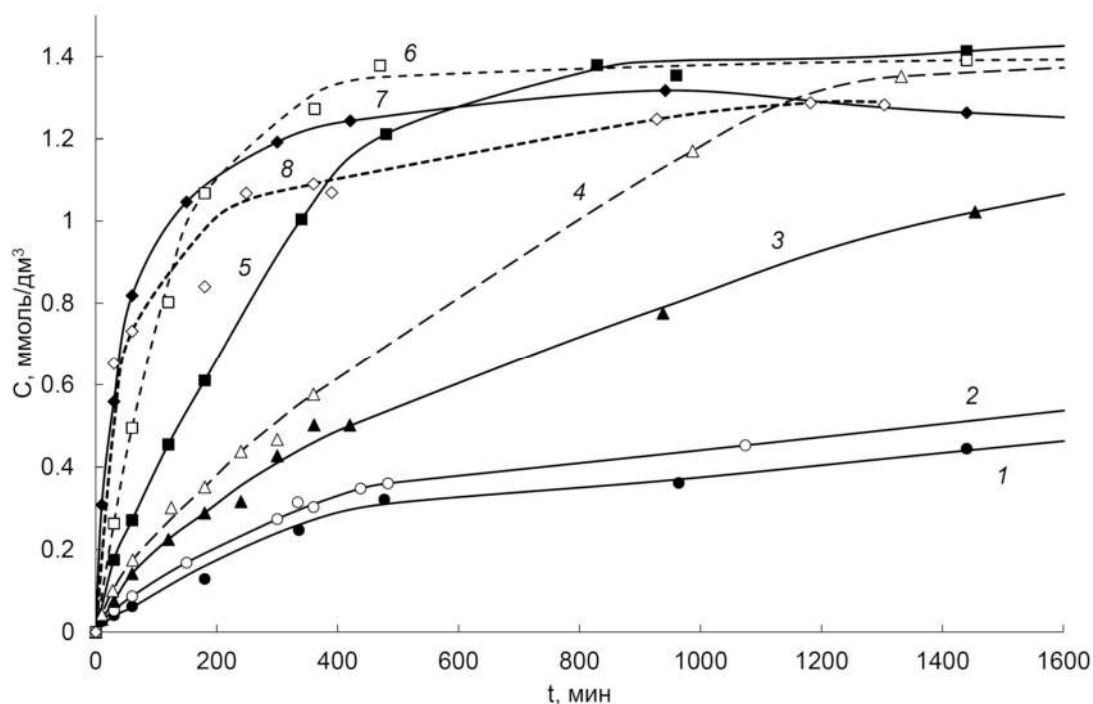


Рисунок 1. Кинетика накопления продуктов гидролиза гемоглобина под действием гепатопанкреатина в пересчете на концентрацию тирозина (ммоль/дм³). Условия гидролиза: Субстрат – 1 % раствор гемоглобина; Фермент – 0.1 % раствор гепатопанкреатина. Температура инкубации: 5 °С (1), 10 °С (2); 20 °С (3); 24 °С (4); 30 °С (5); 40 °С (6); 50 °С (7); 60 °С (8).

Теперь приведем аналогичный график, полученный нами для панкреатина (рис. 2).

Наблюдаемая для гепатопанкреатина тенденция в некоторой степени отмечается и для панкреатина (рис. 2): на первых минутах инкубации процесс более эффективен после первого часа инкубации при 60 °С, чем при 50 °С. Далее, на 4-м ч инкубации гидролиз более эффективен при температуре 50 °С, однако кинетическая кривая, соответствующая процессу при 40 °С, пересекает таковую при 60 °С.

На основе этих экспериментальных данных нами была предложена математическая модель, позволяющая теоретически рассчитать эффективность протеолиза за любой период времени инкубации. В модели мы учитывали три основных процесса, протекающих в рамках протеолиза: 1) реакцию взаимодействия фермента с субстратом; 2) реакцию взаимодействия фермента с ферментом и 3) реакцию деструкции фермента (термодеструкции):

$$\begin{cases} \frac{ds(t)}{dt} = -k_1 e(t) s(t) \\ \frac{de(t)}{dt} = -k_2 e(t)^2 - k_3 e(t) \\ \frac{dp(t)}{dt} = k_1 e(t) s(t) + k_2 e(t)^2 + k_3 e(t) \end{cases}$$

где $s(t)$, $e(t)$, $p(t)$ – концентрации компонентов, моль/л; k_1 , k_2 – константы скоростей реакций второго порядка, л·моль⁻¹·мин⁻¹; k_3 – константа скорости реакции первого порядка, мин⁻¹.

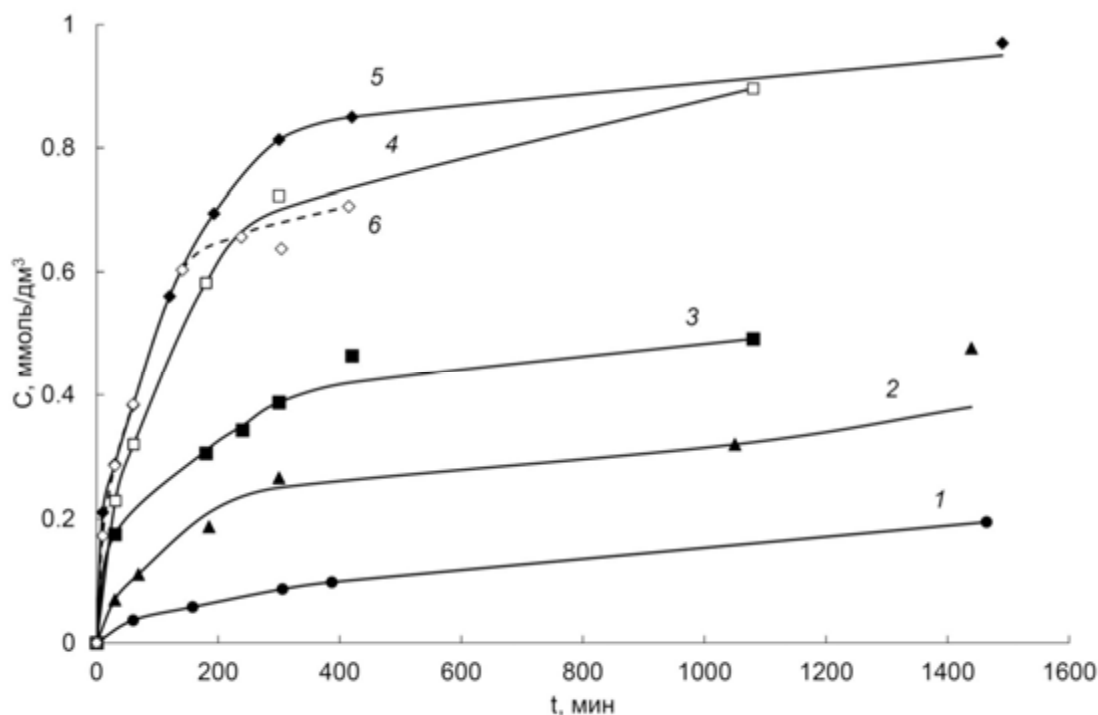


Рисунок 2. Кинетика накопления продуктов гидролиза гемоглобина под действием панкреатина в пересчете на концентрацию тирозина (ммоль/дм³). Условия гидролиза: Субстрат – 1 % раствор гемоглобина; Фермент – 0.1 % раствор панкреатина. Температура инкубации: 5 °C (1), 20 °C (2); 30 °C (3); 40 °C (4); 50 °C (5); 60 °C (6).

Использование систем математической обработки данных Maple 2018 («Waterloo Maple Inc.», Canada) и Excel из пакета Microsoft Office позволило определить константы скоростей реакций каждой реакции.

Графики, построенные с применением этой модели, дают нам возможность детально рассмотреть влияние температуры на изученные комплексы пищеварительных протеиназ и определить максимальную эффективность процесса ферментативного гидролиза при разных температурах (рис. 3).

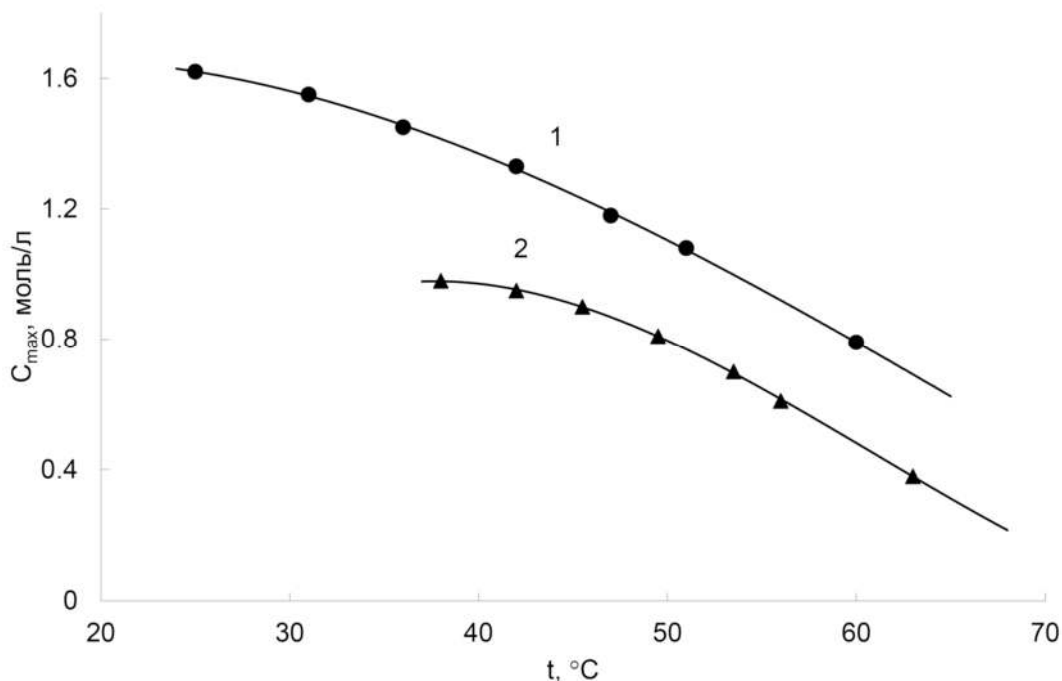


Рисунок 3. Температурно-временная зависимость максимальной эффективности протеолиза при различной температуре под действием гепатопанкреатина (1) и панкреатина (2). Условия инкубации: pH 7; субстрат 1 % раствор гемоглобина бычьей крови; начальная концентрация ферментного препарата 1 мг/мл; продолжительность инкубации от 1 до 1000 ч; температура инкубации от 25 до 65 °C.

На основании представленных данных, мы можем утверждать, что температурный максимум протеолитической эффективности исследованных ферментов смещается в сторону более низких температурных значений. При исследовании комплекса протеиназ краба (рис. 3, кривая 1) модель убедительно показывает, что гидролиз протекает почти на 60 % более эффективно при 20 °C, чем при 50 °C с увеличением продолжительности инкубации с 6 часов до 4 суток и более. Аналогичная закономерность, но менее выраженная, характерна для протеиназ из поджелудочной железы свиньи (рис. 3, кривая 2).

Таким образом, можно предположить, что оптимальная температура естественной среды обитания организма не всегда соответствует оптимальной температуре для работы его ферментативной системы.

Выводы:

На примере ферментов, выделенных из пищеварительных органов камчатского краба показано, что не существует абсолютной оптимальной температуры для проявления максимума ферментативной активности.

Таким образом, определяемый экспериментально температурный оптимум зависит от продолжительности инкубации и может колебаться в значительных пределах.

Список использованной литературы

1. Биссвангер Х. Практическая энзимология / Х. Биссвангер; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. - 328 с.
2. Мухин, В. А. Ферментативный белковый гидролизат из отходов промысла исландского гребешка *Chlamys islandica* / В. А. Мухин, В. Ю. Новиков, Л. С. Рыжикова // Прикладная биохимия и микробиология. 2001. Т. 37, № 3. С. 338–343
3. Foltmann B. Gastric proteinases – structure, functions, evolution and mechanism of action// Essays Biochem. 1981. Vol. 17. P. 52-84.
4. Gildberg A. Aspartic proteinases in fishes and aquatic invertebrates // Comparative Biochemistry and Physiology. Part B: Comparative Biochemistry. 1988. T. 91. № 3. P. 425-435.
5. Hartley B.S. Homologies in serine proteinases // Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. B. Biological Sciences. 1970.
6. Ikeo K. Molecular evolution of serine proteases with kringle structures/ K. Ikeo, K. Takahashi, T. Gojobori // J. Cell Biochem. 1994. Vol. 56. Suppl. 18D. P. 156.
7. Struvay C. Optimization to Low Temperature Activity in Psychrophilic Enzymes/ C. Struvay, G. Feller //Int. J. Mol. Sci. 2012. Vol. 13. № 9. P. 11643-11665.

©Рысакова К.С., 2020

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИЧИНОК ТРЕХ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ КРАБОИДОВ РОДА *PARALITHODES* (*P. CAMTSCATHICA*, *P. PLATYPUS* И *P. BREVIPES*) В ПРИКАМЧАТСКИХ ВОДАХ

DISTRIBUTION OF LARVAE OF THREE COMMERCIAL SPECIES OF CRABOIDS OF THE GENUS *PARALITHODES* (*P. CAMTSCATHICA*, *P. PLATYPUS*, AND *P. BREVIPES*) IN ADJACENT KAMCHATKA WATERS

Седова Нина Анатольевна^{1, *}, Григорьев Сергей Сергеевич^{2, **}

¹ Камчатский Государственный технический университет (КамчатГТУ),
Петропавловск–Камчатский, РФ

² Камчатский филиал Учреждения Российской академии наук Тихоокеанского
института географии (КФ ТИГ) ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, РФ

*E-mail: sedova67@bk.ru ; **E-mail: sgri@inbox.ru

Обобщены данные по встречаемости пелагических личинок трех видов крабоидов (камчатского *Paralithodes camtschaticus*, синего *P. platypus* и колючего *P. brevipes* крабов) в прикамчатских водах. На севере западно-камчатского шельфа поймано значительно больше личинок камчатского краба, чем на

центральных и южных участках. У берегов Восточной Камчатки скопления личинок камчатского краба отмечены в Авачинском заливе. Значительные скопления личинок синего краба отмечены в районе шельфа Западной Камчатки и в Авачинском заливе весной и летом. Личинки, колючего краба встречаются реже, чем личинки камчатского и синего крабов. Имеются значительные различия в распределении и численности личинок одного и того же вида в одних и тех же районах и в те же временные сроки.

Ключевые слова: Крабоиды, личинки, Западная Камчатка, Восточная Камчатка, распределение, плотность, глубины.

Data on the occurrence of pelagic larvae of three commercial species of craboids (king crab *Paralithodes camtschaticus*, blue king crab *P. platypus*, and brown king crab *P. brevipes*) in adjacent Kamchatka waters are discussed. In the north of the West Kamchatka shelf, significantly more Kamchatka crab larvae were found than in the central and southern areas. Off the coast of Eastern Kamchatka, accumulations of Kamchatka crab larvae are noted in Avacha Bay. Significant concentrations of blue king crab larvae were observed on the shelf of Western Kamchatka and in Avacha Bay in spring and summer. Larvae of brown king crab are less common than larvae of king crab and blue king crabs. An analysis of the results of planktonic surveys shows significant differences in the distribution and number of larvae of the same species in the same areas and at the same time.

Key words: Craboids, larvae, Western Kamchatka, Eastern Kamchatka, distribution, density, bottom depths.

Одним из важнейших видов биоресурсов в российских морях был и остается краб. Моря Дальнего Востока, особенно Охотское море, имеют наиболее благоприятные условия для жизни и воспроизводства морских ракообразных. Важное промысловое значение имеют крабоиды из рода *Paralithodes*, относящиеся к семейству Lithodidae.

Важное промысловое значение имеют камчатский *P. camtschaticus* и синий *P. platypus* крабы. Они уже в течение нескольких десятилетий подвергаются систематическому промыслу. Другой потенциально промысловый вид, колючий краб *P. brevipes*, встречается значительно реже.

Определение систематической принадлежности личинок, изучение их распределения по акватории имеет важное практическое значение, так как на основании планктонных сборов можно судить о районах и сезонах размножения видов, имеющих промысловое значение. Количественные данные по пелагическим личинкам могут служить материалом для выяснения численности нерестующей популяции, связи численности с годовыми изменениями условий среды [1]. Данных по пространственному распределению личинок крабоидов в прикамчатских водах очень мало. Наиболее подробные сведения по распределению их личинок на шельфе Западной Камчатки получены более полувека назад [1], а также имеется одна сравнительно недавняя публикация [2].

Задачей данного исследования является обобщение имеющихся данных по встречаемости пелагических личинок трех видов крабоидов: камчатского, синего и колючего крабов, в прикамчатских водах.

Материалом для данной работы послужили сборы планктона, выполненные по научной программе КамчатНИРО в восточной части Охотского моря и у юго-восточного побережья Камчатки, а также по научной программе Чукотского отделения Тинро-центра в Олюторско-Наваринском районе и Анадырском заливе.

Личинок рассматривали без разделения по стадиям развития. Над глубинами 11–1800 м использовали ихтиопланктонную коническую сеть с диаметром входного отверстия 80 см и шагом ячеи 0.56 мм. Выполняли вертикальный тотальный лов в слое 500–0 м и от дна до поверхности при меньших глубинах.

Камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815)

Западная Камчатка. В апреле 2001 г. личинки были пойманы только на двух станциях на севере шельфа над глубинами 110 и 330 м. Максимальная концентрация не превышала 5 экз./м². В апреле 2013 г. *значительные концентрации личинок отмечены в северной части шельфа над глубинами от 15 до 243 м, где плотность личинок над глубиной 20 м достигала 36 экз./м².* В июле-августе 1999 г. личинки были пойманы в центральной и южной частях шельфа над глубинами 15-30 м. Уловы небольшие, плотность личинок не превышала 2 экз./м². В июле-августе 2001 г. личинки были отмечены единично в северном, центральном и южном районах Западной Камчатки над глубинами от 30 до 120 м. Наибольший улов пришелся на южную часть района, где концентрация личинок над глубиной 75 м составила 16 экз./м². В июне-июле 2014 г. личинки пойманы, в основном, на станциях в северном районе вблизи берега, на глубинах от 17 до 75 м. Максимальная концентрация над глубинной 37 м составила 20 экз./м² (рис. 1).

Юго-Восточная Камчатка. У восточного побережья Камчатки рассматриваемый вид распространяется от мыса Лопатка до Карагинского залива. Встречается он здесь сравнительно редко. Наибольшая плотность скоплений отмечена в Кроноцком заливе, где периодически осуществляется промышленный лов камчатского краба [3]. В апреле-мае 2009 г. личинки обнаружены в Авачинском заливе над глубинами от 40 до 144 м. Наибольшие концентрации были на севере залива над глубинами 73-116 м, где численность личинок достигала 14 экз./м². В апреле 2016 г. личинок было поймано значительно меньше. Единичные поимки личинок были лишь на двух станциях на юге Авачинского залива над глубинами 140 и 1200 м. Численность личинок на этих станциях не превышала 4 экз./м².

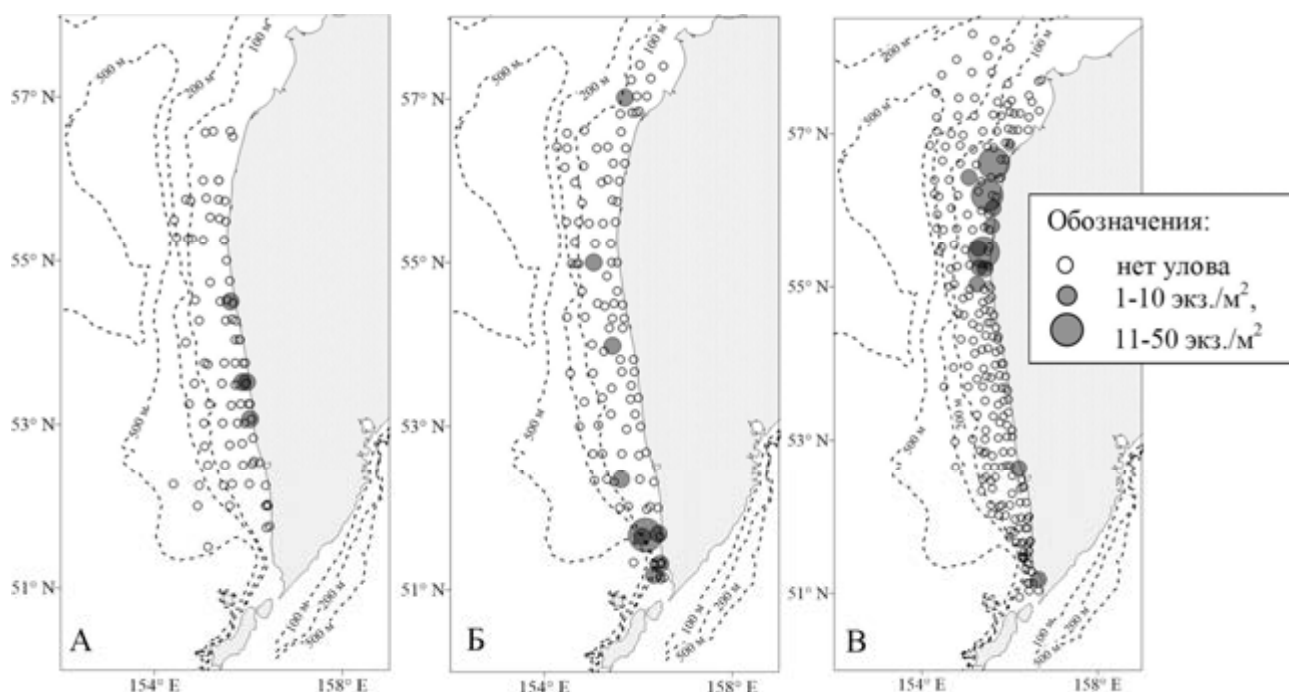


Рисунок 1. Распределение личинок *Paralithodes camtschaticus* на шельфе Западной Камчатки летом 1999 (А), 2001 (Б) и 2014 (В) гг.

Синий краб *Paralithodes platypus* (J.F. Brandt in von Middendorf, 1851)

Западная Камчатка. Весной 1913 г. значительные скопления личинок обнаружены в северной части шельфа над глубинами от 15 до 568 м, где максимальная плотность личинок над глубиной 56 м составила 10 экз./м². В июле-августе 1999 г. личинки были отмечены единично в северной и южной частях шельфа. Причем, в южной части одна личинка была поймана вблизи берега над глубиной 30 м, а другая – на значительном удалении от берега над глубиной 300 м. В июле-августе 2001 г. личинки были отмечены в южном и центральном районах над глубиной 30–120 м. Наибольшие концентрации отмечались в южном районе, где над глубиной 51 м плотность скоплений доходила до 34 экз./м². В июле-августе 2002 г. поймана только одна личинка на юге шельфа над глубиной 95 м (рис. 2).

Юго-восточная Камчатка. В апреле 2016 г. личинки были пойманы на двух прибрежных станциях на юге Авачинского залива над глубинами 91 и 94 м. Численность личинок не превышала 4 экз./м².

Олюторо-Наваринский район и Анадырский залив. По личинкам крабов рода *Paralithodes* имеются сведения только для июля-августа 2010 г. Были пойманы личинки только синего краба, и только в Олюторо-Наваринском районе. Единичные экземпляры личинок синего краба встречались по всему району над глубинами от 24 до 84 м, а наибольшая концентрация личинок (92 экз./м²) отмечена в центральной части района над глубиной 48 м. В Анадырском заливе личинок крабоидов не отмечено.

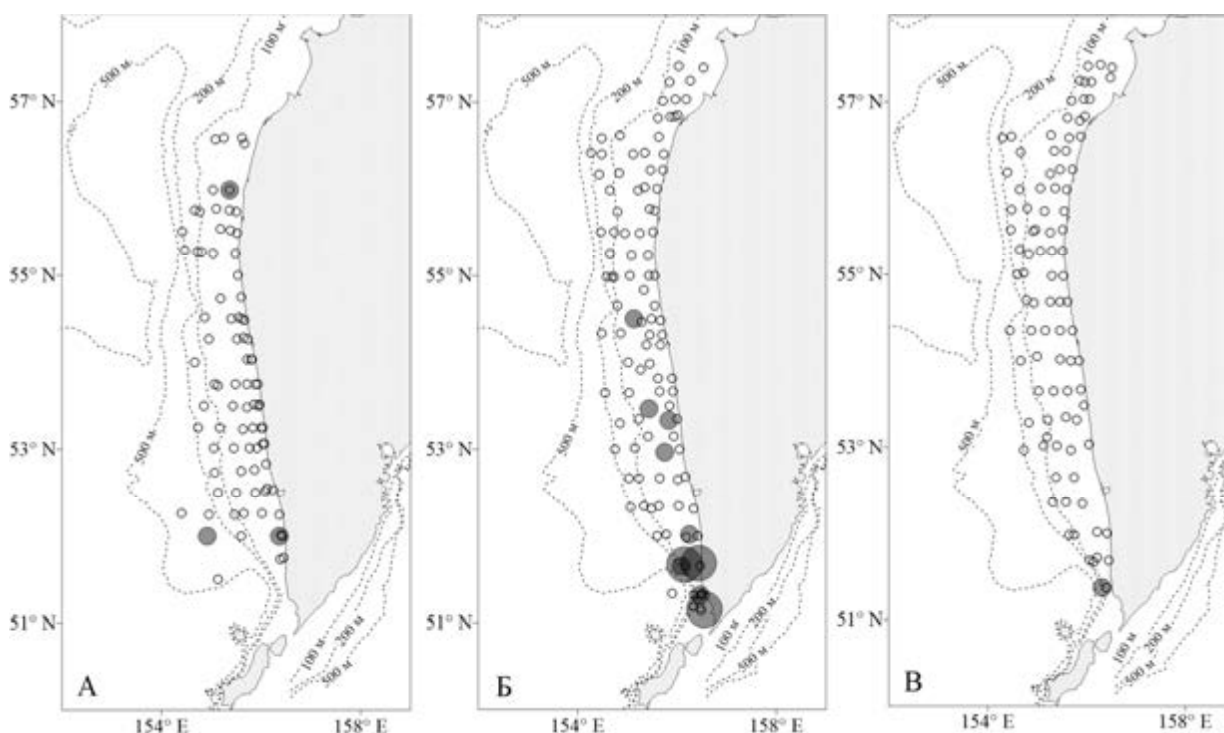


Рисунок 2. Распределение личинок *Paralithodes platypus* на шельфе Западной Камчатки в июле-августе 1999 (А), 2001 (Б) и 2002 (В) гг. Обозначения как на рис. 1.

Колючий краб *Paralithodes brevipes* (Н. Milne Edwards & Lucas, 1841)

Западная Камчатка. Весной 1913 г. личинки отмечены в северной части шельфа над глубинами от 15 до 568 м. Максимальные скопления личинок (до 14 экз./м²) обнаружены над глубинами 123 и 143 м. В июле-августе 2001 г. личинки были пойманы только на крайнем юге района над глубиной 51–64 м, где максимальная численность над глубиной 51 м составила 36 экз./м². В июне-июле 2014 г. личинки отмечены на трех станциях в северной части шельфа над глубинами 23–72 м. Численность не превышала 8 экз./м² (максимальный улов отмечен над глубиной 75 м).

Юго-восточная Камчатка. В апреле-мае 2009 г. личинки пойманы в Авачинском заливе над глубинами от 55 до 590 м. Личинок колючего краба поймано намного больше, чем личинок камчатского краба. Максимальная численность личинок над глубиной 62 м достигала 34 экз./м². В апреле 2016 г. личинки были пойманы на трех станциях над глубинами 44–94 м. Максимальная численность личинок 4 экз./м² отмечена над глубиной 44 м.

Анализ результатов планктонных съемок показывает значительные различия данных по распределению и численности личинок одного и того же вида в одних и тех же районах и в те же временные сроки. Эти различия могут быть вызваны, прежде всего, различным тепловым балансом года, изменяющимися гидрологическими условиями, определяющими сроки вылупления и развития личинок в планктоне, а также влиянием сложной системы течений на распределение личинок.

Список использованной литературы

1. Макаров Р. Р. Личинки креветок, раков-отшельников и крабов западнокамчатского шельфа и их распределение. – М.: Наука. 1966. – 165 с.
2. Седова Н.А. Личинки промысловых ракообразных в районе шельфа Западной Камчатки // Тезисы докладов IX Всероссийской конференции по проблемам рыбопромыслового прогнозирования, г. Мурманск, 19-21 октября 2004 г. – Изд-во ПИНРО. Мурманск. 2004. – С. 177-179.
3. Слизкин А., Сафонов С. 2000. Промысловые крабы прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: – «Северная Пацифика». 2000. – 142 с.

©Седова Н.А., Григорьев С.С., 2020

БИОЛОГИЯ КРЕВЕТКИ *PANDALUS BOREALIS* KRØYER, 1838 (CRUSTACEA: DECAPODA: PALAEMONIDAE) В МОРЕ ЛАПТЕВЫХ В АВГУСТЕ-СЕНТЯБРЕ 2018 Г.

BIOLOGY OF SHRIMP *PANDALUS BOREALIS* KRØYER, 1838 (CRUSTACEA: DECAPODA: PALAEMONIDAE) IN THE LAPTEV SEA IN AUGUST-SEPTEMBER 2018

Судник Светлана Александровна^{1,*}, Бегунова Софья Андреевна^{1,**}
Sudnik Svetlana Aleksandrovna^{1,*}, Begunova Sofya Andreevna^{2,**}

¹ Калининградский государственный технический университет,
г. Калининград, РФ

¹ KSTU, Kaliningrad, RF

*E-mail: lanasudnik@mail.ru ; **E-mail: sofya.begunova.00@mail.ru

Получены новые, во многом первые данные о биологии *Pandalus borealis* моря Лаптевых в августе-сентябре 2018 г. Большинство самцов, все самки и особи с признаками смены пола (интерсексы) встречены на глубинах 275-498 м; ювенилы – на 64-72 м. Длина карапакса креветок составила 8-28 мм; масса тела – 0,3-11,2 г. Смена пола происходит при 17-19,5 (21) мм; 50 % самок только что отнерестились, вынашивали 329-2221 яиц размерами 1,08±0,03х1,34±0,08 мм, объемом 0,69-0,92 мм³; доля мертвых яиц в кладках – 1,7-34 %. Отмечена связь линчного и репродуктивного циклов.

Ключевые слова: северная креветка, море Лаптевых, биология, репродукция

The new, and in many aspects the first data on the biology of *Pandalus borealis* of the Laptev sea in August-September 2018 were obtained. Most males, all females and individuals with signs of sex change (intersexes) were found at depths of 275-498 m; juveniles – at 64-72 m. The carapace length was 8-28 mm; the body weight – 0,3-11,2 g.

Sex change occurs at 17-19,5 (21) mm; 50 % of females have just spawned, bearing 329-2221 eggs with sizes $1,08 \pm 0,03 \times 1,34 \pm 0,08$ mm and volume – $0,69-0,92$ mm³; the proportion of dead eggs in clutches was 1,7-34 %. The relationship between the molting and reproductive cycles was noted.

Key words: northern shrimp, Laptev sea, biology, reproduction

Введение. Северная креветка, *Pandalus borealis*, широко распространена на кромке шельфа и верхней части материкового склона Северной Америки и Евразии [0]. В разных частях ареала поселения этого некто-бентического вида приурочены к разным глубинам (от 20 до 1450 м), но чем они севернее, тем на больших глубинах обитают, плюс для него характерны сезонные горизонтальные и суточные вертикальные миграции [0,0,14,0,0]. Креветка – важный компонент гидробиоценозов. В экосистемах Северной Атлантики известно 26 видов животных охотящихся на креветок – источник пищи с высокой биологической ценностью [0]. Большие популяции трески, пикши, морского окуня и гренландского палтуса часто встречаются на промысле северной креветки [0]. У самой креветки широкий спектр питания – от детритофага до хищника и некрофага [0]. *P. borealis* – один из самых важных промысловых видов каридных креветок Северной Атлантики: его общий годовой вылов в 2012-2017 гг. варьировался от 315,5 тыс. т до 222,6 тыс. т [0,0]. Самые высокие плотности креветки наблюдаются в водах с температурой между 0 ° С и 4° С, в то время как верхний предел предпочитаемого ими температурного диапазона – примерно 6-8° С. Смещение распределения креветок в восточном направлении в последние годы может быть связано с изменением температуры вод обитания [0]. В море Лаптевых в 2015 г. доля *P. borealis* в уловах достигала 24,3 %, плотность на глубинах 249-504 м – до 80 кг/км² [0]. Про биологию вида в море Лаптевых пока известно крайне мало, особенно о ее репродуктивных аспектах [4,0], чем и объясняется наш интерес к этим вопросам. Целью работы стало получение новых, и во многом – первых данных о биологии северной креветки моря Лаптевых на примере состояния ее поселения в центральной и западной частях моря в августе-сентябре 2018 г. (размерно-половом составе, размере инверсии пола, репродуктивном состоянии самок, плодовитости, размерах яиц, состоянии панциря). Работа выполнена в рамках ГБ темы НИР «Систематика, зоогеография и экология ракообразных Мирового океана» Рег.№ 13.13.029.2.

Материал и методика исследований. Материал был собран донным зоологическим тралом Сигсби в конце августа – начале сентября 2018 г. в центральной и западной частях моря Лаптевых в 72-ом рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» (табл. 1). Работа выполнена в сотрудничестве с Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН (г. Москва) и в рамках ГБ НИР кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов ФГБОУ ВО «КГТУ» Рег.№ 13.13.029.2 «Систематика, зоогеография и экология ракообразных Мирового океана».

75 экз. *Pandalus borealis* было обработано с использованием методики лабораторного анализа креветок [0].

Таблица 1. Материал креветки *Pandalus borealis*, море Лаптевых

Станция сбора проб, координаты сбора	Дата сбора	Глубина сбора, м (касание- отрыв)	Количество особей
5947 (76°46' с.ш. 125°49'- 125°48' в.д.)	26.08.2018	72-72	7
5949 (77°05' с.ш. 125°49'- 125°51' в.д.)		517-498	34
5953 (76°53' с.ш. 127°48'- 127°49' в.д.)	28.08.2018	64-64	16
5967 (78°18' с.ш. 113°53'- 113°55' в.д.)	03.09.2018	422-416	4
5969 (77°49' с.ш. 110°13' в.д.)	04.09.2018	275-274	14
Всего особей			75

Определение общей длины тела (ОД) и длины карапакса (ДК) проводили с точностью до 0,5 мм, массы тела креветок – с точностью до 0,01 г. (получена для 35 особей ввиду отсутствия некоторых структурных элементов экзоскелета у остальных креветок). Пол особей северной креветки – протерандрического гермафродита был оценен с использованием методик [0;0]; где по вторичным половым признакам определены ювенильные особи, самцы, особи в состоянии смены (интерсексуальные особи или интерсексы) и самки; при этом у последних трех категорий креветок при вскрытии оценивался тип гонад и, если были определены яичники – степень их зрелости (по 6-балльной шкале, где стадия II характеризует неразвитые гонады особей, готовящихся к первому созреванию; стадии III и IV – созревающие яичники, стадия V – зрелые гонады, а стадия VI-II – гонады посленерестовых особей). Плеоподы у самок оценивались на присутствие рудиментов мужских вторичных половых признаков (копуляторного выроста на плеоподах 1 и appendix masculina на плеоподах 2); кроме того у самок оценивалась степень развития стернальных шипов (СШ) на первом сегменте абдомена (по 5-балльной шкале) [0]. Индивидуальная реализованная разовая (то есть – одного нереста) плодовитость оценивалась прямым подсчетом в камере Богорова всех, снятых с плеоподов, яиц. Если среди яиц в кладке отмечались мертвые яйца (от живых отличались темно оранжевым и беловатым цветом, непрозрачностью), они тоже подсчитывались. Определялась степень развития эмбрионов (по 5-балльной шкале), размеров яиц. Яйца имели форму эллипсоида вращения, у не менее 10 яиц измерялись с точностью до 0,01 мм большой (длина) и малый (ширина) диаметры, подсчитывались их

средние значения; объем яйца считали по формуле: $V = 3,14 \times X \times Y^2 : 6$ (где X – длина яйца, мм; Y – ширина яйца, мм). У 39 особей оценивалось состояние экзоскелета (степень его твердости, где линяющие особи – без панциря или с очень тонким и мягким панцирем; у недавно перелинявших – панцирь чистый, упругий, может легко прогибаться при нажатии пальцем; у межлиночных особей панцирь утолщенный, негибкий, с наростами).

Результаты

Соотношение полов северной креветки моря Лаптевых в разных пробах конца августа–начала сентября существенно варьировало (табл. 2), что, возможно связано с различиями в глубинах их сбора (табл. 1), то есть с вертикальной сепарацией особей разных полов; также может быть и результатом отличающихся условий обитания креветок в разных частях моря. Большинство самцов встречено в пробах с глубин около 275-500 м, на этих же глубинах отмечены все малочисленные самки и единичные особи с признаками смены пола (интерсексы). Пробы с мелководных районов (менее 100 м) почти целиком или полностью были составлены из ювенильных особей.

Таблица 2. Соотношение полов, *Pandalus borealis*, море Лаптевых, 2018 г.

Дата	Глубина, м	Соотношение полов ювенилы : самцы : интерсексы : самки	
		кол-во, экз.	%
26.08	72	7 : 0 : 0 : 0	100 : 0 : 0 : 0
	517-498	2 : 19 : 3 : 10	6 : 56 : 9 : 29
28.08	64	15 : 1 : 0 : 0	94 : 6 : 0 : 0
03.09	422-416	0 : 2 : 0 : 2	0 : 50 : 0 : 50
04.09	275-274	2 : 11 : 1 : 0	14 : 79 : 7 : 0

Размеры тела (ДК) креветок *P. borealis* моря Лаптевых составили 8,0-28,0 мм (табл. 3; рис. 1) при ОД 28,8-94,0 мм. В целом, размеры (ДК) ювенилов были 8,0-13,4 мм (ОД 28,8-48,2 мм); самцов – 10,0-21,5 мм (ОД 33,0-82,0 мм); интерсексуальных особей – 16,9-21,0 мм (ОД 62,5-79,0 мм); самок – 19,5-28,0 мм (ОД 75,0-94,0 мм). Ювенилы становятся самцами при ДК около 10-13 мм. Смена пола у северной креветки моря Лаптевых в 2018 г. наблюдалась, возможно, при ДК 17-19,5 мм, реже – до ДК 21 мм.

Размеры самок, закономерно для протерандрических гермафродитов, превышали размеры самцов. Первичные самки встречены не были.

Для вида отмечено, что размер креветок увеличивается с глубиной обитания [0], подобную тенденцию можно наблюдать в наших результатах. В августе-сентябре 2015 г. размеры тела (ОД) *P. borealis* в море Лаптевых на глубинах 249-504 м составляли 40-126 мм [0]. Это крупнее полученных нами значений (28,8-94 мм), но в нашем небольшом материале до 30 %

составила доля ювенильных особей с меньших глубин, соответственно крупные особи были слабо представлены. В 1880-1996 гг. максимальная ДК самцов и самок *P. borealis* var. *eous* из моря Лаптевых составляла 33 и 39,6 мм, соответственно [0], что тоже крупнее, полученных нами значений, но и на совсем небольшом материале. В целом, общая длина тела *Pandalus borealis* может достигать 120 мм у самцов, 165 мм у самок [0]; чем севернее обитают креветки, тем больше их предельные размеры [0,0,14,0].

Таблица 3. Размеры креветки (длина карапакса) *Pandalus borealis*, море Лаптевых, 2018 г.

Дата	Глубина, м	ювенилы		самцы		интерсексы		самки	
		диа-пазон	ср±со	диа-пазон	ср±со	диа-пазон	ср±со	диа-пазон	ср±со
26.08	72	9,0-10,9	9,6 ±0,8	—	—	—	—	—	—
	517-498	11,0; 13,4	—	10,0-20,0	17,2 ±2,3	18,5-21,0	19,4 ±1,4	19,5-25,0	21,4 ±1,8
28.08	64	8,0-11,0	9,4 ±0,8	18,0	—	—	—	—	—
03.09	422-416	—	—	19,0; 21,5	—	—	—	24,0; 28,0	—
04.09	275-274	9,5; 10,5	—	11,5-19,0	15,0 ±2,8	16,9	—	—	—

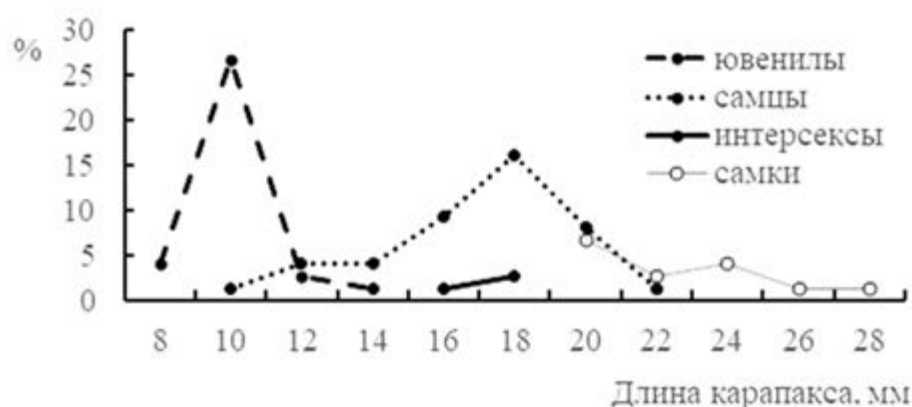


Рисунок 1. Размеры креветки *Pandalus borealis*, море Лаптевых, 2018 г.

Размеры ювенилов и самцов на разных станциях достоверно не отличались (табл. 3). Судя по близким средним размерам интерсексов и самок – в пробах доминировали особи этих полов схожих возрастных групп, особи более старших возрастов в пробах не встречены. В Северном море пол меняется при длине 18-20 мм и возрасте 1-2 года [0], у северного побережья Исландии – при ДК 14-23 мм (в 3-4 года) [0], в Баренцевом море – в возрасте 3-5 лет при ДК 14-24 мм [0,0], у Норвегии – в 2-3 года при ДК 14-26 мм [11,0,0]; в заливе Мэн – на 3-м году жизни при ДК 24 мм [0,0].

Продолжительность жизни креветок также зависит от условий среды и колеблется от 3 до 11 лет: в холодноводных районах креветка растет медленнее и живет дольше [0,0,14,0].

Масса тела. Индивидуальная масса тела 35 особей с ДК 9,0-28,0 мм составила 0,29-11,17 г (табл. 4).

Таблица 4. Масса тела креветки *Pandalus borealis*, море Лаптевых, 2018 г. (D – диапазон)

Станция	Дата	N	ювенилы		самцы		интерсексы		самки	
			D	ср±со	D	ср±со	D	ср±со	D	ср±со
5947	26.08	6	0,29-0,40	0,35±0,05	—	—	—	—	—	—
5949	26.08	20	—	—	0,37-4,88	3,14±1,26	4,46	—	4,40-8,13	5,58±1,24
5953	28.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5967	03.09	3	—	—	3,51	—	—	—	9,42; 11,17	—
5969	04.09	6	—	—	1,42-2,93	2,29±0,51	—	—	—	—

Для северной креветки моря Лаптевых отмечается положительная аллометрия массы тела: весовой рост опережает линейный ($y=0,0612e^{0,2098x}$; $R^2=0,92$).

