

УДК 574.9+574.3

МЕДУЗА РОПИЛЕМА *RHOPILEMA ESCULENTA* KISHINOUE, 1891 – СЕЗОННЫЙ МИГРАНТ В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ?

А. Ю. Звягинцев¹, Т. Н. Даутова¹, С. В. Туранов^{1,3}, Ю. Ф. Картавцев^{1,2}

¹ Институт биологии моря им. А. В. Жирмунского,
Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН, г. Владивосток
E-mail: ayzvyagin@gmail.com

² Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
E-mail: yuri.kartavtsev48@hotmail.com

³ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток
E-mail: strucoal@mail.ru

Сцифоидная медуза ропилема *Rhopilema esculenta* Kishinouye, 1891 как сезонный мигрант впервые появилась в Амурском заливе, в том числе в Дальневосточном морском биосферном заповеднике (зал. Петра Великого) в 1999 г. Систематическое положение этого вида уточнено на основе анализа последовательностей ДНК гена *Co-1*, ДНК-штрихкода. Проанализирована информация о наличии ропилемы в прибрежных водах и в выбросах на побережье залива. Приведены размерно-частотные характеристики, оценена общая биомасса ропилем в выбросах. Находка молоди *R. esculenta* размером 46 мм в Амурском заливе позволяет предположить факт размножения и возможность натурализации этого вида в зал. Петра Великого.

Ключевые слова: медуза, *Rhopilema esculenta*, сезонный мигрант, натурализация, залив Петра Великого, ДНК, молекулярная идентификация вселенцев.

ВВЕДЕНИЕ

Медуза ропилема *Rhopilema esculenta* Kishinouye, 1891 – обитатель приазиатских тепловодных южных морей. В последние десятилетия эти крупные голубые медузы в огромном количестве заносятся течением в зал. Петра Великого летом из морей Юго-Восточной Азии. В теплое время года в массе обитает в Дальневосточном морском биосферном заповеднике, существенно влияя на функционирование морских экосистем заповедника. У российских берегов ропилемы питаются и растут, размножаются и погибают. После массовой элиминации их многочисленные тушки гниют в воде или в выбросах на берегу. Это загрязняет воды Амурского и Уссурийского заливов. Кроме того, появление таких крупных животных в массовом количестве может вызвать значительные изменения в экосистеме заливов. А так как ропилема у некоторых народов употребляется в пищу, то возникает проблема ее промысла, а также браконьерства в водах зал. Петра Великого.

Чтобы выяснить влияние этого сезонного мигранта на экосистему зал. Петра Великого, необходимо изучить образ жизни и характер распреде-

ления медуз, их численность, размеры и т. д. Однако ранее мониторинг этих медуз в прибрежных водах залива Петра Великого не проводился.

Целью настоящей работы является исследование популяции *R. esculenta* в зал. Петра Великого, до настоящего времени считавшейся здесь сезонным мигрантом. В задачи исследования входили: уточнение систематического положения вида; анализ литературных данных о строении, образе жизни ропилемы и причинах ее массового появления в зал. Петра Великого; установление размерно-частотного распределения ропилемы; поиск ювенильных особей этого вида как доказательство факта ее размножения в этом заливе; оценка возможности натурализации *R. esculenta* в зал. Петра Великого.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Мониторинговые исследования медузы ропилемы в зал. Петра Великого осуществляли в летне-осенний периоды 2008–2010 гг. Наблюдения проведены с использованием легководолазного снаряжения, а также имели место многократные визуальные наблюдения с плавсредств на поверхности. Основной задачей при этом было обнаружение ювенильных особей *R. esculenta*. Исследования выбросов ропилемы с промерами

выборки из 216 особей выполняли на литорали кутовой части Амурского залива в октябре 2008 г. Диаметр зонтика медузы измеряли при помощи рулетки, а массу отдельной особи – на бытовых весах. Скорость движения медуз устанавливали при помощи секундомера и рулетки.

Для лабораторных исследований были отловлены 3 половозрелые медузы (август – октябрь 2010 г.) в Амурском заливе. Нематоциты медуз исследованы и измерены с применением световой микроскопии с увеличением $\times 1000$. Одна ювенильная особь *R. esculenta* была отловлена 10.07.2010 г. в районе железнодорожной станции Чайка.