Репродуктивное состояние самок *P. borealis*. Самки, готовящиеся к первому созреванию (с неразвитыми яичниками (в стадии зрелости II), без яиц на плеоподах; стернальные шипы слабо выражены, сглажены) встречены только в одной пробе (табл. 5); их размеры были наименьшими среди размеров всех исследованных самок.

Таблица 5. Репродуктивное состояние самок креветок *Pandalus borealis*, море Лаптевых, 2018 г. (D – диапазон ДК, мм; ср – среднее; со – стандартное отклонение; N – количество)

Дата	Самки без яиц				Яйценозные самки	
	стадия зрелости яичников II		стадия зрелости яичников III		стадия зрелости яичников VI-II, стадия развития эмбрионов I	
	N	D; ср±со	N	D; ср±со	N	D; ср±со
26.08	4	19,5-20,5; 20,0±1,4	2	23,0; 23,0	4	20,0-25,0; 22,0±2,2
03.09	—	—	—	—	2	24,0; 28,0

Две самки в этой пробе были впервые созревающими (стадия зрелости III; стернальные шипы слабо выражены (1 балл), их размеры были крупнее (табл. 5) благодаря прошедшей линьки полового созревания (она сопровождается спариванием, стимулирующим начало активного вителлогенеза в яичниках и их созревание) [0]; можно предположить, что эти самки могли бы дозреть и нереститься осенью 2018 г. Половина всех исследованных самок были только что отнерестившимися (имели неразвитые гонады (стадия зрелости VI-II), вынашивали эмбрионы в стадии развития 1; не имели стернальных шипов) (табл. 5). Наиболее мелкие из них (ДК до 22 мм), видимо, отнерестились впервые, а самки с ДК до 24-28 мм, возможно, нерестились не первый год – их размеры увеличились за два года после ряда линек, связанных с репродукцией самок [0].

Можно сделать вывод, что конец августа – начало сентября в 2018 г. было временем довольно активного нереста самок северной креветки в центральной и западной частях моря Лаптевых. В схожий период 2015 г. (августе-сентябре) в море Лаптевых для всех самок *P. borealis* тоже была отмечена подготовка к нересту – они находились на первой преднерестовой стадии [0]. В целом отмечено, что нерест северной креветки происходит раз в году, летом-осенью – длится в разных частях ареала 2-4 месяца, приходящихся на период с наиболее теплой водой в придонных слоях в конкретном районе: [1,0,0,11,13,0,0,19,0].

Время инкубации яиц тоже зависит от температуры воды и составляет 4-10 и даже 11 месяцев [1,2,0,10,16,18,19,0], личинки вылупляются весной (чем холоднее вода, тем позже вылупление) и распределяются течениями до двух-трехмесячного возраста, когда они оседают на дно в виде пост-личинок [0].

Плодовитость, размеры яиц. У самок северной креветки из моря Лаптевых из проб конца августа-начала сентября 2018 г. можно было определить только начальную реализованную (НРРП) – у только что отнерестившихся самок. В целом, НРРП у самок с ДК 20-28 мм составила 329-2221 яиц размерами 0,99-2,04 мм х 1,22-2,76 мм ($1,08 \pm 0,03$ мм х $1,34 \pm 0,08$ мм; ширина х длина) и объемом 0,69-0,92 мм³ (табл. 6). Максимальные значения НРРП стоит считать ближе к истинным для вида в данном районе, так как ее меньшие значения могли быть вызваны многими причинами (выловом самок во время процесса откладки яиц, потерей яиц во время вылова, отбора, фиксации и хранения проб).

В Баренцевом море, заливе Мэн реализованная плодовитость *P. borealis* достигала больших (в 1,5-2 раза), по сравнению с таковыми у креветок моря Лаптевых, значений: почти 4000 яиц [0] и 3400 яиц [0], соответственно. Для вида банки Флемиш (северная Атлантика) подобная закономерность (НРРП до 3707 яиц, то есть больше в 1,7 раз таковой у вида в море Лаптевых) связана с крупным размером самок (ДК 31 мм) [0]

Таблица 6. Начальная реализованная плодовитость, размеры яиц у самок *Pandalus borealis*, море Лаптевых, 2018 г. (ср-среднее; со-стандартное отклонение)

Дата	Кол-во, шт.	ДК, мм		Плодовитость		Ширина яиц, мм		Длина яиц, мм		Объем яиц, мм ³	
		диа-пазон	ср ±со	диа-пазон	ср ±со	диа-пазон	ср ±со	диа-пазон	ср ±со	диа-пазон	ср ±со
26.08	4	20-25	22,0 ±2,2	329-1678	848 ±595	1,05-1,12	1,08 ±0,03	1,22-1,40	1,34 ±0,08	0,72-0,92	0,82 ±0,09
03.09	2	24-28	26,0 ±2,8	1228-2221	—	0,99; 2,04	—	1,34; 2,76	—	0,69-0,78	0,73 ±0,06

Размеры только что отложенных яиц у самок моря Лаптевых крупнее в 1,8-2,5 раз, по сравнению с таковыми у самок с Баренцева моря (0,9-1,1×1,1 мм) [0] и в 1,3-1,5 раз – у самок из более южной банки Флемиш (0,99-1,60×1,29-1,80 мм) [0]. Усиление заботы о потомстве, направленное на производство более крупных личинок в суровых условиях моря Лаптевых, компенсируется здесь меньшей величиной плодовитости, однако для уточнения этого вопроса требуется сравнить размер яиц в конце эмбриогенеза.

У креветок моря Лаптевых нами отмечена тенденция к увеличению величины НРРП с увеличением размеров тела самок (рис.2).

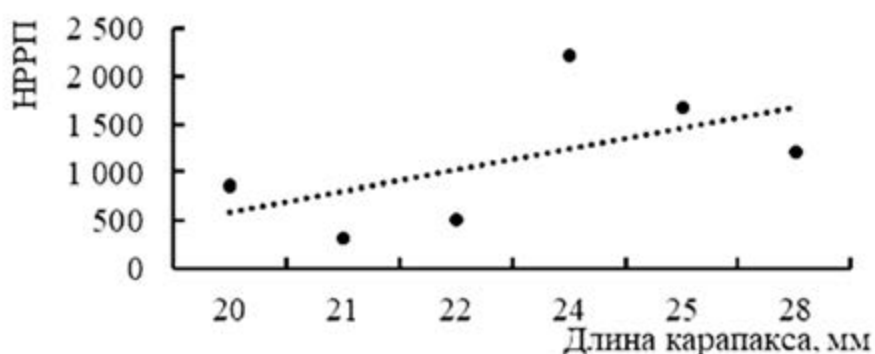


Рисунок 2. Начальная реализованная плодовитость (НРРП), *Pandalus borealis*, море Лаптевых, 2018 г.

У одной самки, ДК 22 мм, с моря Лаптевых в пробе за август среди 595 яиц обнаружено 203 мертвых (34 %) и у особи, ДК 24 мм, в пробе за сентябрь среди 2221 яиц отмечено 38 мертвых яиц (1,7 %). Для сравнения, у самок вида из северной Атлантики (банка Флемиш) среди только что отложенных яиц (1-2 стадии эмбриогенеза) доля мертвых составила 0,2-8,7 % [0]. Показано, что от возраста северной креветки доля мертвых яиц в ее кладках не зависела [0], гибель яиц происходит, в основном, в процессе их вынашивания, может достигать 63 %, и определяется, видимо, внешними факторами [0].

Состояние панциря у 39 особей *P. borealis* отличалось (Таблица 7).

Таблица 7. Состояние панциря у креветок *P. borealis*, море Лаптевых, 2018 г.

Состояние панциря	Пол	Кол-во экз.	Репродуктивное состояние	Длина карапакса, мм
линяющие	самцы	2	—	16, 18
недавно перелинявшие	ювенилы	6	—	9-10,9
	самцы	17	—	10-21,5
	интерсексы	1	—	21
	самки	4	без яиц, в стадии зрелости II	19,5-20,5
		2	без яиц, в стадии зрелости III	23
		6	яйценозные, в стадии зрелости VI-II	20-28
в межлиночном состоянии	ювенилы	1	—	9

Эти данные для самок демонстрируют основные закономерности связи их линочного и репродуктивного циклов, описанные для многих других каридных видов: есть линька полового созревания (на стадии зрелости II, ее следы заметны у особей на стадии зрелости III), стимулирующая созревание яичников, и преднерестовая линька (недавно перелинявшие особи только что отнерестились, их яичники – в посленерестовом состоянии, в стадии зрелости VI-II) [0].

Выражаем сердечную благодарность В.Л. Семину, собравшему в 72-ой рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» пробы креветок и В.А. Спиридонову (Институт им. Ширшова, г. Москва), передавшему нам эти пробы для обработки.

Список использованных источников

1. Беренбойм Б.И. Северная креветка (*Pandalus borealis*) Баренцева моря / Б.И. Беренбойм // Биология и промысел. – Мурманск: ПИНРО, 1992. – 135 с.
2. Брызгин В.Ф. Глубоководная креветка Баренцева моря: биология, распределение и промысел / Б.И. Беренбойм // Мурманск, 1981. – 72 с.
3. Буруковский Р.Н. Питание и пищевые взаимоотношения креветок / Р.Н. Буруковский // ФГОУ ВПО «КГТУ», 2009. – 408 с.
4. Глебов И.И. Результаты комплексных биологических исследований в море Лаптевых в августе-сентябре 2015 г. / И.И. Глебов, В.А. Надточий, А.Б. Савин, А.М. Слабинский, О.Ю. Борилко, Д.Н. Чульчиков, А.С. Соколов // Изв. ТИНРО. – 2016. – Т. 187. – 72-88 С.
5. Иванов Б.Г. Биология северного шримса (*P. borealis*) в Беринговом море и заливе Аляска / Б.Г. Иванов // Тр. ВНИРО. – 1969. – Т. 65. – 392-416 С.
6. Иванов Б.Г., Соколов В.И. Аномалии в развитии вторичных половых признаков у северной креветки *P. borealis* (Crust., Decap., Pandalidae) //

Зоологический журнал. – 1997. – Т. 76. – Вып. 2. – 133-141 С.

7. Соколов В.И. Десятиногие ракообразные (Crustacea Decapoda) евразийских морей полярного бассейна / В.И. Соколов // – Москва, 2002. – 24 с.

8. Судник С.А. О связи линчного и репродуктивного циклов у самок креветок (Crustacea, Decapoda, Natantia) / С.А. Судник // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов (25-26.09.2013 г.). – тр. научн. конф. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – 290-293 С.

9. Судник С.А. О проблеме определения пола у креветок-гермафродитов (Crustacea, Decapoda, Caridea) / С.А. Судник // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: в 3-х т.: Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Севастополь, 19-24.09.2016 г.): материалы. / под общей редакцией А.В. Гаевской. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – Т. 1. – 305-309 С.

10. Allen J.A. The dynamics and interrelationships of mixed populations of Caridea found off the north-east coast of England / J.A. Allen // Some Contemp. Studies Marine Sci. – London: George Allen and Unwin. – 1966. – 45-66 P.

11. Andrews A.J. Boreal marine fauna from the Barents Sea disperse to Arctic Northeast Greenland / A.J. Andrews, J.S. Christiansen, S. Bhat et al. // 2009. – Sci Rep 9. – №5799. – 8 p.

12. Apollonio S. Effects of temperature on the biology of the northern shrimp, *Pandalus borealis*, in the Gulf of Maine / S. Apollonio, D.K. Stevenson, E.E. Dunton // NOAA Techn. Rept NMRS. – 1986. – №42. – 22 p.

13. Beremboim B.I. Data on the deep-water shrimp (*P. borealis* Kroyer) fecundity in the Barents Sea / B.I. Beremboim, G.K. Sheveleva // ICES. Shellfish Committee. – C. M. 1989/ K: 16. – 13 p.

14. Bergström B.I. The biology of *Pandalus* / B.I. Bergström // Advances in marine biology. – 2000. – Vol. 38. – 121-162 P.

15. Garcia E.G. The northern shrimp (*Pandalus borealis*) offshore fishery in the Northeast Atlantic / E.G. Garcia // Adv. Mar. Biol. 2007. – №52. – 147-266 P.

16. Haynes E.B. Biology of the northern shrimp, *P. borealis*, in the Gulf of Maine / E.B. Haynes, R.L. Wigley // Trans. of the American Fish. Soc. – 1969. – Vol. 98. – №1. – 60-76 P.

17. Hvingel C. Shrimp (*Pandalus borealis*) in the Barents Sea / C. Hvingel // Stock assessment 2016. NAFO SCR Doc. 16/048 Serial №6598. – 2016. – 17 p.

18. Nilssen E.M. Demography, fecundity, growth and mortality of the deep-water prawn *P. borealis* from Isfjord, Spitsbergen (78°N) / E.M. Nilssen // ICES. Shellfish Committee. – 1990. – №109. – 1-36 P.

19. Nilssen E.M. Population parameters and life histories of the deep-water prawn, *P. borealis* from different regions / E.M. Nilssen, C.C.E. Hopkins // ICES. Shellfish Committee. – 1991– K:2. – 1-27 P.

20. Parsons D.G. Predators of northern shrimp, *Pandalus borealis* (Pandalidae), throughout the North Atlantic / D.G. Parsons // Marine Biology Research. – 2005. – Vol. 1. – Issue 1. – 48-58 P.

21. Skuladottir U. Defining stocks of *Pandalus borealis* off northern Iceland using the maximum length and maturity ogive of females as a measure / U. Skuladottir // ICES symposium on shellfish life histories and shell fishery models in Moncton. – 1990. – №95. – 16 P.

22. Sudnik S.A. On realized fecundity of northern shrimp (*Pandalus borealis*) at Flemish Cap during spring-summer 1996 / S.A. Sudnik // NAFO SCR Doc.97/94, Ser. №2941. – 1997. – 1-5 P.

23. Sudnik S.A., Falkenhaus T. The method of biological analysis for caridean shrimps (Decapoda: Natantia: Caridea) with emphasis on pelagic shrimps / S.A. Sudnik, T. Falkenhaus // Наука и общество в условиях глобализации: материалы НЗ4 междунар. науч.-практ. конф. (Уфа, 21-22.04.2014 г.). – Уфа: РИО ИЦИПТ, 2014. – 7-11 С.

24. The FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Yearbook of fishery and aquaculture statistics – 2017 // FAO. – 2019. – 639 p.

©Судник С.А., Бегунова С.А., 2020

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ПОВЕДЕНИЯ КАМЧАТСКОГО КРАБА В СУБЛИТОРАЛИ МУРМАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

SOME RESULTS OF OBSERVATIONS OF KING CRAB BEHAVIOR IN SUBLITTORAL MURMANSK COAST

Шацкий Андрей Викторович^{1, *}, Русяев Сергей Михайлович^{2, **}
Shatsky A.V.^{1, *}, Rusaev S.M.^{2, **}

¹ Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. СПб, РФ

² Магаданский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Магадан, РФ

¹ Saint Petersburg branch of VNIRO, Saint Petersburg, Russia

² Magadan branch of VNIRO, Magadan, Russia

*E-mail: shatsky72@yandex.ru ; **E-mail: coastfox@yandex.ru

Представлены результаты водолазных исследований поведения камчатского краба в зоне облова конусных ловушек в различных условиях сублиторальной зоны мурманского побережья Баренцева моря.

Ключевые слова: Баренцево море, камчатский краб, водолазный метод, ловушки, поведение

Some results of research on the behavior of the Red king crab in the area of cone traps in various conditions of the sublittoral zone of the Murmansk coast of the Barents Sea are presented.

Keywords: Barents Sea, Red king crab, diving method, trap, behaviour

Введение. Получение показателя площади облова объектов ставной ловушкой для целей оценки запасов обычно выполняется методами на основе статистических материалов, собранных на судах [6, 7, 5] или с

помощью моделирования [4], для которых ограничена возможность оценки влияния факторов среды, конструкции ловушки, динамического характера воздействия приманки на объект. Кроме того, расчетными методами сложно определить коэффициент уловистости ловушек. Однако, определённые возможности изучения влияния некоторых факторов на показатели облова краба орудиями лова существуют при проведении водолазных экспериментальных исследований, что предопределило цель и задачи авторов при использовании водолазного способа наблюдений за камчатским крабом в зоне действия орудий лова, в сублиторальной зоне Мурманского побережья Баренцева моря.

Обзор литературы. Наблюдения за поведением камчатского краба в зоне действия промыслового орудия лова проводилось при обработке данных фото и видеорегистрации на больших глубинах [3], с помощью водолазных наблюдений и фотоавтоматов [8], видеофиксации [10], в лабораторных условиях [12].

Материал и методика. В рамках исследования было выполнено 13 дискретных наблюдений за поведением камчатского краба в зоне облова конусной ловушки (высота – 1 м, диаметр основания – 1,5 м, размер ячеи – 100 мм) в июле-августе 2006-2009 гг., в сублиторальной зоне Мурманского побережья (губы Кислая, Ура, Большая Волоковая, Териберская), на 4 полигонах с глубинами 4-8 м. У особей краба пойманных ловушкой измеряли ширину карапакса (ШК) и определяли пол.

Выбор полигонов определялся принципом «контраста»: выбирались участки, имевшие различия в условиях среды. Предполагалось что такой прием позволил бы на большем объеме материала, подтвердить/опровергнуть факторы влияющие на скорость обнаружения крабом шлейфа запаха приманки. Априорными факторами приняли гидродинамические условия и ландшафт дна, который мог бы повлиять не только на передвижение краба, но и на устойчивое сохранение шлейфа запаха приманки вблизи от орудия лова. Для этих факторов, была проведена бальная оценка (табл. 1), основанная на имеющейся оценке скорости течений, характерных для открытой и фьордовой частей Мурманского побережья [2], а также, типизации подводного берегового склона [1].

Начало работ всех серий наблюдений осуществлялось в начальной фазе отлива. Ловушка выставлялась на полигон без приманки (наживки). При учёте краба, водолаз двигался от ловушки до полной выборки фала на катушке (35 м), пристёгнутой к снаряжению, с последующим разворотом и сматыванием катушки (рис. 1). Из-за достаточно близкого расположения ловушки к берегу, площадь, осматриваемая водолазом, имела форму близкую к эллипсу (расчётная величина – 3770 м²), который, в силу неопределённости максимальной площади облова орудия лова, принимали за *наблюдаемую зону облова ловушки* (НЗОЛ). Плотность распределения камчатского краба до постановки опыта, рассчитывалась отношением

количества обнаруженных особей краба, а через 24 часа – отношением суммы особей в НЗОЛ и пойманных ловушкой – к площади эллипса.

Таблица 1. Бальная оценка условий среды – факторов воздействия приманки на объект наблюдений

Гидродинамические условия	Баллы	Ландшафт	Баллы
Полузакрытые участки губ фьордового типа	2	Песок, ил, минимум макрофитов	1
Кутовая часть губы, бухты	1	Камни, галька, скальная основа	2
Открытое побережье, ветровой нагон, близкое расположение стационарных течений	3	Валуны, скалы, камни. Высокая биомасса макрофитов	3

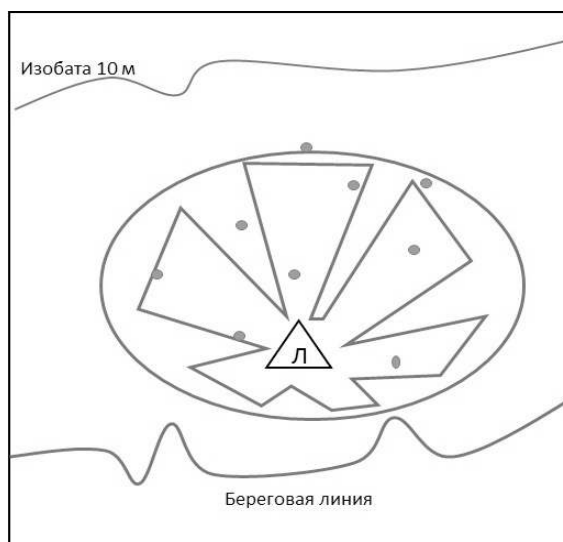


Рисунок 1. Общая схема работ. Линии на рисунке в области эллипса – маршрут водолаза рядом с ловушкой (Л), при учёте камчатского краба (точки) в НЗОЛ

После проведения предварительного учёта численности краба в НЗОЛ, водолазом в ловушку добавлялась приманка (сельдь). Последующий учёт крабов в НЗОЛ, проводился через 24 часа после добавления приманки. На полигоне в губе Ура контрольные наблюдения велись чаще: спустя 2, 6, 12, 24 и 48 часов, после добавления приманки в ловушку, а в губе Кислая спустя и 72 часа после выпуска крабов из коллектора.

Коэффициент уловистости ловушки рассчитывался как отношение уловленных ловушкой крабов за 24 часа, к максимальному количеству крабов, обнаруженных в НЗОЛ. При этом было сделано допущение, что все крабы этого вида, обнаруженные водолазом привлекались приманкой.

Температура воды регистрировалась по показаниям водолазного наручного компьютера (модель CressiSub, точность – 0,1 °C).

Результаты и обсуждение. Результаты привлечения краба приманкой в губе Большая Волоковая показали (табл. 2): сложность рельефа

(макрофиты, валуны) не является серьёзной помехой для крабов при наличии интенсивной гидродинамики. В тоже время, сложный рельеф вероятно может создавать «эффект накопителя» запаха приманки.

Таблица 2. Сравнительные характеристики условий среды и промыслово-биологические показатели, полученные по результатам наблюдений на полигонах в губах Большая Волоковая (БВ), Ура (У), Териберская (Т), Кислая (К)

Полигон	Сложность рельефа, баллы (1-3)	Скорость течений, баллы (1-3)	Плотность краба в НЗОЛ, экз./м ²		Улов, экз. (коэффициент уловистости)	ШК, мм
			До опыта	Через 24 ч		
БВ	3	3	0,0013	0,0042	10 (0,6)	135
У	1	2	0,0051	0,0031	4 (0,2)	113
Т	2	3	0,0005	0,0015	6 (0,7)	124
К	1	1	0,0001	0,0001	0	102

Невысокая скорость течений на полигоне в губе Ура не способствовала активной реакции крабов на приманку: две особи не отреагировали на приманку в ловушке с дистанции 15-25 м, а часть крабов и вовсе покинула НЗОЛ. Факты пассивного поведения краба в зоне облова ловушки, согласуются с исследованиями, проведенными с помощью фототехники [10]. Как показали наблюдения на этом полигоне, ландшафт, не оказывал влияния на скорость перемещения крабов. Более частая временная серия наблюдений (рис.2), позволила выявить период распознавания крабом направления шлейфа запаха и его активного проникновения в ловушку (соответственно 2 и 6 часов).

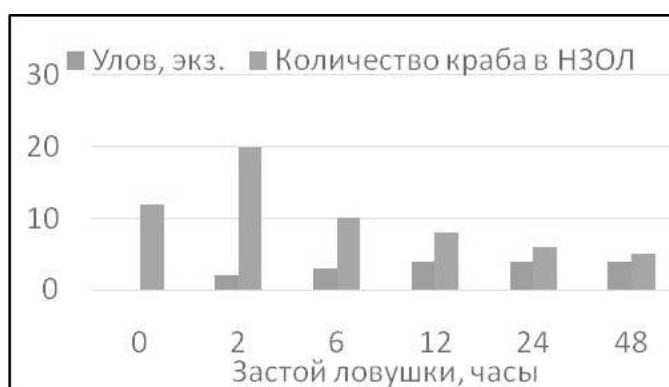


Рисунок 2. Динамика улова конусной ловушкой и количество камчатского краба в НЗОЛ на полигоне в губе Ура

Наблюдения также показали, что часто низкая уловистость ловушки объясняется большей ячейей сетного полотна (мелким особям сложно

забраться в ловушку) и, отчасти, конкуренцией между особями, когда крабы закрывали собой входное отверстие ловушки.

Наблюдения на полигонах в губах Териберская подтвердил важность гидродинамического фактора (как и на полигоне в губе Большая Волоковая) в обнаружении камчатским крабом приманки. Повторный учёт здесь показал троекратное увеличение плотности распределения краба в НЗОЛ – предположительно из-за локального выраженного градиента водных масс, обеспечившего проникновение шлейфа запаха приманки за пределы НЗОЛ, в результате чего плотность краба на полигонах резко возросла. На данных полигонах коэффициент уловистости также был высоким, что, очевидно, определялось наличием в мористых полигонах самцов краба больших размеров, способных эффективнее преодолевать подъем с большей ячейей ловушки.

Для исследований поведения камчатского краба в губе Кислой на полигон предварительно перемещались крабы из соседней губы Ура. После 3-х суточного периода адаптации в донном коллекторе, все выпущенные на полигон особи игнорировали ловушку с приманкой (на протяжении 72 ч после выпуска), и переместились на меньшие глубины. Причиной такой реакции краба, очевидно, стала температура воды на полигоне (5°C), что на $3-4^{\circ}\text{C}$ ниже, относительно таковой в тот момент в губе Ура. Данный факт, по нашему мнению, подтверждает доминирующую роль экофизиологического статуса камчатского краба в его поведении. Вероятно, аналогичное проявление такого эффекта показано в естественных условиях – перераспределением камчатского краба при резком влиянии (затоке) холодных водных масс [11].

Нахождение водолаза в 3-5 метрах от краба, почти не оказывало воздействия на направленность и скорость его движения, что позволяет использовать данную методику для аналогичных работ. Но для получения более объективной информации, необходимо многократное повторение подобных наблюдений, комбинируя их с техническими средствами (подводные видеокамеры, фотоавтоматы), обладающими высокой информативностью, но не охватывающих большие пространства [11].

Заключение. Повышенная гидродинамика в условиях сублиторальной зоны улучшает действие приманки на камчатского краба, ускоряя его реакцию. Сложный ландшафт не снижает его активности в реакции на приманку. В условиях сублиторальной зоны, наибольшее проникновение камчатского краба в ловушку происходило в первые 2-6 часов. В сублиторальной зоне площадь облова конических ловушек может превышать 3770 м^2 , где комплекс природных условий способствует более широкому распространению шлейфа запаха приманки.

Коэффициент уловистости камчатского краба конусными ставными ловушками существенно зависит от размера ячеей сетного полотна и размера облавливаемых особей. Выраженное, резкое влияние низкой температуры

на половозрелых особей камчатского краба может нивелировать функцию приманки ловушек.

Список использованной литературы

1. Вилкова О.Ю. Геолого-геоморфологический подход к оптимизации расчета запасов водных биологических ресурсов (на примере Черного, Японского и Баренцева морей)–Труды ВНИРО. Т. 144,2005. – 62-77 С.
2. Дженюк С.Л., Потанин В.А. Непериодические и суммарные течения // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 1. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – СПб: Гидрометеиздат, 1990. – 227–231. С.
3. Мирошников В.В., Пискунов А.И., Мясоедов В.И. Исследования биологических ресурсов промысловых беспозвоночных с применением подводных обитаемых аппаратов // Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР: тез. докл. – Владивосток: ТИНРО, 1985. – 94–95 С.
4. Михеев А.А. Определение промысловых параметров крабовых ловушек с помощью математической модели «хищник-приманка» //Вопросы рыболовства. Т. 2. № 3(7). – М, 2001. –518–541С.
5. Моисеев С.И., Шагинян Э.Р. Вариабельность основных параметров траловой и ловушечной съёмок при учёте крабов // Промысловые беспозвоночные: VIII Всерос. науч. конф. по промысловым беспозвоночным. Мат. докл. –Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ»,2015. –82–87С.
6. Слизкин А.Г., Букин С.Д. Некоторые проблемы оценки запасов промысловых крабов и опыт определения площади эффективного облова прямоугольных ловушек // Известия ТИНРО. Т. 128. Ч.II. –Владивосток,2001–625-633С.
7. Островский В.И., Ткачева О.Б., Харитонов А.В., Шаленко В.Н. Эффективная площадь облова крабов ловушками в северо-западной части Татарского пролива // Известия ТИНРО. Т. 178. – Владивосток, 2014. –261-270 С.
8. Переладов М.В. Некоторые аспекты поведения волосатого краба в естественных условиях в районе размещения орудий лова. // Прибрежные гидробиологические исследования–М, 1999. –155–162 С.
9. Переладов М.В. Некоторые особенности распределения и поведения камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*), на прибрежных мелководьях Баренцева моря. // Труды ВНИРО. Т. 142. – М, 2003. –103–119 С.
10. Сидоров Л.К., Переладов М.В., Лабутин А.В. Особенности поведения камчатского краба в зоне действия конусной ловушки // Труды ВНИРО, №. 178–М., 2019, –5-20С.
11. Сидоров Л.К. О влиянии температуры воды на распределение крабов в районе северных курильских островов. ТрудыВНИРО. Т. 175 – М, 2019. –20-35 С.
12. Zhou S., Shirley T.C. Behavioural responses of red king crab to crab pots // Fisheries Research № 30 p. –1997–177–189 С.

© Шацкий А.В., 2020

КРИЛЬ, МИЗИДЫ И БОКОПЛАВЫ

РАННИЙ ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ (*EUPHAUSIA SUPERBA*)

EARLY LIFE CYCLE OF ANTARCTIC KRILL (*EUPHAUSIA SUPERBA*)

Благодуров Илья Сергеевич

Blagodurov Ilya Sergeevich

Калининградский государственный технический университет, Калининград, РФ

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kaliningrad
State Technical University», Kaliningrad, Russian Federation

E-mail: llinex@mail.ru

Изучение репродуктивного периода развития антарктического криля очень важно, так как это ключевой период жизни криля, влияющим на его популяцию. Сезонные циклы зрелости криля связаны с антарктической средой обитания. В этой статье описывается морфо–биологические особенности развития криля в процессе развития личинок и его созревания в раннем периоде его жизни.

Ключевые слова: Криль (*Euphausia superba*), строение тела антарктического криля, ранний жизненный цикл, развитие личинки.

Studying the reproductive period of Antarctic krill development is very important, as it is a key period of krill life that affects its population. Seasonal cycles of krill maturity are associated with the Antarctic habitat. This article describes the morpho-biological features of krill development during the larval development and its maturation in the early period of its life.

Keywords: Krill (*Euphausia superba*), the body structure of Antarctic krill, early life cycle, larval development.

Введение. Многие вопросы, касающиеся биологии и экологии криля, развитию его жизненного цикла, в том числе репродуктивного периода развития, его устойчивости, гибкости и выживаемости и др. являются сегодня актуальными и ответы на которые требует различных и часто новых методов.

Тем не менее, немногие виды пелагических беспозвоночных получили столько внимания исследователей, как антарктический криль, играющий ключевую роль в пищевой сети всей экосистемы Южного океана и являющийся предметом ценного рыболовства и сохранение антарктического криля, таким образом, служит для защиты всей экосистемы Антарктики, однако, биология криля все еще плохо изучена. В данной работе нами представляется описание раннего жизненного цикла антарктического криля на основе современных источников информации.

Обзор литературы. Криль (*Euphausia superba*) (рис. 1) изначально был описан Джеймсом Дуайтом Даной (James Dwight Dana) в 1850 году, это был один из первых видов эйфаузиид, описанных в научной литературе [13].

Ранние британские исследования Фрейзера 1936 и Баргманна 1945) [5] впервые опубликовали данные о морфологии криля. Описание жизненного цикла, мест обитания обобщены в обширной монографии Марра (1962). [8]. Структура *Euphausia superba* Dana (по Brinton, 1975). Данные о распространенности яиц и личинок *E. Superba* были представлены Макаровым (1972) [2], I. Hempel и G. Hempel (1978) [6], Бейкером [3, 7, 14]. Биология эйфаузиид в работах [1, 9]. Влияние климатических факторов на развитие криля [10].



Рисунок 1. *Euphausia superba* Dana, 1850

Основная часть (материал, методология, результаты). Согласно World Register of Marine Species на 06.07.2020 года систематическое положение криля *Euphausia superba* следующее:

Домен: Эукариоты	Тип: Членистоногие
Царство: Животные	Подтип: Ракообразные
Подцарство: Эуметазои	Класс: Высшие раки
Двусторонне-симметричные	Отряд: Эвфаузиевые
Первичноротые	Семейство: Эвфаузииды
Линяющие	Род: <i>Euphausia</i>
Panarthropoda	Вид: Криль

Название: *Euphausia superba* Dana, 1850 (Евфаузия Суперба Дана, 1850). *Синонимы*: *Euphausia antarctica* Sars, 1883, *Euphausia australis*, *Euphausia glacialis*, *Euphausia murrayi* Sars, 1883 [13].

Антарктический криль *Euphausia superba* Dana, 1850 является одним из представителей зоопланктона, относится к семейству эйфаузиид [3] по виду криль (*superba* Dana) похож на мелкую креветку. Его тело состоит из трех основных частей – головогруды, абдомена (грудной отдел) и брюшной отдел с соответствующими конечностями: грудными (торакоподами), брюшными (плеоподами) и заканчиваются тельсоном. От основания грудных ног отходят пуки жабр. Окраска розоватая, передняя часть

головогруды у активно питающихся рачков зеленоватая. Глаза темные, органы свечения на брюшных сегментах пурпурные. Головогрудь покрыта хитиновым панцирем (карапаксом), сросшим со всеми грудными сегментами. В головной части панцирь переходит в рострум. Под панцирем расположена хитиновая пленка, имеющая клеточное строение в отличие от панциря.

Через карапакс просвечивают внутренние органы: темный желудок, желтовато-зеленая печень, красная брюшная нервная цепочка. Хорошо развитая шейка (абдомен) состоит из шести сегментов. Заканчивается брюшной отдел тельсоном, заостренным на конце, с парой ланцетовидных придатков. Длина тела, измеряемая от переднего края глаза до конца тельсона, иногда достигает 60 мм (рис. 2).

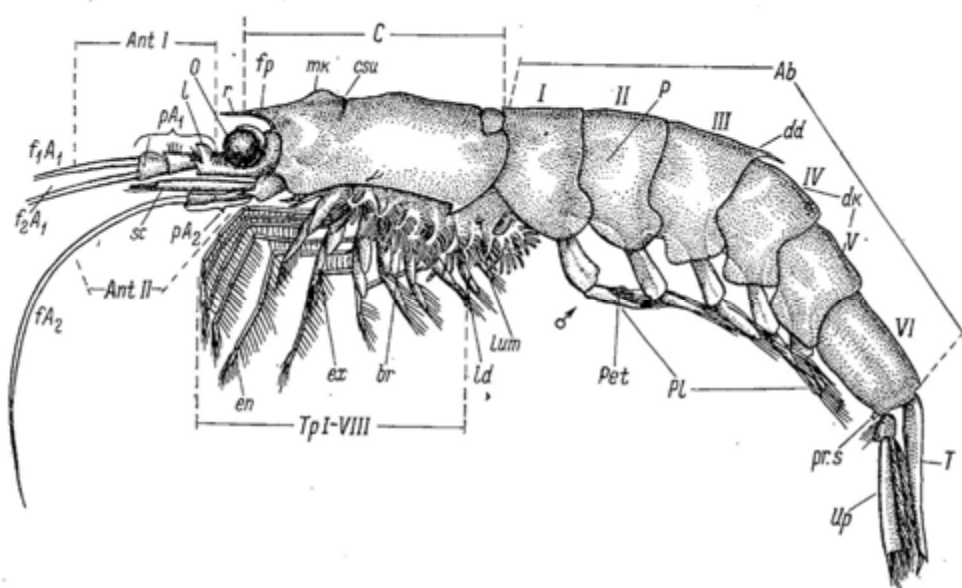


Рисунок 2. Строение тела антарктического криля.

Обозначения. *Ant I* — антенна I: *pA₁* — стебелек антенны I, *f₁A₁* — верхний жгутик антенны I, *f₂A₁* — нижний жгутик антенны I, *I* — лопасть на членике стебелька; *Ant II* — антенна II: *pA₂* — стебелек антенны II, *fA₂* — жгутик антенны II, *sc* — чешуйка (скафоцерит).

O — глаза; *C* — головогрудь (цефалоторакс); *r* — рострум; *fp* — Фронтальная пластинка; *mk* — медианный гребень (киль); *csu* — затылочная (цервикальная) борозда; *ld* — боковой зубец карапакса; *Trp I–VIII* — грудные ноги (торакоподы) I–VIII пары; *en* — эндоподит; *ex* — экзоподит; *br* — жабры; *lum* — орган свечения (фотофор); *Ab* — абдомен; *P* — плеурон (тергум); *Pl* — плеопод; *T* — тельсон; *Up* — уropод; *pr. s.* — преанальный шип; *pet* — петазма; *dd* — дорсальный зубец; *dk* — дорсальный гребень (киль); *or* — рот; *s* — желудок; *i* — печень; *cor* — сердце; *ov* — яичник; *sp* — сперматофор (прикреплен); *tel* — теликум (сперматека). [1].

Считается, что основными отличительными особенностями атлантического криля *Euphausia superba* Dana на сегодняшний день в сравнении с другими эуфаузидами являются:

- десять фотофор сложной природы расположены по одному в каждом глазном стебле, одна пара у основания второй и седьмой пары грудных ног соответственно, и одна лежит между каждой из первых четырех пар плеопод;

- отсутствие срединно-дорсальных шипов на брюшном сегменте;
- торакоподы практически однородны по структуре;
- 7-я и 8-я пары грудных окончаний в зачаточном состоянии;
- соединение шаровидного глаза хорошо развито;
- длина антенулярной лапчатки меньше почти на половину длины 2-го сегмента;
- 6-й брюшной сегмент длиннее 5-го. [9].

Обычно антарктический криль обитает в холодных водах (- 0,3 °C до + 4 °C) циркумполярно вокруг Антарктиды в Южном океане.

На сегодня известно 86 видов эуфаузид в водах Южного океана, но чаще всего встречается *Euphausia superba* (антарктическая креветка или антарктический криль), образующий значительные скопления (стаи). Кроме того, этот вид эуфаузиид довольно крупный - 60 - 62 мм и имеет наибольшую численность и биомассу, поэтому представляет наибольший интерес промышленного вылова.

Нерест криля непродолжителен (происходит летом: декабрь — март) и зависит от особенной сезонности в Антарктике. Процесс спаривания происходит при не совсем полном созревании самок (для созревания необходимо еще 1,5 - 2 месяца), созревшие самцы в этот момент прикрепляют сперматофоры к теликуму.

Затем, когда массово «цветет» фитопланктон, рачки растут и откармливаются перед нерестом. В среднем самка выметывает 3000 икринок, но были замечены случаи до 6000 - 8000 икринок. При потеплении нерест наступает раньше. Концентрация криля *E. superba* встречаются, как правило, в верхнем 200-метровом слое воды.

Ранняя жизнь криля начинается в течение австралийского лета, когда самки откладывают яйца в верхних слоях океана. В процессе нереста самками выметывается икра в воду, затем самки тонут, опускаясь на глубину до 1000 м. и более, при мелководьях оседают на дно [12].

Через несколько часов из икринок вылупляются личинки сферической формы, так называемые науплиусы, и, медленно поднимаясь в верхние слои воды, претерпевают довольно длительный цикл развития, состоящий из двух стадий (науплиуса, метанауплиуса), трех стадий калиптописа.

Недавно выпущенные эмбрионы тонут во время своего развития и вылупляются из личинок на глубинах 700–1000 м (рис. 3). Затем личинки поднимаются и завершают развитие на поверхности океана, превращаясь в так называемую молодь до наступления следующего лета.

Три стадии калиптописа (раннего жизненного цикла) имеют важное значение для выживания икринок криля [10]:

- первый период происходит во время развития личинок в первую стадию кормления (на рис. 3а - калиптопис 1, c1) после окончания цикла спуска-подъема. Оказавшись на поверхности, личинкам криля около 10 дней необходимо найти пищу до достижения порога голодания, после которого личинки не выживают, даже если пища становится доступной [12];
- второй критический период приходится на конец лета и осени, когда доступность пищи позволяет личинкам накапливать достаточные запасы липидов;
- третий, критический период, наступает во время первой зимы, когда личинки используют морскую ледяную биоту (SIB) в качестве пищевого ресурса, а также используют морской лед для укрытия [10].

Температура океана влияет на цикл спуска-подъема [14], а морской лед влияет на пищу и укрытие зимой [там же]; отступление зимы, при изменении температуры может стать доминирующим фактором сокращения популяции криля [4].

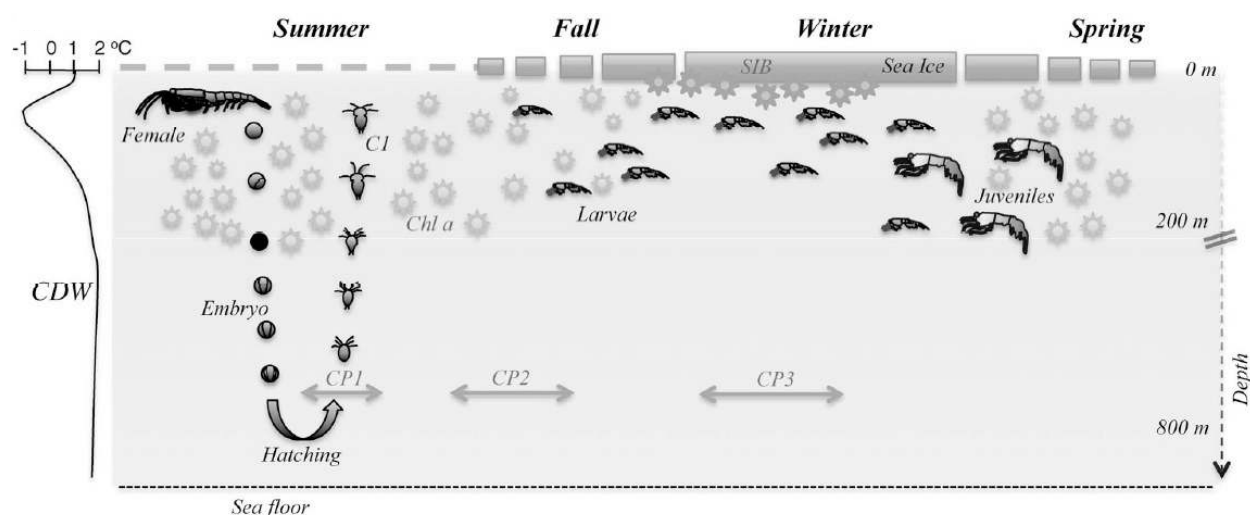


Рисунок 3. Ранний жизненный цикл антарктического криля [15].

Примечание. Размножение криля начинается в течение австралийского лета; после вылупления личинки развиваются до первого кормления - стадия calyptopis 1 (C1) и после завершения цикла спуска-подъема (C1) питаются доступным хлорофиллом (Chl) в течение остальной части лета и ранней осени. Криль зимует под морским льдом и весной линяет. Указаны три критических периода (CP1, 2 и 3); также показана морская ледяная биота (SIB) при зимнем кормлении личинок криля. На цикл спуска-подъема влияет теплая циркулярная волна (CDW), обычно встречающаяся ниже 200 м.