Для уточнения видовой принадлежности ропилем, несмотря на методические трудности работы с данным объектом, от одной особи, пойманной в районе п. Тавричанка Амурского залива в сентябре 2013 г., удалось провести сравнительный молекулярно-филогенетический анализ. Выделение геномной ДНК из ткани медузы выполняли по стандартной методике (Маниатис и др., 1984) с исключением фенола на стадии депротеинизации. Амплификация 5'-участка гена *Co-I*, составлявшего примерно 650 пар нуклеотидов, проведена с помощью полимеразной цепной реакции с использованием праймеров HDLCO+ и HDHCO-.

Праймер	Последовательность (5'–3')
HDLCO+	TAATACGACTCACTATAGGGTTTTCWACWAAYCAYAARGATATYGGATT AAC CCT CAC TAA AG TAACY
HDHCO-	TCWGGRTGACCAAARAA
T7Promoter	TAATACGACTCACTATAGGG

Примечание. Праймеры разработаны А. Ю. Чичвархиным (ИБМ ДВО РАН им. А. В. Жирмунского).

Реакционная смесь объемом 10 мкл содержала 6.4 мкл деионизированной H_2O , 0.5 мкл 10 mM смеси динуклеотидтрифосфатов (dNTPs), 1 мкл 10× ПЦР буфера (Evrogen), 0.4 мкл 50 mM $MgCl_2$, 0.3 мкл 10 mM раствора прямого и обратного праймеров (или 0.6 мкл смеси для коктейля праймеров), 0.1 мкл Taq полимеразы (Evrogen), а также 1 мкл раствора геномной ДНК. Алгоритм ПЦР включал предварительный нагрев при температуре 94°C – 2 мин, затем 35 циклов по схеме: денатурация при температуре 94°C – 30 с, отжиг при температуре 52°C – 40 с, элонгация при температуре 72°C – 1 мин; заключительную элонгацию выполняли в течение 10 мин. Для проверки результатов ПЦР был проведен электрофорез ампликонов в 1%-ном агарозном геле (Helicon). Амплифицированные продукты использовали для циклоквенирования с применением набора BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems Inc.) и праймером T7Promoter с последующим капиллярным электрофорезом на базе прибора ABI Prism DNA sequencer ИБМ ДВО РАН. Для верификации полученной последовательности, а также сравнительного филогенетического анализа дополнительно из генного банка (Geer et al., 2010) были привлечены последовательности того же вида, а также близких видов и родов медуз из семейства Rhizostomatidae (табл. 1). Выравнивание последовательностей осуществляли в программном пакете MEGA 5 (Tamura et al., 2011) с помощью алгоритма Muscle (Edgar, Robert, 2004). Анализ и визуализацию результатов изменчивости нуклеотидных последовательностей проводили также в MEGA 5.

Таблица 1. Информация об экземплярах медуз и их последовательностях, которые были использованы при уточнении видовой принадлежности *R. esculenta*

Table 1. Information on individual jellyfish and their sequences used for specifying the *R. esculenta* species identification

№ п/п	Вид	Идентификационный номер	Номер доступа в NCBI	Место поимки экземпляра
1	<i>Rhopilema nomadica</i>	S143	HE591458	Израиль, Средиземное море, Акко
2	<i>R. nomadica</i>	Отсутствует	JN378391	Израиль, Средиземное море
3	<i>R. esculentum</i>	Isolate Bohai01	EU373722	Китай, Желтое море, Бохайский залив
4	<i>R. esculentum</i>	Isolate Bohai02	EU373723	Китай, Желтое море, Бохайский залив
5	<i>R. esculentum</i>	Isolate hz1	JQ353756	Предположительно Желтое море
6	<i>R. esculentum</i>	Isolate hz2	JQ353757	Предположительно Желтое море
7	<i>R. esculentum</i>	Isolate Yellow01	EU373724	Желтое море
8	<i>R. esculentum</i>	Voucher OUC-HABs MBL-01	JX845347	Предположительно Желтое море
9	<i>R. esculentum</i>	R3	KF840718	Японское море, Амурский залив, п. Тавричанка
10	<i>Rhizostoma pulmo</i>	Clone RP1407	HQ902115	Словения, Адриатическое море
11	<i>Rh. octopus</i>	Isolate M0D15736F – FRCMLAR	HQ425458	Франция, Ла-Рошель, Приморская Шаранта

Филогенетическое дерево (рис. 1) было построено при использовании двухпараметрической модели Кимуры (K2P) (Kimura, 1980) с алгоритмом связывания ближайшего соседа (NJ) (Nei, Kumar, 2000). Генетические расстояния между последовательностями, рассчитанные по модели K2P, также использовались в аргументации (табл. 2). Оценка устойчивости топологии деревьев была осуществлена с использованием 1000 реплик бутстреп-теста.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Систематика. Видовое определение ропилем затруднено, и к настоящему времени необходима ревизия рода *Rhopilema*. Впервые един-

ственный представитель этого рода *Rhopilema asatushi* Uchida, 1938 в Японском море отмечен Д. В. Наумовым (1961). Однако большинство отечественных авторов (Яковлев и др., 2001, 2002; Бородин, 2004; Лебедев и др., 2004; Погодин, 2004) для обозначения ропилемы из зал. Петра Великого используют видовое название *Rhopilema esculentum* Kishinouye, 1891 без специального уточнения систематической принадлежности данного вида. В то же время А. Г. Погодиным (2004) проведен детальный анализ систематики этого вида по литературным данным. К сожалению, автор не пришел к однозначному вы-

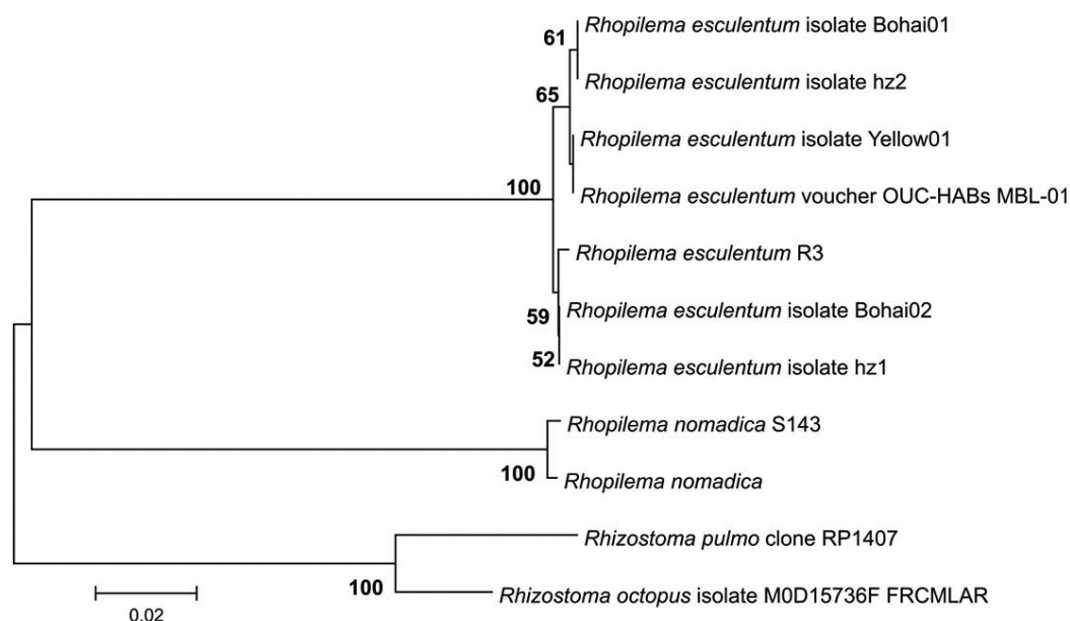


Рис. 1. Неукорененное филогенетическое NJ-дерево. Сконструировано на основе генетических расстояний между последовательностями гена *Co-I* представителей семейства Rhizostomatidae

Fig. 1. Unrooted phylogenetic NJ-tree based on the genetic distances between *Co-I* gene sequences of the Rhizostomatidae family representatives

Таблица 2. Матрица генетических расстояний (K2P) последовательностей, вошедших в анализ