После вылупления личинки антарктического криля подвергаются сложному развитию, состоящему из четырех фаз и 12 этапов (рис.4, табл. 1). Окончательное формирование тела рачка происходит при прохождении личинок еще через шесть старших стадий, так называемых фурцилий, которые морфологически уже мало чем отличаются от взрослых особей. Весь этот процесс развития и метаморфоза длится около 7 мес.

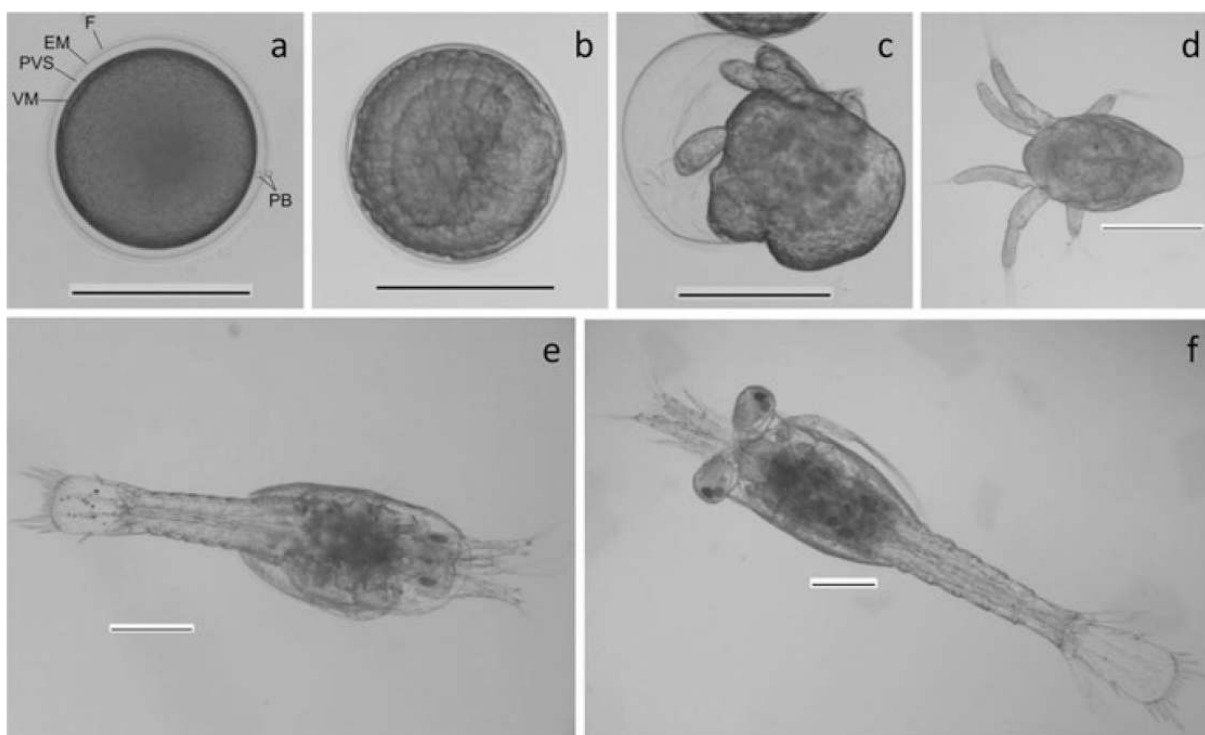


Рисунок 4. Размножение и развитие личинок у антарктического криля (*Euphausia superba*)

Примечание: (а) Вновь порожденное яйцо (желе для оплодотворения F, мембрана эмбрионов EM, PVS перивителлиновое пространство, мембрана, полярное тело PB), (b) поздняя гастрюла, (c) вылупившиеся личинки, (d) Науплий II, (e) Калиптопис II, (f) Фурцилия I. Шкала - 500 мкм. [7].

Личинное развитие основной массы особей завершается осенью, и на следующий год весной это новое поколение криля обнаруживается в виде молоди длиной 20-25 мм. В течение весенне-летнего сезона (второй год жизни) молодь интенсивно питается фитопланктоном и быстро растет, достигая длины 35-40 мм. К третьему лету жизни рачки созревают и размножаются при длине около 50 мм. Возраст *E. superba*, вылавливаемого в той или иной точке, можно определить только по размерам рачков, оценивая следующие друг за другом, упомянутые дискретные группировки — поколения.

Изменение популяции атлантического криля *E. superba* круглогодично и закономерно происходит по мере роста и созревания рачков, в результате чего сроки появления рачков в районе нереста, их рассредоточение после завершения икрометания, а также сроки доминирования соответствующих возрастных групп в популяции и т. д. могут оказаться сдвинутыми по времени от года к году. [2].

Таблица 1. Морфологические и поведенческие характеристики личинок антарктического криля

<i>Этапы</i>	<i>Основные морфологические характеристики</i>	<i>Поведенческие характеристики</i>
Науплий I–II	Несегментированное тело с 3 парами придатков. Нет глаз.	Нет кормления.
Метанауплиус	Развивается панцирь и живот, сложение под панцирем.	
Калиптопис I–III	Первая фаза кормления с отчетливой головогрудью и брюшным отделом. Глаза и ротовые органы развиты, а также конечности развиты, но до сих пор нет брюшных отростков.	Первая фаза кормления.
Фурцилия I	Подвижные глаза.	Фурцильная фаза: подвижный зрачок, личинка постепенно принимает форму молодого рачка, происходят самые сложные морфологические изменения, особенно на стадии фурцилии III, расширяется спектр кормления, позволяющей на следующей стадии фурцилии IV перемещаться и как взрослые кормиться фитопланктоном и ледяными водорослями.
Фурцилия II	Фотофоры начинают развиваться.	
Фурцилия III	Четыре фотофоры на животе. Все пять пар плеопод имеют щетинки и полностью разработаны.	
Фурцилия IV	Полностью разработана корзина для кормления. Количество конечных шипов тельсона уменьшено с 7 до 5.	
Фурцилия V	Количество конечных шипов тельсона уменьшено с 5 до 3.	
Фурцилия VI	Количество конечных шипов тельсона уменьшено с 3 до 1.	

Выводы. Криль является важным компонентом экосистемы Южного океана. Раннее развитие криля влияет на популяцию этого вида, что необходимо для понимания биологии криля, управлением его добычи без потерь для экосистемы Южного океана в условиях меняющегося климата. Современная техника, помогает понять биологию антарктического криля (*Euphausia superba*) на молекулярном уровне, а также биологические и экологические процессы развитие личинок, их взаимодействие, размножение и др., что позволяет нам лучше понять репродуктивные процессы криля в течение следующих десятилетий.

Список использованной литературы

1. Ломакина Н.Б. Эуфаузииды Мирового океана (Euphausiacea) / Под ред. А.А. Стрелкова и С.В. Василенко. - Ленинград: Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. – 223 с.
2. Макаров Р. Р. Жизненный цикл и особенности распределения *Euphausia superba* Dana // Тр. ВНИРО. Т. 77, 1972. С.– 85-92
3. Baker A, Boden B., Brinton E. A practical guide to the euphausiids of the world. Natural History Museum Publications, London, 1990. – p. 96.
4. Flores, H., et al. (), Impact of climate change on Antarctic krill, Mar. Ecol. Prog. Ser., 458, 2012 – 1–19 pp.
5. Fraser F. C. On the development and distribution of the young stages of krill (*Euphausia superba*) — Discovery Rep., 14: 1936. –1-192 pp.
6. Hempel I., Hempel G., Baker A. de C. Early life history stages of krill (*Euphausia superba*) in Bransfield Strait and Weddell Sea – Meeresforsch., 27: 1979. – 267—281 pp.
7. Jia ZN, Virtue P, Swadling KM, Kawaguchi S. A photographic documentation of the development of Antarctic krill (*Euphausia superba*) from egg to early juvenile. Polar Biol 37: 2014. –165–179 pp.
8. Marr J. W. S. The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) — Discovery Rep., 32: 1962 –33—464 pp.
9. Mauchline J., Fisher L.R. The biology of Euphausiids. Adv Mar Biol 7: 1969-1–454 pp.
10. Meyer, B., A. Atkinson, B. Blume, and U. V. Bathmann. Feeding and energy budgets of Antarctic krill *Euphausia superba* at the onset of winter—I–Furcilia III larvae, Limnol. Oceanogr., 47, 2002. –.943–952 pp.
11. Meyer, B. The overwintering of Antarctic krill, *Euphausia superba*, from an ecophysiological perspective, Polar Biol., 35, 2012. - 15–37 pp.
12. Siegel, V. Distribution and population dynamics of *Euphausia superba*: Summary of recent findings, Polar Biol., 29, 2005. –1–22 pp.
13. Siegel V., De Broyer C., Clarke A., Koubbi P., Pakhomov E., Scott F, Vanden Berghe W. and Danis B. The SCAR-MarBIN Register of Antarctic Marine Species (RAMS): Euphausiacea World Wide Web electronic publication. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.marinespecies.org/rams/> - (Дата обращения: 15.07.2020).].
14. Quetin, L. B., and Ross R. M. Depth distribution of developing *Euphausia superba* embryos, predicted from sinking rates, Mar. Biol., 79, 1984.- 47–53 pp.
15. Wiedenmann J., Cresswell K., Mangel M. Temperature-dependent growth of Antarctic krill: predictions for a changing climate from a cohort model. Marine Ecology Progress Series. 2008. 358, 2008. – 191-202 pp.

©Благодуров И.С., 2020

**СОСТОЯНИЕ СКОПЛЕНИЙ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЁХ ВИДОВ МИЗИД (CRUSTACEA:
MYSIDACEA) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

**STATE OF SETTLEMENTS AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF THREE SPECIES MYSID'S (CRUSTACEA: MYSIDACEA)
IN THE PETER THE GREAT BAY (SEA OF JAPAN)**

Будникова Людмила Леонидовна^{1,*}, Седова Людмила Георгиевна^{1,}
Budnikova Lyudmila L.^{1,*}, Sedova Lyudmila G.^{1,**}**

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Тихоокеанский филиал («ТИНРО»), г. Владивосток, РФ

¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Pacific branch ("TINRO"), Vladivostok, Russia

*E-mail : ludmila.budnikova@tinro-center.ru

**E-mail : ludmila.sedova@tinro-center.ru

Приведены данные о видовом, размерном и половом составе скоплений мизид в отдельных районах залива Петра Великого в 2014-2018 гг. *Neomysis awatschensis* и *N. mirabilis* образуют скопления в кустовой части Амурского залива, имеющие промысловое значение, их суммарная биомасса может превышать 500 г/м³. Скопления *N. mirabilis* и *Paracanthomysis shikhotaniensis* в мористой части залива Петра Великого малочисленны и разрознены. Из прибрежных видов мизид самый крупный *P. shikhotaniensis*, размеры его тела достигали 27,8 мм у самок и 19 мм у самцов. Максимальные размеры самок *N. awatschensis* – 13,7 мм, самцов – 12,0 мм, у *N. mirabilis* максимальная длина тела самок – 23,5 мм, самцов – 23,1 мм. В половом составе скоплений всех трёх видов мизид преимущественно преобладают самки.

Ключевые слова: мизиды, *Neomysis mirabilis*, *N. awatschensis*, *Paracanthomysis shikhotaniensis*, размерный и половой состав, Амурский залив, залив Петра Великого, Японское море.

Data of species, size and sex structure of mysid's settlements were investigated in different parts of the Peter the Great Bay in 2014-2018 are presented. *Neomysis awatschensis* and *N. mirabilis* form commercial stock in the northern part of Amur Bay. Their total biomass may exceed 500 g/m³. Settlements of *N. mirabilis* and *P. shikhotaniensis* in the island zone of the Peter the Great Bay is small and discrete. *P. shikhotaniensis* the largest of the coastal mysid's species. Size of his reached 27.8 mm in females and 19.0 mm in males. The maximum sizes of females *N. awatschensis* – 13.7 mm, of males – 12.0 mm. The maximum sizes of females *N. mirabilis* – 23.5 mm, of males – 23.1 mm. The females prevailed principally in the sex structure settlements mysid's of all three species.

Keywords: mysida, *Neomysis mirabilis*, *N. awatschensis*, *Paracanthomysis shikhotaniensis*, size and sex structure, Amur Bay, Peter the Great Bay, Japan Sea.

Мизиды – одна из массовых групп высших ракообразных, играющих значительную роль в прибрежных морских сообществах. Они являются важным объектом питания многих рыб [1], также могут употребляться в пищу человеком. В настоящее время мизиды считаются перспективными объектами промысла. В заливе Петра Великого обитают 11 видов мизид, однако на мелководье более массово представлены три вида: *Neomysis mirabilis* (Czerniavsky, 1882), *N. awatschensis* (Brandt, 1851) и *Paracanthomysis shikhotaniensis* Petryashov, 1983. Изучение состояния скоплений и биологических характеристик этих видов послужило целью данной работы.

Исследования проводили в заливе Петра Великого с мая по октябрь 2014-2018 гг. Пробы отбирали в мористой части (район островов Попова и Рейнеке) и кутовой части Амурского залива (рис. 1). Лов мизид осуществляли в дневное время сачком, сшитым из мельничного газа № 1, в прибрежной полосе на глубине 0,5-2,0 м. Ежегодно выполняли 160-260 учетных станций на площади около 3 км². Улов пересчитывали на 1 м³ воды.



Рисунок 1. Карта-схема района исследований (стрелками показаны места отбора проб мизид)

Камеральная обработка проб проводилась в лаборатории. После определения видового состава, мизид разделяли на самцов, самок и молодь. Пол определяли по строению 4-ой пары плеоподов и наличию (или отсутствию) марсупиальной (выводковой) камеры. К молоди относили ювенильных особей, у которых ещё нет выраженных половых признаков. Длину тела каждого экземпляра измеряли от начала рострума до основания тельсона при помощи окуляр-микрометра под бинокуляром с точностью до 0,1 мм. Было проанализировано 3054 особей *N. mirabilis* (1838 экз. в кутовой части Амурского залива и 1216 экз. в мористой части), 2212 экз. – *N. awatschensis* и 1601 экз. – *P. shikhotaniensis*. Статистическую обработку полученных данных проводили с применением программ STATISTICA, Microsoft Excel.

В кутовой части Амурского залива промысловые скопления с биомассой до 500 г/м³ и более образуют *N. awatschensis* и *N. mirabilis* в

период с мая по июль, причем в разные годы сроки подхода мизид к берегу не совпадают. В мористой части мизиды встречаются с мая по октябрь, но с небольшой биомассой (0,2-6 г/м³). В скоплениях присутствуют *N. mirabilis* и *P. shikhotaniensis*. Такое распространение мизид, в основном, обусловлено их биологией и гидрологическими условиями. По литературным данным, эврибионтный *N. mirabilis* населяет воды с температурой от -1,6 до +24 °С и соленостью 15-34,3 eps; эстуарно-пресноводный *N. awatschensis* – с температурой от – 1⁰ до + 26⁰ С и солёностью 0-27 eps; стеногалинный *P. shikhotaniensis* – с температурой от -1,5 до +22,6 °С и соленостью 30-34 eps [2]. В кутовую часть Амурского залива впадает река Раздольная, воды здесь отличаются пониженной соленостью, повышенной температурой в течение теплого периода года, а также более высокой биологической продуктивностью. В открытой части залива заметное влияние оказывает подток глубинных вод из зал. Петра Великого, высокие температуры сохраняются до конца сентября [3].

Длина тела *N. awatschensis* находилась в пределах 2-13,7 мм, преобладали (78,8 %) особи размером 7-11 мм. Самки имели размеры 7,0-13,7 мм (среднее значение в разные сроки – от 8,9 до 11,3 мм). Самцы были немного меньше – от 5,3 до 12,0 мм, при среднем значении от 7,3 до 9,1 мм. Соотношение полов было 1 : 1 (самки – 49,5±4,3%, самцы – 50,5±4,3%). Доля молоди составляла 30,6±10,6 % от всех особей.

Длина тела *N. mirabilis* в кутовой части залива варьировала от 3 до 23,5 мм. В мористой части вид имел размеры от 8,7 мм до 20,0 мм. Рачки с длиной тела 20 мм и более встречались редко – это перезимовавшие особи из весенне-летней генерации предыдущего года. В разные годы в мористой части преобладали особи размером более 13 мм (90,4-96,0 %) при среднем значении 14,5-15,4 мм, а в кутовой части – менее 13 мм (75,0-95,3 %), средняя длина тела рачков – 8,3-11,2 мм. Разница в средних размерах особей из мористой и кутовой частей залива статистически достоверна [4]. Соответственно, в кутовой и мористой частях залива самки имели размеры 6,0-23,5 мм и 11,0-20,0 мм, а самцы – 6,5-23,1 мм и 10,8-20,0 мм.

Доля самок в скоплениях *N. mirabilis* преобладала, составляя в кутовой части 60,9±2,4 %, а в мористой – 89,9±3,4 %. Доля самцов, соответственно – 39,1±2,4 % и 10,1±3,4 %. Соотношение самок и самцов в кутовой и мористой частях залива составило соответственно 1,6 : 1 и 8,9 : 1. Молодь в скоплениях мористой части присутствовала в незначительных количествах (0,4±0,3 %), а в кутовой составляла 22,9±11,9 % от всех особей. Преобладание в кутовой части Амурского залива половозрелых особей меньшего размера, а также более мелкие средние размеры молоди, чем в мористой части, свидетельствует о том, что в кутовой части размножение мизид происходит более интенсивно, что, несомненно, обусловлено различиями температурного и соленостного режимов этих районов [3, 4].

Длина тела *P. shikhotaniensis* варьировала от 6,0 до 27,8 мм. Весной и в самом начале лета особи были значительно крупнее. Самки имели размеры

9,3-27,8 мм (среднее значение в разные сроки – от 12,6 до 20,4 мм), самцы – от 8,3 до 19,0 мм, при среднем значении от 10,3 до 16,6 мм. В половом составе скоплений *P. shikhotaniensis* в период с июня по сентябрь преобладали самки (71,0±3,3 %), в октябре – самцы (62,9±6,8 %). Соотношение самок и самцов составило соответственно 2,4 : 1 и 1 : 1,7. Наибольшее количество молоди было в октябре – 61,6±3,6 % от всех особей, а с июня по сентябрь только 11,1±3,6 %.

Из рассмотренных видов, самый большой размах длины тела был у *P. shikhotaniensis* (рис. 2). Его средний размер (13,4±0,08) был меньше, чем у *N. mirabilis* (14,9±0,04 мм), обитающего с ним совместно в мористых условиях.

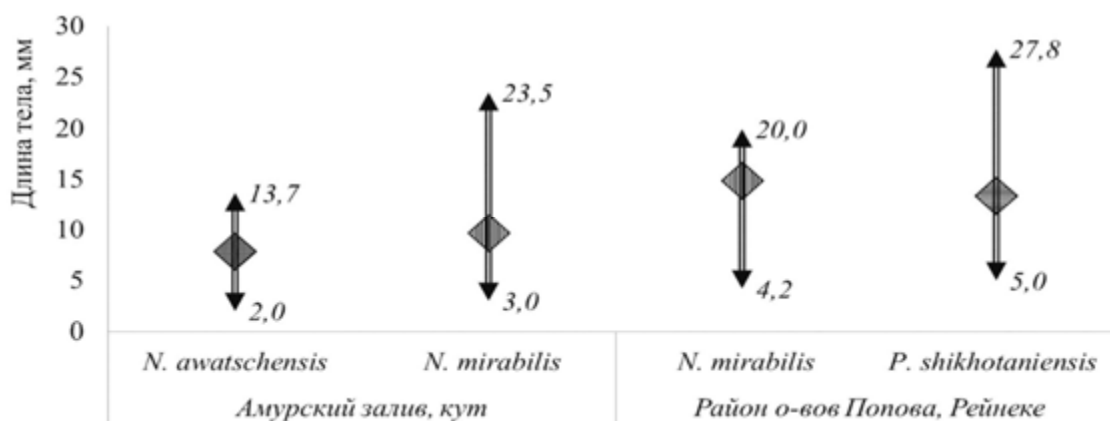


Рисунок 2. Средние, минимальные и максимальные размеры трех видов мизид

В кутовой части Амурского залива средняя длина тела *N. mirabilis* равнялась 9,7±0,09 мм, хотя максимальный размер особей превышал таковой у обитающих в мористых условиях. Наименьшие размеры имеет *N. awatschensis* (средняя длина тела – 7,9±0,04 мм). По данным В.В. Петряшова [2], максимальная длина тела самок *P. shikhotaniensis* составляет 27,1 мм, самцов 22,6 мм, у *N. mirabilis* – 35,5 мм у самок и 37,5 мм у самцов, у *N. awatschensis* самки достигают 18,1 мм, а самцы – 14,3 мм. В наших исследованиях особи *N. mirabilis* и *N. awatschensis* с такими размерами не были обнаружены.

Таким образом, обитающие в кутовой части Амурского залива *N. mirabilis* и *N. awatschensis*, в период с мая по июль создают обширные скопления с суммарной биомассой более 500 г/м³, которые имеют промысловое значение. Время формирования этих скоплений в разные годы не совпадает и имеет разную продолжительность. Скопления *N. mirabilis* и *P. shikhotaniensis* в мористой части залива Петра Великого малочисленны и разрознены. Для создания скоплений мизидам необходимы определённые значения температуры и солёности воды, а также благоприятные погодные условия (достаточная солнечная инсоляция, отсутствие дождей и ветров).

Из прибрежных видов мизид самый крупный *P. shikhotaniensis*, размеры его тела достигали 27,8 мм у самок и 19,0 мм у самцов.

Максимальные размеры самок *N. awatschensis* – 13,7 мм, самцов – 12,0 мм. У *N. mirabilis* максимальная длина тела самок и самцов практически одинакова, соответственно 23,5 и 23,1 мм. Средние размеры половозрелых особей всех рассмотренных видов и в кутовой части залива и в открытых водах, летом меньше, чем весной. В половом составе скоплений всех трёх видов практически всегда преобладают самки, роль самцов в кутовой части залива гораздо больше, чем в районе островов.

Список использованной литературы

1. Пушина О.И. Трофическая роль мизид в зал. Петра Великого (Японское море) // Тр. науч. конф. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». – Калининград: КГТУ, 2013. – С. 100–103.
2. Петряшев В.В. Отряд Мизиды — Mysidacea Boas, 1883 // Ракообразные (ветвистоусые, тонкопанцирные, мизиды, эвфаузииды) и морские пауки: Биота российских вод Японского моря. – Владивосток: Дальнаука, 2004. – Т. 1. – С. 55–96.
3. Седова Л.Г., Рачков В.И., Будникова Л.Л., Шевченко Г.Г. Влияние гидрологических условий на распределение мизид в заливе Петра Великого (Японское море) // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: мат-лы 8-й всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию рыбохоз. образования на Камчатке. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2017. – Ч. 1. – С. 173–175.
4. Седова Л.Г., Будникова Л.Л. Биологические характеристики мизиды *Neomysis mirabilis* в зависимости от условий обитания (залив Петра Великого, Японское море) // Известия ТИНРО, 2020. – Т. 200, вып. 1. – С. 101-117.

© Будникова Л.Л., Седова Л.Г., 2020

**ОЦЕНКА БИОМАССЫ *EUPHAUSIA SUPERBA* НА
ПРОМЫСЛОВЫХ УЧАСТКАХ В РАЙОНЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО
ПОЛУОСТРОВА В АПРЕЛЕ-МАЕ 2006 ГОДА ПО ДАННЫМ
ПРОМЫСЛОВЫХ УЛОВОВ**

ASSESSMENT OF THE *EUPHAUSIA SUPERBA* BIOMASS AT ITS
HARVESTING SITES IN THE ANTARCTIC PENINSULA AREA IN APRIL –
MAY OF 2006 BASED ON THE DATA FROM COMMERCIAL CATCHES

Корзун Юрий Васильевич^{1,*}, Жук Николай Николаевич^{1,},
Крискевич Лилия Викторовна^{1,***}
Korzun Yuriy Vasilyevich^{1,*}, Zhuk Nikolay Nikolaevich^{1,**},
Kriskevich Liliya Viktorovna^{1,***}**

¹Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),
г. Ростов-на-Дону, РФ

¹Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”),
Rostov-on-Don, Russia

*E-mail: korzuny@mail.ru ; **E-mail: niknikzhuk@list.ru ;

***E-mail: kris_lili@mail.ru

По данным уловов РКТС «Конструктор Кошкин» в апреле и мае 2006 г. оценена биомасса *Euphausia superba* в подрайоне Антарктический полуостров - 48.1: в проливе Брансфилд и севернее о. Ливингстон на акваториях 2060,87 км² и 1863,11 км² соответственно. Биомасса криля в уловах варьировала в п. Брансфилд от 6,2 до 188,9 г/м³, средняя 32,5±0,40 г/м³, в районе о. Ливингстон - 1,1 - 93,4 г/м³, средняя 18,9±0,95 г/м³. Биомасса скоплений в п. Брансфилд оценена в 2678,28±65,07 тыс. т, у о. Ливингстон – 1404,89±70,5 тыс. т, при этом улов судна составлял 0,3% и 0,2% от биомассы соответственно. Общий запас криля равнялся 4083,17 тыс. т. Улов всех стран за промысел в подрайоне 48.1 составлял 88,843 тыс. т или 2,2% от запаса.

Ключевые слова: биомасса, *Euphausia superba*, пролив Брансфилд, скопления, промысел.

Based on the data from the catches extracted by a fishing and krill harvesting trawler (supertrawler) “Konstruktor Koshkin” in April and May of 2006, the biomass of *Euphausia superba* in the subarea the Antarctic Peninsula 48.1, namely, at the harvesting sites in the Bransfield Strait and northwest from Livingston Island, which areas were 2,060.87 km² and 1,863.11 km² respectively, has been estimated. Krill biomass in the catches from the Bransfield Strait ranged from 6.2 to 188.9 g/m³, and its average value was 32.5±0.40 g/m³; in the catches from Livingston Island area, it was 1.1–93.4 g/m³, and its average value was 18.9 ±0.95 g/m³. Biomass of the aggregations in the Bransfield Strait was estimated at the level of 2,678.28±65.07 thousand tons, and near Livingston Island it was 1,404.89±70.5 thousand tons, all the while the vessel extracted 0.3 % and 0.2 % of the biomass, respectively. Total krill stock amounted to 4,083.17 thousand tons. The catch of all countries in the subarea 48.1 for the harvesting season was 88.843 thousand tons, or 2.2 % of the stock.

Keywords: biomass, krill fisheries, stock assessment, fishing season, *Euphausia superba*, Bransfield strait.

Введение. В настоящее время Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (АНТКОМ), регулирующая промысел рыб и беспозвоночных в Южном океане, нуждается в акустических съемках для мониторинга за величиной биомассы криля и ее пространственным распределением. Наиболее остро эта проблема стоит в районе Антарктического полуострова (подрайоне 48.1), где сосредоточена значительная часть промысла в Атлантическом секторе Антарктики (АЧА). Наряду с акустическими съемками большой практический интерес для мониторинга биомассы криля представляют данные вылова на промысловых судах, в том числе соотношение величины запаса доступного для промысла и величины вылова. Кроме этого рачки экспатрируются течениями из морей Беллинсгаузена и Уэдделла через подрайон 48.1 на промысловые участки в море Скотия и важно знать какова изменчивость биомассы криля в подрайоне 48.1. Современный промысел криля в АЧА ведут Норвегии, КНР, Чили, Украины и Республика Корея с выловом около 382 тыс. т [7]. В ближайшее время Норвегия [9] и КНР, основные криледобывающие страны, планируют увеличение вылова рачков [8,10], а также ожидается возобновление добычи криля Россией с выловом до 400 тыс. т [4], что приведет к достижению или превышению порогового уровня уловов 620 тыс. т установленного АНТКОМ [6]. Перед АНТКОМ встанет вопрос об изменении существующего подхода к управлению промыслом *Euphausia superba*, решение которого будет невозможно без данных о состоянии запаса антарктического криля.

Материал и методика. Данные для исследования были собраны в соответствии с Системой АНТКОМ по международному научному наблюдению [5] автором статьи (Н. Н. Жук) на коммерческом судне РКТС «Конструктор Кошкин» на промысле антарктического криля *Euphausia superba* в подрайоне 48.1 (Антарктический полуостров). Траулер облавливал скопления рачков севернее о. Ливингстон с 15 апреля по 05 мая и в проливе Брансфилд с 06 по 25 мая 2006 г. Применяли традиционную технологию лова с использованием пелагического трала проекта 74/600 м с площадью входного отверстия на уровне мелкочейной вставки 94 м² и минимальным размер ячеи 20 мм. Скорость траления варьировала от 2,1 до 3,0 уз и в среднем составляла 2,7 уз. Продолжительность лова была 5-110 мин., в среднем 40-47 мин. Толщина облавливаемого слоя составляла 40 м, так как в нем располагалась наиболее плотная часть промысловых скоплений. Для каждого улова вычисляли плотность биомассы в г/м³, исходя из обловленного объема воды [3]. Промысловый запас определяли методом изолиний [1,2] по данным 259 тралений в районе о. Ливингстон и 304 тралений в проливе Брансфилд. Для картирования значений плотности биомассы и определения площадей зон применяли пакеты программ Golden

Software Surfer 9 и QGIS 2.18.16. В расчетах использовались площади зон в пределах заштрихованных участков (рис. 1 А и Б). Статистические параметры рассчитывались с доверительной вероятностью 95% с помощью приложения Microsoft Excel 2010.

Результаты. В районе о. Ливингстон и в проливе Брансфилд скопления криля распределялись пятнисто (рис. 1 А, Б). У о. Ливингстон они локализовались на северном шельфе на участке от $59^{\circ}49'$ до $61^{\circ}23'$ з. д. на площади $1863,11 \text{ км}^2$ (рис. 1А). Плотность биомассы криля колебалась в диапазоне $1,1 - 93,4 \text{ г/м}^3$, и в среднем равнялась $18,9 \pm 0,95 \text{ г/м}^3$. Промысловый запас был в пределах $1358,48 - 1450,5$ тыс. т и в среднем равнялся $1404,49$ тыс. т.

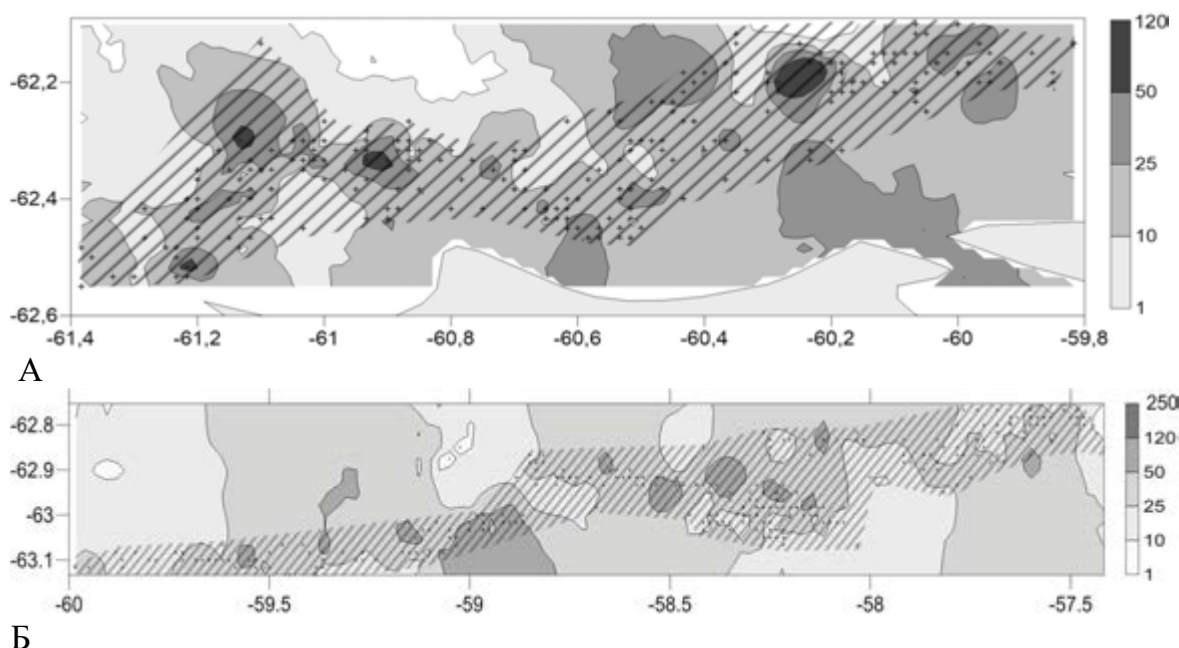


Рисунок 1. Распределение плотности биомассы криля (г/м^3) на участках промысла в районе о. Ливингстон (А) и в проливе Брансфилд (Б).

В проливе Брансфилд скопления рачков локализовались на акватории от $57^{\circ}25'$ до $59^{\circ}59'$ з. д. на площади $2060,87 \text{ км}^2$ (рис. 1Б). Плотность биомассы рачков в скоплениях колебалась в интервале $6,2-188,9 \text{ г/м}^3$ и в среднем составляла $32,5 \pm 0,40 \text{ г/м}^3$. Промысловый запас криля на исследованной акватории пролива был в пределах $2613,21-2743,35$ тыс. т, в среднем - $2678,28 \pm 65,07$ тыс. т.

РКТС «Конструктор Кошкин» выловил в апреле и мае в районе о. Ливингстон 4550 т , а в проливе Брансфилд 4758 т криля, что составило всего $0,3\%$ и $0,2\%$ от величины скоплений на этих участках.

Площадь скоплений, плотность биомассы, промысловый запас и вылов антарктического криля на РКТС «Конструктор Кошкин» в апреле-мае 2006 г. в проливе Брансфилд были значительно больше, чем в районе о. Ливингстон.

Суммарная биомасса криля в промысловых скоплениях на обследованных акваториях в районе о. Ливингстон и в проливе Брансфилд составляла 3971,69 - 4193,85 тыс. т., в среднем - 4083,17 тыс. т. Она была на много больше улова судов всех стран за промысловый сезон 2005/2006 гг. 88,84 тыс. т (2,2%) полученного в подрайоне 48.1. Промысловая биомасса криля 4083,17 тыс. т была также значительно больше порогового уровня 155 тыс. т (3,8%), установленного АНТКОМ для ограничения вылова в подрайоне 48.1 [6] и близка к величине общего допустимого вылова *Euphausia superba* 5610 тыс. т в АЧА.

Таким образом, по данным траловых уловов биомасса криля в подрайоне 48.1 достаточно велика, чтобы изменить устаревший подход АНТКОМ в виде установления ограничения на вылов, не связанного с состоянием запаса, на более эффективный механизм регулирования промысла *Euphausia superba*.

Список использованной литературы

1. Аксютин З.М. Количественная оценка скоплений рыб методом изолиний // Труды ВНИРО. 1970. Т. 71(2). С. 302–308.
2. Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром-сть, 1968. 289 с.
3. Бибик В.А. Сырьевая база криля в районах промысла в антарктической части Атлантики в 1995 году и результаты промысловой деятельности украинских судов // Тр. ЮгНИРО. Керчь: ЮгНИРО, 1996. Т. 42. С. 94–102.
4. Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]. URL <https://legalacts.ru/doc/morskaja-doktrina-rossiiskoi-federatsii-na-period-do/> (дата обращения 27.09.2019)
5. Система АНТКОМ по международному научному наблюдению. URL: <https://www.ccamlr.org/ru/science/science> (дата обращения 14.08.2020)
6. Список действующих мер по сохранению 2019/2020 гг. Хобарт. Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики. 2019. 396 с. URL: <https://www.ccamlr.org/ru/document/> (дата обращения 16.08.2020)
7. FAO FishStat J. Fisheries and aquaculture software // FishStat J. – software for fishery statistical time series / FAO Fisheries and Aquaculture Department Rome. <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>. [дата обращения 06.08.2020].
8. Godfrey Mark. 2019. China's demand for krill may result in changes to CCAMLR Convention // Seafood Source News. URL: <https://www.seafoodsource.com/news/supply-trade/chinas-demand-for-krill-may-result-in-changes-to-ccamlr-convention>. (дата обращения 03.03.2020)
9. Norwegian krill processor Rimfrost has awarded a contract to Westcon for the building of a new krill fishing vessel worth more than NOK1 billion Westcon to build Rimfrost krill vessel // Worldfishing.net/News/ URL: <https://www.worldfishing.net/news101/industry-news/westcon-to-build-rimfrost-krill-vessel> (дата обращения 6.08.2020)

10. Urch M. 2015/ China looking to become No 1 in Antarctic krill // <https://www.seafoodsource.com/features/china-looking-to-become-no-1-in-antarctic-krill> (дата обращения 06.08.2020).

© Корзун Ю.В.

КРИЛЬ ИНДООКЕАНСКОГО СЕКТОРА АНТАРКТИКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ЕГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОМЫСЛА

KRILL OF THE INDIAN OCEAN SECTOR OF ANTARCTICA AND PROSPECTIVE RECOMMENCEMENT OF ITS NATIONAL HARVESTING

Корзун Юрий Васильевич^{1,*}, Кухарев Николай Николаевич^{1,},
Зайцев Александр Константинович^{1,***}, Битютский Дмитрий
Геннадиевич^{1,****}, Сербин Валентин Викторович^{1,*****}
Korzun Yuriy Vasilyevich^{1,*}, Kukharev Nikolay Nikolaevich^{1,**},
Zaytsev Aleksandr Konstantinovich^{1,***}, Bitiutskii Dmitrii Gennadievich^{1,****},
Serbin Valentin Viktorovich^{1,*****}**

¹Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),
г. Ростов-на-Дону, РФ

¹Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”),
Rostov-on-Don, Russia

*E-mail: korzuny@mail.ru ; **E-mail: kukharev.nik@mail.ru ;

E-mail: akz2006@yandex.ru ; *E-mail: bityutsky_d_g@azniirkh.ru ;

*****E-mail: serbinfish@mail.ru

Основываясь на успехах в промысле криля в Атлантическом секторе Антарктики (АЧА), в 1972 г. Минрыбхоз СССР направил в Индоокеанский сектор Антарктики (АЧИО) Первую советскую антарктическую экспедицию. В 1973 г. на НИС РТМ-А «Кара-Даг» в АЧИО впервые были обнаружены промысловые скопления криля. В начале 1980-х годов уловы криля флотом СССР достигали здесь 120-130 тыс. т/год. Советский промысел криля в АЧИО был прекращен в 1990 г. За весь период промысла в этом районе было выловлено 758 тыс. т криля, в т. ч. 498 тыс. т (66%) – советским флотом. В настоящее время международный промысел криля ведется только в АЧА. Вылов криля растет и вскоре достигнет 400 тыс. т (2018 г - 382 тыс. т.). Но возможности наращивания вылова криля в АЧА ограничены, в 1991 г. страны-члены АНТКОМ в соответствии с предосторожным подходом установили пороговый уровень вылова криля в АЧА – 620 тыс. т. Вместе с тем в ближайшем будущем ожидается интенсификация промысла Норвегией и КНР – лидерами по вылову *Euphausia superba*, а также

возобновление его добычи Россией. Это приведет к достижению порогового уровня улова рачков - 620 тыс. т. В связи с этим предполагается смещение части промысла из АЧА в АЧИО, где в 1970-е - 1980-е годы существовал промысел криля. Его запасы в АЧИО ранее были изучены и оценены, определен ОДУ - 3,085 млн. т. Пороговый уровень, установленный странами-членами АНТКОМ в 2008 г., составляет 892 тыс. т. Ресурсы антарктического криля Индоокеанского сектора Антарктики значительны и позволяют с минимальными затратами возобновить их использование.

Ключевые слова: промысел криля, *Euphausia superba*, Атлантический сектор Антарктики, Индоокеанский сектор Антарктики, данные уловов, оценка запасов

Following the successes of krill harvesting in the Atlantic Ocean sector of Antarctica (AOA), in 1972 the USSR Ministry of Fisheries sent the First Soviet Antarctic Expedition to the Indian Ocean sector of Antarctica (IOA). For the first time commercial aggregations of krill in the IOA were found by RV Fishing Freezer Trawler of Atlantic type “Kara-Dag” in 1973. At the beginning of the 1980ies, krill catches attributed to the USSR fleet reached 120–130 thousand tons per a year. Krill harvesting by the Soviet vessels in the IOA was terminated in 1990. For the entire harvesting period, 758 thousand tons of krill were extracted in this area, including 498 thousand tons (66 %) extracted by the Soviet fleet. At present, international krill harvesting is carried out only in the AOA. Its yield is increasing and will soon reach 400 thousand tons (382 thousand tons as of 2018). However, the possibilities for expanding krill harvesting in the AOA are quite limited; in 1991, the CCAMLR member states, as it is stipulated by precautionary approach, adopted a threshold limit of krill catch in AOA at the level of 620 thousand tons. Meanwhile, it is to be expected that Norway and the People’s Republic of China, which have the highest catch of *Euphausia superba*, will scale up their harvesting operations; along with that, Russia will recommence its krill exploitation. It will lead to the threshold limit of 620 thousand tons being reached. For this reason, it is expected that the part of the AOA harvesting operations has to be moved to the IOA, where krill harvesting was conducted in 1970ies–1980ies. Its stocks in the IOA have been studied and assessed, and its TAC was estimated at the level of 3.085 million tons. The threshold limit, adopted by the CCAMLR member states, is 892 thousand tons. The Antarctic krill stocks in the Indian Ocean sector of Antarctica are considerable, and it is possible to recommence their harvesting with minimal expense.

Keywords: *Euphausia superba*, Atlantic Antarctic, Southern Indian Ocean, krill fisheries, stock assessment, catch statistics

Систематические наблюдения за крилем *Euphausia superba* и исследование его биологии в Индоокеанском секторе Антарктики были начаты шотландским зоологом, научным сотрудником Британского исследовательского комитета «Дискавери» Джеймсом Марром в 1929-1931 гг. Наблюдения за крилем стали возможными благодаря его важнейшей особенности поведения - способности формировать на свободных ото льда акваториях плотные поверхностные скопления, что отличает его от других видов эвфаузиид Антарктики [14].

Началом целевых советских исследований антарктического криля в АЧИО и в целом в Антарктике следует считать наблюдения, выполненные сотрудником Зоологического института АН СССР, доктором А.П. Андрияшевым на дизель-электроходах «Обь» и «Лена» в море Дейвиса (АЧИО) в ходе первой (1955/56 гг.) и третьей (1957-1958 гг.) советских комплексных антарктических экспедиций (КАЭ). На советской антарктической станции Мирный, открытой 13.02.1956 г. на побережье АЧИО (берег Правды). А.П. Андрияшев совместно с сотрудниками ВНИРО осуществлял береговые наблюдения за крилем в ходе исследований антарктической биоты [3,7].

В обобщенных результатах КАЭ, А.П. Андрияшевым было отмечено, что огромная продукция антарктического криля обеспечивает высокий продукционный потенциал ихтиофауны антарктических вод, а крилефагия является основным типом питания для некоторых видов кальмаров, пингвинов, трубконосых птиц, тюленя-крабоеда и усатых китов [1].

В начале 1950-х годов советское государство, выходя из послевоенной разрухи, нуждалось в быстром росте производства продовольствия. Так как одним из наиболее быстрых способов получения пищевой продукции было и остается рыболовство, рыбохозяйственные НИИ были нацелены на поиск новых районов и объектов промысла не только в прибрежных водах страны, но и в открытых водах Мирового океана, в том числе и в Антарктике [3, 6].