Table 2. Matrix of genetic distances (K2P) of sequences used in the analysis

№ п/п	Идентификатор последовательности	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Isolate_Bohai01										
2	Isolate_Bohai02	0.66									
3	Isolate_hz1	0.66	0.00								
4	Isolate_hz2	0.00	0.66	0.66							
5	Isolate_Yellow01	0.22	0.44	0.44	0.22						
6	Voucher_OUC-HABs_MBL-01	0.22	0.44	0.44	0.22	0.00					
7	R3	0.88	0.22	0.22	0.88	0.66	0.66				
8	<i>Rhopilema nomadica</i>	21.06	20.76	20.76	21.06	21.36	21.36	21.06			
9	S143	21.06	20.76	20.76	21.06	21.36	21.36	21.06	0.44		
10	RP1407	22.12	22.12	22.12	22.12	22.43	22.43	21.81	21.52	21.83	
11	Isolate_M0D15736F-FRCMLAR	20.28	20.28	20.28	20.28	20.58	20.58	20.58	20.30	20.61	5.51

Примечание. Подробные обозначения исследованных образцов даны в табл. 1.

воду, и обозначал данный вид как *Rhopilema* sp. В водах Японии в настоящее время известны 3 вида медуз этого рода: *Rhopilema esculentum*, *Rh. hispidum* и *Rh. sp.* (Minimizu et al., 2015).

Результаты сравнительного молекулярно-генетического анализа в нашей работе показали следующее. Полученное филогенетическое дерево состоит из трех четких кластеров с высокой поддержкой (100%), отражая взаимную монофилию родов *Rhizostoma* и *Rhopilema* (см. рис. 1).

Представители рода *Rhopilema* кластеризуются согласно видовой принадлежности. Последовательность особи из акватории Амурского залива (идентификатор – R3) включена в видовой кластер *R. esculenta*. Генетические расстояния между последовательностями, принадлежащими одному виду, незначительны и варьируют от 0 до 0.88% в пределах вида *R. esculenta*; внутривидовая изменчивость *R. nomadica* составила 0.44%. Однако расстояния между последовательностями разных видов в пределах рода *Rhopilema* (20.76–21.36%) примерно в 25 раз превышают значения внутривидовой изменчивости (табл. 2).

Разрыв значений внутри- и межвидовой изменчивости, иначе называемый «Barcoding gap», лежит в основе принципа идентификации видовой принадлежности организмов на основе ДНК-штрихкодов (Hebert et al., 2003; Meyer, Paulay, 2005). Последовательность идентифицируемой особи располагается в видовом кластере *R. esculenta* (см. рис. 1) и имеет минимальные отличия от других последовательностей своего вида, в то же время сильно отличаясь от последовательностей других видов (см. табл. 2), что позволяет однозначно отнести ее к виду *R. esculenta*.

С учетом обзора доступных нам литературных источников и результатов генетического анализа изложим точку зрения авторов о систематической принадлежности исследованного вида.

В настоящее время в роде *Rhopilema* насчитывается 5 видов: *R. esculenta* Kishinouye 1891, *R. hispidum* (Vanhöffen, 1888), *R. rhopalophorum* Haeckel, 1880, *R. verilli* (Fewkes, 1887) и *R. nomadica* Galil, Spanier & Ferguson, 1990. Из них *R. verilli* и *R. esculenta* весьма сходны морфологически. Однако диаметр колокола у *R. verilli* достигает не более 350 мм, а у взрослых особей *R. esculenta* он может значительно превышать 450 мм. Данные о нематоцитах, полученные преимущественно при помощи световой микроскопии, доступны для *R. esculenta*, *R. nomadica* и *R. verilli* (Calder, 1972, 1977; Chen, Ding, 1981; Avian et al., 1995). Показано, что половозрелые особи этих видов содержат неодинаковое число типов нематоцист. У *R. verilli* описаны три типа нематоцист – атрихи изоризы (атрихи а-изоризы), голотрихи гаплонемы (иначе – гетеротрихи анизоризы, Calder, 1977) и микробазические гетеротрихи эв-