Обнаружение в 1962 г. экспедицией АтлантНИРО на РТ-202 «Муксун» промысловых скоплений криля в АЧА в море Скотия и развитие этого успеха экспедициями ВНИРО на СРТМ «Янтарь» в 1964 г., а затем на НПС «Академик Книпович» в 1965 г. привело к началу 1970 г. первого экспериментального промысла криля, в ходе которого был получен вылов 4,7 тыс. т.

Минрыбхоз СССР, опираясь на достигнутые в АЧА высокие результаты экспериментального промысла криля, в 1972 г. направил в АЧИО, в море Содружества Первую советскую антарктическую экспедицию с целью поиска промысловых скоплений криля и в этом районе [6]. Скопления криля в море Содружества наблюдали в экспедиции на судне СРТ «Аэлита» (АзЧерНИРО) в 1969 г. Проведение экспедиции было возложено на АзЧерНИРО и «Югрыбпромразведку». Экспедиция на НИС РТМ-А «Чатыр-Даг» и РТМ-А «Кара-Даг» работала в декабре 1972 г. - апреле 1973 г. и положила начало многолетним целевым исследованиям биологии и запасов криля в антарктических морях АЧИО в секторе между 20° и 145° в. д.

Первые промысловые скопления криля в АЧИО были обнаружены в 1973 г. в зоне антарктической дивергенции, а в 1974 г. - в заливе Прюдс (море Содружества) [4]. Уловы криля дополнили развивавшийся советский рыбный промысел в АЧИО, существенно расширили сырьевую базу флота и обеспечили более высокий общий вылов в районе. Уловы рыбы и криля

испытывали существенные межгодовые колебания, обусловленные в первую очередь количеством задействованного на промысле флота.

С 1978 по 1990 гг. в отдельные годы на промысле криля в АЧИО работало от 20 до 37 добывающих судов [9]. Уловы достигали 15 т за минуту и 40 т за 15 минуту траления и часто ограничивались невысокими перерабатывающими возможностями задействованных на промысле крупнотоннажных траулеров (60 т/сутки). В начале 1980-х годов советский вылов криля в АЧИО достиг уровня 120-130 тыс. т, среднегодовой улов - около 40 тыс. т [6,9,13].

В конце 1990 г. в связи с перестроечными реформами и переходом СССР от централизованной плановой к рыночной экономике советский флот прекратил промысел криля в АЧИО, а в 1991 г. прекратился и рыбный промысел. Добывающие, поисковые и научно-исследовательские суда СССР выловили в водах АЧИО с 1971 по 1991 гг. 1 млн. 324 тыс. т рыбы и промысловых беспозвоночных, в том числе 498 тыс. т антарктического криля (38 %) и 826 тыс. т. рыбы (62%) [6,13].

Можно констатировать, что в 141 научно-исследовательских и поисковых экспедициях по изучению *Euphausia superba*, проведенных в АЧИО в период с 1972 по 1990 гг. «были выполнены непревзойденные по объему, составу и полноте, многолетние и до сих пор актуальные исследования антарктического криля» [3]. В том числе была изучена длительность жизненного цикла криля [2], установлено распределение его икры и личинок, выявлен размерный состав взрослой части популяции, определен состав пищи, рацион питания и ритм интенсивности обмена, а также продукционные характеристики [10]. Установлена сезонная и пространственная динамика скоплений, их приуроченность к системе циклонической циркуляции вод, обеспечивающей необходимый циклический дрейф криля в процессе развития его локальной популяции, разработаны методы проведения учетных тралово-акустических съемок, оценок запаса и прогнозирования возможного вылова [6,11].

В настоящее время добыча криля ведется только в АЧА, на промысле работают суда Норвегии, КНР, Чили, Украины. В сезон 2018/19 общий улов криля достиг 382 тыс. т, превысив половину т. н. порогового уровня - 620 тыс. т/год, установленного странами-членами АНТКОМ в 1991 г. для района АЧА. Величина порогового уровня вылова не имеет научного обоснования и является эмпирической величиной, установленной странами-членами АНТКОМ в рамках предосторожного подхода в связи с недостаточной изученностью последствий промысловой деятельности на популяции хищников, особенно наземных хищников - потребителей криля. В настоящее время в АЧА общий вылов криля не может быть выше порогового уровня 620 тыс. т в год при общем допустимом улове (ОДУ) 5,61 млн. т [12]. Существенно затрудняет промысел криля в АЧА временное распределение порогового уровня по четырем статистическим подрайонам, в каждом из которых доля порогового уровня не может быть превышена.

Вместе с тем ведущие криледобывающие страны намерены увеличивать объемы добычи антарктического криля. Так Норвегия, на которую приходится 60% вылова рачков, стремительно модернизирует крилевый флот и наращивает промысловое усилие в АЧА [15]. КНР в ежегодных заявках в АНТКОМ планирует вылов до 1 млн. т криля, учитывая рост потребности в крилевой муке для развивающейся аквакультуры. В течение последних трех лет КНР уже проявляет интерес к ресурсам криля и в АЧИО [17]. В 2017 г. судно КНР впервые выловило в АЧИО 517 т, а в 2018 г. - 246 т криля [13]. Этого же следует ожидать и от Норвегии.

В мае 2020 г. руководитель Росрыболовства в соответствии с положительными результатами работ НИС «Атлантида» в крилевой экспедиции в АЧА в 2019/2020 гг. поручил подготовить рекомендации по возобновлению промысла криля в Антарктике и разработать экономическую модель рентабельности промысла. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса РФ до 2030 г. предусматривает, начиная с 2025 г., строительство 120-м судов для добычи криля в количестве пяти единиц.

В ближайшее десятилетие существенное негативное влияние на условия промысла криля в АЧА может оказать создание морских охраняемых районов (МОР) под управлением Антарктической Комиссии, в первую очередь в море Уэдделла, а также на других акваториях АЧА, и как следствие – к запрету лова криля на традиционных промысловых участках.

Существенной угрозой для современного промысла криля в АЧА является постепенный рост температуры поверхности океана (ТПО) и температуры воздуха в Антарктике, которое наиболее сильно проявляется в АЧА. Важнейшим последствием повышения температуры воздуха и ТПО в районе АЧА может быть уменьшение площади приматерикового и приостровного льда, который играет ведущую роль в выживании и развитии ранних стадий криля. Существует мнение, что уменьшение в каком-либо регионе площади приматерикового льда приведет к резкому снижению запасов криля в этом регионе [16]. В связи с региональной неоднородностью климатических изменений темпы роста температуры в районе Антарктического полуострова, где сосредоточена большая часть современного промысла криля значительно выше, чем в районе АЧИО. В связи с этим предполагается перебазирование части крилевого промыслового флота из АЧА в АЧИО, где в 1970-е - 1980-е годы существовал успешный советский промысел криля. На данный момент ОДУ криля в АЧИО оценивается АНТКОМ в 3,085 млн. т [12]. Эта величины распределяется по двум участкам: 58.4.1 – 440 тыс. т и 58.4.2 – 2645 тыс. т. На участке 58.4.1 ОДУ в 400 тыс. т разделены на подучастки к западу от 115° в. д. – 277 тыс. т, и к востоку от 115° в. д. 163 тыс. т. На участке 58.4.2 ОДУ 2645 тыс. т также подразделен на два подучастка к западу от 55° в. д. - 1448 тыс. т и к востоку от 55° в. д. – 1080 тыс. т. Кроме этого АНТКОМ здесь

ввел, не связанное с запасом ограничение на вылов в размере 452 тыс. т, которое аналогично ОДУ подразделено по подучасткам: на западном – 260 тыс. т и на восточном – 192 тыс. т. Учитывая все ограничения АНТКОМ по вылову криля, улов *Euphausia superba* в АЧИО за сезон может достигать 892 тыс. т.

Промысловые скопления криля в АЧИО локализуются в океанической зоне на участках антарктической дивергенции, у кромки льда и в заливе Прюдс. Их распределение, плотность и размеры зависят от особенностей динамики вод, биологического состояния рачков и уровня развития фитопланктона. Скопления в океанической зоне менее устойчивы, чем на внешнем шельфе и склоне материка и островов или у кромки льда [8]. В связи с этим, для возобновления промысла криля в Индоокеанском секторе Антарктики, на первом этапе целесообразно проведение комплексных рыбохозяйственных исследований с использованием крупнотоннажных научно-исследовательских судов, оснащенных новейшим научным, рыбопоисковым и технологическим оборудованием. В результате этих работ будет получена информация о современном состоянии океанографических условий в районах бывшего промысла, данные о распределении, биомассе и биологии криля и других объектов возможного промысла в АЧИО. На основании этих данных будут разработаны прогнозы возможного вылова рачков с различной заблаговременностью, даны рекомендации по стратегии, тактике промысла, количеству и расстановке судов [5].

В заключении надо отметить, что ресурсы антарктического криля в Индоокеанском секторе Антарктики значительны и изучены в той степени, которая позволит с минимальными затратами возобновить промысел криля в АЧИО.

Список использованной литературы

1. Андрияшев А.П. О микрофлоре и фауне, связанной с антарктическим припайным льдом // Зоол. журнал. 1967. Т. XLVI. Вып. 10. С. 1585–1593.
2. Асеев Ю.П. Размерная структура популяции криля и продолжительность его жизни в Индоокеанском секторе Антарктики // Антарктический криль. Особенности распределения и среда. – М.: ВНИРО, 1983. – С. 103-109.
3. Бизиков В.А, Шуст К.В. История изучения и освоения запасов антарктического криля, перспективы его промысла отечественным флотом // Тр. ВНИРО, 2007. Т. 147, С. 11-26.
4. Корзун Ю.В., Сербин В.В. Обзор отечественных рыбохозяйственных экспедиционных исследований криля *Euphausia superba* в Индоокеанском секторе Антарктики // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования: материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции (Керчь 15-17 мая 2019 г.) – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2019. – С. 327 – 332.

5. Ланин В.И. Промыслово-океанологические исследования в Индоокеанском секторе Антарктики // Труды ЮГНИРО. – Керчь: ЮГНИРО, 2017. – Т. 54. – С. 51-57.

6. Основные результаты исследований ЮГНИРО в Индоокеанском секторе Антарктики / Н. Н. Кухарев, А. К. Зайцев, Ю. В. Корзун, Н. А. Мисарь, С.Т. Ребик, С.И. Усачев // Материалы IX международной научно-практической конференции. Керчь, 6 октября 2017 г. – С. 189-205.

7. Парин Н.В., Неелов А.В. 1991. Лидер советских морских биологических исследований в Антарктике // Информационный бюллетень САЭ. - 1991. - Вып. 116. - С. 5-9.

8. Промысловое описание моря Содружества и прилегающих вод – Керчь: АзчерНИРО, ЮГРЫБПРОМРАЗВЕДКА. ГУНО МО. 1983. – 41 с

9. Пшеничнов Л.К. История начала рыбохозяйственных исследований в Южном океане. – Керчь: ЮГНИРО, 2014. – Т. 52 – С. 178-191.

10. Самышев Э.З. Антарктический криль и структура планктонного сообщества в его ареале. – М.: Наука, 1991. – 168 с.

11. Самышев Э.З., Асеев Ю.П. К методике расчета биомассы некоторых видов макропланктона по данным эхолотных записей и траловых уловов. Экология моря, 1980. Вып. 3. Киев. Изд-во "Наукова думка". - С. 75-76.

12. Список действующих мер по сохранению сезон 2019/20 гг., Хобарт: АНТКОМ 2019. – 396 с URL: <https://www.ccamlr.org/> (дата обращения 18.08.2020).

13. FAO FishStat J. Fisheries and aquaculture software // FishStat J. – software for fishery statistical time series / FAO Fisheries and Aquaculture Department Rome. URL:<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>. (дата обращения 06.08.2020).

14. Marr J.W.S. The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) // Discovery Rep. 1962. Vol. 32. P. 33–464).

15. Norwegian krill processor Rimfrost has awarded a contract to Westcon for the building of a new krill fishing vessel worth more than NOK1 billion Westcon to build Rimfrost krill vessel // Worldfishing.net/News/ URL: <https://www.worldfishing.net/news101/industry-news/westcon-to-build-rimfrost-krill-vessel> (дата обращения 6.08.2020).

16. Thomps A. 2016. Climate Change Could Put Tiny Krill at Big Risk // Climate Central. URL: <https://www.climatecentral.org/news/climate-change-could-put-tiny-krill-at-risk-20641> (дата обращения 05.03.2020).

17. Urch M. 2015/ China looking to become No 1 in Antarctic krill // Westcon to build Rimfrost krill vessel // Worldfishing.net/News/ <https://www.seafoodsource.com/features/china-looking-to-become-no-1-in-antarctic-krill> (дата обращения 06.08.2020).

© Корзун Ю. В., Кухарев Н. Н., Зайцев А. К., Битютский Д. Г., Сербин В. В., 2020

РЕЧНЫЕ РАКИ

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ РАКОВ В АХТАРСКО-ГРИВЕНСКИХ ЛИМАНАХ В 2020 ГОДУ

THE RESULTS OF CRAYFISH POPULATION STUDY IN THE AKHTARIAN-GRIVENIAN LIMANS IN 2020

Саенко Елена Михайловна^{1,*}, Марченко Андрей Олегович^{1,}**

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АзНИИРХ)

г. Ростов-на-Дону, Россия

*E-mail: saenko_e_m@azniirkh.ru ; E-mail: **marchenko_a_o@azniirkh.ru

Представлены результаты исследований состояния популяций раков в лиманах Ахтарско-Гривенской группы. определено распределение, численность и биомасса раков в лиманах. По результатам летних учетных съемок лиманы оценены как низкопродуктивные (менее 10 кг/га). Размерно-массовые характеристика популяции раков подтверждают непромысловый статус водоемов. Такое состояние популяции раков требует проведения комплекса мер, направленных на восстановление промыслового ресурса.

Ключевые слова: раки, *Pontastacus cubanicus*, Ахтарско-Гривенские лиманы, численность, биомасса, размерно-массовая характеристика популяции

The results of crayfish population studies s in the estuaries of the Akhtar-Grivenskaya group are presented in review and. the distribution, abundance and biomass of crayfish in estuaries is determined. According to the results of summer census surveys, estuaries were assessed as low-productive (less than 10 kg / hectare). The size-mass characteristics of the crayfish population confirm the non-commercial status of water ponds. Such a state of crayfish population requires a set of measures aimed at restoring the commercial resource.

Keywords: crayfish, *Pontastacus cubanicus*, Akhtarsko-Grivensky estuaries, abundance, biomass, size-mass characteristics of the population

Введение. Лиманы Ахтарско-Гривенской группы с 1970-х годов официально являлись промысловыми водоемами, в которых проводилась добыча раков. С 1973 г. по 1979 гг. ежегодный вылов раков увеличился с 11 т до 96 т. Исследования состояния популяции раков были начаты в 1972 г. По данным Б.Б. Буртыки ракопромысловая площадь в этот период оценивалась на уровне 2700-19060 га. Улов раков на 1 раколовку варьировал от 11 до 33 шт. за 12 часовую постановку. Промысловый запас оценивался на уровне 225,0-412 т. Однако, стабильный гидрологический режим лиманов, колебания уровня воды за счет периодических стонно-нагонных явлений, водопоступление воды с рисовых чеков и высокий уровень ННН-

промысла привели к крайне депрессивному состоянию популяцию раков, существенно сократив ее промысловую значимость в 2010-2014 гг. [3]. Промысловая ракопродуктивность водоемов сократилась до 3,8-4,3 кг/га, запасы – 168,3-189,8 т, рекомендуемый вылов – 24,0-39,2 т.

С целью восстановления запасов и ракопромыслового статуса азовских лиманов по результатам исследований 2016 г. было принято решение о введении ограничений рыболовства в виде запрета на вылов раков в азовских лиманах. Ограничение рыболовства было установлено в виде запрета с 1 января 2016 г. по 31 декабря 2019 г. на добычу (вылов) раков в азовских лиманах Краснодарского края, за исключением рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях с целью восстановления запасов и сохранения популяции раков в лиманах.

Целью исследований 2019-2020 гг. стала оценка современного состояния популяции раков в Ахтарско-Гривенской группе лиманов.

Материал и методы. Источником данных для оценки состояния раков в азовских лиманах Краснодарского края стали астакологические учетные съемки, выполненные в 2020 гг. в 12 лиманах Ахтарско-Гривенской системы (рисунок 1). Облов раков проводили раколовками. Численность и биомассу раков определяли методом прямого учета [1, 2]. В ходе экспедиционных исследований были собраны материалы, характеризующие условия обитания, пространственное распределение, половую и размерно-массовую структуру популяций.

Результаты обработаны стандартными статистическими методами [4]. Вычисляли среднюю арифметическую величину ($\bar{X}$) и ее ошибку (m), стандартное отклонение (σ), численность выборки (n), число степеней свободы (k). Достоверность определяли по критерию Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$. Все расчеты проводили в программе Microsoft Excel. Карта-схема станций представлена на рисунке 1.

Результаты и обсуждение

Исследования состояния популяции раков в 2017-2018 гг. показали доминирование во всех группах лиманов особей непромысловых размеров (менее 10 см). Их доля в разных группах лиманов варьировала от 50 до 90 %. В промысловой части популяций во всех лиманах преобладали мелкие особи размером 10,1-12,0 см. Отсутствие в уловах крупных раков и абсолютное доминирование особей непромысловых размеров свидетельствовало о многолетней интенсивной эксплуатации популяций раков во всех группах азовских лиманов. Численность и продуктивность популяций раков в Ахтарско-Гривенских лиманах, в среднем составили 150-200 экз./га, ракопродуктивность – 5-10 кг/га. [2].

Весна 2020 г. характеризовалась достаточно теплой погодой на территории азовских лиманов. Несмотря на пониженный температурный фон и заморозки в середине марта – начале апреля, в результате последующего резкого потепления температура воды в середине мая составляла в разных лиманах 16-18 °С. В этот период обычно происходит

вылупление личинок раков. Условия для развития личинок раков были удовлетворительными, заморных явлений не было зафиксировано.

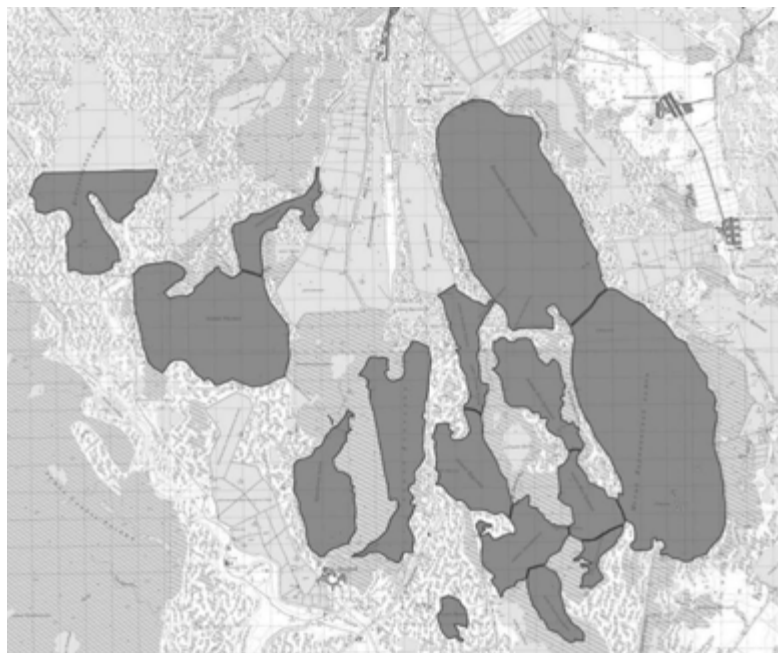


Рисунок 1. Карта астакологических съемок в Ахтарско-Гривенской группе лиманов в 2020 г.

Самки, участвующие в размножении, были представлены размером от 8,6 см до 13,8 см, (среднее значение $10,7 \pm 0,14$ см), массой 14-57 г (среднее значение $31,4 \pm 1,27$ г). Наиболее многочисленной была группа 10,1-11,0 см (38,9 % общей численности). Плодовитость самой варьировала от 17 до 573 икринок. Средняя плодовитость составила $215 \pm 15,43$ икринок.

Летом в условиях повышенного температурного фона период линьки был продолжительным. В середине июля около 5 % разновозрастных особей из разных лиманов находились на разных стадиях линьки. Заморных явлений в водоемах в летний период не наблюдалось.

Облавливаемая часть популяций раков в лиманах была представлена длиной 6,3-13,1 см, массой – 7,0-84,0 г, с преобладанием непромысловых особей зоологической длиной менее 10 см (50-85,6 %).

В общей структуре популяции отмечалось выраженное доминирование особей непромыслового размера (менее 10 см). Основную часть популяции (27,3 %) составили раки длиной 9,1-10,0 см, которые пополняют промысловые запасы в 2021 г. Раки размером 7,1-8,0 и 8,1-9,0 см (пополнение запасов в 2022 г.) составили 25,3 и 9,6 %, соответственно. В промысловой группе наиболее многочисленными были раки длиной 10,1-11,0 см (20,1 %). Особи длиной свыше 13,0 см встречались единично, состав в целом в уловах учетными орудиями лова не более 0,3 % общей численности.

Количество самцов в популяции незначительно превышало количество самок (1,15 : 1), что является нормой.

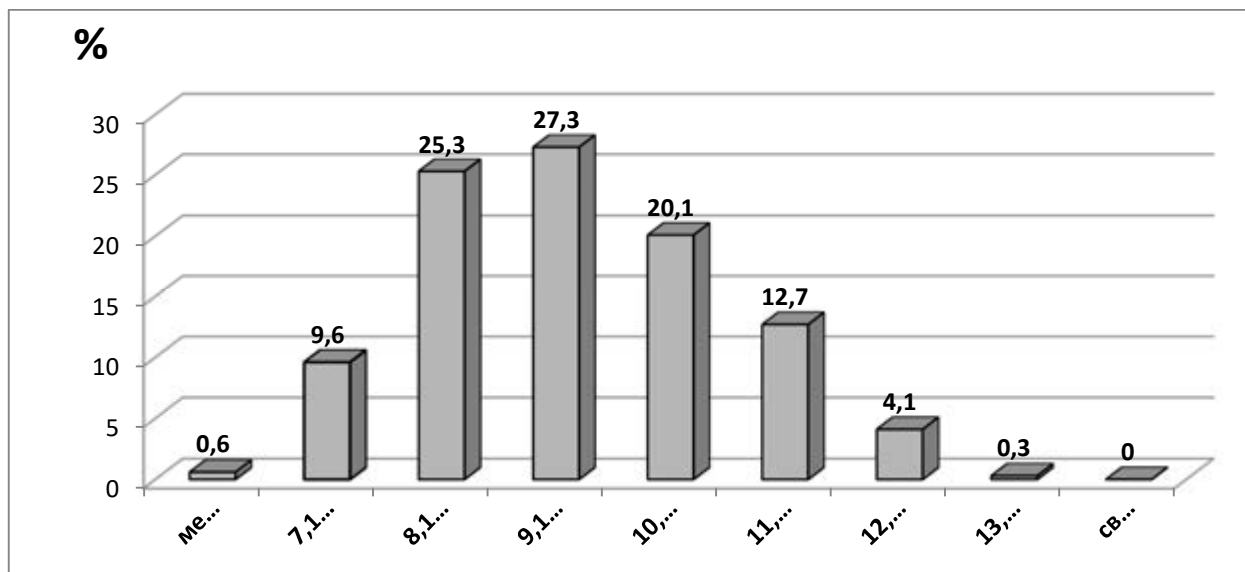


Рисунок 2. Структура популяции раков в лиманах Ахтарско-Гривенской группы, %

Общая численность раков варьировала от 17 до 205 экз./га, биомасса – от 0,5 до 4,5 кг/га, в среднем составляя $61,3 \pm 13,69$ экз./га и $20,2 \pm 3,10$ кг/га. Наибольшие численность и биомасса были отмечены в лимане Рясной, наименьшие – в лимане Большой Орлиный. Промысловая ракопродуктивность была на уровне 4-44 экз./га, биомасса – 0,1-1,6 кг/га (средние значения $1,5 \pm 0,59$ экз./га и $0,7 \pm 0,17$ кг/га).

По результатам проведенных исследований ракопромысловые угодья в лиманах Ахтарско-Гривенской группы была определена в объеме 18482 га. Численность раков в лиманах по данным летней учетной съемки 2020 г. составила 1,13 млн экз., в том числе промысловая – 0,37 млн экз., биомасса – 27,7 т и 12,9 т, соответственно.

Заключение. По результатам летних учетных съемок лиманы Ахтарско-Гривенской группы были оценены как низкопродуктивные (менее 10 кг/га). Структура и размерно-массовые характеристики популяций раков в них по данным исследований подтверждают непромысловый статус водоемов. Такое состояние популяции раков требует продолжения мер, направленных на восстановление промыслового ресурса и, в первую очередь контроль и пресечение ННН-промысла и разработку мероприятий, направленных на улучшение экологического состояния лиманов в целом.

Список используемой литературы

1. Глушко Е.Ю. Состояние популяций, запасов и промысла раков в водоемах Ростовской области в период 2012–2018 гг. // Водные биоресурсы и среда обитания, 2019. Том 2, № 3, С.68-74.

2. Глушко Е.Ю., Марушко Е.А., Саенко Е.М. Современное состояние популяций раков в Азовских лиманах и пути восстановления их промыслового значения // Материалы II Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования», посвященной 20-летию кафедры экологии моря ФГБОУ ВО «КГМТУ». г. Керчь 15-17 мая 2019 г. Симферополь: ИТ «Ариал». 2019. С. 159-165

3. Ковалевский В.Н., Глушко Е.Ю. История промысла речных раков в водоемах Азовского бассейна и проблемы его развития в современный период. // Сб. научных трудов «Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна», г. Ростов-на-Дону, 2012, С.167-169.

4. Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. Пособие для биол. спец. вузов – 4 изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.

© Саенко Е.М., Марченко А.О., 2020

ИГЛОКОЖИЕ

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАПАСА И ПРОМЫСЛА КУКУМАРИИ (*CUCUMARIA OKHOTENSIS*) У ЮГО-ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ.

THE CURRENT STATUS OF SEA CUCUMBER (*CUCUMARIA OKHOTENSIS*) STOCK AND FISHERY OFF SOUTH-WESTERN KAMCHATKA

Иванов Павел Юрьевич

Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Петропавловск-Камчатский, РФ

E-mail: ivanov@kamniro.ru

Кукумария охотская — востребованный объект промысла в Камчатско-Курильской подзоне. Доля ОДУ охотоморской кукумарии от всего общего допустимого улова кукумарий в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне составляет в среднем 26%, а добыча обеспечивает 24% всего объема вылова этих иглокожих. В последние несколько лет отмечается общая тенденция роста промысловых показателей на добыче кукумарии. Расположение и площадь скоплений *C. okhotensis* в Камчатско-Курильской подзоне практически не меняются. Запас оценен на высоком уровне и находится на современном этапе в хорошем состоянии.

Ключевые слова: кукумария охотская, запас, ОДУ, Камчатско-Курильская подзона, улов на траление, вылов на судо-сутки.

Sea cucumber *Cucumaria okhotensis* is a popular fishing object in the Kamchatka-Kuril subzone. The share of the TAC of the *C. okhotensis* from the all TAC of sea cucumber in the Far Eastern fishery basin is on average 26%, and the catch provides 24% of the total catch of these echinoderms. In the past few years, there has been a general upward trend in the catch of the *C. okhotensis*. The location and area of accumulations of sea cucumber in the Kamchatka-Kuril subzone practically do not change. The stock is estimated at a high level and is in good condition at the present stage.

Keywords: sea cucumber, *Cucumaria okhotensis*, stock, TAC, Kamchatka-Kuril fishery subzone, catch per unit effort.

Специализированный лов кукумарии у юго-западной Камчатки ведется с 1983 г. Освоение допустимых уловов до 2009 г. не превышало в среднем нескольких процентов, а судовые суточные донесения о вылове кукумарии подавались, главным образом, после ее вылова в качестве прилова в снюрреводах при прибрежном рыбном промысле маломерными судами. Промысел кукумарии резко активизировался в 2013 г., когда вылов

превысил 1000 т. Объем добычи кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне по итогам промысла в 2018 г. составил 2132 т (76% ОДУ), а в 2019 г. — 2791 т (99,7%), что является максимальным значением за последний 25-летний период.

До относительно недавнего времени основными причинами отсутствия интереса рыбаков и непривлекательности кукумарии, как объекта добычи, были низкая рентабельность промысла из-за сложности первичной переработки, хранения и перевозки сырца, слабый спрос на внутреннем рынке и, как следствие, низкая цена продукта [1]. В последние годы добыча кукумарии заметно интенсифицировалась, введены в эксплуатацию дополнительные береговые мощности по первичной обработке сырца и производству новых видов готовой продукции, пользующейся стабильным спросом на рынке.

В настоящее время охвачен промыслом только один из четырех крупных видов кукумарии прикамчатских вод (*C. djakonovi*, *C. savelijevae*, *C. okhotensis* и *C. levini*), это — кукумария охотская (*C. okhotensis*) [1], рекомендуемая к промыслу в Камчатско-Курильской подзоне [2]. Она отличается от остальных известных видов кукумарии и, прежде всего, японской, обитающей в Японском море и в районе Южных Курил и которую активно добывают, рядом признаков, относящихся к строению и окраске тела, форме глоточного кольца, форме и размерам спикул [3], качественным и количественным составом химических веществ и соединений [1], а главное — меньшими размерно-весовыми показателями, толщиной кожно-мышечного мешка (КММ). На основании последних двух особенностей, с учетом данных о гонадно-соматическом индексе (ГСИ), в правилах рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна промысловая мера кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне установлена на уровне 80 г, тогда как в прочих районах — 150 г.

Начиная с 2015 г., доля ОДУ охотоморской кукумарии у Западной Камчатки от всего общего допустимого улова кукумарий в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне составляет в среднем 26%, а добыча обеспечивает 24% всего объема вылова этих иглокожих.

Практически весь объем допустимого улова кукумарии осваивается маломерным флотом, при этом единственный источник информации об уловах на единицу промыслового усилия с 2015 г. — данные ССД из ОСМ (табл. 1). Согласно этим данным, в Камчатско-Курильской подзоне в последние годы отмечается общая тенденция роста промысловых показателей на добыче кукумарии.

По данным ежегодно проводимых комплексных учетных донных траловых съемок, в последние годы расположение и площадь скоплений кукумарии, открытых в Камчатско-Курильской подзоне в 1987–1988 гг. [4], практически не меняются (рис. 1). В силу своего образа жизни, кукумария предпочитает песчаные и твердые грунты и не может существовать на

илистых грунтах, в связи с чем её распределение носит пятнистый характер — она образует плотные, но крайне ограниченные по площади скопления.

Таблица 1. Промысловые показатели на добыче кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне в 2015–2020 гг.

Год	Вылов на с/с средний, т	Улов на замет, т	
		Средний	Максимальный
2015	4,9	2,8	11,8
2016	7,5	3,1	10,0
2017	5,3	2,5	18,0
2018	6,3	3,2	22,0
2019	14,6	8,0	19,5
2020*	14,8	7,1	20,0

«*» — по состоянию на 31 июля.

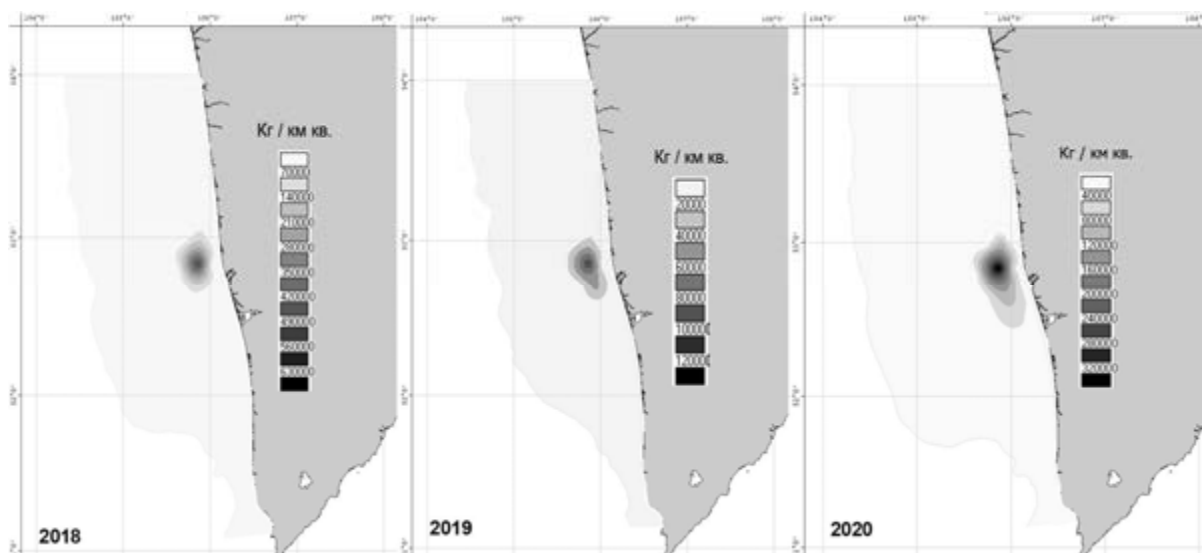


Рисунок 1. Распределение уловов кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне летом 2018–2020 гг.

Исследования, направленные, в том числе на изучение кукумарии, проводятся КамчатНИРО ежегодно в летний период. По результатам последних десяти лет исследований, включая данные 2020 г., сравнительно высокие уловы кукумарии учетным донным тралом ДТ №27,1/24,4 м (с горизонтальным раскрытием 16 м) отмечаются, главным образом, в пределах участка с координатами 52°30'–53°00' с.ш., на глубинах 27–51 м. Мельче и глубже этих изобат, а также к югу и к северу от данного участка уловы резко снижаются до величин, не позволяющих вести рентабельный промысел.

Так, летом 2018, 2019 и 2020 гг. максимальные уловы кукумарии в объеме до 10,5, 2,2 и 8,0 т за получасовые траления отмечены на широте 52°50'–51' с.ш., в пределах глубин 30–40 м. На участке 52°39'–42' с.ш., на

глубине около 30 м, уловы кукумарии составляли в эти три года 1,2, 1,0 и 2,2 т. Третий участок повышенной плотности кукумарии, фиксирующийся в последние три года и исследованиями ранее не отмеченный — в районе 53°01' с.ш., на глубине около 30 м с уловами 2,3, 0,5 и 2,0 т, соответственно.

Оценку запаса кукумарии проводили в программе ГИС «КартМастер» [5] методом сплайн-аппроксимации [6] (размерность сетки — 500×500, параметр сглаживания — 0, параметр влияния глубины — 500, коэффициент уловистости — 0,5). По оценкам 2015, 2017 и 2019 гг., запас кукумарии в подзоне в эти годы находился в пределах 50–90 тыс. т (рис. 2). Снижение оцененного запаса, по сравнению с данными 2014, 2016 и 2018 гг., не было связано с изменением его биологического состояния, и, по всей видимости, обуславливалось субъективным фактором: траления осуществлялись по стандартной сетке станций, результатом чего в отдельные годы может стать несовпадение контрольных тралений с расположением основного скопления кукумарии. По-видимому, в период проведения учетных работ в 2015, 2017 и 2019 гг. расположение скопления кукумарии или его границ могли несколько измениться, по причине чего часть запаса осталась недоучтенной.

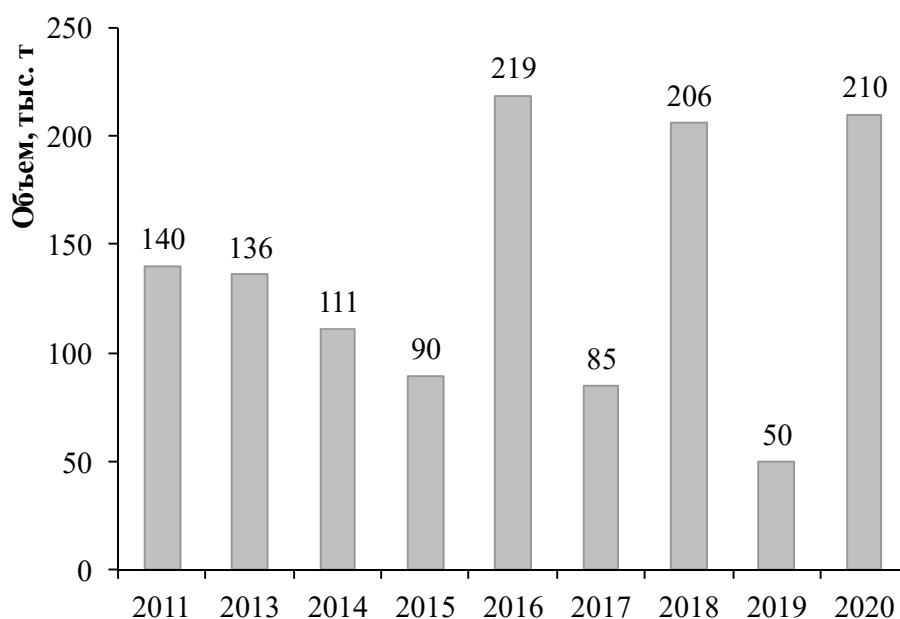


Рисунок 2. Запас кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне в 2011–2020 гг.

Результаты работ в 2018 и 2020 гг. подтвердили предположение о недоучете запаса кукумарии в 2017 и 2019 г. По данным донных траловых съемок в 2018 и 2020 гг., запас оценен на высоком уровне, сопоставимом с 2016 г., а именно в объемах 205,6–210,5 тыс. т, т.е. находится на современном этапе в хорошем состоянии.

Список использованной литературы

1. Степанов В.Г., Панина Е.Г., Бажин А.Г. Распределение, размерно-весовой состав и промысловый запас голотурии *Cucumaria okhotensis* Levin et Stepanov, 2003 (Dendrochirotida: Cucumariidae: Cucumariinae) юго-западного побережья Камчатки // Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО» (Петропавловск-Камчатский, 26–27 сентября 2012 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2012. С. 224–229.
2. Панина Е.Г. Наиболее вероятные причины массовых выбросов кукумариин на шельфе западной Камчатка // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Материалы X международной научной конференции, посвященной 300-летию со дня рождения Г.В. Стеллера. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2009. С. 222–225.
3. Левин В.С. *Cucumaria okhotensis* (Echinodermata: Holothuroidea) — новый вид голотурий из Охотского моря // Биология моря. 2003. Т. 29. № 3. С. 202–205.
4. Родин В.Е., Слизкин А.Г., Мясоедов В.И. Состояние запасов промысловых беспозвоночных в шельфовых водах Камчатки // Тез. докл. отч. сесс. ТИНРО и его отделений по результатам научно-исследовательских работ 1990 г. Владивосток: ТИНРО, 1991. С. 33–36.
5. Бизиков В.А., Поляков А.В. Географическая информационная система «КАРТМАСТЕР»: новые возможности и перспективы для рыбохозяйственных исследований // Математическое моделирование и информационные технологии в исследованиях биоресурсов Мирового океана : тез. докл. мат-лов отрасл. семина. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2004. С. 89–91.
6. Столяренко Д.А., Иванов Б.Г. Метод сплайн-аппроксимации плотности запаса применительно к многовидовым съемкам // Сырьевые ресурсы и биологические основы рационального использования промысловых беспозвоночных : тез. докл. Всесоюз. совещ. Владивосток: ТИНРО, 1988. С. 10–11.

©Иванов П.Ю., 2020

БРЮХОНОГИЕ И ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ

ОСОБЕННОСТИ ФИЛОГЕОГРАФИИ ОБЫКНОВЕННОЙ БЕЗЗУБКИ *ANODONTA CYGNEA*

PHYLOGEOGRAPHY OF THE SWAN MUSSEL *ANODONTA CYGNEA*

**Коноплева Екатерина Сергеевна*, Кондаков Александр Васильевич
Konopleva Ekaterina S. *, Kondakov Alexander V.**

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, РФ
N.P. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research RAS, Arkhangelsk, Russia
E-mail: es.konopleva@gmail.com

В работе проведено исследование филогеографии и генетического разнообразия обыкновенной беззубки *Anodonta cygnea*. На территории России был выявлен широко распространенный гаплотип COI, характерный для Европы, а также два уникальных гаплотипа из бассейнов рек Волга и Дон. В целом *Anodonta cygnea* отличается низким генетическим разнообразием. Вид предпочитает чистые медленнотекущие водоемы, на данный момент является редким и требует соответствующих мер охраны.

Ключевые слова: *Anodonta cygnea*, филогеография, COI, редкий вид.

Here we present a study of phylogeography and genetic diversity of the swan mussel *Anodonta cygnea*. In Russia we have identified a common haplotype of COI (also widespread in Europe), as well as two unique haplotypes from the Volga and Don River basins. Thus *Anodonta cygnea* has low genetic diversity. The species prefers clean slow-flowing waterbodies, it is currently rare and requires special conservation efforts.

Keywords: *Anodonta cygnea*, phylogeography, COI, rare species

Обыкновенная беззубка или *Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758) представляет собой вид пресноводных двустворчатых моллюсков из семейства униионид (Bivalvia: Unionidae), который распространен на территории Европейской России, а также Северной, Восточной и Западной Европы [4,10]. В России таксон обитает в водоемах бассейнов Балтийского, Азовского, Каспийского и Черного морей [4]. На данный момент *Anodonta cygnea* присвоен международный охранный статус вида, вызывающего наименьшие опасения (Least concern) [4,8], однако в ряде стран Европы, таких как Германия, Польша, Украина и др., он считается редким или даже исчезающим [1,5,6]. В России вид на данный момент не внесен в Красную книгу, но основываясь на опыте полевых работ можно утверждать, что он встречается относительно нечасто.

Основная проблема заключается в том, что из-за вариабельности формы раковины и морфологического сходства с более распространенным видом *A. anatina* осложнена идентификация обыкновенной беззубки и как следствие возможны ошибки в оценке динамики численности и распространения этого таксона. Избежать таких ошибок позволяет тщательный анализ морфологии раковины, а также применение современных молекулярных методов.

Пресноводные моллюски в целом являются очень уязвимой группой организмов, и чувствительны к любому антропогенному воздействию [3,9], поэтому даже небольшие изменения в окружающей среде могут способствовать исчезновению уникальных генетических линий, в особенности для таких видов, как *Anodonta cygnea*. В связи с этим важной задачей было изучить филогеографию *Anodonta cygnea*, оценить уровень генетического разнообразия вида, а также выявить уникальные генетические линии, как на территории России, так и Европы.

Пресноводные моллюски *A. cygnea* были собраны из бассейнов рек Волга (Московская область), Дон (Воронежская область), Преголя (Калининградская область). На основе имеющихся образцов были получены нуклеотидные последовательности фрагмента гена, кодирующего белок цитохром с-оксидазу I субъединицу – COI. Филогеографический анализ был осуществлен с использованием программы Network v. 4.6.1 [2] на основе собственных сиквенсов, а также материала из международной генетической базы NCBI Genbank. Всего для анализа было использовано 49 нуклеотидных последовательностей, полученных для образцов из Европейской части России (собственные сборы), Украины, Италии, Португалии, Франции, Великобритании, Чехии, Швеции, Венгрии и Польши. Уровень дивергенции рассчитан с использованием программы MEGA X [7].

На основании филогеографического анализа (рис. 1) было выявлено, что на территории России присутствует так называемый «массовый» гаплотип *A. cygnea*, характерный для большинства стран Европы. Он найден в бассейне Волги (Медвежьи озера) и Преголя (озеро Лебединое). Уникальные гаплотипы обнаружены в бассейнах рек Волга (озеро Глубокое и пруд в районе дер. Неверово) и Дон (р. Тихая сосна). Каждый из них отличается от широко распространенного гаплотипа одной зафиксированной в популяции нуклеотидной заменой (позиции 132 Т для гаплотипа из Волги и 488 G для гаплотипа из Дона). Среди Европейских стран уникальные гаплотипы обнаружены в Украине, Польше, Италии и Португалии. Число нуклеотидных замен для таких уникальных гаплотипов не превышает двух по отношению к широко распространенному гаплотипу. В целом генетическое разнообразие *A. cygnea* как в России, так и странах Европы достаточно низкое (всего 12 гаплотипов), что может свидетельствовать о неблагоприятном состоянии популяций. Средний уровень дивергенции (нескорректированная р-дистанция) *A. cygnea*

составляет всего 0,18% по фрагменту гена COI, что является достаточно низким значением.

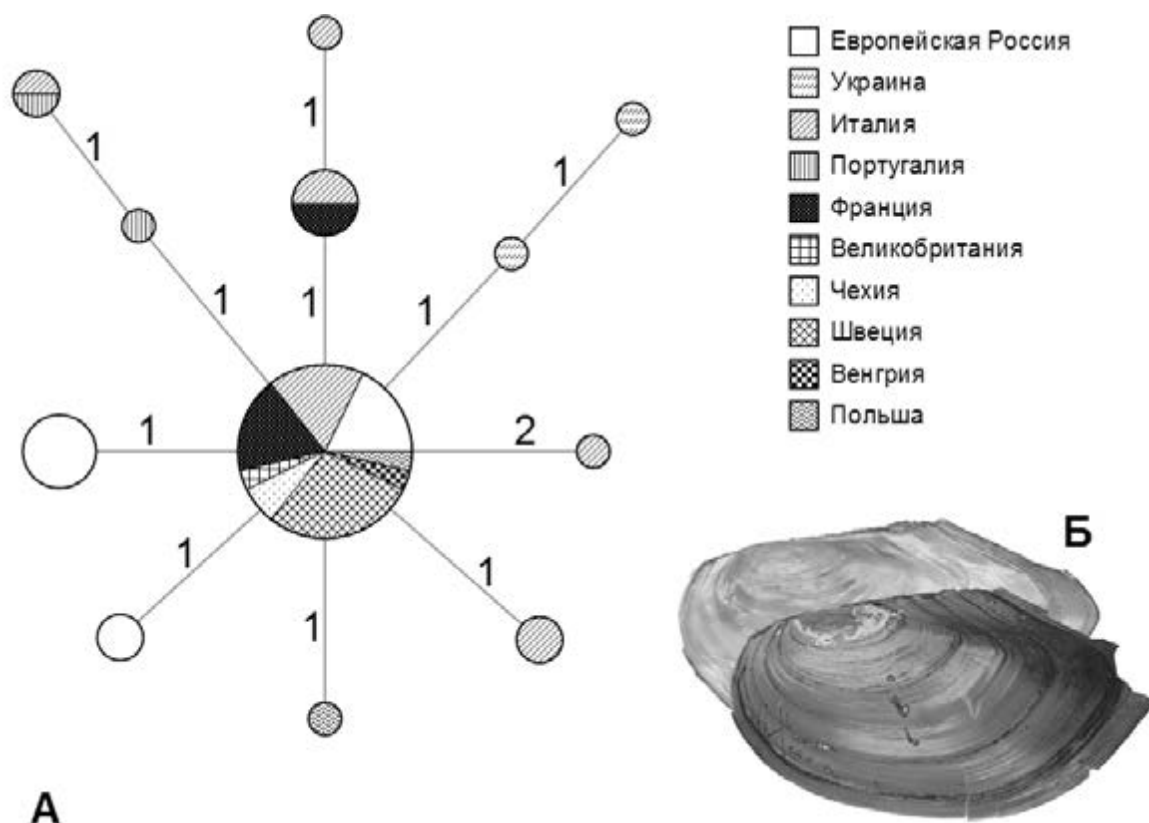


Рисунок 1. Филогеография *A. cygnea*

А – медианная сеть гаплотипов, построенная для вида *A. cygnea* на основе митохондриального маркера COI (N=49)*; Б – раковина *A. cygnea*

*Примечание – размер кругов пропорционален числу идентичных нуклеотидных последовательностей; цифры указывают на количество нуклеотидных замен между гаплотипами

Таким образом, в результате филогеографического анализа было показано, что вид *A. cygnea* на территории Европейской России представлен только тремя гаплотипами, один из которых широко распространен в Европе, а два являются уникальными. Особенностью *A. cygnea*, является то, что данный вид заселяет преимущественно чистые медленнотекущие водоемы, число которых в настоящее время сокращается вследствие антропогенного воздействия. Таким образом, *A. cygnea* с большой вероятностью требует соответствующих мер охраны, как редкий вид с низким уровнем генетического разнообразия.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Министерства науки и высшего образования «Колмогоров» номер RFMEFI61619X0114.

Список использованной литературы

1. Корнюшин А.В. О видовом составе пресноводных двустворчатых моллюсков Украины и стратегии их охраны // Вестник зоологии. 2002. Т. 36 (1). С. 9-23.
2. Bandelt H.J., Forster P. & Röhl A. Median-joining networks for inferring intra-specific phylogenies // Molecular Biology and Evolution. 1999. Vol. 16. P. 37–48.
3. Bogan A.E. Freshwater bivalve extinctions (Mollusca: Unionoida): a search for causes // American Zoologist. 1993. Vol. 33. P. 599–609.
4. Bolotov I., Kondakov A., Konopleva E., et al. Integrative taxonomy, biogeography and conservation of freshwater mussels (Unionidae) in Russia // Scientific Reports. 2020. Vol. 10, № 3072. P. 1-20.
5. Huber V., Geist J. Glochidial development of the freshwater swan mussel (*Anodonta cygnea*, Linnaeus 1758) on native and invasive fish species // Biological Conservation. 2017. Vol. 209. P. 230-238.
6. Kopij G. The endangered swan mussel *Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758) is threatened by the common otter *Lutra lutra* // Folia Malacologica. 2011. Vol. 19 (3). P. 191-192.
7. Kumar S, Stecher G, Li M, et al. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms // Molecular Biology and Evolution. 2018. Vol. 35. P. 1547-1549.
8. Lopes-Lima, M. *Anodonta cygnea*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014. 2014. e.T156066A21400900. URL: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T156066A21400900.en>. (13.03.2020).
9. Lopes-Lima M., Froufe E., Do V. T. et al. Phylogeny of the most species-rich freshwater bivalve family (Bivalvia: Unionida: Unionidae): Defining modern subfamilies and tribes // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2017a. Vol. 106. P. 174—191.
10. Lopes-Lima, M., Sousa R., Geist J., et al. Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges // Biological Reviews. 2017. Vol. 92 P. 572–607.

©Коноплева Е.С., Кондаков А.В., 2020

БАКТЕРИОФАГИ ГАЛОФИЛЬНЫХ ВИБРИОНОВ: ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В УСТРИЧНОЙ МАРИКУЛЬТУРЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

THE BACTERIOPHAGES OF HALOPHILIC VIBRIO SPECIES: PROSPECTS OF APPLICATION IN THE OYSTER MARICULTURE OF THE BLACK SEA

Марков Александр Вадимович^{1, *}, Морозова Марина Александровна²,
Горовцов Андрей Владимирович³

¹Академия биологии и биотехнологии ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, РФ

²Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АзНИИРХ),
г. Ростов-на-Дону, РФ

³Академия биологии и биотехнологии ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, РФ

*E-mail: alex20103markow@gmail.com

В статье изложены предварительные итоги исследований по выделению бактериофагов специфичных для галофильных вибрионов, патогенных для двустворчатых моллюсков и креветок. Исследования, направлены на получение фаговых стоков, несущих высокую литическую активность по отношению к *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio harveyi*, *Vibrio pomeroiyi*, колонизирующих ткани устриц в марикультуре Черноморского побережья Крыма и Кавказа. При промышленном выращивании двустворчатых моллюсков профилактика бактериальных заболеваний представляет собой сложную задачу, в которой использование антибиотиков становится нецелесообразным. Вибриоз - распространенное заболевание на устричных фермах, и использование фагов - новый подход к решению этой проблемы.

Ключевые слова: бактериофаг, галофильный вибрион, антибиотик, марикультура

The article presents the preliminary results of research on the isolation of bacteriophages specific for halophilic vibrios, pathogenic for bivalve molluscs and shrimp. The research is aimed at obtaining phage stocks with high lytic activity against *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio harveyi* and *Vibrio pomeroiyi*. These bacteria colonize oyster tissues in the mariculture of the Black Sea coast of the Crimea and the Caucasus. In the industrial cultivation of bivalve molluscs, the control of bacterial diseases is a complex problem in which the use of antibiotics becomes impractical. Vibriosis is a common disease in oyster farms, and the use of phages is a new approach to solving this problem.

Keywords: bacteriophage, halophilic vibrio, antibiotic, mariculture

Перспективными объектами культивирования устриц в Черном море являются европейская (плоская) (*Ostrea edulis*) и тихоокеанская (японская) (*Crassostrea gigas*) устрицы – ценный продукт, пользующийся популярностью.

Между тем естественные популяции европейской (плоской) устрицы в Черном море не могут удовлетворить кулинарные потребности россиян.

Существующий дефицит может быть устранен только путем внедрения технологий марикультуры моллюсков, которые в последнее время быстро развиваются. В то же время основная часть спата (молоди) моллюсков закупается за границей в специализированных хозяйствах Средиземноморья. Вместе со спатом в акватории Крыма и Черноморского побережья Северного Кавказа могут попадать микроорганизмы и вирусы, инициирующие заболевания как у этих моллюсков, так и у людей, употребляющих их без термической обработки. Заболевания моллюсков могут вызывать эпизоотии, охватывающие обширные акватории и целые регионы [2, 5, 6]. Однако при промышленном выращивании устрицы профилактика инфекционных заболеваний представляет собой сложную задачу, в которой использование антибиотиков становится нецелесообразным.

Фаговый препарат показывает долгосрочную экономическую и экологическую целесообразность и, прежде всего, экологически безопасен, поскольку бактериофаги изолированы из среды обитания и тканей моллюсков. Согласно ряду исследований, фаги, это эффективный антимикробный агент, поражающий исключительно бактериальные клетки. В медицине практикуется введение фагового препарата, что позволяет быстро ингибировать развитие инфекции, в особенности, когда чувствительность к антибактериальным препаратам отсутствует. Отмечают, что вирусные частицы не имеют части ограничений в использовании, присущих антибиотикам, по ряду причин, включая экологичность коктейлей с бактериофагами, простоту производства и отсутствие выраженной аллергической реакции [7]. Также важно учитывать более высокую специфичность фага по сравнению с антибиотиками. Эта важная особенность позволяет использовать их в промышленных масштабах, не оказывая негативного воздействия на естественную микробиоту моллюсков.

В настоящее время в Азово-Черноморском филиале ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») проводятся исследования, по выделению бактериофагов в отношении галофильных вибрионов, патогенных для тихоокеанской устрицы.

Материалы и методы. Для выделения бактериофагов использовались общепринятые методы работы с бактериофагами, адаптированные к работе с фагами вибрионов [1]. Метод включает фильтрацию бактериальной суспензии для получения очищенной потенциальной суспензии фага. Затем суспензию фага тестировали по методу Грациа для получения единичных отрицательных колоний, которые выделяют и суспендируют в питательной среде для накопления препарата фага и изучения его литической активности. Образцы с большей литической активностью будут использоваться для подавления бактериальной инфекции в формате фагового препарата.

В работе использовались 17 тест-штаммов галофильных вибрионов 3-х видов: *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio harveyi*, *Vibrio pomeroi*. Штаммы выделены из образцов тканей предтоварных и товарных тихоокеанских устриц *Crassostrea gigas* из мидийно-устричных хозяйств Черноморского побережья Крыма и Кавказа.

Отбор, транспортировку биоматериала, подготовку к исследованию и микробиологический анализ проб выполняли по стандартным методикам [3, 4].

Для детекции галофильных вибрионов применяли среду накопления 1% пептонную воду с 2% NaCl и Агар HiCrome вибрио, среду ПГВС (ФКУЗ Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Россия); TCBS-АГАР, «Щелочной агар», а также набор реагентов №1: системы индикаторные бумажные для идентификации вибрионов.

Межвидовая дифференциация бактерий р. *Vibrio* проведена MALDI-TOF масс-спектрометрическим анализом на приборе Autoflex speed III с программным обеспечением Biotyper (Bruker Daltonics, Германия) в Испытательном лабораторном Центре ФКУЗ Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора.

Результаты исследования. В настоящее время наши исследования направлены на селекцию бактериофагов с высокой литической активностью по отношению к штаммам вибрионов 3 видов *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. pomeroi*. В перспективе фаговые коктейли будут апробированы в бассейнах с устрицами в заинтересованных мидийно-устричных фермах, а при положительном результате, в частности инактивации патогенных вибрионов, апробация препарата будет проведена путем его распыления на коллекторы.

На рисунке 1 представлена чашка с засеянным микроорганизмом, а зоны просветления (лизиса) свидетельствуют о присутствии фагов.

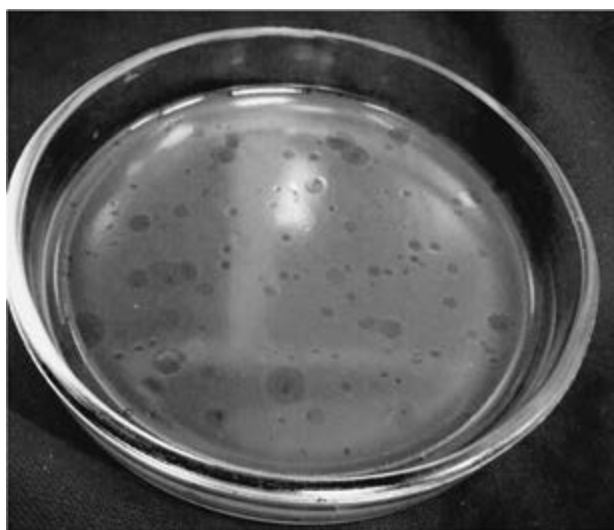


Рисунок 1. Негативные колонии фагов (посев по методу Грация)

Заключение. Эффективно защитить продукцию предприятий, специализирующихся на выращивании устриц и мидий, от болезней - значит создать условия для совершенствования и развития этого важного направления марикультуры в Крыму и на Кавказе. Поиск препаратов, не оказывающих негативного воздействия на экосистемы является важным направлением для таких исследований и разработок.

Список использованной литературы

1. Адамс М. Бактериофаги: Пер. с англ. – Изд-во иностр. лит., 1961;
2. Мальцев В. Болезни угрожают успешному культивированию устриц в Черном море //СФЕРА: Рыба. – 2019. – №. 1. – С. 55-52.
3. МУК 4.2.1793-03 Лабораторная диагностика заболеваний, вызываемых паразитическими и другими патогенными для человека вибрионами. Дополнение к методическим указаниям "Лабораторная диагностика холеры". - М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 26 с.
4. МУК 4.2.2046-06 Методы выявления и определения паразитических вибрионов в рыбе, нерыбных объектах промысла, продуктах, вырабатываемых из них, воде поверхностных водоемов и других объектах. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 28 с.
5. Статья АЧЕФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») [Электронный ресурс]. – URL: <http://azniirh.ru/novosti/azniirh-razrabatyivaet-sistemu-podderzhaniya-sanitarno-epidemiologicheskogo> (дата обращения 28.08.2020).
6. Статья АЧЕФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») [Электронный ресурс]. – URL: <http://azniirh.ru/novosti/problemyi-infektsionnyih-zabolevaniy-ustrits-pri-ih-razvedenii> (дата обращения 29.08.2020).
7. Kutateladze M., Adamia R. Bacteriophages as potential new therapeutics to replace or supplement antibiotics //Trends in biotechnology. – 2010. – Т. 28. – №. 12. – С. 591-595.

©Марков А.В., 2020

ВИДОВОЙ СОСТАВ ГАЛОФИЛЬНЫХ ВИБРИОНОВ У КУЛЬТИВИРУЕМОЙ ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ В ОЗЕРЕ ДОНУЗЛАВ

THE COMPOSITION OF HALOPHILIC VIBRIO SPECIES IN A CULTURED PACIFIC OYSTER IN THE LAKE DONUZLAV

Морозова Марина Александровна^{1,*}, Рыбальченко Алла Дмитриевна¹,
Бугаев Леонид Анатольевич¹, Димитрова Дарья Васильевна^{1,2}

¹Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),
г. Ростов-на-Дону, РФ

²Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, РФ

*E-mail: morozova.q@mail.ru

Представлены результаты видового состава галофильных вибрионов колонизирующих тихоокеанских устриц *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) при выращивании на мидийно-устричных хозяйствах в озере Донузлав. Бактерий р. *Vibrio* выделяли из образцов мантийной жидкости, мантии и мускула-замыкателя предтоварных и товарных устриц. Идентификацию галофильных вибрионов проводили на основе биохимических и культурально-морфологических свойств. Для межвидовой дифференциации использовали масс-спектрометрический анализ. За период исследований в форме бактерионосительства было выделено 5 видов вибрионов: *Vibrio aestuarianus*, *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. gigantis*, *V. pacinii*, из которых 2 вида являются патогенными для двустворчатых моллюсков.

Ключевые слова: устрица, галофильные вибрионы, озеро Донузлав, двустворчатые моллюски, патогенность

The paper presents the results of a study of halophilic *Vibrio* species isolated of the Pacific oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) cultivated on the shellfish farms of the Lake Donuzlav. Samples of mantle fluid, mantle and contour muscles of pre-commercial and commercial oysters were used to detect bacteria of the *Vibrio*. On the basis of the biochemical and cultural-morphological characteristics halophilic bacterium were identified as genus of *Vibrio*. Mass spectrometry analysis was performed to differentiate the species. The oysters were contaminated with 5 species of the *Vibrio*: *Vibrio aestuarianus*, *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. gigantis*, *V. pacinii*, as bacterial carriers, two of which have pathogenicity for bivalve mollusks.

Key words: oyster, halophilic *Vibrio*, Lake Donuzlav, bivalve molluscs, pathogenicity

Тихоокеанская (гиганская) устрица *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) принадлежит к виду, который используется с целью крупномасштабного культивирования зачастую взамен местных разновидностей устриц [9].

В настоящее время из-за с деградации в Черном море популяции аборигенного вида - европейской (плоской) устрицы *Ostrea edulis*,

тихоокеанская устрица, представляется перспективным объектом для товарной марикультуры Крыма и Черноморского побережья Кавказа.

Одним из критериев успешного развития марикультуры моллюсков в Черном море является отсутствие болезней. Ведь основная причина стагнаций устричной индустрии зарубежом определяется в непосредственной их массовой гибели от инфекционных болезней. Смертность устриц в основном связана с вирусными и бактериальными заболеваниями. Инфекции, вызываемые галофильными вибрионами, широко распространены и зарегистрированы в регионах Франции, Испании, Новой Зеландии, Норвегии, Ирландии, Туниса, Японии, западном побережье Кореи и Северной Америки. Некоторые из видов р. *Vibrio*, по описаниям, являются частью микробиоты моллюсков, другие же связаны со смертностью различных видов моллюсков, что серьезно сказалось на их естественных популяциях или привело к большим экономическим потерям в марикультуре. В литературе имеется информация о 6 видах галофильных вибрионов, вызывающих вибриоз или бактериальный некроз у *Crassostrea gigas* [16]. Известно, что *V. aestuarianus* может инициировать заболевание на любой жизненной стадии, *V. pomeroyi* - только у взрослых особей, а *V. tubiashii*, *V. splendidus*, *V. alginolyticus*, *V. crassostrea* вызывают вибриоз и гибель у личинок и спата.

Большинство исследований описывает влияние параметров окружающей среды (солености и температуры воды) на разнообразие и чередование видов вибрионов [7,12]. Например, у двустворчатых моллюсков Средиземного моря было обнаружено, что *V. splendidus* преобладает зимой и весной, а *V. harveyi* - в теплые месяцы. В зонах с умеренным климатом, а также в Испании, Канаде, Италии и Бразилии преобладающими видами, ассоциированными с двустворчатыми моллюсками, были *V. splendidus*, *V. alginolyticus*, *V. harveyi* или любое их сочетание [7,12]. При чем, моллюски, являясь фильтраторами, адсорбируют микроорганизмы и их количество в организме становится намного больше, чем в воде [1,5]. Тем самым моллюски накапливают разнообразную бактериальную микробиоту, состоящую из различных видов, принадлежащих к разным родам, таким как *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Photobacterium*, *Moraxella*, *Aeromonas*, *Micrococcus* и *Bacillus* [13].

Материалы и методы. Для микробиологического анализа использовали 75 экз. предтоварных и товарных тихоокеанских устриц *Crassostrea gigas* из 2-х ферм по выращиванию двустворчатых моллюсков на озере Донузлав в районе п. Мирный. Отбор биоматериала проводился в мае и августе 2019-2020 гг. Для выделения вибрионов использовали образцы мантийной жидкости, мантии и мускула-замыкателя.

Отбор, транспортировку биоматериала и микробиологический анализ выполняли по стандартным методикам [2-4].

Питательные и дифференциально-диагностические среды. Для культивирования галофильных вибрионов использовали 1% пептонную воду с 2% NaCl, Агар HiCrome вибрио (HiMedia Lab., Индия); среду ПГВС (ФКУЗ Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, Россия); TCBS-АГАР, «Щелочной агар» (Оболенск, Россия).

Биохимические тесты и наборы. Для дифференциации р. *Vibrio* от других родов использовали набор реагентов №1: системы индикаторные бумажные для идентификации вибрионов (Микроген НПО ФГУП), Oxi-тест (Ляхема, Чехия), набор среды Хью-Лейфсона (НИЦФ, Россия).

MALDI-TOF масс-спектрометрический анализ выполнен на приборе Autoflex speed III с программным обеспечением Biotyper (Bruker Daltonics, Германия) в Испытательном лабораторном Центре ФКУЗ Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора.

Результаты исследований. В ходе наших исследований было выделено и идентифицировано 5 видов вибрионов: *Vibrio aestuarianus*, *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. gigantis*, *V. pacinii*. Виды *Vibrio aestuarianus* и *V. alginolyticus* признаны патогенными для тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas*. Что касается *V. harveyi*, *V. gigantis*, *V. pacinii*, сведения в литературе весьма ограничены и противоречивы. Предполагается, что *V. gigantis* в сочетании с другими вибрионами может быть причиной «летней смертности» устриц. «Gigantis» - это специфический эпитет *Crassostrea gigas*, вида устриц, от которых были выделены штаммы [10]. Есть сведения о выделении *V. pacinii* от здоровых личинок креветок в Китае, морского окуня в Испании и от атлантического лосося, также определен штамм LMG13245 патогенный для атлантического лосося. Вид *Vibrio harveyi* признан серьезным патогеном морских рыб и беспозвоночных, особенно креветок [6, 15]. Возбудитель связан со светящимся вибриозом креветок, но патогенность для устриц еще не доказана. Сообщалось о массовым выделении этого вида совместно с *Vibrio splendidus* и *V. aestuarianus* во время «летней смертности» устриц во Франции [14].

В отношении *V. alginolyticus*, известно, что он вызывает вибриоз у личинок и спата. Основными клиническими проявлениями заболевания считаются некроз ткани, дезорганизация мышечных волокон, гемоцитарная инфильтрация в соединительную ткань [15]. До исследований, проведенных Я. Лабруш (2006), *Vibrio aestuarianus* никогда не упоминался как патоген [11], его связывают с «летней смертностью» устриц. На сегодняшний день подтверждена его вирулентность для тихоокеанских устриц разного возраста, и смертность возможна на любой стадии развития [8, 15].

Проведенный нами анализ показал, что преобладающими видами, составляющими 65 % от числа идентифицированных штаммов, были *V. alginolyticus* и *V. gigantis*. Более того, эти виды обнаружены в тканях всех обследованных устриц в выборках, что позволяет предположить их в качестве постоянного компонента микробиоты устриц. Однако, при

определенных стрессовых условиях существует вероятность возникновения вибриоза.

Заключение. У устриц, выращиваемых в озере Донузлав, было обнаружено 5 видов галофильных вибрионов: *Vibrio aestuarianus*, *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. gigantis* и *V. pacinii*. Из них 2 вида: *Vibrio aestuarianus*, *V. alginolyticus*, могут инициировать вибриоз, и для поддержания благополучия марикультурных хозяйств, специализирующихся на культивировании тихоокеанской устрицы, микробиологический мониторинг представляется перспективным направлением, так как этот вид моллюсков является ценным объектом товарного выращивания.

Выражаем признательность Зав. МЖК с ЦПВ Чемисовой О.С. и сотрудникам Сагакянц М.М., Полеевой М.В. ФКУЗ Ростовский–на–Дону ордена Трудового Красного Знамени научно–исследовательского противочумного института за оказанную помощь в идентификации галофильных вибрионов масс–спектрометрическим методом.

Список использованной литературы

1. Лаженцева Л.Ю. Оценка по микробиологическим показателям дальневосточного двустворчатого моллюска / Л.Ю. Лаженцева, Л.В. Шульгина, Е.В. Лихачева // Известия вузов. Пищевая технология, 2008 – № 4. – 20-22 С.
2. Методические указания по санитарно-микробиологическому контролю черноморских мидий и устриц. Утв. Минрыбхозом СССР 24.03.1983 (с изм. от 31.12.1987). – 1983. – 31 с.
3. МУК 4.2.1793-03 Лабораторная диагностика заболеваний, вызываемых паразитическими и другими патогенными для человека вибрионами. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2003. – 26 с.
4. МУК 4.2.2046-06 Методы выявления и определения паразитических вибрионов в рыбе, нерыбных объектах промысла, продуктах, вырабатываемых из них, воде поверхностных водоемов и других объектах. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 26 с.
5. Овсянникова, Е.В. Моллюски как возможные индикаторы окружающей среды / Е.В. Овсянникова, Н.Н. Федорова, В.Ф. Зайцев // Успехи современного естествознания. – 2003. – №2. – С. 14–16
6. Austin B. Zhang X-H *Vibrio harveyi*: a significant pathogen of marine vertebrates and invertebrates // Letters in applied microbiology. – 2006. – Vol. 43. – P. 119-124.
7. Arias C.R. Low incidence of *Vibrio vulnificus* among *Vibrio* isolates from sea water and shell-fish of the western Mediterranean coast / C.R. Arias, M. C. Macián, Aznar R., Garay E., Pujalte M.J. // J. Appl. Microbiol. – 1999. – Vol. 86. – P. 125-134.
8. Garnier M. Molecular and phenotypic characterization of *Vibrio aestuarianus* subsp. *francensis* subsp. nov., a pathogen of the oyster *Crassostrea gigas* / M. Garnier, Y. Labreuche, J.-L. Nicolas // Systematic and Applied Microbiology – 2008. – Vol. 31. – P. 358-365.

9. Hughes-Games W.L., Growing the Japanese oyster (*Crassostrea gigas*) in subtropical seawater fish ponds. I. Growth rate, survival and quality index. / W.L. Hughes-Games // *Aquaculture*. 1977. – Vol.11. – P. 217-229.
10. Le Roux F. *Vibrio gigantis* sp. nov., isolated from the haemolymph of cultured oysters (*Crassostrea gigas*) / F. Le Roux, A. Goubet, F. L. Thompson, N. Faury, M. Gay, J. Swings, D. Saulnier // *IJSEM*. – 2005. – Vol. 55. – P. 2251-2255.
11. Labreuche Y. Effects of extracellular products from the pathogenic *Vibrio aestuarianus* strain 01/32 on lethality and cellular immune responses of the oyster *Crassostrea gigas* / Y. Labreuche, P. Soudant, M. Goncalves, C. Lambert, J.L. Nicolas // *Dev. Comp. Immunol.* – 2006 b. – Vol. 30 – P. 367-379.
12. Pujalte M.J. Aerobic and facultative anaerobic heterotrophic bacteria associated to Mediterranean oysters and seawater / M.J. Pujalte, M. Ortigosa, M.C. Macián, M.E. Garay // *Int.Microbiol.* – 1999. – Vol.2. – P. 259–266
13. Prieur D., Mével G., Nicolas J. L., Plusquellec A., Vigneulle M. Interactions between bivalve molluscs and bacteria in the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 1990. – 28. P. 277–352.
14. Saulnier D. A Large-Scale Epidemiological Study to Identify Bacteria Pathogenic to Pacific Oyster *Crassostrea gigas* and Correlation Between Virulence and Metalloprotease-like Activity / D. Saulnier, S. De Decker, P. Haffner, L. Cobret, M. Robert, C. Garcia // *Microbial Ecology*. – Vol. 59. – 2010. P. 787-798.
15. Travers M.-A. Bacterial diseases in marine bivalves. / M.-A. Travers, K. Miller, A. Roque, C. S. Friedman // *Journal of Invertebrate Pathology*. – 2015. – Vol. 131. – P. 11-31.
16. Waechter M. Characterization of pathogenic bacteria of the cupped oyster *Crassostrea gigas* / M. Waechter, F. LeRoux, J.L. Nicolas, E. Marissal, F. Berthe // *C. R. Biol.* – 2002. – Vol. 325. – P. 231-236.

©Морозова М.А., 2020

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ МИДИИ В АКВАТОРИИ ЧЕРНОГО МОРЯ У БЕРЕГОВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

MONITORING OF MUSSEL SETTLEMENTS IN THE BLACK SEA WATERS ADJOINING THE NORTH-WESTERN COAST OF CRIMEAN PENINSULA

Саенко Елена Михайловна^{1,2,*}, Марушко Елена Алексеевна¹
Saenko Elena Mikhailovna^{1,*}, Marushko Elena Alekseevna¹

¹Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),
г. Ростов-на-Дону, РФ

²Керченский Государственный морской технологический университет,
г. Керчь, РФ

¹Azov-Black Sea Branch of "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don, Russia

²Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Russia

*E-mail: saenko_e_m@azniirkh.ru

Представлены результаты исследования состояния естественных поселений мидии в акватории северо-западной части Черного моря, прилегающей к Крымскому полуострову. Исследовались пространственное распределение поселений мидии от пос. Штормовое до Бакальской косы, удельные численность и биомасса, размерно-возрастная структура. Результаты исследований показали, что в прибрежной акватории Крымского полуострова сохраняется мозаичное распределение поселений мидии, для которого характерна тенденция, увеличения доли молодых особей и продолжение процесса элиминации старших возрастных групп.

Ключевые слова: мидия, Черное море, естественные поселения, численность, биомасса

The status of natural mussel settlements in the north-western waters of the Black Sea adjoining the Crimean Peninsula has been investigated and the results are presented. The spatial distribution of mussel settlements from the village Stormovoye to Bakalskaya spit has been studied, as well as their specific abundance and biomass, and the size and age status. The distribution of mussel settlements is discovered to stay mosaic in the coastal waters of the Crimean Peninsula, which is characterized by a trend of rejuvenation of settlements, increasing proportion of the youngest individuals and the elimination of older age groups.

Keywords: mussel, Black sea, natural settlements, abundance, biomass

Введение. Черноморская мидия (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) один из основных видов, формирующих биоценозы Чёрного моря. До середины прошлого столетия мидии были широко распространены в прибрежной зоне Черного моря до глубин 20-40 метров. В 1932-1933 гг. биомасса мидии только в северо-восточной части Черного моря оценивалась на уровне 220 тыс. т [4], а в 1960-е годы совокупный запас мидии у берегов Крыма и

Кавказа – на уровне 9 млн т [5, 17]. Наибольшая доля биомассы была сосредоточена в северо-западной части моря в пределах черноморской акватории СССР. Однако рост уровня эвтрофирования вод, расширение зон придонной гипоксии, различные паразитарные и бактериальные заболевания двустворчатых моллюсков, а также распространение брюхоногого моллюска рапаны способствовало деградации естественных поселений мидии на шельфе Чёрного моря. По литературным данным исследований 1986-2007 г., проведенным в прибрежной акватории Крыма мидия мозаично распространена на всем протяжении прибрежной зоны Черного моря от мыса Такиль до Каркинитского залива с различной численностью и биомассой [3, 13, 14, 17].

В Керченском предпроливье Черного моря поселения мидии в 1986-1991 гг. были сосредоточены на глубинах 20-42 м [14]. В период исследований отмечалось стабильное снижение частоты встречаемости мидии на акватории предпроливья с 64-82 % до 21-35 %, удельной численности моллюсков с 69 до 16,4 экз./м², биомассы – с 121,7 до 58,1 г/м². Отмечалось увеличения доли мелкоразмерных молодых особей. Значительное омоложение размерно-возрастной структуры поселений мидий повлекло за собой снижение их репродукционного потенциала почти в 3 раза. В результате запас мидии сократился с 437 до 217 тыс. т, а в последующие годы оценивался на уровне 118 тыс. т. В 2017-2018 гг. по данным авторов в прибрежной зоне предпроливья у Керченского полуострова и Кавказского побережья поселения мидий сохранили мозаичное распределение с плотностью в пределах 1-222 экз./м² и биомассой 10-7800 г/м². Наибольшие значения плотности и биомассы были отмечены в районе мыса Панагия. Обрастания мидий встречались в каменистых биотопах и на искусственных сооружениях – сваях, пирсах и берегозащитных сооружениях. В районе Карадага (скала «Кузьмичев камень») в 2007 г. численность скальной формы мидии в поселениях варьировала от 40 до 950 экз./м². Моллюски в поселениях были представлены особями длиной раковины 45-70 мм в возрасте 4-10 лет [3]. В Каламитском заливе естественные поселения мидии, располагавшиеся на глубине более 9-10 м, были малочисленны, и представлены преимущественно ее иловой формой [13]. По данным Н.А. Болтачевой с соавторами [1] на глубине от 18 до 80 м поселения мидии были отмечены на 18 из 22 станций при средней биомассе 773 г/м². В районе г. Севастополь поселения представлены скальной и иловой формой [6].

По данным ЮгНИРО в 1979-1997 гг. в Каркинитском заливе у пос. Межводное средняя численность моллюсков изменялась от 148 до 392 экз./м². Площадь мидийной банки составляла в среднем 61 км². Величина общего запаса была на уровне 77,0-122,7 тыс. т, промыслового – 34,6-44,8 тыс. т. В 1993 г. по сравнению с 1983 г. средний возраст мидий в поселениях снизился более чем в 2 раза. Значительно сократилась

продолжительность жизни моллюсков с 26 лет (1980-е годы) до 8+ (1993 г.). Произошло значительное уменьшение размеров моллюсков [17].

Мидия во всех приморских странах является промысловым видом [12]. Вылов ее в Черном море только Украиной в 1995-2000 гг. варьировал в пределах 84-628 т [15]. Также широко развито искусственное выращивание мидии. В Японии, Франции, США, Испании и Нидерландах это стало прибыльной отраслью хозяйственной деятельности [9]. По данным ФАО объем выращивания лишь в 2013 г. был на уровне 15 млн т [8]. Технология получения товарной мидии основывается на эксплуатации естественного оседания планктонных личинок, и периодически сталкивается с проблемой недостатка молоди. Проблема недостатка личинок и плохого оседания спата на коллекторах зависит от ряда причин (гидрологических, биологических, экологических, технологических). Таким образом, изучение современного состояния популяции мидии в Черном море имеет не только теоретическое, практическое значение. С вхождением Республики Крым в состав Российской Федерации резко возросла роль нашей страны в рыболовстве в Черном море [16], а также интерес организации марихозяйств в прибрежной зоне Крымского полуострова. Это требует научно-обоснованных рекомендаций по размещению марихозяйств с учетом гидрологических условий и наличие естественных поселений мидий, обеспечивающих рентабельное функционирование марихозяйств.

В целях оценки современного состояния естественных поселений мидии в Черном море были проведены исследования в северо-западной части прибрежной акватории Крымского полуострова.

Материал и методы. Источником данных о состоянии естественных поселений мидии Черного моря стали учетные съемки, выполненные в августе 2017 г. в прибрежной акватории северо-западной части Крымского полуострова от пос. Штормовое до Бакальской косы. Сбор материала осуществляется водолажным способом методом трансект (разрезов) [2] от уреза воды до глубины 12 м. Пробы отобраны на 12 разрезах. Трансекты закладывали перпендикулярно к береговой черте в точках с характерным для каждого типа побережья рельефом верхней литорали. По ходу трансекты закладывали станции, где проводили сбор мидии с помощью рамки площадью 0,25 м². Станции располагались на контрастных по микрорельефу участках скальной поверхности. Всего обследованы 32 станции. На каждой станции определяли численность и биомассу поселений мидии, ее размерно-возрастной состав. Объем обработанного материала составил 400 экз.

Результаты обработаны стандартными статистическими методами [10]. Вычисляли среднюю арифметическую величину ($\bar{X}$) и ее ошибку (m), стандартное отклонение (σ), численность выборки (n), число степеней свободы (k). Достоверность определяли по критерию Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$. Все расчеты проводили в программе Microsoft Excel. Карта-схема станций представлена на рисунке.

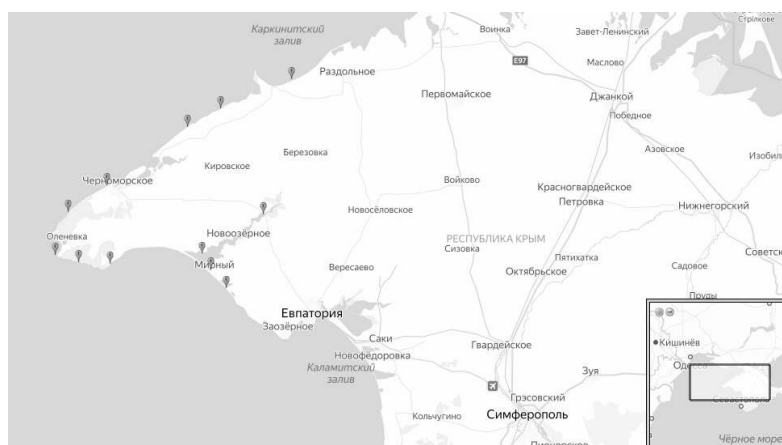


Рисунок – Карта-схема расположения мест отбора проб

Результаты и обсуждение. Как известно, мидии в поселениях в прибрежной акватории Крыма представлены скаловой и иловой формами [11, 13]. Регулярный многолетний мониторинг состояния поселений мидии в северо-западной части в 1984-1993 гг. выявил тенденцию усиления пространственной размерно-возрастной неоднородности поселений мидии до полного отсутствия мидии в районе мыса Тарханкут практически полностью уничтоженной в начале 2000-х годов рапаной [7].

В период исследований было отмечено сокращение возрастных групп моллюсков. Если в 1983 г. поселения в среднем были представлены моллюсками в возрасте от 0+ до 21+, то в 1992-1993 гг. возраст мидии в биотопах не превышал 8+. При этом отмечено увеличение доли молоди в поселениях до 58,0-67,7 % [17]. По данным исследований пространственное распределение мидии в северо-западной части шельфа Черного моря сохраняет мозаичный характер с различной численностью и биомассой. На всем протяжении района исследований плотность мидии варьировала от 0,08 экз./м² до 1850 экз./м², а биомасса – от 1,2 г/м² до 1850,0 г/м². Наиболее промысловозначимые поселения отмечены в Каркинитском заливе. В акватории Каркинитского залива поселения мидии располагались на глубинах 12-17 м на валунах и скалистых выступах. Плотность моллюсков составляла 325-420 экз./м², биомасса – 11988-14648 г/м². Поселения были представлены особями в возрасте 4+ – 6+ с преобладанием моллюсков в возрасте 4+ и 5+ (37,5-57,7 % общей численности). Длина раковины варьировала в пределах 4,8-8,2 см, ширина 1,8-3,1 см, масса мидий – от 17,0 до 55,0 г. Средние значения составили 6,9±0,15 см, 2,6±0,05 см и 35,9±1,00 г. Доминирующей размерной группой были особи с длиной раковины 7,1-8,0 (до 54,2 % поселения). Особи в возрасте 0+ и 1+ в поселениях не были отмечены. В прибрежной части акватории на глубине до 10 м поселения мидии были представлены в основном обрастаниями выходов скал и искусственных сооружений, укрепляющих береговую линию. Плотность распределения моллюсков достигала 1850 экз./м², биомасса – 5250 г/м². Поселения состояли из особей в возрасте 0+ – 2+ с

преобладанием сеголетков (67,6 % общей численности). Длина раковины варьировала в пределах 1,4-3,7 см, ширина 0,6-1,5 см. Доминирующей размерной группой были особи длиной раковины 2,0-2,9 см (до 54,1 % обследованных особей). Средние значения составили $2,6 \pm 0,11$ см и $1,0 \pm 0,04$ см, соответственно.

Таким образом, поселения в Каркинитском заливе в зависимости от глубины обитания существенно различались размерно-возрастным показателям ($P < 0,005$), что свидетельствовало о сохранении пространственной разнородности размерно-возрастной структуры поселений и тенденции к снижению количества возрастных групп в поселениях. По сравнению с данными Н.М. Щуровой [17] процесс омоложения биотопов мидии в Каркинитском заливе продолжается, а максимальный возраст в обследованных поселениях не превысил 6+, тем самым продолжительность жизни моллюсков сократилась более чем 3 раза по сравнению с данными 1984 г.

В районе Тарханкута (станции урочища Морское, Малый Атлеш, балка Терновая) в период исследований поселения мидии не были обнаружены. Восстановления уничтоженных ранее поселений мидий рапаной не наблюдалось. Плотность мидий в акватории канала, соединяющего оз. Донузлав с морем составляла $244,4$ экз./м², а биомасса $2303,3$ г/м². Поселения были представлены особями в возрасте 0+ – 3+ с преобладанием особей в возрасте 3+ (до 36,4 % общей численности). Длина раковины варьировала в пределах 1,0-6,0 см, ширина 0,3-2,4 см, масса мидий – от 0,2 до 27,0 г. Средние значения составили $3,6 \pm 0,25$ см, $1,4 \pm 0,11$ см и $9,4 \pm 1,23$ г, соответственно. Доминирующей размерной группой были особи с длиной раковины 1,0-1,9 см (до 29,5 % обследованных особей).

Заключение. Анализ полученных данных свидетельствует, что в современный период в прибрежной акватории северо-западной части Крымского полуострова сохраняется мозаичное распределение поселений мидии, которые представлены как скальной, так и иловой формой, с преобладанием иловой формы. Для всех поселений характерна тенденция омоложения поселений, увеличение доли наиболее молодых особей и продолжение процесса элиминации старших возрастных групп. По сравнению с данными 1983-1993 гг. репродуктивный пул моллюсков функционирует за счет молодых особей, что, очевидно, определяется снижением интенсивности размножения. Наблюдается дальнейшее сокращение встречаемости, численности и биомассы поселений мидии в прибрежной акватории Крымского полуострова.