рители. Такие же типы нематоцист обнаружены и у *R. nomadica* (Avian et al., 1995). Неполовозрелые и взрослые медузы *R. esculenta* содержат четыре типа нематоцист, в том числе эллиптические анизоризы гаплонемы, что, по мнению Чена и Дина (Chen, Ding, 1981), позволяет отличить *R. esculenta* от *R. verilli*. Находящиеся в нашем распоряжении экземпляры половозрелых медуз и единственный экземпляр молодой медузы *R. esculenta* имеют сходный состав и размеры нематоцист. Вместе с тем размеры нематоцист медуз из Уссурийского залива несколько меньшие, чем у медуз из вод Китая. Так, максимальная длина эллиптических анизориз гаплонем взрослых медуз, собранных у китайского побережья, составляет 0.015 мм (терминология авторов, Chen, Ding, 1981). Длина нематоцист, соответствующих описанию Чена и Дина для эллиптических анизориз гаплонем, не превышает 0.009 мм у молодых и взрослых медуз из Амурского залива. Вопрос о точной видовой идентификации *Rhopilema* на основании морфологических признаков из зал. Петра Великого и вод Китая мы не считаем полностью решенным, поскольку сведения Чена и Дина (Chen, Ding, 1981) могут быть уточнены с применением усовершенствованной световой и сканирующей электронной микроскопии. Кроме того, нельзя исключать, что обычная в водах Японии *R. asamushi* (Uchida, 1938) все же является самостоятельным видом, хотя и была обозначена ранее Крэмпом (Kramp, 1961) как младший синоним по отношению к *R. esculenta*. Донг с соавторами (Dong et al., 2008) сообщают о морфологических различиях между *R. esculenta* и *R. asamushi* на стадии эфиреи и упоминают о существовании обоих видов в водах Китая.

На основании изложенного в настоящей работе мы называем данный вид медузы из зал. Петра Великого *Rhopilema esculenta* Kishinouye, 1891.

Класс Scyphozoa

Отряд Rhizostomeae

Семейство Rhizostomatidae Cuvier, 1799

Род *Rhopilema* Haeckel, 1880

Rhopilema esculenta Kishinouye, 1891

Rhopilema asamushi Uchida, 1927 (synonym)

О возможности биоинвазии ропилемы в зал.

Петра Великого. Сцифоидная медуза *Rhopilema esculenta* Kishinouye, 1891 как сезонный мигрант впервые обнаружена в зал. Петра Великого в 1999 г. (Яковлев и др., 2002). По мнению этих авторов, в Приморье имеет место цикличность появления медуз. По их данным, в конце XIX в. на рыбных рынках Владивостока китайцы продавали полусушеных медуз. Однако в работе А. В. Иванова и А. А. Стрелкова (1949) в качестве промысловых медуз упоминается лишь *Aurelia aurita* – вид с позиций промысловой ценности менее ценный, чем ропилема (т. е. ее тогда или

не было, или она таковым не рассматривалась). По данным отечественных авторов первой половины XX в. (Закс, 1927; Дерюгин, 1939), а также по информации из архивных материалов ресурсных исследований и промысла беспозвоночных в эти годы, медузы активно добывались и заготавливались (засаливались) на береговых предприятиях Дальгосрыбтреста, «ТЭМП» и Крайрыбакколхозсоюза в зал. Петра Великого. Однако при этом ни морфологические, ни тем более генетические методы видовой идентификации данного вида авторами не приводятся, и эти данные могут быть оценены лишь как предварительные с высокой степенью вероятности. Мы согласны с мнением Ю. М. Яковлева с соавторами (2002) о цикличности появления ропилемы в зал. Петра Великого. Так, первым автором статьи А. Ю. Звя-

гинцевым с 1969 г. регулярно проводились мониторинговые водолазные исследования в этом заливе, и этот столь заметный и массовый вид ни им, ни его коллегами ни разу не был отмечен в зал. Петра Великого до 1999 г. На наш взгляд, в данном случае имеют место примерно 40-летние циклы сезонных миграций ропилемы в этот залив, аналогично цикличному «нашествию» промыслового вида рыб – сардины иваси *Sardinops melanostictus* (Temminck et Schlegel, 1846).