Список используемой литературы:

1. Болтачева Н.А., Мильчакова Н.А., Миронова Н.В. Изменения бентоса в районе Каламитского залива под влиянием эвтрофирования // Ж. Экология моря, 1999. Вып. 49 С. 5-10.

2. Блинова Е.И., Вилкова О.Ю., Милютин Д.М., Пронина О.А., Штрик В.А. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Вып. 3. Методы ландшафтных исследований и оценка запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны. М.: Изд-во ВНИРО, 2005. 135 с.
3. Гудимов А.В. Мидии Карадага (Черное море): деградация популяции, экология, функциональные адаптации // Доклады Академии наук, 2008, том 422, №3, с. 421-423.
4. Елецкий Б.Д. Концепция сохранения и использования запасов двустворчатых моллюсков мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. В восточной части Черного моря. [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук (03.00.32), Краснодар, 2006. - 24 с.
5. Иванов А.И. Запасы мидий в северо-западной части Черного моря // Рыб. хоз-во. 1965. – № 10. –С.15-18.
6. Киселева Г.А. размножение и развитие скальной и иловой мидии в Черном море // Биология моря – Киев, 1972. – Вып.26. – С.88-98.
7. Ковтун О.А., Топтиков В.А., Тоцкий В.Н. Сравнительная морфологическая характеристика *Rapana Venosa* (Dastropoda: Muricidae, Rapaninae) из разных акваторий северной части Черного моря. // Вестник ОНУ. Сер. Биология. 2014. Т.19. вып. 1 (34). С.68-80.
8. Крюков В.Г. Анализ некоторых экономических аспектов создания хозяйства по выращиванию моллюсков в Черном море // Водные биоресурсы и среда обитания, 2019. Том 2, № 1, С.79-87.
9. Культивируемые беспозвоночные. Пищевые беспозвоночные: мидии, устрицы, гребешки, раки, креветки / Супрунович А. В., Макаров Ю. Н.; Отв. ред. Золотарев В. Н.; АН УССР. Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского – Киев: Наук. думка, 1990. – 264 с.
10. Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. Пособие для биол. спец. вузов – 4 изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
11. Методика морфометрического описания черноморской мидии в популяционно-генетических и эколого-генетических исследованиях: Методические материалы / Сост. В.В. Тюрин, И.Г. Алпеева, С.И. Решетников, Ю.А. Волчков. Краснодар: Кубанск. государственный университет, 2002. – 31 с.
12. Распоряжение Правительства РФ от 18.11.2017 № 2569-р (ред. от 19.03.2018) «Об утверждении перечней видов водных биоресурсов, в отношении которых осуществляются промышленное рыболовство и прибрежное рыболовство». URL: <http://vktu.ru/glavnaya/otdel-organizacii-rybolovstva-i-statisticheskogo-analiza/normativno-pravovaya-baza-gos/rasporiazhenie-pravitelstva-rf-ot-18-11-2017-n-2569-r/> (дата обращения 13.12.2018).
13. Ревков Н.В. Годовая динамика меропланктона (Bivalvia, Gastropoda) и особенности пула личинок мидии (*Mytilus galloprovincialis*) в Каламитском заливе Черного моря // Гидробиологический журн. – 2000. – Т.36, №1 с.46-55.
14. Терентьев А.С. Динамика запаса мидии в Керченском предпроливье Черного моря // Тр. ВНИРО. Т.147. - 2007. С.335-349.
15. Уловы рыб и нерыбных объектов рыбохозяйственными организациями Азово-Черноморского бассейна (1995-2000 гг.) Статистический сборник /

С.Э. Грибанова, Ю.И. Зайдинер, Е.А. Ландырь, Л.В. Попова, И.Н. Фильчагина – Ростов-на-Дону: Эверест – М, 2003– 90 с.

16. Шляхов В.А., Шляхова, О.В., Надолинский В.П., Перевалов О.А. Промыслово-биологические показатели рыболовства для важнейших распределенных запасов водных биоресурсов Черного моря как основа их регионального оценивания // Водные биоресурсы и среда обитания, 2018. Том I, № 1, С.83-103.

17. Щурова Н.М. Межгодовая изменчивость возрастной структуры популяции мидии *Mytilus galloprovincialis* в северо-западной части Черного моря // Экология моря, 2003. Вып. 63 С. 73-77.

©Саенко Е.М., Марушко Е.А.

ПРОМЫСЕЛ РАПАНЫ В ЧЕРНОМ МОРЕ В 1960-2019 ГОДАХ

RAPANA FISHING IN THE BLACK SEA IN 1960-2019

Саенко Елена Михайловна^{1,2,*}, Шаганов Виктор Викторович²

Saenko Elena Mikhailovna^{1,2,*}, Shaganov Victor Viktorovich²

¹Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),
г. Ростов-на-Дону, РФ

²Керченский Государственный морской технологический университет,
г. Керчь, РФ

¹Azov-Black Sea Branch of "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don, Russia

²Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Russia

*E-mail: saenko_e_m@azniirkh.ru

Представлена динамика промысла рапаны в Кавказском, Керченско-Таманском и Крымском промысловых районах Черного моря в период 1960-2019 гг. Приведены данные размерно-массовых показателей рапаны за период 1990-2019 гг. Показано, что решающим фактором в сокращении уловов массовых водных биоресурсов являются экономические факторы, которые и определяют объемы добычи и процент освоения промыслового ресурса.

Ключевые слова: рапана, Черное море, промысел, запас, вылов, численность, биомасса

Annotation. The dynamics of the rapana fishery in the Caucasian, Kerch-Taman and Crimean fishing regions of the Black Sea in the period 1960-2019 is presented. The data of the size-mass indicators of the rapana for the period 1990-2019 are given. It is shown that the decisive factor in reducing the catches of massive aquatic biological

resources is economic factors, which determine the volumes of harvest and the percentage of development of the commercial resource.

Keywords: rapana, Black sea, fishery, stock, catch, abundance, biomass

Введение. Рапана — хищный брюхоногий моллюск, исходно обитающий на акватории Японского моря. После вселения в Черное море и естественной акклиматизации широко распространился в прибрежной зоне северо-восточной части Черного моря. Первое сообщение о находке моллюска в районе Новороссийской бухты было сделано директором Новороссийской биостанции Ростовского госуниверситета Ефимом Ильичом Драпкиным в 1953 г. [1].

В современный период рапана имеет статус промыслового объекта, внесена в «Перечень видов водных биоресурсов, в отношении которых осуществляется промышленное рыболовство и прибрежное рыболовство», утвержденный Распоряжением Правительства РФ от 18.11.2017 № 2569-р [2]. Российскими пользователями осуществляется ежегодная добыча рапаны.

Целью работы стало обобщение и ретроспективный анализ динамики промысла рапаны в водах Черного моря в период 1960-2019 гг.

Материал и методы. Материалом исследования послужили статистические и отчетные данные рыбохозяйственных и научных организаций, предприятий и объединений за период 1960-2005 гг. [3-5], данные ФГБУ «ЦСМС» за период 2001-2007 гг. и Азово-Черноморского территориального управления Росрыболовства за период 2008-2019 гг.

Биологический анализ моллюсков из промысловых уловов включал определение возраста, пола, высоту раковины (Н), массу моллюсков с раковиной (М_{мр}), массу мягкого тела (М_т) и массу раковины (М_р) [6].

Результаты и обсуждение. Широкое распространение рапаны в Черном море, крупная раковина с характерной формой и высокие вкусовые качества мяса моллюска сделали его популярным объектом любительского рыболовства. [7]. В 1960-1970-х годах любители подводного лова добывали его на всем протяжении прибрежной зоны моря от Адлера до г. Туапсе ручным способом. Раковины рапаны использовали в производстве разнообразной сувенирной продукции. Сбор рапаны для сувенирной отрасли проводил рыболовецкий колхоз им. Ленина (г. Адлер) драгами в районе Кавказском промысловом районе. Уловы были представлены моллюсками высотой раковины до 10-12 см.

В 1986-1987 гг. с ростом заинтересованности Турции в импорте мяса рапаны промышленный лов моллюска был организован в северо-восточной части Черного моря. Добытые моллюски в качестве мяса экспортировались за рубеж. Добыче осуществлялась в Кавказском промысловом районе на участке г. Адлер – Уч-Дере. Промысел велся на глубине до 15-20 м драгами с ячейей не менее 40 мм с использованием фелюг. Однако в официальных статистических сборниках рапана как добытый промысловый ресурс в

Черном море в период 1960-1989 гг. не значится. Имеется лишь информация о совокупном вылове моллюсков, включая мидию. Первые официальные сведения об объемах добычи непосредственно рапаны встречаются в справочниках, начиная с 1990 г. Отчетность по объемам вылова представляло АО «Краснодаррыба». В период 1990-1995 гг. годовой вылов рапаны организацией в Кавказском промысловом районе достигал 192 т. Промысел базировался на драгировании траулерами до глубины 25-30 м. Однако объемы улова рапаны, содержащиеся в статистической отчетности добывающих организаций далеко не полностью отражают реальные размеры ее добычи. В этот период основной промысел проводился в Сочинском промысловом районе на участке Уч-Дере – Лазаревское неучтенными пользователями. По экспертной оценке у берегов СССР в этот период ежегодно добывалось 200-300 т рапаны.

Рапана в уловах была представлена половозрелыми особями в возрасте до 9 лет, с высотой раковин до 11,0 см и массой 50-170 г. Наиболее многочисленными были особи в возрасте 5 лет, составлявшие более половины уловов. В 1995-1999 гг. акватория промысла расширилась. Промысел рапаны уже вели в Сочинском и Керченско-Таманском промысловом районе. Численность рапаны, по данным драгирования, возросла с 1,9 экз./м² (1995 г.) до 13,0 экз./м² (1999 г.), биомасса, соответственно, – с 141 г/м² до 263 г/м² [6]. Ежегодный объем добычи в Северо-восточном районе Черного моря варьировал от 46 до 440 т.

По данным ЮгНИРО в Крымском и Северо-западном промысловых районах вылов рапаны в рамках любительского лова стали проводить с 1981 г. Первоначально рапану добывали исключительно ручным способом и в незначительных количествах. Объемы вылова рапаны не сообщались и в промысловой статистике отсутствуют. Официальные данные о вылове рапаны имеются, начиная с 1992 г. Согласно статистическим данным промысел вел ПО «Керчьрыбпром». Вылов рапаны в 1992-1994 гг. варьировал от 3 до 14 т [4, 7]. С 1995 г. помимо ручного сбора для добычи рапаны стали применять драги конструкции В.И. Хижняка (авторское свидетельство № 114205 от 08.11.1984 г.). В 1995-2001 гг. вылов рапаны у берегов Крыма возрос. Причина интенсификации промысла рапаны также появление спроса на экспорт мяса рапаны в Турцию. Ежегодная добыча рапаны варьировала в пределах 313-913 т с максимальным выловом в 2000 г. [5, 7].

По экономическим причинам в начале 2000-х годов интерес Турции к экспорту рапаны из России и Украины ослаб, закупка мяса рапаны из России и Украины была прекращена. Падение сбыта рапаны, соответственно, сократило объемы ее добычи. С 2001 г. повсеместно стал наблюдаться спад добычи рапаны. Объемы вылова в северо-восточной части Черного моря сократились с 224,0 т (2001 г.) до 56,0-118,2 т (2002-2005 гг.). У берегов Крыма в этот период (2002-2005) вылов рапаны был на уровне 148,9-161,0 т.

Помимо снижения спроса Турции на мясо рапаны у берегов Кавказского побережья и Крыма наблюдалось ухудшение состояния популяции рапаны. В 2005-2012 гг. в популяции рапаны в Кавказском промысловом районе, а позже в Керченско-Таманском промысловом районе отмечалось омоложение популяции. Рапана в уловах была представлена особями в возрасте 2-6 лет, с высотой раковин не более 5,5 см и массой не более 50 г. В уловах встречались особи с внешним и внутренним повреждением раковин (до 40 % обследованных особей) [6]. В промысловых уловах в Крымском промысловом районе снижение размерно-массовых характеристик рапаны наблюдалось в 2002-2011 гг. В популяции преобладали моллюски средней высотой раковины 6,2 см, средней массой 40 г и увеличилась доля самцов. Основной причиной измельчания рапаны является снижение темпов роста моллюсков, а также повышенная смертность особей старших возрастных групп, в связи с ухудшением трофических условий, и, соответственно, стабильному ухудшению физиолого-биохимического состояния промысловой части популяции [8].

В результате комплекса факторов, определяющих состояние популяции рапаны в северо-восточной части Черного моря в 2011-2019 гг. годовой объем ее добычи варьировал от 0,809 т (2017 г.) до 14,205 т (2016 г.). В северо-западной части Черного моря добыча рапаны в этот период стабилизировалась на уровне 112,5-240,5 т [9].

В современный период промысел рапаны в Черном море осуществляется в прибрежной зоне Крымского полуострова в Каркинитском заливе и в северо-восточной части в Кавказском промысловом районе. В Каркинитском заливе промысел рапаны базируется на ручном сборе аквалангистами, что существенно удорожает себестоимость добытой продукции. Из-за особенностей топографии дна драги используются на ограниченной акватории. Основным районом добычи является участок от пос. Межводное до урочища Скалистое на глубинах от 14 до 20 м, где преобладают крупноразмерные особи рапаны. Ежегодно регулярный промысел осуществляют 4-7 организаций. В северо-восточной части Черного моря традиционно промысел рапаны проводится в Кавказском промысловом районе от пос. Лазаревское до пос. Лоо и в Керченско-Таманском промысловом районе драгами. Ежегодно регулярный промысел осуществляют 3-4 организации.

В последние годы наблюдается рост численности и биомассы популяции рапаны, а также средней высоты и массы раковины. У берегов Крымского полуострова Плотность рапаны по данным учетной съемки 2017 г. варьировала от 0,04 экз./м² до 1,0 экз./м² (среднее значение 0,5 экз./м²), биомасса – от 0,9 г/м² до 180,7 г/м², (среднее значение 54,9 г/м²). Наибольшая плотность и биомасса были отмечены у пос. Межводное. Для популяции рапаны в северо-восточной части моря характерно мозаичное распределение по биотопам. Межгодовые колебания величины плотности и

биомассы, как правило, зависят от сезона, особенностей грунта, трофической емкости биоценозов донных сообществ и варьируют в широких пределах. По материалам экспедиционных исследований ФГБНУ «АзНИИРХ» в 2010-2015 гг. межгодовые колебания численности рапаны были в пределах 0,01–22,9 экз./м², а биомассы – 0,5-251,0 г/м² [6]. Запас рапаны в прибрежной зоне Российской Федерации Черного моря в 2019-2020 гг. был оценен на уровне 66,1 тыс. т, в том числе особей размером более 5 см – 35,4 тыс. т. Однако освоение промыслового ресурса в Черном море находится на низком уровне (86-116 т). В то же время отмечается активный промысел рапаны в Керченском проливе Азовского моря. Численность рапаны в районе промысла в 2019 г. составила 1,05 экз./м², биомасса – 114,3 г/м². Уловы состояли из моллюсков высотой раковин от 6,0 до 9,5 см (среднее значение 7,4 см), массой от 62 г до 186 г (среднее значение 109,3 г). Промысел проводят драгами конструкции Хижняка с использованием маломерных плавсредств. Дневной вылов бригады из двух человек составляет 200-600 кг за светлое время суток. Учитывая, численность, биомассу рапаны и размерно-массовую характеристику моллюсков в уловах, такой промысел можно считать малозатратным, себестоимость продукта – нулевой. Вылов в последние годы (2017-2019) находится на уровне 895,3-2746,1 т.

Таким образом, история промысла рапаны в Черном море наглядно свидетельствует, что в росте и сокращении объемов добычи массовых водных биоресурсов являются экономические факторы. Решающим фактором в освоении промыслового ресурса является повышение или снижение спроса на продукцию, а падение сбыта добытой продукции, как правило, не позволяет эффективно использовать сырьевую базу.

Список используемой литературы

1. Драпкин Е.И. Новый моллюск в Черном море // Журн. «Природа» – №9. – С.92-95.
2. Распоряжение Правительства РФ от 18.11.2017 № 2569-р (ред. от 19.03.2018) «Об утверждении перечней видов водных биоресурсов, в отношении которых осуществляются промышленное рыболовство и прибрежное рыболовство». URL: <http://vktu.ru/glavnaya/otdel-organizacii-rybolovstva-i-statisticheskogo-analiza/normativno-pravovaya-baza-gos/rasporyazhenie-pravitelstva-rf-ot-18-11-2017-n-2569-r/> (дата обращения 13.12.2018).
3. Уловы рыб и нерыбных объектов рыбохозяйственными организациями Азовского бассейна и прилежащих участков Черного моря (1960-1990 гг.) / Под ред. Макарова Э.В. – Статистический сборник: Санкт-Петербург, 1993. – 171 с.
4. Зайдинер Ю.И., Попова Л.В. Уловы и нерыбных объектов рыбохозяйственными организациями Азово-Черноморского бассейна (1990-1995 гг.) / Статистический сборник – Ростов-на-Дону: изд-во «Молот», 1997. – 100 с.
5. Уловы рыб и нерыбных объектов рыбохозяйственными организациями Азово-Черноморского бассейна (1995-2000 гг.) / Грибанова С.Э., Зайдинер Ю.И.,

Ландырь Е.А., Попова Л.В., Фильчагина И.Н. – Ростов-на-Дону: Эверест-М, 2003. – 90 с.

6. Саенко Е.М. Марушко Е.А. Состояние популяции рапаны *RAPANA VENOSA* (VALECIENNES, 1846) в северо-восточной части Чёрного моря. // Журн. «Водные биоресурсы и среда обитания», 2018, Т. 1, № 2, С. 28-3.

7. Shlyakhov V.A. Daskalov G.M. / Chapter 9 The state of marine living resources // State of Environment of the Black Sea (2001-2006/7) / Publication of the Cjvvision on Protection of the Black Sea Against Pollution (BSC) / T. Ogus (Ed.). – Istanbul, 2008/ – 3. – P.321-364.

8. Шляхов В.А., Михайлюк А.Н., Бондаренко И.В., Евченко О.В., Ершова О.В., Коркош В.В., Мерзликин В.Л., Чашин А.К., Шляхова О.В. Промыслово-биологические показатели украинского рыболовства в Черном море в 2002-2011 годах // Тр. ЮГНИРО. 2012. Т. 50. С. 12-29.

9. Шляхов В.А., Шляхова, О.В., Надолинский В.П., Перевалов О.А. Промыслово-биологические показатели рыболовства для важнейших распределенных запасов водных биоресурсов Черного моря как основа их регионального оценивания // Журн. «Водные биоресурсы и среда обитания», 2018. Том I, № 1, С.83-103.

©Саенко Е.М., Шаганов В.В.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И РЕСУРСЫ МИДИИ ГРЕЯ И МОДИОЛУСА КУРИЛЬСКОГО В УССУРИЙСКОМ ЗАЛИВЕ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

**DISTRIBUTION AND RESOURCES OF MUSSEL *CRENOMYTILUS*
GRAYANUS AND HORSEMUSSEL *MODIOLUS KURILENSIS*
IN THE USSURI BAY (PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN)**

Седова Людмила Георгиевна^{1,*}, Соколенко Дмитрий Анатольевич^{1,}
Sedova Lyudmila G.^{1,*}, Sokolenko Dmitry A.^{1,**}**

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Тихоокеанский филиал («ТИНРО»), г. Владивосток, РФ

¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Pacific branch
(“TINRO”), Vladivostok, Russia

*E-mail : ludmila.sedova@tinro-center.ru ;

**E-mail : dmitriy.sokolenko@tinro-center.ru

Исследовано пространственное распределение мидии Грея *Crenomytilus grayanus* и модиолуса курильского *Modiolus kurilensis* в Уссурийском заливе (залив Петра Великого, Японское море) в зависимости от типа грунта и глубины обитания. Наибольшие показатели обилия *C. grayanus* отмечены на глубинах 1-

10 м на твердых грунтах, а *M. kurilensis* – до 5 м на мягких. Общие ресурсы *C. grayanus* и *M. kurilensis* оценены в 18,5 тыс. т, из которых более 90 % приходится на мидию Грея.

Ключевые слова: мидия Грея, *Crenomytilus grayanus*, модиолус курильский, *Modiolus kurilensis*, распределение, грунт, глубина обитания, Уссурийский залив, залив Петра Великого, Японское море.

The spatial distribution of mussel *Crenomytilus grayanus* and horsemussel *Modiolus kurilensis* in the Ussuri Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan) depending on the habitat depths and type of bottom sediments has been studied. The highest biomass of *C. grayanus* was recorded at depths of 1-10 m on hard substrates, at *M. kurilensis* up to 5 m on soft substrates. Total stock of both species is 18.5 thousands of tonnes, of which more than 90 % are *C. grayanus*.

Keywords: *Crenomytilus grayanus*, *Modiolus kurilensis*, distribution, bottom sediments, depth of habitat, Ussuri Bay, Peter the Great Bay, Sea of Japan.

Мидия Грея *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853) и модиолус курильский *Modiolus kurilensis* Bernard, 1983, двустворчатые моллюски семейства Mytilidae, обычные представители эпифауны верхней сублиторали прибрежных вод зал. Петра Великого Японского моря. Они формируют обширные скопления со значительной биомассой и имеют промысловое значение. Моллюски ведут прикрепленный образ жизни, образуют друзы на разнообразных грунтах [1, 2].

Цель данной работы – изучить пространственное распределение *C. grayanus* и *M. kurilensis* в зависимости от типа грунта и глубины обитания, а также оценить ресурсы этих видов в Уссурийском заливе.

В основу работы положены результаты научных исследований, проведенных на НИС «Убежденный» БИФ ТИНРО в Уссурийском заливе в 2008 и 2018 гг. в летне-осенний период. Данные по пространственному распределению и обилию моллюсков получены с использованием стандартных водолазных гидробиологических методов до изобаты 20 м. Расстояние между станциями на перпендикулярных к берегу разрезах составляло от 100 до 500 м в зависимости от орографии и характера донных ландшафтов [3]. На каждой станции определяли тип грунта. Песчаные, илисто-песчаные и илистые субстраты относили к мягким грунтам; скалы, глыбы, валуны, камни и гальку – к твёрдым. Были проанализированы данные с 837 станций.

Отбор проб осуществляли с одного квадратного метра в трех повторностях. Массу особей устанавливали взвешиванием с точностью до 1 г. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программ STATISTICA, Microsoft Excel. Для подготовки картографических материалов применяли ГИС MapInfo Professional. Расчет общей биомассы и численности моллюсков осуществляли методом диаграмм Вороного (полигоны Тиссена), построенных с учетом батиметрических диапазонов и границ подводных ландшафтов [3].

Уссурийский залив – крупный внутренний залив у северного берега залива Петра Великого Японского моря (рис. 1). В северную часть берега вдается бух. Муравьиная, образующая вершину Уссурийского залива, глубины в которой менее 4 м, грунт: песок, ил, редко камень. В расположенной южнее бух. Отдыха, грунт у берегов представлен песком с примесью битого ракушечника, а в средней части бухты и всей кутовой части Уссурийского залива – ил, у мысов – камень.

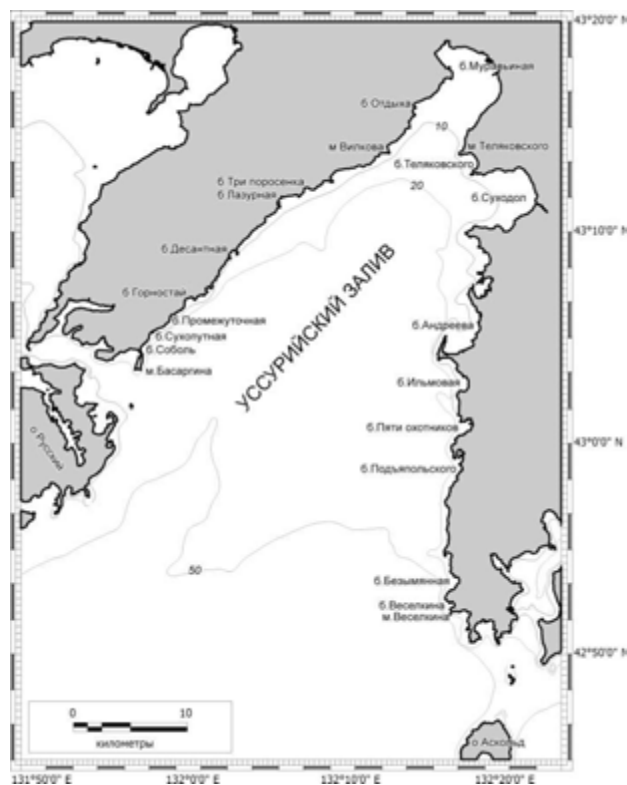


Рисунок 1. Карта-схема района исследований

Из 253 станций, выполненных в кутовой части Уссурийского залива, только одна приходилась на твердые грунты. На небольших каменистых и заиленных участках у мысов на глубине до 10 м единично встречались особи *C. grayanus* и *M. kurilensis* непромыслового размера (промысловая мера – 100 мм по длине раковины). Средняя биомасса мидии Грея составила $14,8 \pm 8,7$ г/м², модиолуса – $20,5 \pm 19,6$ г/м².

Северо-западный берег Уссурийского залива от мыса Басаргина до мыса Вилкова на всем протяжении обрывист и мало изрезан. Вдоль берега разбросаны скалы, банки, надводные, осыхающие и подводные камни. В бух. Соболев преобладают каменистые и галечные грунты, в бухтах Сухопутная и Промежуточная грунт песок и камень, в бух. Горностай берега скалистые, а в вершине бухты – песок и мелкая галька. Севернее, в бухтах Десантная, Лазурная, Три Поросенка грунт песок, илистый песок, у мысов камень. Из 411 выполненных станций, на мягкие субстраты приходилось 71,5 % (рис. 2А).

А Грунты: количество станций, встречаемость, %

Б Встречаемость моно- и смешанных друз моллюсков на мягких и твердых грунтах, %

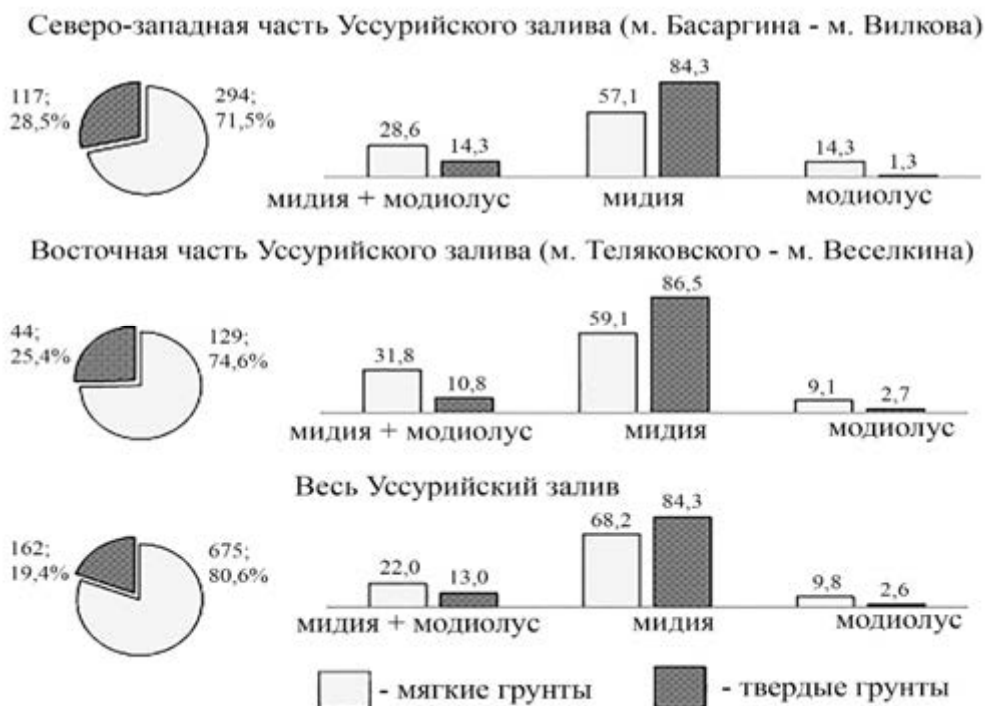


Рисунок 2. Соотношение типов грунта (А) и встречаемость моллюсков (Б) на твердых и мягких субстратах в Уссурийском заливе

Моновидовые друзья мидии Грея преобладали, как на твердых, так и на мягких грунтах, встречаясь на 84,3 и 57,1 % станций (рис. 2Б). Смешанные друзья обоих видов превалировали на мягких субстратах, составляя 28,6 % от всех станций, встречаемость моновидовых друз модиолуса составляла 14,3 % на мягких субстратах.

Вдоль восточного берега Уссурийского залива от мыса Теляковского до мыса Веселкина грунт преимущественно представлен валунами и камнем, которые простираются до глубины 5-7 м. Берег весьма извилист, в него вдаются ряд бухт. В бухтах Суходол, Андреева, Ильмовой, Подъяпольского грунт песок и ил, у мысов – камень; в бухтах Теляковского, Безымянной, Пяти Охотников, Веселкина – песок и галька. На этом участке, как и у северо-западного берега, картина распределения грунтов и моллюсков имеет сходный характер. Мягкие субстраты преобладают, составляя 74,6 % от 173 выполненных станций (рис. 2А). Моновидовые друзья мидии Грея на обоих типах грунта доминируют, встречаясь на 86,5 % станций на твердых грунтах и 59,1 % на мягких (рис. 2Б). Смешанные друзья встречались на 31,8 % станций на твердых грунтах и 10,8 % – на мягких. Встречаемость моновидовых друз модиолуса составила 9,1 % на мягких грунтах.

Максимальные значения средней биомассы *C. grayanus* и *M. kurilensis* отмечены на твердых грунтах, причем более 70 % от общей биомассы обоих

видов приходится на мидию Грея, что характерно для всего Уссурийского залива (таблица).

Таблица. Средняя биомасса *C. grayanus* и *M. kurilensis* в Уссурийском заливе

Уссурийский залив	Средняя биомасса, г/м ²			
	Твердые грунты		Мягкие грунты	
	Мидия Грея	Модиолус	Мидия Грея	Модиолус
М. Басаргина – м. Вилкова	938±179	396±163	53±44	4±2
М. Теляковского – м. Веселкина	842±216	344±187	398±205	462±249
Весь Уссурийский залив	907±140	362±119	228±114	321±180

На мягких грунтах вдоль восточного берега Уссурийского залива средняя биомасса *C. grayanus* и *M. kurilensis* имеет близкие значения, хотя отмечено небольшое (53,7 %) преобладание модиолуса. А вдоль северо-западного берега, на мягких субстратах обилие обоих видов незначительно, однако, мидия Грея преобладает.

По данным 2018 г., в Уссурийском заливе ресурсы *C. grayanus* составляют 16,8 тыс. т на площади около 30 км² [3]. Ресурсы *M. kurilensis* – 1,7 тыс. т и распределены на третьей части этой площади, занимая около 9 км². Таким образом, из общей биомассы двух видов (18,5 тыс. т) более 90 % приходится на мидию Грея. Доля особей непромыслового размера в популяциях *C. grayanus* и *M. kurilensis* составляет соответственно 83,1 и 85,5 %.

В целом по всей акватории Уссурийского залива наибольшие показатели обилия (более 900 г/м²) *C. grayanus* отмечены на глубинах от 1 до 10 м на твердых грунтах, а *M. kurilensis* – до 5 м на мягких. В поселениях вдоль западного берега Уссурийского залива, где оба вида встречаются преимущественно на твердых грунтах, картина такого горизонтального распределения для *C. grayanus* сохраняется, а *M. kurilensis* более обилен на глубинах до 5 м также на твердых грунтах. В поселениях вдоль восточного берега, максимальные показатели обилия мидии Грея отмечены на глубинах 5-10 м на твердых субстратах, а с биомассой более 600 г/м² – на твердых и мягких грунтах на глубинах до 5 м. *M. kurilensis* на глубинах до 5 м более обилен на мягких грунтах, а на 5-10 м – на твердых.

Таким образом, в Уссурийском заливе (залив Петра Великого, Японское море) мидия Грея доминирует на твердых субстратах, модиолус – на мягких. Максимальные значения средней биомассы *C. grayanus* и *M. kurilensis* отмечены на твердых грунтах. Наибольшие показатели обилия *C. grayanus* выявлены на глубинах от 1 до 10 м на твердых грунтах, а *M. kurilensis* – до 5 м на мягких. Общие ресурсы *C. grayanus* и *M. kurilensis* оценены в 18,5 тыс. т, из которых более 90 % приходится на мидию Грея.

Доля особей непромыслового размера обоих видов превышает 80 %, что свидетельствует об активном естественном воспроизводстве моллюсков и стабильном состоянии их поселений в Уссурийском заливе.

Список использованной литературы

1. Седова Л.Г., Соколенко Д.А. Распределение и ресурсы мидии Грея и модиолуса курильского в Амурском заливе (залив Петра Великого, Японское море) // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана : мат-лы 5-ой междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2018. – Ч. 1. – С. 184-189.
2. Селин Н.И. Состав и структура смешанных поселений *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853) и *Modiolus kurilensis* (Bernard, 1983) (Bivalvia: Mytilidae) в заливе Петра Великого Японского моря // Биол. моря, 2018. – Т. 44. – № 5. – С. 307–316.
3. Седова Л.Г., Соколенко Д.А. Состояние поселений, ресурсы и промысел мидии Грея *Crenomytilus grayanus* в прибрежье Приморского края (Японское море) // Известия ТИНРО, 2019. – Т. 198. – С. 33-45.

© Седова Л.Г., Соколенко Д.А., 2020

ДВУСТВОРЧАТЫЙ МОЛЛЮСК *MYA ARENARIA* В СООБЩЕСТВАХ ЛИТОРАЛИ БЕЛОГО МОРЯ

SOFT-SHELL CLAM (*MYA ARENARIA*) IN THE LITTORAL COMMUNITIES OF THE WHITE SEA

Смолькова Ольга Викторовна

ГАПОУ РК «Северный колледж», г. Беломорск, РФ

E-mail: sm.olj@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы пространственного (вертикального) распределения моллюска *Mya arenaria* на литорали, размерно-возрастные характеристики моллюсков исследуемого вида. Приводятся данные по возрастной структуре поселений, составе сообществ, доминирующих и второстепенных видах. Обсуждается зависимость размеров раковины моллюсков от показателей солености в исследуемых районах, цикличность поселений моллюсков, особенности и отличия моллюсков, изученных на литорали Баренцева моря.

Ключевые слова: Белое море, моллюски, *Mya arenaria*, сообщества, литораль.

The article deals with the spatial (vertical) distribution of the *Mya arenaria* on the littoral, size and age characteristics of the mollusks. Data on the age structure of

settlements, the composition of communities, dominant and secondary species are given. The article discusses the dependence of the size of the mollusk shell on salinity indicators in the studied areas, the cyclical nature of mollusk settlements, and the features and differences of mollusks studied on the Barents Sea littoral.

Keywords: White Sea, Bivalvia, Soft-shell clam *Mya arenaria*, communities, intertidal zone.

Рациональное использование биологических ресурсов на шельфах наших морей является важным вопросом современного мира. Изучение и объяснение механизмов адаптации организмов к изменяющимся условиям среды невозможно без точных и глубоких знаний о составе, распределении и истории формирования флоры и фауны того или иного района.

Моллюски – одна из наиболее широко распространенных, богатых по количеству видов, численности и биомассе групп морских животных, составляющая важнейший элемент морской фауны. Они играют значительную роль в донных биоценозах, являясь доминирующим звеном и уступая лишь макрофитам в прибрежной полосе и иногда полихетам. Двустворчатые моллюски – долго живущие формы, быстрый темп роста обеспечивает им высокий уровень годовой продукции, что делает их ценной кормовой базой для консументов второго порядка, занимающих относительно высокие места в пищевых цепях. Двустворчатыми моллюсками питаются некоторые беспозвоночные, рыбы и птицы (Berger, 2001; Galaktionov, 2001a). Многие двустворчатые моллюски являются промежуточными хозяевами различных паразитических организмов (Galaktionov, 2001c).

Наши работы основаны на гидробиологических исследованиях и связаны с изучением и описанием литоральных сообществ северных морей. В работе мы попытались оценить роль двустворчатого моллюска *Mya arenaria* в сообществах литорали Белого моря. Целью работы было изучить структуру поселений моллюска *Mya arenaria* на литорали Белого и Баренцева морей.

Mya arenaria (песчаная ракушка) – двустворчатый моллюск, зарывающийся в грунт на глубину до 40 см. Заглубление моллюска осуществляется в течение всей жизни (Свешников, 1963; Pfitzenmeyer, 1963, 1967). Связь с поверхностью грунта моллюск поддерживает с помощью сифона – толстой кожистой трубки, образованной двумя сросшимися сифонами: вводным и выводным. В отлив места поселения моллюска отмечены дырочками в грунте – норками *M. arenaria*.

Изучение беломорской *Mya arenaria* важно не только в целях определения ее роли в жизни экосистемы, но имеет и практическое значение. В настоящее время роль беспозвоночных животных в морском промысле сильно возрастает. *M. arenaria*, в числе некоторых других видов, может оказаться одним из важных объектов марикультуры. Поэтому изучение закономерностей распределения, выявление межгодовой

динамики численности и биомассы *M. arenaria* в настоящее время представляет особый интерес.

Исследования проводились в июне-августе 2006-2011 гг. в Кандалакшском (о-ва Северного архипелага – Ряшков, Олений; п. Лувеньга; Терский берег – о. Горелый, г. Долгая) и Онежском (г. Беломорск, д. Колежма, о. Большой Соловецкий – м. Толстик, г. Долгая) заливах Белого моря, 2012-2016 гг. исследования проводились в Онежском заливе (район города Беломорск, д. Колежма, д. Кереть – Чупинская губа), в 2020 – в районе города Беломорска (Онежский залив). В 2009 и 2013 гг. исследования также были проведены в Баренцевом море на базе ММБИ в п. Дальние Зеленцы (губа Ярнышная и губа Дальнезеленецкая) (рис. 1).



Рисунок 1. Районы исследований

Пробы для количественного учета *Mya arenaria* отбирались на литорали во время отлива, с помощью кольца с внутренней площадью $0,1 \text{ м}^2$, при этом изымался грунт до глубины 40 см. Учет организмов макрозообентоса в сообществе *Mya arenaria* производился с помощью цилиндра площадью $0,01 \text{ м}^2$, грунт выбирался до глубины 5 см и промывался через сито с размером ячеей 0,25-0,5 мм. Для выявления вертикального распределения мии на литорали были проложены трансекты. Беспозвоночные были идентифицированы по определителям под редакциями Н. С. Гаевской (1948), А. Д. Наумова (1981), О. А. Скарлато (1987), Н. Н. Марфенина (2006), А. Б. Цетлина (2010), подсчитывались количество и биомасса организмов каждого вида. Грунты на каждой станции описывались визуально, а в ряде случаев донные осадки

подвергались специальному исследованию (определялась гидратация и механический состав грунта).

Для оценки видового разнообразия в сообществе *Mya arenaria* нами был использован индекс Шеннона (Shannon, Weaver, 1949). Все расчеты производили при помощи пакетов программ MS Excel (Microsoft Excel, 2003), STATISTICA 6.1 (StatSoft, Inc., 2003). Достоверность отличий определяли с помощью индекса Уилкоксона-Манн-Уитни, отличия считали не достоверными при $p \geq 0,05$. При описании размерно-весовых характеристик для каждого района исследования рассчитывали медиану (Me) длины и массы тела, ее ошибку (m) и коэффициент вариации (CV, %).

Результаты. При изучении вертикального размещения моллюска на литорали, выявлено агрегированное скопление мии, преимущественно в среднем и нижнем горизонтах литорали, представленных мелким заиленным песком. Наибольшей плотности поселения достигают в грунте со значительным содержанием мелкодисперсных глинистых фракций с размером частиц менее 0,25 мм. Поэтому одним из основных факторов, оказывающих влияние на размещение моллюска на литорали, вероятнее всего следует считать механический состав грунта, пригодного для построения неоплывающих норок. Важным фактором, влияющим на размещение моллюска, является продолжительность осушения. Сосредотачиваясь в нижних горизонтах литорали, *Mya arenaria* без ущерба для себя переносит отлив, при этом сохраняя способность к активной фильтрации и дыханию за счёт остаточной воды в норке. Также важной причиной распределения моллюска на литорали являются межвидовые отношения. Являясь неподвижным инфаунным организмом, моллюск менее конкурентоспособен по сравнению с подвижными формами, обитающими в схожих условиях существования (например, полихета *Arenicola marina*). Являясь типично морским представителем, *Mya arenaria*, безусловно, предпочитает районы с большей соленостью, но ввиду острой конкуренции данный вид приспособился к обитанию в местах с более низкими значениями данного показателя. Поэтому моллюск образует поселения с высокой плотностью на распресненных участках литорали ($S=10\text{‰}$). Такая пластичность вывела мию на более высокий уровень адаптации к среде по сравнению со стеногалинными видами.

Наибольший, отмеченный нами размер моллюска на литорали Белого моря составил 95,7х54,3х33,6 мм при массе тела 88 грамм, на литорали Баренцева моря – 62,5х34,9х23,2 мм и массой 28,2 грамма.

Средняя длина раковины моллюсков в исследуемых районах Белого моря варьировала от 30,8 мм (губа Колежомская, Онежский залив) до 62,3 мм (губа Порья, Кандалакшский залив) при массе тела от 3,7 г/м² до 32,0 г/м² соответственно. В Баренцевом море данный показатель составил 37,2 мм на Дальнем пляже губы Дальнезеленецкой и 33,1 мм – в губе Ярнышной при массе тела 4,0 и 7,5 г/м² (рис. 2, 3).

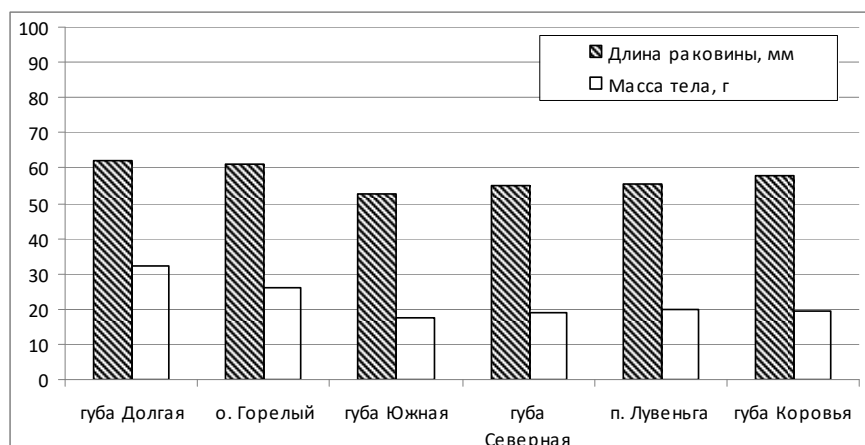


Рисунок 2. Средняя длина раковины и масса тела *M. arenaria* Кандалакшского залива Белого моря

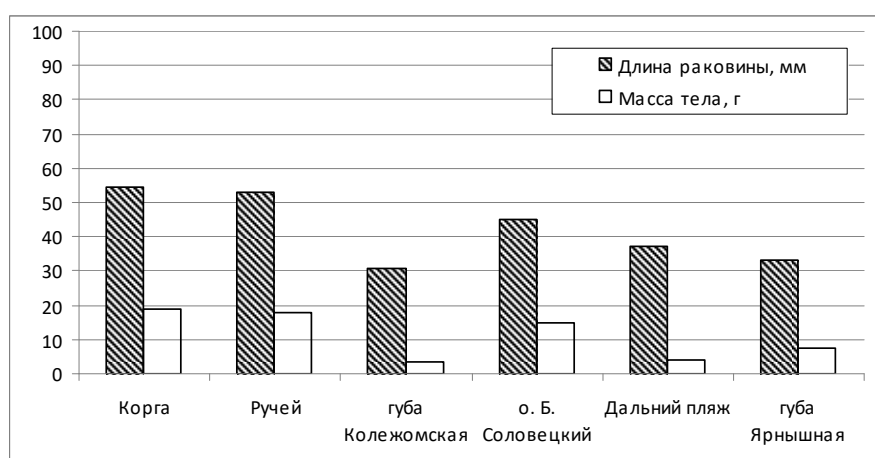


Рисунок 3. Средняя длина раковины и масса тела *M. arenaria* Онежского залива Белого моря и губы Дальнезеленецкой и Ярнышной Баренцева моря

Несмотря на то, что в Онежском заливе климатические условия носят более мягкий и благоприятный характер, по показателям длины и массы тела моллюски в нем в 2 раза меньше, чем в Кандалакшском, что, скорее всего, связано с таким важным фактором как соленость. Воды Онежского залива, за счет огромного речного стока, являются одними из самых распресненных в Белом море. Масса тела моллюсков изменяется соответственно с изменением длины тела. В районах с большей соленостью моллюски имеют более массивную раковину.

За период исследования не было выявлено кардинальных межгодовых различий возрастной структуры поселений *M. arenaria* в Кандалакшском заливе, так же как и в Онежском. Нами были встречены мии в возрасте от 0 до 14 лет, отмечена мия в возрасте 18+ в 2010 году на литорали губы Коровьей острова Олений. В 2014 году на литорали в районе деревни Кереть (Лоухский район, Чупинская губа Белого моря) отмечено поселение мии в возрасте 1-2 года в зарослях морской травы *Zostera marina* L.

Для Кандалакшского и Онежского заливов Белого моря за исследованный период характерно преобладание особей средних возрастных групп 5-8 лет, соответственно 53,6 % и 59,8 %. В Баренцевом море в поселениях преобладали мии 5 (22,2 %), 7 (20,4 %) и 9 (18,5 %) лет. Для моллюска характерна высокая гибель на ранних стадиях развития, о чем свидетельствует очень малая доля в пробах (2,4 % в Кандалакшском и 0,3 % в Онежском заливе) молодых особей в возрасте от 0 до 2 лет. Это связано с интенсивностью размножения моллюсков в разные годы. Кроме того, не все особи, осевшие на грунт, в дальнейшем смогут приступить к нормальной жизнедеятельности из-за различного рода как биотических, так и абиотических факторов. Так, например, осевшие личинки могут быть подвержены воздействию низких температур в поверхностных слоях литоральных грунтов. В наиболее суровые зимы грунт промерзает вместе с молодыми миями, только начавшими свой жизненный цикл и находящимися на небольшой глубине. Кроме того, имеет место хищничество. Молодые моллюски, находясь в поверхностном слое грунта, представляют собой наиболее доступную пищу для таких хищников, как чайки, кулики, камбала, треска, а также морские звезды.

Неоднородность размерно-весовых характеристик локальных поселений возникает также вследствие различий характера группового роста и режима пополнения поселений. Изменения в структуре таких поселений характеризуют как циклические (Герасимова, 2001), так в 2020 в Онежском заливе в районе города Беломорска отмечены новые поселения моллюска (5 км от города место Летняя Варница, плотность поселения 35 экз/м², возрастной состав 3-5 лет, 12 км от города – поселение плотностью 23 экз/м², возрастной состав 4-5 лет. Ранее на данных участках поселений мии встречено не было).

В состав сообществ *Mya arenaria* Белого моря входит 19 таксонов, относящихся к 4 типам, 7 классам, 10 отрядам, 15 семействам и 16 родам (*Mya arenaria*, *Macoma balthica*, *Mytilus edulis*, *Littorina saxatilis*, *Littorina obtusata*, *Hydrobia ulvae*, *Tubificoides benedeni*, *Scoloplos armiger*, *Phyllodoce maculata*, *Arenicola marina*, *Alitta virens*, *Eteone longa*, *Monoculodes longirostris*, *Jaera albifrons*, *Gammarus* sp., *Priapulus caudatus*, отр. Tenedipodidae). На всех исследованных участках по биомассе доминирует *M. arenaria* (от 300 г/м² - о. Горелый до 1227 г/м² - о. Олений). В количественном отношении преобладающими видами являются *Hydrobia ulvae*, составляя до 703,8 экз/м², *Macoma balthica* - до 140 экз/м², олигохета *Tubificoides benedeni* - до 552 экз/м².

В Баренцевом море нами было определено 13 таксонов принадлежащих к 4 типам, 7 классам, 11 отрядам, 13 семействам и 13 родам (*Mya arenaria*, *Macoma balthica*, *Mytilus edulis*, *Ciliatocardium ciliatum*, *Littorina saxatilis*, *Tubificoides benedeni*, *Scoloplos armiger*, *Arenicola marina*, *Fabricia sabella*, *Pectinaria koreni*, *Monoculodes longirostris*, *Jaera albifrons*, *Priapulus caudatus*). По биомассе доминирует *Mya arenaria*.

В количественном отношении преобладающими видами являются *Fabricia sabella* и *Tubificoides benedeni*, составляя до 1522 экз/м² и 525 экз/м² соответственно.

Значения индекса Шеннона рассчитанного по биомассе видов варьирует в пределах от 0,26 до 1,72 бит. Максимальное биоразнообразие отмечено в губе Долгой (1,26 бит) и на острове Ряшков (1,72 бит).

Среди обнаруженных таксонов в Белом море преобладают животные-детритофаги (9 видов). В Баренцевом море сообщества *Mya arenaria* характеризуются превалированием фильтрующих сестонофагов (4 вида).

Для географической структуры установлено преобладание бореальных видов в сообществах *Mya arenaria* Белого моря, (до 70 %) по количеству видов, при продвижении к северной границе ареала в сообществах увеличивается число арктическо-бореальных видов и в Баренцевом море их доля составляет более 50 %. Небольшим количеством в сообществах представлены амфибореальные и циркумполярные виды (от 15 до 35 %).

Таким образом, нами в процессе изучения сообществ *Mya arenaria*, сделаны следующие выводы:

1. Установлено уменьшение длины (L, мм) и массы (m, гр.) тела моллюсков с понижением солености: Порья губа L = 62,3 мм, m = 32,0 гр. (S = 24,3‰), остров Олений L = 58,0 мм, m = 19,3 гр. (S = 21,6 ‰), остров Ряшков L = 55,0 мм, m = 17,5 гр. (S = 20,0 ‰), г. Беломорск L = 53,1 мм, m = 14,6 гр. (S = 16,5‰), губа Колежская L = 30,8 мм, m = 3,7 гр. (S = 10‰).

2. При изучении вертикального размещения моллюска на литорали, выявлено агрегированное скопление мии, преимущественно в среднем и нижнем горизонтах литорали. Основные факторы, определяющие размещение данного вида на литорали: гранулометрический состав грунта, продолжительность осушения и межвидовая конкуренция.

3. Возраст *Mya arenaria* в Кандалакшском и Онежском заливах варьирует от 0 до 14 лет, единично 18+ (литораль губы Коровьей острова Олений, 2010 г) с преобладанием особей средних возрастных групп (5-8 лет).

4. Установлено, что поселения *Mya arenaria* характеризуются отсутствием устойчивой возрастной и размерной структуры, что связано с цикличностью изменения их структурно-функциональных параметров.

5. Состав сообществ *Mya arenaria* в разных районах Белого моря имеет сходные черты и структуру: доминирование песчаной ракушки и субдоминирование *Macoma balthica* и *Hydrobia ulvae*.; наличие всех трофических группировок с преобладанием детритофагов; преобладание в сообществах бореальных (70 %), присутствие амфибореальных и циркумполярных видов (до 35 %).

Список использованной литературы

1. Герасимова А.В., Максимович Н.В., Касаткина Л.С., Мартынов Ф.М. Особенности пространственного микрораспределения макрозообентоса в литоральных сообществах *Mya arenaria* L. Белого моря. /Вестник СПбГУ, сер.3, 2006 вып.2.
2. Иллюстрированный атлас беспозвоночных Белого моря / Под общей ред. Н.Н. Марфенина. – М.: Т-во научных изданий КМК. 2006.
3. Комплексные исследования подводных ландшафтов в Белом море с применением дистанционных методов. /Труды Беломорской биостанции МГУ, т. XI/ Под ред.: В.О. Мокиевского, В.А. Спиридонова, А.Б. Цетлина, Е.Д. Красновой. М.: Т-во научных изданий КМК. 2011.
4. Максимович Н.В., Шилин М.Б. Пространственно-временное распределение планктонных личинок двусторчатых моллюсков в полуизолированных акваториях (на примере губы Чупа Белого моря) /Междисципли. научный и прикладной журнал «Биосфера», 2012, т. 4, № 3
5. Материалы научной конференции «Морская биология, геология, океанология – междисциплинарные исследования на морских стационарах», посвященной 75-летию Беломорской биологической станции МГУ. /Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 27 февраля — 1 марта 2013 г.: Тезисы докладов. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. – 368 с. Электронная версия.
6. Шкляревич Г.А. Экология сообществ макробентоса Белого моря, Петрозаводск: Изд-во Петр ГУ, 2002.
7. Berger V., Dahle S., Galaktionov K., Kosobokova X., Naumov A., Rat'kova T., Savinov V., Savinova T. White Sea. Ecology and environment. St. Petersburg – Tromsø, 2001.157 p.

© Смолькова О.В., 2020

ЖАБРОНОГИЕ РАКООБРАЗНЫЕ

ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗМЕРОВ ЦИСТ АРТЕМИИ В ЗАЛИВЕ СИВАШ

THE SIZE OF CYSTAL ARTEMIA POPULATIONS GENUS LEACH, 1819 IN THE SIVASH BAY

Семик Александр Михайлович^{1,*}, Саенко Елена Михайловна^{1,},
Замятина Евгения Александровна^{1,***}
Semik Alexander Mikhailovich^{1,*}, Saenko Elena Mikhailovna^{1,**},
Zamyatina Evgeniya Alexandrovna^{1,***}**

¹Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),
г. Ростов-на-Дону, РФ

¹Azov-Black Sea Branch of "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don, Russia

*E-mail: udot2@mail.ru ; **E-mail: saenko_e_m@azniirkh.ru ;

***E-mail: zamyatina_e_m@azniirkh.ru

Представлены результаты исследования морфометрических особенностей цист артемии из различных участков залива Сиваш. Установлено, что размах варьирования средних значений диаметра цист из Сиваша выше по сравнению с аналогичными данными артемии в соленых озерах Сибири. Коэффициент асимметрии распределения частот признака в западной части имел отрицательную величину (-0,190), в восточной – положительную (0,105). Выявленные различия в морфометрии диаметра цист западного и восточного участков залива цист, обусловлены географической изоляцией популяций артемии.

Ключевые слова: залив Сиваш (западный и восточный), артемия, цисты, партеногенетическая и бисексуальная формы артемии, соленость.

The results of a morphometric characteristics study of Artemia cysts from different parts of the Sivash Bay are presented. It was founded that the variation range of the average values of the diameter of cysts from the Sivash is higher in comparison with the analogous data of brine shrimp in the salt lakes of Siberia. The coefficient of the frequency of diameter asymmetry in the western part had a negative value (-0.190), in the eastern part it was positive (0.105). The revealed differences in the morphometry of the cyst diameter in the western and eastern parts of the cyst bay are conditioned by geographical isolation of the Artemia populations.

Keywords: Sivash Bay (western and eastern), brine shrimp, cysts, parthenogenetic and bisexual forms of brine shrimp, salinity

Введение. В настоящее время артемия интенсивно изучается во многих странах мира [6, 11, 13, 17]. Научный интерес к артемии вызван с

одной стороны ее адаптацией к экстремальным условиям среды (высокая соленость, низкое содержание кислорода), с другой – это ценный корм для личинок пресноводных, морских рыб и ракообразных, являющимися объектами аквакультуры [9]. Рост объемов добычи артемии в XXI столетии со всей остротой поставил вопрос о разработке мер по сохранению и рациональном использовании этого ценного водного биологического ресурса.

С 2015 г. были возобновлены исследования популяции артемии в Сиваше [14]. Однако сразу стало очевидно, что водно-солевой режим залива Сиваш за прошедшие десятилетия изменился [4, 15], что существенно повлияло на динамику развития популяции артемии в заливе и потребовало накопления нового многолетнего ряда наблюдений за особенностями биологии этого водного биоресурса, его морфометрических показателей. Известно, что для популяции рачков артемии в озерах Западной Сибири характерны колебания морфометрических показателей, зависящих от условий окружающей среды [2, 3, 7, 11]. Для популяции артемии, обитающей во внутренних соленых озерах Крыма сведения о заливе Сиваш ее размерно-массовых характеристиках имеются в работах ряда исследователей [1, 6, 12, 13]. Систематические и регулярные многолетние наблюдения за популяцией артемии в заливе Сиваш не проводились, в связи с этим в литературе практически отсутствуют сведения о размерно-массовых характеристиках рачков артемии различных стадий. Данная работа посвящена анализу общего варьирования морфометрических параметров цист артемии в зависимости от уровня солености в течение вегетационного сезона 2019 г. из залива Сиваш.

Материал и методика. Материалом для настоящей работы послужили цисты рачков артемии, собранные в 2019 г. в планктоне залива Сиваш на участках, различающиеся по солености, глубине и географической удаленности (рис. 1).



Рисунок 1. Карта-схема расположения мест отбора проб в западной (слева) и восточной (справа) частях залива Сиваш

Отбор проб был произведен 21 мая, 05 июля и 19 октября. Сбор и камеральную обработку гидробиологических проб проводили по стандартным методикам [8, 15]. Одновременно со сбором гидробиологических проб определяли соленость воды рефрактометрическим солемером Master-S/MillalphaAtago, температуру воды измеряли термометром Kelilong. Всего выполнены измерения диаметров 1001 экз. цист. Статистическую обработку данных выполняли по общепринятым методикам [10]. При анализе полученных данных использовали статистические показатели: среднее арифметическое ($\bar{x}$), среднее квадратическое отклонение (σ), коэффициент вариации ($C_v\%$). Достоверность определяли по критерию Стьюдента при уровне значимости $p < 0,01$. Расчет всех числовых показателей и построение гистограмм произведен в программе Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Залив Сиваш является одним из наиболее перспективных промысловых артемиевых водоемов на Азово-Черноморском бассейне. Ряд особенностей делают залив Сиваш уникальным по сравнению с другими гипергалинными водоемами России, заселенными артемией. Наличие Генического пролива шириной около 130 м обеспечивает Сиваш постоянной подпиткой морской воды из Азовского моря с соленостью 10-11 ‰. От Азовского моря Сиваш отделен длинной песчаной косой Арабатская стрелка; от Черного моря – узким Перекопским перешейком. Протяженность залива составляет около 200 км с востока на запад, и от 2 км до 35 км с юга на север с площадью водного зеркала залива около 2500 км², из них около 600 км² – сезонно пересыхающие акватории. Чонгарский пролив разделяет залив на две крупные части: Восточный и Западный Сиваш [5]. Водно-солевой режим отдельных акваторий залива определяется географическими особенностями, действием сгонно-нагонных ветров и сезонными осадками. В географическом аспекте соленость воды в целом возрастает по направлению с востока на запад (в Западном Сиваше) и с севера на юг (в Восточном Сиваше). В последние четыре года повышению общего осолонения залива Сиваш способствует прекращение подачи воды по Северо-Крымскому каналу (рис. 2). В настоящее время соленость в заливе Восточный Сиваш в южной части акватории уже составила 106 ‰, и этот процесс имеет положительный тренд. В Западном Сиваше аналогичный показатель минерализации отмечен в центральной акватории залива.

В 2019 г. диаметр цист артемии в заливе варьировал от 0,150 до 0,313 мм (в среднем 0,239 мм). Средний размер цист артемии соответствовал таковым показателям для оз. Большое и Малое Яровое Алтайского Края [7] (табл. 1). Различия между минимальным и максимальным значением составили 0,163 мм, коэффициент вариации признака определен в 11,7 %, что свидетельствует о ее средней величине [10]. Внутрипопуляционный размах варьирования среднего диаметра цист в

озерах Крыма был выше, чем в озерах Западной Сибири, но не превышал 10 %.

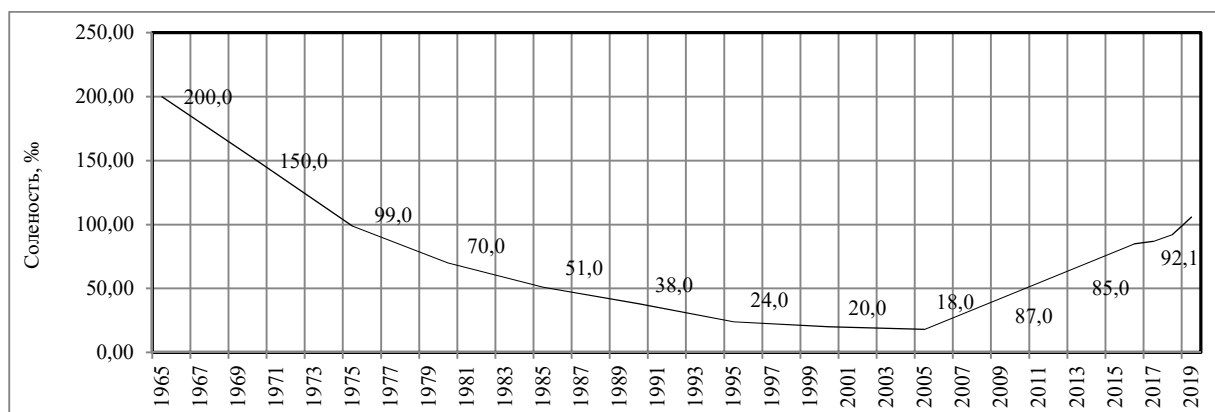


Рисунок 2. Динамика солености воды в Восточной части залива Сиваш

Таблица 1. Сравнительная характеристика диаметра цист из разных водоемов, мм

Водоем	Показатели			Автор, год
	x	min	max	
Залив Сиваш	0,239	0,150	0,313	Данные авторов
Крымские озера	0,194	0,190	0,199	Олейникова, 1980
Крымские озера	0,250	0,220	0,280	Воронов, 1975
Оз. Кулундинское	0,233	0,195	0,245	Егоркина и др., 2006
Оз. Большое Яровое	0,237	0,196	0,213	Егоркина и др., 2006
Оз. Малое Яровое	0,240	0,226	0,256	Егоркина и др., 2006
Озера Павлодарской обл.	0,270	0,220	0,320	Убаськин, 2005
Западно-Сибирские озера	0,255	0,220	0,290	Литвиненко и др., 2009
Озера в Америке, Африке, Европе	0,272	0,224	0,320	Литвиненко и др., 2009

Чтобы оценить изменчивость диаметра цист, учитывая географическую удаленность Западного и Восточного участков залива Сиваш, а также их разграничение Чонгарским проливом, сравнили средние показатели размеров цист в различных участках залива (табл. 2).

Средние размеры цист в Западном Сиваше были выше, чем в Восточном. Совокупность признака при этом в обоих водоемах оказалась однородной – коэффициент вариации был ниже 10 %, что свидетельствовало о слабой вариации среднего диаметра цист. Распределение биометрических данных этого показателя в каждом из заливов располагались приблизительно в соответствии с кривой нормального распределения (рис. 3).

Таблица 2. Статистические показатели размеров цист в заливе Сиваш

Статистический показатель	залив Сиваш	
	западный	восточный
Средняя длина, мм	0,271	0,227
Стандартное отклонение, мм	0,021	0,019
Ошибка средней, мм	0,001	0,001
Коэффициент вариации, %	7,749	8,370
Минимум, мм	0,213	0,150
Максимум, мм	0,313	0,300
Мода, мм	0,275	0,225
Медиана	0,275	0,225
Выборка, экз.	271	730

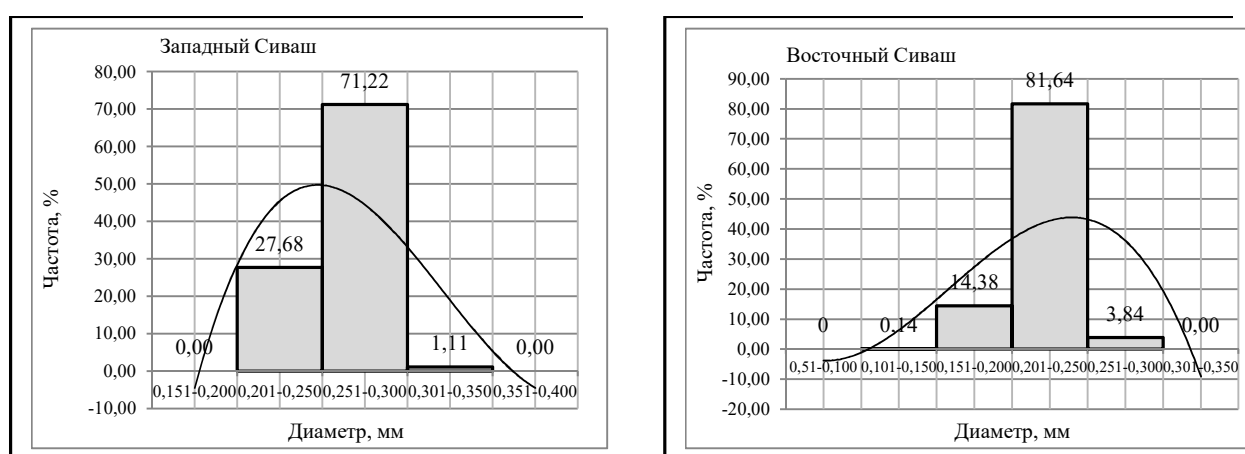


Рисунок 3. Распределение среднего диаметра цист в различных участках залива Сиваш

Коэффициент асимметрии распределения частот признака в Западном Сиваше имел отрицательную величину (-0,190), в Восточном Сиваше – положительную (0,105). В обоих случаях более половины значений диаметра цист относились к модальному классу (рисунок 3), однако в заливе Западный Сиваш эти показатели были сдвинуты в область больших величин – 0,251-0,300 мм, а в Восточном Сиваше – в сторону меньших – 0,201-0,250 мм. Изменчивость морфологических признаков артемии под влиянием экологических факторов среды достаточно известный факт [7]. К различиям морфологических признаков могут привести географическая изоляция, при которой происходит адаптация к определенному режиму солености. Одной из характеристик популяции является анализ распределения биометрических данных. Чаще всего биологические наблюдения располагаются приблизительно в соответствии с кривой нормального распределения. В тех случаях, когда какие-либо условия способствуют появлению значений признаков, отличающихся от средней величины, образуются асимметричные распределения [10]. Несомненные различия в морфометрии цист залива Западного и Восточного участков

Сиваша ($P < 0,01$) обусловлены географической изоляцией популяций артемии – дамбой в районе пос. Рюмшино (Джанкойский район, Республики Крым) и узким Чонгарским проливом (рисунок 1). Именно эти факторы способствовали раздельному обитанию двух популяций в заливе Сиваш: партеногенетической в Западном и бисексуальной в Восточном.

Многие авторы отмечают, что увеличение ploидности в партеногенетических популяциях приводит к увеличению числа хромосом, а это в свою очередь к увеличению размерных параметров [7, 16]. Сравнительный анализ морфометрических признаков артемии по диаметру цист из залива Сиваш (Западного и Восточного) подтвердил данное положение.

Заключение

1. В заливе Сиваш средний диаметр цист артемии варьировал от 0,150 до 0,313 мм, составив в среднем 0,239 мм.

2. При сравнении среднего диаметра цист выяснилось, что более мелкие цисты находятся в заливе Восточный Сиваш ($0,227 \pm 0,001$ мм), более крупные – в Западном Сиваше ($0,271 \pm 0,001$ мм).

3. Пределы варьирования средних значений диаметра цист в заливе Сиваш выше по сравнению с аналогичным показателем для популяций артемии в озерах Западной Сибири.

4. Биометрические данные среднего диаметра цист в каждом из заливов Сиваша располагались приблизительно в соответствии с кривой нормального распределения.

5. Внутрипопуляционный размах варьирования среднего диаметра цист в озерах Крыма был выше, чем в озерах Западной Сибири, не более 10 %.

6. Коэффициент асимметрии распределения частот признака в Западном Сиваше имел отрицательную величину ($-0,190$), в Восточном Сиваше – положительную ($0,105$). В обоих случаях более половины значений диаметра цист относились к модальному классу.

Список используемой литературы

1. Ануфриева Е.В. Ракообразные гиперсоленых водоемов Крыма: фауна, экология, распространение: автореф. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. Севастополь, 2014. 23 с.

2. Бойко Е.Г. Динамика изменения морфометрических параметров рачков рода *Artemia* озера Медвежье Курганской области / Аграрный вестник Урала № 1 (80). – 2011. С. 21-23.

3. Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И. Сравнительная морфометрическая характеристика рачков рода *Artemia* Уральских и Западно-Сибирских популяций в годы с разной водностью // Агропродовольственная политика России. – 2016. – № 12 (60). – С. 63-70.

4. Болтачев А.Р., Карпова Е.П., Саксаганский В.В. Трансформация ихтиоцены Восточного Сиваша (Азовское море) под влиянием антропогенных факторов // IV міжнародна іхтіологічна науково-практична конференція «Сучасні

проблеми теоретичної та практичної іхтіології ОНУ ім.І.І.Мечнікова (7-11.09 2011 р.). – Одеса: Фенікс, 2011. С.40-43.

5. Воробьев В.П. Гидробиологический очерк Восточного Сиваша и возможности его рыбохозяйственного использования // Тр. АзЧерНИРО. – 1940. – Вып. 12. – С. 69-164.

6. Воронов П.М. *Artemia salina* L. Водоемов Крыма и ее хозяйственное использование: Автореф. дис. кан. биол. наук. М. 1975. 30 с.

7. Егоркина Г.И., Кириллов В.В., Павлова Е.К., Романова Н.С. Сравнительный анализ популяций артемии в озерах Обь-Иртышского междуречья по морфометрическим признакам цист и науплиусов // Ползуновский вестник. – 2006. – С. 360-364.

8. Жадин В.И. Методы гидробиологических исследований. – М.: Высшая школа, 1960. – 191 с.

9. Ковачева Н.П., Литвиненко Л.И., Саенко Е.М., Жигин А.В., Кряхова Н.В., Семик А.М. Современное состояние и перспективы развития аквакультуры артемии в России // Тр. ВНИРО – 2019. – Т. 178. –С. 150-168.

10. Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов. — М.: Высш. шк., 1990. — 352 с.

11. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г. Артемия в озерах Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 2009. – 304 с.

12. Олейникова Ф.А. *Artemia salina* L. Азово-Черноморского бассейна (морфология, размножение, экология, практическое использование): автореф. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. Киев, 1980. 17 с.

13. Руднева И. И. Артемия. Перспективы использования в народном хозяйстве. – Киев: Наукова думка, 1991. – 144 с.

14. Семик А.М., Замятина Е.А. Исследование объемов водных биологических ресурсов (артемия, хирономиды) в заливе Сиваш// ISSN 1026-5643 (print). ISSN 2412-8864 (online). Труды ЮгНИРО, Т. 54. 2017. С 131-136.

15. Семик А.М., Саенко Е.М., Замятина Е.А. Современное состояние популяции жаброногого рачка рода *Artemia* Leach. 1819 в восточной части залива Сиваш. // Журн. «Водные биоресурсы и среда обитания», 2019, том 2, № 2, с. 45-56.

16. Старовойтова Д.А., Бурмистрова О.С. Размеры цист популяций артемии разнотипных озер Кулундинской низменности. / Известия АО РГО. – 2017. - № 4(47). – С 84-92.

17. Убаськин А.В. Эколого-биологические особенности рачка *Artemia* (Crustacea, Anostraca) соленых озер Павлодарской области (Республика Казахстан): автореф. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук, Омск, 2005. 21 с.

© Семик А.М., Саенко Е.М., Замятина Е.А.

ХИРОНОМИДЫ

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИЧИНОК ХИРОНОМИД В ОЗЕРАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

FEATURES OF DISTRIBUTION OF CHIRONOMID LARVAE ON LAKES OF THE LENINGRAD REGION

Зуев Юрий Алексеевич^{1, *}, Шацкий Андрей Викторович^{1, **}

Zuev Yu. A.^{1, *}, Shatskiy A. V.^{1, **}

¹Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Санкт-Петербург, РФ

¹Saint Petersburg branch of VNIRO, Saint Petersburg, Russia

*E-mail: yzuev@ya.ru ; **E-mail: shatsky72@yandex.ru

Представлены результаты исследований на озерах Ленинградской области по изучению пространственного распределения личинок хирономид.

Ключевые слова: Ленинградская область, личинки хирономид, распределение.

The results of research on lakes in the Leningrad region to study the spatial distribution of chironomid larvae are presented.

Keywords: Leningrad region, chironomid larvae, distribution.

Введение. *Chironomus gr. plumosus* L, или мотыль, относится к семейству хирономид (Chironomidae) подотряда длинноусых отряда двукрылых насекомых (Diptera). Хирономус – комары-дергуны, или комары-звонцы, – широко распространенный вид двукрылых насекомых, освоивший практически все естественные и искусственные водоемы с замедленным водообменном мезо- и эвтрофного типа [1].

Мотыль является единственным промысловым представителем пресноводного макробентоса в Ленинградской области. В отдельные года вылов личинок комаров-хирономид в Ленинградской области превышает 40 т.

В связи с вышеизложенным, становится актуальным вопрос изучения общей закономерности распределения мотыля в водоемах.

Материал и методика. Исследование запасов мотыля в Ленинградской области проводится в течение последних 10 лет. На озерах Победное и Вишневское, где ведется его добыча, мониторинг ведется в течение последних восьми лет. На озерах выполняется ежегодный отбор на 4 мониторинговых точках, а с 2019 г. выполняется разрез в виде ряда станций выполненных на равном расстоянии перпендикулярно берегу (рис. 1-3).



Рисунок 1. Карта-схема расположения станций на озере Победном в апреле 2019 г.

Все исследуемые озера – малые и средние озера Ленинградской области. Характеризуются небольшой глубиной, низкой прозрачностью воды и многометровыми илистыми отложениями на дне. Зимой могут наблюдаться заморные явления.



Рисунок 2. Карта-схема расположения станций на озере Вишневском в апреле 2019 г.



Рисунок 3. Карта-схема расположения станций на озере Сарженском в апреле 2019 г.

Пробы отбирались тяжелым дночерпателем Ван-Вина в двух повторностях и фиксировались 4-х процентным раствором формалина и далее разбирались в лабораторных условиях. Фиксировался характер грунта и температура воды на каждой станции.

Результаты. Личинки комаров-хирономид *Chironomus gr. plumosus* были обнаружены во всех обследованных озерах Ленинградской области. При этом запасы достаточные для помысла зафиксированы только в озерах Победное и Вишневское. Именно в этих озера отмечена коммерческая добыча мотыля. В составе промышленных уловов часто отмечаются другие крупные красные личинки хирономид, например, р. *Glyptotendipes* которые часто обитают вместе с р. *Chironomus* [5].

Запасы мотыля изменялись год от года в широких пределах [4]. В целом, обильные годы и годы с низким обилием для обоих озер практически всегда совпадают. Низкая средняя биомасса на квадратный метр наблюдалась в 2017 г., а высокая в 2014 и 2018 гг. 2020 г. был особенным по погодным условиям и выделяется из ряда лет низкими биомассами (рис. 4).

Плотность скоплений между отдельными станциями колебалась от 5 экз./м² до 1200 экз./м², биомасса – от 0,15 г/м² до 170,70 г/м². Максимальная биомасса была отмечена в озеро Победное в 2018 г. В последние годы наибольшие значения обилия отмечались в прибрежной полосе (табл. 1). Эта полоса характеризуется шириной до 30 метров, как правило, меньшей глубиной, чем центр озера, но самое главное отличие — это состав грунта. Здесь меньше содержание ила и высокое содержание грубого растительного детрита и древесины, что затрудняет промысел.

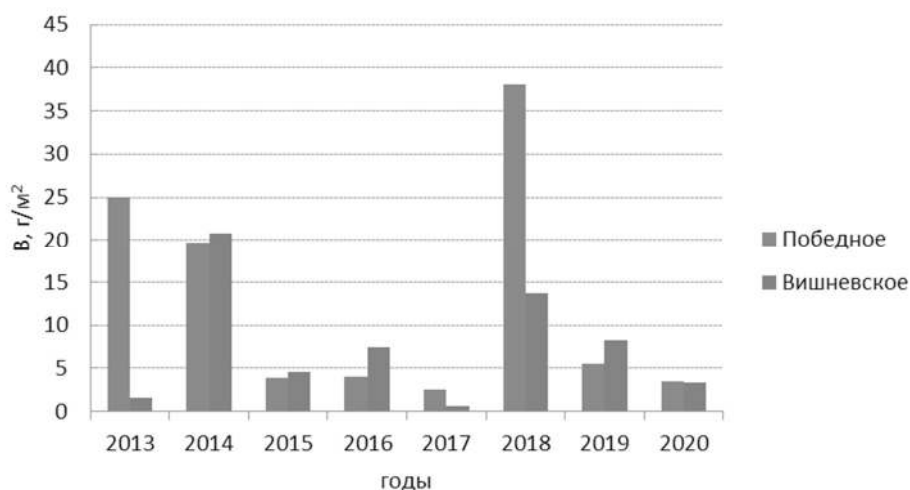


Рисунок 4. Средняя биомасса (B , г/м²) мотыля в озерах Ленинградской области в 2013–2020 гг.

Таблица 1. Биомасса (г/м²) личинок комаров-хируномид на озерах Ленинградской области в зависимости от расстояния точки отбора проб от берега в 2019 г.

Озеро	Расстояние от точки отбора проб до берега, м								
	5	25	45	65	85	95	105	115	центр
Вишневское	17,70	6,92	4,08	6,68	8,23	7,44	13,60	1,71	1,71
Победное	6,80	10,30	4,39	7,20	3,00	1,11	-	-	0,21
Сарженское	5,62	2,02	-	-	-	-	-	-	-

Несмотря на узость прибрежной полосы, значительная часть промысловых запасов мотыля в последние годы находится именно в этой зоне (табл. 2). Изменения, наблюдаемые в последние годы в запасе мотыля озера, в целом, пропорционально происходят и в прибрежной зоне тоже. При этом более высокая плотность грунта, наличие большого количества растительных и древесных остатков не позволяют проводить промысел в прибрежной зоне.

Таблица 2. Запасы мотыля в прибрежной зоне и открытой части озер.

Озеро	Часть	Запасы мотыля, т	
		2019 г.	2020 г.
Вишневское	Открытая часть	12,38	-
	Прибрежье	8,42	4,88
Победное	Открытая часть	0,36	1,75
	Прибрежье	2,27	1,67

Прибрежная зона вносит существенный вклад в обилие мотыля в озерах. В этом районе не проводится коммерческая добыча и, поэтому он является естественным резервом на случай перелова личинок хирономид в открытой части водоема. Мотыль подвижен и хорошо распространяется из прибрежной зоны [2, 3]. Поскольку объемы добычи практически не поддаются оценке, мониторинг за обилием мотыля в прибрежной зоне может стать необходимой частью оценки естественного состояния популяций промысловых видов личинок комаров-хирономид.

Список использованной литературы

1. Мотыль *Chironomus plumosus* L. (Diptera, Chironomidae). Систематика, морфология, экология, продукция. «Наука», М. 1983:312.
2. Скворцов В.В. Моделирование многолетней динамики обилия популяций личинок *Chironomus plumosus* (L., 1758) и *Ch. anthracinus* Zett., 1860 с применением искусственных нейронных сетей (оз. Красное, Карельский перешеек, Ленинградская область) Амурский зоологический журнал, vol. 10, no. 2, 2018, pp. 137-149.
3. Садырин В. М. Суточные изменения видовой, размерной и трофической структуры в сообществе личинок фитофильных хирономид. Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический, vol. 117, no. 4, 2012, pp. 77-80.
4. Kajak Z. *Chironomus plumosus* — what regulates its abundance in a shallow reservoir. In: Kufel L., Prejs A., Rybak J.I. (eds) Shallow Lakes '95. Developments in Hydrobiology, 1997, vol 119. Pp. 133-142. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-5648-6_15
5. Rasmussen J.B. Effects of Density and Microdetritus Enrichment on the Growth of Chironomid Larvae in a Small Pond Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1985, 42(8): 1418-1422, <https://doi.org/10.1139/f85-177>

©Зуев Ю.А. 2020

АКВАКУЛЬТУРА

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О ВСПЫШКЕ ГЕРПЕСВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ УСТРИЦ В ЧЕРНОМ МОРЕ

PRELIMINARY DATA ON AN OUTBREAK OF HERPESVIRAL INFECTION OF OYSTERS IN THE BLACK SEA

Мальцев Вячеслав Николаевич

Отдел «Керченский» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО»,
г. Керчь, РФ
E-mail: maltsev66@mail.ru

Приведена краткая характеристика герпесвирусного заболевания устриц, вызываемого микровариантом OsHV-1. Изложены результаты обследований двух мидийно-устричных хозяйств (ферм), расположенных на Кавказском побережье Черного моря (Россия), где в мае-июне 2018 г. произошла внезапная массовая гибель выращиваемых тихоокеанских устриц (*Crassostrea gigas*). Собранные эпизоотические, клинические, патологоанатомические и гистологические данные свидетельствуют о том, что наиболее вероятной причиной этой гибели была вспышка герпесвирусного заболевания, представляющего значительную угрозу для устричной индустрии в Черном море. Наш предварительный диагноз нуждается в подтверждении молекулярно-генетическими методами.

Ключевые слова: герпесвирусная инфекция, OsHV-1, тихоокеанская устрица, Черное море.

The paper provides a brief description of the ostreid herpesviral disease caused by OsHV-1 microvariant. The results of surveys of two mussel and oyster farms located on the Caucasus coast of the Black sea (Russia) where a sudden mass death of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) occurred in May-June 2018 are described. The collected epizootic, clinical, pathoanatomical and histological data indicate that the most likely cause of the death was an outbreak of herpesviral disease, which is a significant threat to the oyster industry in the Black sea. Our preliminary diagnosis needs to be confirmed by molecular genetic methods.

Key words: herpesviral infection, OsHV-1, Pacific oyster, Black sea

Введение. Герпесвирусное заболевание (инфекция) устриц – контагиозная болезнь двустворчатых моллюсков, поражающая преимущественно устриц рода *Crassostrea* (чаще, тихоокеанскую - *Crassostrea gigas* и португальскую устриц - *C. angulate*). Патогенный вирус регистрировался также у других двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*), в том числе у обитающих в Черном море европейской устрицы (*Ostrea edulis*) и

средиземноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis*), являющихся перспективными объектами марикультуры в этом регионе.

Возбудителем болезни является один из генотипов (микровариант) герпесвируса устриц 1 (международное обозначение OsHV-1, = *Ostreid herpesvirus 1*). Заболевание протекает в острой форме: моллюски внезапно, в течение нескольких дней, массово гибнут, что является очевидным клиническим признаком этой болезни. Наибольшая смертность отмечается у личинок, спата (ранней молодежи) и молодежи (предтоварных) моллюсков возрастом до 1 года, которые считаются наиболее уязвимыми. Кратковременная смертность молодежи достигает 70-80 %, а кумулятивная – до 100 %. Смертность личинок достигает 100 %. В устричных питомниках вспышки герпесвирусной инфекции приводят к неудачам в получении личинок от разных маточных стад. Установлена тесная связь между температурой воды и вспышками герпесвирусной инфекции. Так, в Европе это заболевание обычно начинается при температуре морской воды около +16° С, а максимальная смертность моллюсков регистрируется при +24±3° С. Стрессовые условия, такие как ухудшение качества воды, сокращение корма или внезапное повышение температуры воды (+0,5° С за 3-4 дня), а также плохие технические условия выращивания моллюсков (например, высокие плотности посадки моллюсков, плохая кормовая база, загрязнение), служат толчком к развитию болезни. Микровариант OsHV-1 может длительное время существовать в популяции моллюсков в скрытой форме, а потом внезапно, обычно, в теплое время года, под действием стрессовых факторов, дать вспышку. При этом взрослые устрицы или другие восприимчивые виды моллюсков служат резервуарами инфекции [17, 14].

В связи с быстрым течением болезни явные патологоанатомические признаки у моллюсков не успевают развиваться. У погибающих инфицированных устриц может обнаруживаться побледнение (осветление) пищеварительной железы; признаки истощения, обычно, не отмечаются. В организме устриц герпесвирус поражает преимущественно клетки соединительной ткани мантии, жабр, ротовых лопастей, пищеварительной железы, вызывая характерные изменения их клеточных ядер.

Микровариант OsHV-1 впервые обнаружен во Франции в конце 1990-х годов; в последующем он был выявлен в Нидерландах, Ирландии, Великобритании, Португалии, Испании, Италии, Австралии, Новой Зеландии, США, Корее [12]. В 2014-2016 гг. этот вирус найден в Скандинавских странах (в Швеции и Норвегии). Болезнь распространена в Средиземном море [9]. В 2008-2010 гг. в зараженных герпесвирусной инфекцией устричных хозяйствах Франции, Испании, Англии смертность молодежи тихоокеанской устрицы составляла от 40 до 95 % их численности, что привело к спаду производства устричной продукции на 30-50 %. Во Франции это вызвало остановку в работе 80-100 устричных ферм, в Великобритании в 2010 г. болезнь уничтожила около 8 млн. выращиваемых

устриц. Неблагополучная ситуация в Европе по этому заболеванию сохраняется до настоящего времени [15].

По данным ФАО [11], в Черном море лишь Россия занимается промышленным (индустриальным) выращиванием тихоокеанских устриц. Согласно сведениям Росрыболовства, морскими хозяйствами Крыма и Кавказа в 2017 г. выращено 442 тонны устриц, в 2018 г. – 270 тонн, в 2019 г. – более 2,4 тыс. тонн. Высокие темпы роста отечественной устричной индустрии в Черном море сопряжены с рисками заноса в этот регион опасных патогенов, вспышек здесь заразных заболеваний моллюсков [4]. Ситуация осложняется тем обстоятельством, что устричные питомники на юге России сейчас отсутствуют, поэтому посадочный материал (спат или подращённую молодь) массово завозят в Черное море либо из инфицированной герпесвирусом Европы (Франция, Испания, Ирландия, Англия и др.), либо из российского Дальнего Востока (Сахалин, залив Посьета), имеющего неопределенный эпизоотический статус по данному заболеванию. При этом ветеринарная нормативная документация РФ не предусматривает специального государственного контроля этого заболевания. Сведения о результатах исследований тихоокеанских устриц в Черном море в отношении герпесвирусной инфекции отсутствуют не только в ветеринарной отчетности [см. сайт Россельхонадзора], но и в отечественной научной литературе [1, 3, 7].

Материалы и методы. Основанием для проведения срочных эпизоотических исследований послужило обращение руководителей 6-ти мидийно-устричных хозяйств (ферм) Кавказского побережья Черного моря (от г. Анапы до г. Сочи, Краснодарский край) о внезапной массовой гибели устриц в этих хозяйствах. Третьего и четвертого июля 2018 г. выполнен выезд на береговые базы двух морских мидийно-устричных ферм, расположенных в районе г. Анапы и г. Новороссийска (Абрауский полуостров). В каждой ферме проанализирована технология выращивания устриц в подвесных садках. Проведена оценка состояния некоторых параметров морской акватории (температуры воды, ее прозрачность, наличие-отсутствие признаков антропогенного загрязнения и др.). В каждом хозяйстве выполнен массовый клинический осмотр около 500 экз. устриц разных возрастных групп (от 0,5 года до 3-х лет); произведен прямой учет соотношения живых, мертвых и умирающих моллюсков количественным (экз.) и объемным методом (доля, в %). Углубленные лабораторные морфофизиологические, патологоанатомические, паразитологические, гистологические и микроскопические исследования проб устриц (из каждого хозяйства – по 40-50 экз.), а также аналитические работы выполнены в период с 5 по 12 июля 2018 г. на базе Сектора ихтипатологии Отдела «Керченский» филиала Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (ранее «ЮгНИРО») (г. Керчь). Органы и ткани моллюсков исследовали в отраженном и проходящем свете на увеличениях от 10 до 1000 х с применением биологического микроскопа Микмед-6,

вар. 7, укомплектованного цифровой камерой TourCam (5 Мегапикселей), окуляр-микрометром, программой обработки микроскопических изображений Tour View 3.7, а также с помощью бинокля ST-6BT. Применялись методы неполных паразитологических вскрытий моллюсков, рекомендованные в нормативных и научных руководствах [5, 8]. Отмечали аномалии в строении створок, ротовых лопастей, жабр, мантии, гонад, пищеварительной железы, которые характерны для заразных болезней устриц. Обнаруженных паразитов исследовали морфологически прижизненно, а также документировали их строение с помощью цифрового микрофотографирования. Мягкие ткани 3-х устриц с длиной (высотой) раковины 30-35 мм зафиксировали в 10 %-ном формалине. Гистологическую обработку этих тканей, а именно обезвоживание, пропитывание и заливку в парафин, изготовление тканевых срезов толщиной 2-3 мкм, их окрашивание гематоксилин-эозином и монтирование гистологических препаратов выполняли по стандартной методике [6]. Результаты исследований анализировали с точки зрения международных нормативов по диагностике герпесвирусной инфекции, вызываемой OsHV-1 [13].

Результаты. В ходе исследований установлено, что молодь устриц (диплоидов и триплоидов) многие годы завозили мидийно-устричные хозяйства Кавказа из различных стран Европы, преимущественно их Франции (в последние годы - из питомника «France Naissain»). В предшествующие годы некоторые партии молодки, завезенной в Черное море, погибали, однако специальные исследования причин их гибели не выполнялись. Перед посадкой в море молодь устриц не карантинировали. Технология выращивания устриц в подвесных садках на коллекторах, в целом, не имела существенных недостатков, противоречащих научным рекомендациям [2, 7], которые могли бы привести к массовой гибели устриц. Аварийных ситуаций на плантациях не происходило. Периодичность осмотра, очистки садков с устрицами и их калибровки, применяемые в хозяйствах, соответствовали научным рекомендациям. Однако плотность посадки устриц в садки была несколько выше рекомендованных параметров; это могло создавать стрессовые условия для устриц. Установлено, что массовая гибель устриц в обоих хозяйствах началась в мае 2018 года с достижением температуры воды + 15-16° С, и усилилась в июне-июле 2018 года при температуре воды + 22-23° С. В мае-июне 2018 года в районе Абрауского полуострова в Черном море отмечалась аномально высокая температура воды, превышающая средние многолетние показатели на +1-2° С (в мае, в среднем, + 18,1 ° С, в июне - +22,7° С). Погибали преимущественно молодые неполовозрелые особи тихоокеанских устриц; более крупные товарные устрицы были устойчивы к болезни. Смертность черноморской мидии была несколько повышенной (около 5 %), но не массовой. Так, в мае-июле 2018 г. в одном из хозяйств (район г. Новороссийска) кумулятивная смертность молодки устриц с длиной

(высотой) раковины 29-64, в среднем $46,0 \pm 1,50$ мм достигала 75-80 %, а такая же смертность предтоварных и товарных устриц с длиной (высотой) раковины 57-105, в среднем $79,54 \pm 2,40$ мм – до 30 %. В это же время в другом хозяйстве (район г. Анапы) кумулятивная смертность молодежи с длиной (высотой) раковины 18-42, в среднем $28,62 \pm 1,07$ мм достигала 90-100 %, а товарных устриц с длиной (высотой) раковины 75-116, в среднем $87,8 \pm 4,03$ мм – 30-40 %. Общее количество погибших устриц в обоих обследованных хозяйствах оценивалось примерно на уровне 50-100 тыс. экз. Погибшие устрицы, как молодь, так и товарные экземпляры, имели раскрытие створки, между которыми мягкие ткани отсутствовали. Отсутствие статистических различий между раковинами (створками) живых и погибших устриц указывало на быструю гибель моллюсков.

При паразитологических исследованиях у устриц обоих обследованных хозяйств не выявлены признаки раковинной болезни (возбудитель грибок *Ostracoblabe implexa*), нематодпсидоза (возбудитель *Nematopsis legeri*), микроспоридиоза (*Steinhausia mytilovum*). В то же время в этих хозяйствах у устриц обнаружены признаки клиноноза (возбудитель губка *Cliona* (= *Pione*) *vastifica*), возбудители гексамитозоза *Hexamita* sp. (*Hexamita nelsoni*) и полидородоза (*Polydora* sp.), а также условно-патогенные инфузории (представители отряда Scuticociliatida, предположительно *Uronema marinum*). При высокой интенсивности инвазии инфузориями на жабрах устриц отмечались признаки некроза тканей. Обнаруженные нами паразиты и паразитарные заболевания инвазировали небольшую часть исследованных моллюсков (от 7 до 36 %); в силу эпизоотических особенностей этих заболеваний, они могли лишь повышать хронически смертность моллюсков в хозяйствах, но не могли быть первичной причиной их массовой гибели.

В ходе патологоанатомических исследований живых устриц разного размера обнаружено, что они имели высокую долю мягких тканей (высокую наполняемость) и нормальную упитанность. Так, доля мягких тканей в теле товарных устриц, включая мантийную жидкость, в среднем составляла 41,5-44,3 %. Мякоть была характерной желтовато-серой окраски, края мантии – темно-коричневые, мантийная жидкость прозрачная, без посторонних запахов и включений. На поверхности ротовых лопастей, пищеварительной железы, мускула-замыкателя, жабр и мантии моллюсков каких-либо макроскопических патологических изменений не выявлено. Внутренняя перламутровая поверхность створок была белой, гладкой, и не имела повреждений. Лишь у некоторых, преимущественно мелких моллюсков обнаружена рыхлая консистенция пищеварительной железы и осветленная (светло-оранжевая) окраска ее ткани, что является одним из неспецифических признаков герпесвирусного заболевания устриц [10, 13]. На гистологических препаратах, изготовленных из тканей всех 3-х молодых устриц, в клетках соединительной ткани пищеварительной железы и мантии, обнаружена маргинация хроматина (перинуклеарный хроматин) и

пикноз (сморщивание) клеточных ядер. Эти признаки являются одним из признаков герпесвирусной инфекции, вызываемой микровариантом OsHV-1, и служат основанием для постановки предварительного положительного диагноза на это заболевание [10, 13].

Микроскопически обнаруженная нами повышенная бактериальная обсемененность тканей 27,3-30,1 % разновозрастных устриц (мелкие палочковидные бактерии, предположительно родов *Vibrio*, *Aeromonas*, *Proteus* и др.), на наш взгляд, была вторичной инфекцией. У сильно обсемененных бактериями устриц мантийная жидкость приобретала белесую окраску, была не прозрачной (мутной). Жабры некоторых таких устриц имели серый налет, предположительно образованный отслоившимися клетками эпителия. Условно-патогенная и патогенная микрофлора, как и паразиты устриц, могли лишь повышать показатели смертности моллюсков, но не были ее первопричиной. Аналогичная высокая обсемененность патогенными бактериями рода *Vibrio* (*V. splendidus*, *V. aestuarianus* и др.) неоднократно отмечалась в Европе при вспышках герпесвирусной инфекции [16].

Одним из косвенных доказательств возможного заноса герпесвирусной инфекции в Черное море является то обстоятельство, что посадочный материал в этот регион многократно завозили из Франции и других стран Европы, которые уже много лет являются неблагополучными по данному заболеванию [15, 17]. Массовость заболевания, охватившего сразу несколько морских ферм на большом протяжении Кавказского побережья, могла быть обусловлена тем, что фермеры часто пользовались услугами одного поставщика спата устриц.

Выводы и дальнейшие перспективы исследований

Собранные нами данные свидетельствуют о том, что наиболее вероятной причиной внезапной массовой гибели культивируемых тихоокеанских устриц, произошедшей в мае-июне 2018 г. в российских устричных хозяйствах Кавказа (от г. Анапы до г. Сочи), была вспышка герпесвирусного заболевания устриц. Этот диагноз является предварительным, основанным на эпизоотических, клинических, патологоанатомических и гистологических данных. Он нуждается в подтверждении методами электронно-микроскопических, молекулярно-генетических (полимеразная цепная реакция в реальном времени), гистохимических (специфическая in-situ гибридизация) исследований с последующим секвенированием продуктов амплификации [OIE – Manual of Diagnostic Tests ..., 2019]. В случае подтверждения герпесвирусной инфекции в Черное море необходимо разработать комплекс ветеринарных мероприятий, направленных на локализацию инфекции, недопущение ее дальнейшего распространения, в том числе за пределы территориальных вод России, а также внедрить биотехнологические меры по снижению негативного влияния этой опасной инфекции на устричную индустрию юга России. При проникновении герпесвирусной инфекции в Черное море

можно прогнозировать повторение вспышек этого заболевания на Кавказе и в Крыму, а также значительное снижение темпов развития и продуктивности устричной индустрии в этом регионе, как это произошло в Европе.

Список использованной литературы

1. Гаевская А.В., Лебедовская М.В. Паразиты и болезни гигантской устрицы (*Crassostrea gigas*) условиях культивирования. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. – 218 с.
2. Инструкция по культивированию черноморской и тихоокеанской видов устриц в разных районах Черного моря. Отчет о НИР. – Керчь: ЮгНИРО, 2007. - 51 с.
3. Лебедовская М.В., Белофастова И.П. Паразиты и заболевания устриц *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) и *Ostrea edulis* (Linne, 1758) в Черном море // «Паразитология в 21 веке: проблемы, методы и решения». Материалы IV Всероссийского съезда Паразитологического общества при РАН. Т. 2. – Санкт-Петербург, 2008. – С. 122-126.
4. Мальцев В.Н. Тихоокеанские устрицы массово гибнут в Черном море // Рыба №1. – 2020. - № 24 (вып. 1). – С. 44-48.
5. МУК 3.2.988-00. Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки. Методические указания (утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 25.10.2000).
6. Роскин Г.И., Левинсон Л.Б. Микроскопическая техника. - М.: Советская наука, 1957. – 467 с.
7. Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Черном море. – Воронеж: ООО «ИЗДАТ-ПРИНТ», 2017. - 508 с.
8. Шкорбатов Г. Л., Старобогатов Я. И. Методы изучения двустворчатых моллюсков // Труды зоологического института. Т. 219. - Л.: Зоологический ин-т АН СССР. – 1990. – С. 153-171.
9. Berthe F. Report about mollusc diseases // Mediterranean aquaculture diagnostic laboratories. – 2004. – V. 49. – P. 33-48.
10. Bower S.M. Synopsis of Infectious Diseases and Parasites of Commercially Exploited Shellfish. Date last revised: March 2010 [Electronic resource]. – URL.: <http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/aah-saa/diseases-maladies/index-eng.html> (дата обращения: 24.05.2020).
11. FAO Fisheries and Aquaculture Department [Electronic resource]. – URL.: <http://www.fao.org/fishery/aquaculture/en> (дата обращения: 24.05.2017).
12. Infection with Ostreid Herpesvirus 1 microvariant (2020). [Electronic resource]. – URL.: <https://www.cefas.co.uk/international-database-on-aquatic-animal-diseases/disease-data/?id=77> (дата обращения: 5.08.2020).
13. OIE – Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals (2019). [Electronic resource]. – URL.: <http://www.oie.int/international-standard-setting/aquatic-manual/access-online/> (дата обращения: 24.05.2020).
14. Pacific Oyster, *Crassostrea gigas* mortality associated with the Herpesvirus: etiology and environmental emerging factors / Hassou N., Abouchoaib N., Orbi A.,

Ennaji M. M. In: Emerging and Reemerging Viral Pathogens. - Academic Press, 2020. - P. 933-969.

15. Report of the Working Group on Pathology and Diseases of Marine Organisms (WGPDMO), 13-17 February 2018, Riga, Latvia. ICES CM 2018/ASG:01. 42 pp.

16. Solomieu V. B., Renault T., Travers M. A. Mass mortality in bivalves and the intricate case of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* // Journal of invertebrate pathology. – 2015. – V. 131. – P. 2-10.

17. Viruses infecting marine molluscs / Arzul I., Corbeil S., Morga B., Renault T. // Journal of invertebrate pathology. - 2017. – 147. – P. 118-135.

©Мальцев В.Н., 2020

ОПЫТ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЗООПЛАНКТОНА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЧЕРНОМОРСКОЙ КАМБАЛЫ-КАЛКАН (*PSETTA MAEOTICA MAEOTICA* PALLAS)

EXPERIENCE OF ZOOPLANKTON CULTIVATION IN THE BLACK SEA TURBOT (*PSETTA MAEOTICA MAEOTICA* PALLAS) FARMING

Новоселова Нина Васильевна^{1,*}, Туркулова Валентина Николаевна^{1,},
Высочин Сергей Владимирович^{1,2}
Novoselova Nina Vasilyevna^{1,*}, Turkulova Valentina Nikolaevna^{1,**},
Vysochin Sergey Vladimirovich^{1,2}**

¹Керченский отдел Азово-Черноморского филиала ВНИРО, г. Керчь, Россия

²Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь, Россия

¹Kerch Department of the Azov-Black Sea Branch of VNIRO, Kerch, Russia

²Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Russia

*E-mail: novoselova_n_v@azniirkh.ru ; **E-mail: turkulova_v_n@azniirkh.ru

В работе представлены результаты культивирования морских и солоноватоводных организмов зоопланктона, полученные на научно-исследовательской базе – НИБ «Заветное» (Керченский пролив) за период 2019-2020 гг. Зоопланктон культивировали накопительными (культивирование партиями) и полунепрерывными способами. Кормом для зоопланктона служила питательная смесь. Получаемую сырую биомассу зоопланктонных организмов использовали для кормления личинок и молоди черноморской камбалы-калкан.

Ключевые слова: питательные смеси, культивирование

In this work, the results of cultivation of marine and brackish-water zooplanktonic organisms, obtained at the research facility Research Base “Zavetnoe”

(the Kerch Strait), are presented for 2019–2020. Zooplankton was cultivated by accumulation (batch cultivation) and semi-continuous methods. The source of nutrition for zooplankton was formulated feed. The raw biomass of the zooplanktonic organisms obtained as a result was used for feeding the Black Sea turbot larvae and juveniles.

Keywords: formulated feeds, cultivation

Введение. В биотехнологическом процессе разведения морских рыб обязательным звеном является применение живых кормов. По ряду причин анатомо-физиологического и биохимического характера пищеварительной и ферментативной системы личинки многих видов морских рыб первые 10-20 суток жизни, не могут употреблять инертные (искусственные) корма. Они питаются только живыми организмами зоопланктона [1].

В связи с малой степенью разработанности массового культивирования, живых кормов в морской воде, для объектов марикультуры эта проблема является одной из актуальных проблем рыбохозяйственной науки, решение которой важно для развития марикультуры в России.

Обзор литературы. Кормовых беспозвоночных культивируют в основном в специальных кормовых цехах или выростных устройствах не круглый год, а только в периоды кормления личинок или молоди выращиваемых основных гидробионтов. Крупных промышленных хозяйств, культивирующих морских кормовых беспозвоночных в мире очень мало [2, 3].

В марикультуре, в качестве живого корма, широко используют два беспозвоночных организма – жаброногого рачка *Artemia* spp. и солоноватоводную коловратку *Brachionus plicatilis* [4].

Промышленное разведение морских веслоногих ракообразных (Copepoda) – наиболее излюбленных объектов питания личинок морских рыб в естественных ареалах, до настоящего времени остается малоосвоенным [5]. Пищевая ценность морских копепод по общему химическому, биохимическому и минеральному составу, превосходит таковую для других видов живых кормов - коловраток, артемий, кладоцер [6]. Наиболее востребованными стартовыми кормами для молоди морских рыб признаны инфузории и копеподы [7, 8].

Материал и методы исследований. Работа выполнена на научно исследовательской базе - НИБ «Заветное». Комплекс расположен на берегу Керченского пролива, на площади 3 га. На базе проводятся работы по получению жизнестойкой молоди камбаловых и кефалевых рыб. Для культивирования зоопланктонных организмов использовали стеклопластиковые емкости объемом 100 дм³, 2-6 м³ и солоноватоводный земляной пруд площадью 0,01 га.

Зоопланктон культивировали накопительными (культивирование партиями) и полунепрерывными способами. Выращивание зооорганизмов проводили в морской воде. Кормом для зоопланктона служила питательная

смесь. Продолжительность культивирования зоопланктонных организмов составляла от 25 до 50 суток.

Материалом для исследований служили: инфузории - *Euplotes charon* Müller, 1786, *Mesodinium pulex* Claparede, 1858, *Loxophylum sp.* Dujardin, 1840; коловратка – *Brachionus urceus* Linne, 1758; кладоцера - *Moina brachiata* Jurine, 1820; копеподы - *Diaptomus salinus* Daday, 1885, *D. gracilis* Sars, 1862, *Acartia tonsa* Dana, 1861. Пробы зоопланктона обрабатывали, согласно стандартным методикам [9].

Получаемую сырую биомассу зоопланктонных организмов использовали для кормления личинок и молоди черноморской кабалы-калкан.

Интервалы средних гидрохимических показателей водной среды при массовом культивировании зоопланктона приведены в таблице 1.

Таблица 1. Гидрохимические показатели водной среды при культивировании зоопланктона

Гидрохимические показатели	Параметры
температура, °C	10-23
соленость, ‰	16-18
содержание растворимого в воде кислорода, мг/л	5-8
водородный показатель, pH	8,1-8,3
содержание общего аммонийного азота, мкг·ат./л	3-7
содержание нитритного азота, мкг·ат./л	2-6
содержание нитратного азота, мкг·ат./л	2-7

Нормы, и периодичность внесения ингредиентов для приготовления питательной смеси при культивировании зоопланктона на 1 м³ водной среды приведены в таблице 2.

Таблица 2. Нормы и периодичность внесения ингредиентов (на 1 м³) для культивирования

Ингредиенты	Норма	Периодичность внесения
натрий азотнокислый – NaNO ₃ или мочеви́на (карбамид)	20 г	Все составляющие ингредиенты вносят в морскую воду, настаивают не менее 5 суток. Полученную смесь процеживают, первую порцию смеси вносят за 20 суток до внесения маточной культуры планктеров,
крахмал картофельный, амилодекстрин, (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	5 г	
кормовые витамины группы В	0,5-1 г	
глюкоза – C ₆ H ₁₂ O ₆ или: Д-маннит, мальтоза, фруктоза, сахара́за	5-10 г	
аминокислоты: метионин кормой и лизин кормовой	по 10 мг	
конский навоз, коровий навоз	100 г	

сено, сухая банановая кожура	200 г	и далее один раз в 5 суток в емкости и пруды из расчета 0,1–0,2 л на 1 м ³ водной среды.
2 мл кукурузного масла и 5 мл коровьего молока эмульгированных 1 шт. сырого куриного желтка	1 мл	

Результаты. В таблице 3 представлены результаты культивирования инфузорий.

Таблица 3. Динамика плотности инфузорий и коловраток (экз./мл) в зависимости от состава питательной смеси

В составе смеси – коровий навоз	В составе смеси – конский навоз	В составе смеси – конский навоз и банановая кожура
<i>E. charon</i> *(500–2500)	<i>E. charon</i> *(500–9500)	<i>E. charon</i> *(500–13500)
<i>M. pulex</i> *(500–6000)	<i>M. pulex</i> *(500–10500)	<i>M. pulex</i> *(500–15000)
<i>Loxophylum sp.</i> * (10-100)	<i>Loxophylum sp.</i> * (20-500)	<i>Loxophylum sp.</i> * (20-1000)
<i>B. urceus</i> *(10-120)	<i>B. urceus</i> *(20-200)	<i>B. urceus</i> *(20-500)
*Примечание: плотность инфузорий, экз./мл (min-max)		

В таблице 4 приведены результаты культивирования копепоид и кладоцер.

Таблица 4. Динамика плотности копепоид и кладоцер (экз./мл) в зависимости от состава питательной смеси

В составе смеси – коровий навоз и сено	В составе смеси – конский навоз и сено	В составе смеси – конский навоз, сено и банановая кожура
<i>A. tonsa</i> *(0,02-0,3)	<i>A. tonsa</i> *(0,1-0,5)	<i>A. tonsa</i> *(0,2-1,2)
<i>D. salinus</i> *(0,1–0,3)	<i>D. salinus</i> *(0,1-0,5)	<i>D. salinus</i> *(0,3-0,9)
<i>D. gracilis</i> *(0,05–0,3)	<i>D. gracilis</i> *(0,1-0,5)	<i>D. gracilis</i> *(0,4-1,6)
<i>M. brachiata</i> *(0,1-0,5)	<i>M. brachiata</i> *(0,1-0,7)	<i>M. brachiata</i> *(0,3-1,2)
*Примечание: плотность инфузорий, экз./мл (min-max)		

В таблице 5 представлены данные по видовому составу и потреблению живых кормов молодью черноморской камбалы-калкан.

Выводы. Использование питательной смеси приводит к сокращению промежуточного трофического звена – культивирование микроводорослей, применяемых для кормления зоопланктеров. Одновременно культивируются микроводоросли и обогащенный зоопланктон. Вследствие способности, к поглощению различных химических и биологических веществ не только ртом, но и всей поверхностью тела, питательная ценность

зоопланктонных организмов изменяется, при использовании для их кормления питательной смеси. В дальнейшем необходимо продолжить исследования по выявлению возможности промышленного культивирования выше перечисленных гидробионтов в поликультуре с целью: более эффективного использования пищи для питания планктеров в массовых культурах; улучшения микробиоты водной среды и одновременного получения различных видов зоопланктонных организмов с различной экологической доступностью, как стартовых кормов для кормления личинок камбаловых видов рыб.

Таблица 5. Видовой состав и потребление живых кормов молодью черноморской камбалы-калкан

Виды кормовых организмов зоопланктона	Размеры, мкм молодь- взрослые	Сроки внесения, сутки от-до	Концентрация в выростных бассейнах, экз./мл	Содержание в желудочное–кишечном тракте, экз.
Инфузории:				
- <i>E. charon</i>	30-80	5-10	12-15	4-18
- <i>M. pulex</i>	10-40	5-10	10-15	10-15
- <i>Loxophylum sp.</i>	40-170	5-15	2-3	3-5
Коловратки:				
- <i>B. urceus</i>	40-350	5-10	3-8	2-3
Кладоцеры:				
<i>M. brachiata</i>	20-900	20-30	0,05-0,1	1-5
Копеподы:				
- <i>A. tonsa</i>	10-1300	5-30	0,02-0,03	1-10
- <i>D. salinus</i>	10-1700	5-30	0,1-0,2	1-21
- <i>D. gracilis</i>	10-1200	5-40	0,1-0,3	1-44

Важную перспективу имеет разработка биотехнологии применения питательных смесей для обогащения науплий артемии и коловраток, с целью повышения их питательной ценности и получения разноразмерных стадий развития для кормления молоди рыб.

Список использованной литературы

1. Person-Le Ruyet, Jeannine Marine Fish Larvae Feeding: Foemulated Diets or Leve Prei, Person-Le Ruyet, Jeannine [et. al.] // Journal of the World Aquaculture Society. – 2007. Vol. 24. – N 2. - 211-224 P.
2. Björndal, Trond Развитие новых культивируемых видов. Технология производства и рынки калкана. / Trond Björndal, Victor Öiestad // Рабочий документ № 51/10 Источники: Зарубежное развитие. Культивирование: 1999-2009: Испанская ассоциация морских рыбных фермеров (APROMAR), несколько лет. (<http://www.apromar.es/Informes/>. 2010)
3. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. FAO – 2018/ - ISBN: 978-92-5-130690-1.

4. Матишов Г.Г. Практическая аквакультура. / Г.Г. Матишов [и др.]. // РАН ЮНЦ Мурманский морской биологический институт. - Ростов-на Дону: ЮНЦ РАН, 2011. - 238-241 С.
5. Мартынюк, М. Л. Состояние кормового зоопланктона северо-восточной части Черного моря в 2005 г. / М.Л. Мартынюк // Тез. Докл. IX съезда гидробиологического общества РАН. – Тольятти, 2006. - Т. II. – 19 С.
6. Drillet, Status and uecommendaions on marine copepods cultivation for use as live feed / Drillet et. al. // Aquaculture. 2011. - Vol. 315. - N 2. - 155-166 P.
7. Banse, F. On weight dependence of net growth efficiency and specific respiration rates among field population copepods of inverted berates / F. Banse // Oecologia. - Berlin, 2009. - Vol. 38. - N 2. - 111-126 P.
8. Козлов, В. И. Аквакультура. / В.И. Козлов, И.А Никифоров-Никишин, А.Л. Бородин – М.: «Колос С», 2006. – 445 с.
9. Тевяшова О. Е. Сбор и обработка зоопланктона в рыбоводных водоемах: метод. рук. Ростов н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2009. - 81 с.

© Новоселова Н.В., Туркулова В.Н., Высочин С.В. 2020

УДК 65+639.3

ПЕРСПЕКТИВЫ МАРИКУЛЬТУРЫ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В КРЫМУ

PROSPECTS FOR MARICULTATION OF BIVALVE MOLUSCS IN THE CRIMEA

Серёгин Станислав Сергеевич^{1,*},

Кибенко Владимир Александрович^{1,}**

Kibenko Vladimir Alexandrovich^{1,*}, Seregin Stanislav Sergeevich^{1,}**

¹Керченский государственный морской технологический университет,
г. Керчь, Россия

¹Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Russia

*E-mail: seregin2@gmail.com ; **E-mail: kibenkovladimir@mail.ru

В статье рассматриваются перспективные для выращивания морской аквакультуры на побережье Крыма полуострова с обобщённым изучением информации о перспективных промысловых видах. Конечным результатом будет являться определение наиболее благоприятных условий для эффективного выращивания объектов морской аквакультуры.

Ключевые слова: Марикультура, Крым, культивирование, развитие, направление

В статье рассматриваются перспективные для выращивания морской аквакультуры на побережье Крыма полуострова с обобщённым изучением информации о перспективных промысловых видах. Конечным результатом будет являться определение наиболее благоприятных условий для эффективного выращивания объектов морской аквакультуры.

Key words: Mariculture, Crimea, economy, development, direction

Введение. Современная марикультура, являясь составной частью аквакультуры, в странах мирового сообщества достигла разного уровня развития и ориентирована на культивирование достаточно разнообразных видов флоры и фауны. Видовая специфичность марикультуры отдельных государств определяется различными предпосылками, среди которых доминирующее значение имеют физико-географические, гидрологические, гидрохимические, гидробиологические, флористические и фаунистические параметры соответствующих акваторий. При этом исключительно велика значимость национальных обычаев и традиций, связанных с использованием тех или иных видов гидробионтов и марикультуры в разных странах мира и экономическая целесообразность, базирующаяся на динамике цен мирового рынка.

Государственной программой Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса» предусмотрено увеличение объема производства продукции аквакультуры к 2020 году до 232,2 тыс. т.

Обзор литературы. Одним из основных объектов выращивания черноморского мидиеводства является вид: Мидия средиземноморская из рода Митилус, который входит в семейство Митилиды, входящее в свою очередь в класс Двустворчатые моллюски из типа Моллюски [8]. Имеющиеся условия для благоприятного развития кохиокультуры могут быть «снивелированы» под влиянием антропогенного загрязнения, когда истощается мягкое тело, нарушается порядок образования раковин, что вызывает уродства [6], может возникнуть сильная инвазия моллюсков паразитами и развитие у них патологий, что приводит в дальнейшем к их гибели [7].

Изучение видов, которые могут быть объектами прибрежного рыболовства, а также играют важнейшую роль в донных сообществах, безусловно актуально, а реализация на практике результатов работы может дать значительный экономический эффект. Дисбаланс в географическом распределении аквакультуры по регионам и по странам внутри отдельных регионов, как и прежде, выражен довольно ярко. Несмотря на увеличение производства в абсолютных цифрах, такое положение сохраняется с начала 2000-х. Уже два десятилетия примерно 90 % мирового производства аквакультуры приходится на Китай [10].

Основная часть. Успешное развитие как пресноводной, так и морской аквакультуры в будущем, в первую очередь, связано с тем, какие виды гидробионтов следует разводить. При выборе приоритетных

направлений и основных путей развития в современный период учитывались следующие критерии.

- физиологическая норма потребления и реальное количество рыбы и других гидробионтов, потребляемых из расчета на душу населения;
- состояние естественных популяций и сообществ наиболее ценных промысловых видов гидробионтов и растений в Азовском и Черном морях;
- наличие питомников по получению жизнестойкой молоди проходных и морских рыб, моллюсков, ракообразных и состояние их материально-технической базы;
- наличие и стадии разработок технологий по получению жизнестойкой молоди и товарного выращивания ценных видов рыб, беспозвоночных и морских водорослей;
- наличие марихозяйств по товарному выращиванию морепродуктов;
- биологические особенности, органолептические свойства предполагаемого объекта культивирования и спрос на него местного населения;
- наличие прибрежных акваторий и водоемов, приемлемых по комплексу факторов для разведения различных объектов марикультуры;
- гидролого-гидрохимические и географические особенности предполагаемого места разведения, обуславливающие формы и методы культивирования каждого конкретного объекта;
- экономическая целесообразность товарного выращивания каждого конкретного объекта.

На основании анализа всех выше перечисленных факторов было определено, что полномасштабное развитие морской аквакультуры в Азово-Черноморском бассейне в настоящий период необходимо проводить по направлениям:

1) Моллюски (выращивание двустворчатых моллюсков (мидий, устриц) и производство из них деликатесной продукции, в т.ч. лечебно-профилактического направления). Данное направление требует осуществления следующих мероприятий:

- проведение комплексных исследований современного экологического состояния приморских озер, лиманов, заливов, водоемов с повышенным уровнем минерализации, разработки рекомендаций и обоснований для организации на них товарного выращивания;
- проведение научно-экономического поиска по освоению новых, перспективных объектов товарной марикультуры по двум направлениям - «ценные деликатесные дорогостоящие виды» и «массовые», доступные широким слоям населения;
- создание сети хозяйств марикультуры, использующих передовые зарубежные и отечественные биотехнологии (нагульные в замкнутых акваториях, садковые в прибрежной части моря, бассейновые с замкнутой

системой водоснабжения и т.п.) для товарного выращивания ценных видов рыб и их гибридных форм;

- обеспечение хозяйств аквакультуры качественными сбалансированными кормами за счет реконструкции действующих и строительства новых комбикормовых заводов;

2) Водоросли (выращивание морских и пресноводных макро- и микроводорослей с целью производства из них ценной пищевой, кормовой, фармакологической и косметической продукции) при этом необходимо осуществление мероприятий по рыбохозяйственной мелиорации, охране естественных нерестилищ ценных промысловых видов рыб, создание искусственных нерестилищ, охрана мест нагула и зимовальных концентраций; проведение мероприятий по акклиматизации новых перспективных видов рыб.

3) Третье направление требует осуществления следующих мероприятий:

- проведение комплексных исследований по оценке естественных запасов ценных видов морских водорослей и растений;

- разработка и реализация мер по сохранению мест произрастания ценных видов морских растений;

- реконструкция старых и строительство новых перерабатывающих заводов, использующих передовые технологии, используемые в мировой практике;

- строительство заводов по культивированию сырья из микроводорослей для пищевой и медицинской промышленности;

- организация научно-экономического поиска по выбору мест для строительства заводов и наиболее эффективных технологий выращивания и переработки водорослей.

Для реализации вышеперечисленных мероприятий необходимы следующие мероприятия на региональном и федеральном уровнях:

- обеспечение благоприятного законодательного налогового, инвестиционного климата для создания и функционирования хозяйств марикультуры на базе водоемов различного типа, а также предприятий по производству необходимого оборудования;

- государственная поддержка развития производства по выпуску качественных и относительно дешевых комбикормов, лечебных препаратов, добавок;

- развитие сети квалифицированного обслуживания рыбоводных хозяйств;

- создание центров по консультативной помощи и обучению фермеров-рыбоводов.

В качестве приоритетных объектов марикультуры в Азово-Черноморском регионе рекомендуются следующие виды:

Традиционные приоритетные объекты марикультуры (технологии разработаны)

Двустворчатые моллюски:

- Черноморская мидия - *Mytilus galloprovincialis*;
- Тихоокеанская устрица - *Crassostrea gigas*;
- Европейская устрица - *Ostrea edulis*.

Водоросли (микроводоросли и макроводоросли):

- Спирулина - сине-зеленые водоросли - *Spirulina platensis*;
- Дуналиела - зеленые водоросли - *Dunaliella viridis*, *D. salina*;
- Филлофора - красные водоросли - *Phyllophora nervosa*.

Перспективные для культивирования гидробионты:

- Двустворчатые моллюски:
- Мия - *Mya arenaria*;
- Кунearка - *Cunearca cornea*;
- Сердцевидка - *Cardium edule*.
- Брюхоногие моллюски:
- Рапана - *Rapana thomassiana*.

Креветки:

- Черноморские креветки рода *Palaemon* – травяная и каменная;
- Японская креветка - *Penaeus japonicus*.

Крабы:

- Каменный краб - *Eriphia verrucosa*;
- Мраморный краб - *Pachygrapsus marmoratus*.

Морские макроводоросли:

- Энтероморфа - зеленые водоросли - *Enteromorpha intestinalis*;
- Цистозира - бурые водоросли - *Cystosera barbata*;
- Порфира - красные водоросли - *Porphira leucosticta*.

Морские растения (покрытосеменные):

- Большая морская трава - *Zostera marina*;
- Малая морская трава - *Zostera nana*;
- Гребенчатый рдест - *Potamogeton pectinalis*;
- Руппия - *Ruppia spinalis*;
- Занникелия - *Zannichelia pedunculata*.

В настоящее время в основном разработаны биотехнологии выращивания двух типов устриц: *Crassostrea gigas* - устрица гигантская (японская) тихоокеанская (Куликова и др., 1997); *Ostrea edulis* Lam. - устрица черноморская (в настоящее время занесена в красную книгу исчезающих животных) (Куликова и др., 1997). Особенности выращивания устриц является получение молоди (спата) в береговых бассейнах в питомнике, а затем возможно доращивание устриц до товарных размеров в бассейнах на искусственном корме в проточной воде или в море на носителях в садках - на естественном корме.

Черноморская устрица достигает товарных размеров (свыше 60 мм) на третьем году, тихоокеанская - до размеров 80 мм и более - за два года. Однако, черноморская устрица (плоская европейская) ценится выше за счет более нежного мяса. Садки и устрицы за цикл выращивания неоднократно

обслуживаются - очищаются от водорослей и других обрастателей, в основном вручную. Процесс выращивания устриц в 2-3 раза более трудоемок, чем выращивание мидий.

Сопутствующим объектом при выращивании мидий и устриц является рапана (*Rapana thomasi*), которая, являясь также ценным пищевым продуктом, скапливается на дне под мидийными коллекторами. Полезно при добыче рапаны из других районов расселять их молодь в акватории расположения мидийных коллекторов. Рапана питается естественно опавшими с коллекторов мидиями, элиминация которых составляет около 50% товарной продукции.

В районе размещения мидийных коллекторов отмечают также повышенную концентрацию бычков, которых можно ловить специальными ловушками.

Таким образом, мидийную или мидийно-устричную плантацию можно рассматривать как поликультурную и всячески этому способствуя, учитывать это в деятельности морской бригады и в расчетах стоимости добываемой товарной продукции. Имеющиеся данные свидетельствуют о большой перспективности современного культивирования моллюсков совместно с автотрофами. При эксплуатации гидробиологических сооружений в море, последние могут выполнять полифункциональную роль - служить субстратом для откладки икры рыб, интенсифицировать процессы самоочищения морской воды от бактериального загрязнения, снизить уровень эвтрофикации и др.

Другие черноморские моллюски кунепарка (*Cunearea cornea*), мия (*Mya arenaria*), сердцевидка (кардиум, *Cardium edule*) достаточно перспективны, востребованы на мировом рынке, но требуют еще научных исследований: тщательного изучения их биологии, условий размножения и жизнедеятельности, определения возможности их культивирования в местных условиях, разработки биотехнологий и технических средств (Фомич, 2007).

Приведенные выше примеры показывают, что невыполнение всего комплекса исследований в марикультуре может привести к экономическим потерям. Затратив немалые средства на создание биотехники, но не учтя при этом гидрологические особенности конкретных акваторий, их потенциальные возможности, можно не получить желаемого результата. Однако накопленный опыт свидетельствует, что исследования по перечисленным этапам ведутся, как правило, параллельно, расширяя круг изучаемых проблем. Наряду с работами по биотехнике разведения, исследованиями по гидрологии и гидрохимии акваторий, изучались трофические ресурсы в районах размещения плантаций для культивирования моллюсков.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования. Уже на самых первых этапах развития марикультуры стало очевидно, что экстенсивные методы культивирования беспозвоночных вряд ли смогут обеспечить

рентабельную работу хозяйств. Основная причина - это нерегулярное и трудно предсказуемое пополнение естественных популяций молодью. Значительные межгодовые колебания численности личинок в планктоне, нестабильные урожаи спата на коллекторах, отсутствие прямой зависимости между величинами «численность личинок - численность спата», массовое оседание морских звезд на коллекторы, приводящее порой к полному уничтожению урожая моллюсков. Все это заставляло задуматься об альтернативных методах получения посадочного материала и стимулировало развитие научных исследований на создание интенсивных технологий. К концу 80-х гг. был накоплен уже достаточно большой объем информации по биологии размножения, количественным закономерностям процессов дыхания, питания беспозвоночных на разных стадиях онтогенеза, зависимости этих характеристик от абиотических факторов среды. Эти данные и стали основой при создании биотехнологий разведения беспозвоночных в контролируемых условиях.

В каждом из перечисленных направлений существует целый комплекс проблем, многие из которых до настоящего времени просто не рассматривались. Например, на современном этапе в биотехнологическом направлении как при экстенсивном, так и при интенсивном культивировании идет пока освоение техники разведения гидробионтов. Однако при расширении масштабов заводского культивирования на первом плане окажутся уже проблемы селекционно-генетические, профилактики болезней объектов марикультуры и создания условий (в том числе и трофических) для ускоренного получения биомассы. Все эти направления имеют специфические методы исследований, требуют наличия специалистов в этой области. Однако научные исследования по ним либо отсутствуют совсем, либо их крайне мало. Совершенствование экстенсивных технологий возможно через использование новых материалов, создание механизмов и приспособлений для работы на плантациях. Такие работы сегодня сдерживаются из-за отсутствия соответствующей инфраструктуры отрасли. В случае разработки экстенсивных технологий для новых объектов необходимы многолетние данные о состоянии естественного воспроизводства того или иного вида.

Эффективность выращивания моллюсков зависит от принятой организационно – экономической структуры предприятия и его производительности, выбор которых базируется на анализе:

- природных условий (площадь доступной акватории, степень её защищённости от волн и ветра, направление и скорость течений, глубины, обеспеченность кормом, посадочным материалом, наличие хищников, состояние природных поселений моллюсков, удалённость от базы, возможности охраны фермы);
- имеющейся инфраструктуры (наличие портовых сооружений, полноценной береговой базы). Создание новой инфраструктуры на берегу

целесообразно только при организации сети марихозяйств или очень крупных хозяйств;

– специфики работ на мидийно-устричном хозяйстве, проявляющейся в выраженной сезонности в реализации продукции, а также в выполнении морских работ (необходимость найма сезонных рабочих).

Список использованной литературы

1. Садчиков А.П. Культивирование водных и наземных кормовых беспозвоночных (принципы и методы). Учебное пособие – М.: МАКС Пресс, 2009, 272 с. ISBN 978-5-317-02931-9

2. Фомич Д. П. Перспективы пищевого использования двустворчатых черноморских моллюсков // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2007. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-pischevogo-ispolzovaniya-dvustvorchatyh-chernomorskih-mollyuskov> (дата обращения: 25.08.2020).

3. Гаврилова Г. С. Марикультура беспозвоночных на Дальнем Востоке: этапы, итоги, задачи // Известия ТИНРО. 2005. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/marikultura-bespozvonochnyh-na-dalnem-vostoke-etapy-itogi-zadachi> (дата обращения: 25.08.2020).

4. Дехта В. А. Содержание химических элементов в раковинах и изменчивость их формы у мидии *Mytilus galloprovincialis* прибрежной зоны Черного моря / В. А. Дехта, Н. И. Каталевский // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоёмов Азово-Черноморского бассейна (1996-1997): сб. науч. тр. АЗНИИРХ. - Ростов на/Д., 1998. - С.312-319.

5. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков / А. Ф. Алимов - JL: Наука, 1981. - 247с. — (АН СССР. Труды Зоол. Ин-та, Т. 96).

6. Чухчин В. Д. Морфологические изменения моллюсков / В. Д. Чухчин // Многолетние изменения зообентоса Черного моря. / Отв.ред. В. Е. Зайка; АН Украины, ИнБЮМ. - Киев, 1992. - С. 12-14.

7. Головенко В. Е. Черноморская мидия как индикатор загрязнения окружающей среды / В. Е. Головенко, В. П. Полудина // Проблемы охраны здоровья населения и защиты окружающей среды от химических вредных факторов: Тез. докл. I Всесоюз. съезда океанологов. - Ростов на/Д., 1986. -С. 173-174.

8. Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Черном море / под. ред. В.Н. Еремеева; Национальная академия наук Украины, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. – Севастополь. - 2010. - 424 с.

9. Куликова И.И., Золотницкий А.П., Солодовников А.А. Основные итоги исследований ЮгНИРО в области марикультуры // Труды Южного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. 1997. Т. 43. С. 68-86.

10. ФАО. 2018. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2018 – Достижение целей устойчивого развития. Рим. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

© Серегин С.С., Кибенко В.А. 2020