По мнению Ю. М. Яковлева с соавторами (2001), причиной появления ропилемы у берегов России является ее занос с юга вместе с поверхностными теплыми водами. Проникая в Японское море, Цусимское и Восточно-Корейское течения создают в толще воды антициклонические вихри синоптического масштаба диаметром до 60–90 км и глубиной 100–200 м, которые позволяют ропилеме проникать далеко на север. Перенос вод вдоль периферии вихревых цепочек до 42–41° с. ш. (район зал. Петра Великого) может занимать 2–3 недели. По мнению этих авторов, ропилема появляется у берегов Приморья с середины августа по начало октября. Однако, по нашим данным, массовое появление этого вида в зал. Петра Великого приходится на начало июля, что можно объяснить повышением летних температур. Так, по данным Дальневосточного регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института, средняя месячная температура воды в июле-августе 2010 г. в Амурском заливе превышала обычную на 1°C и достигала 25°C, что не наблюдалось на протяжении нескольких последних десятилетий.

Диаметр зонтика взрослых медуз в скоплениях у побережья Амурского залива в 2008–2010 гг. доходил до 70 см. Колокол был разделен на 8 секторов, в пределах каждого сектора на краю колокола было развито 14–19 лопастей, ротовые лопасти имели многочисленные концевые придатки (рис. 2). У взрослых медуз окраска зонтика и ротовых лопастей чаще была голубая, концевых щупальцевидных придатков – светло-коричневая. По данным (Яковлев и др., 2002), встречаются особи темно-коричневого, фиолетового, темно-синего и молочно-белого цвета. Это подтверждено и нашими наблюдениями.

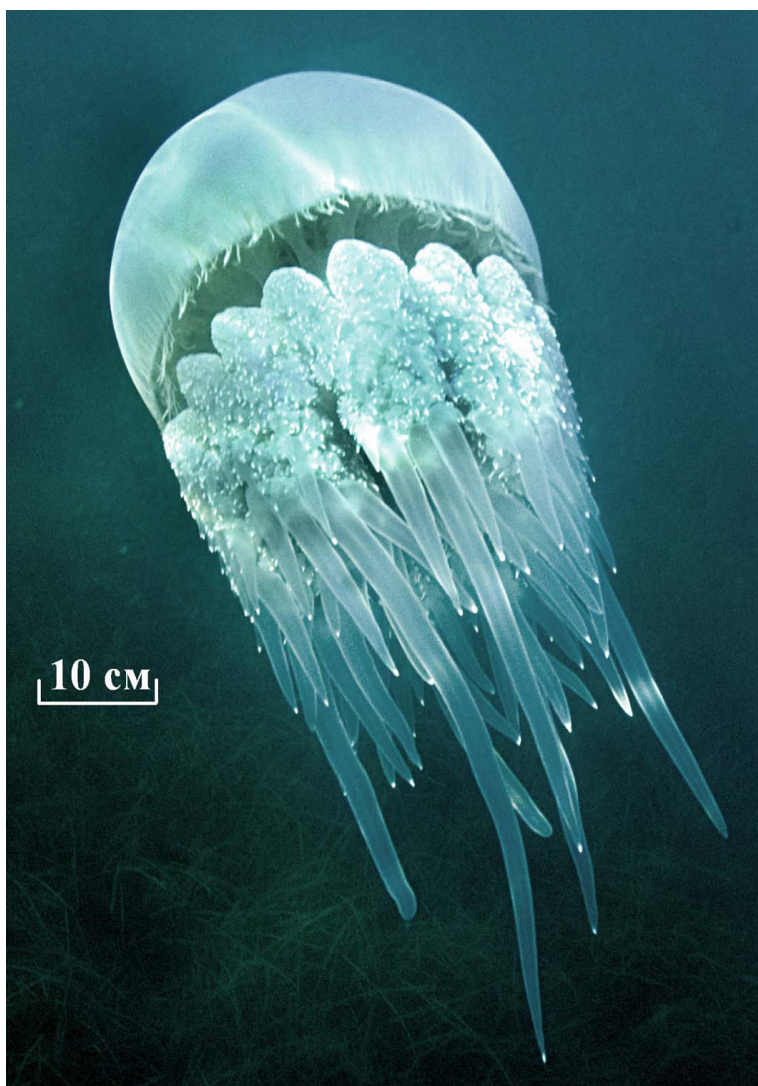


Рис. 2. Внешний вид взрослой особи *Rhopilema esculenta* Kishinouye, 1891 в Амурском заливе (б. Средняя Дальневосточного морского биосферного заповедника)

Fig. 2. Exterior of an adult *Rhopilema esculenta* Kishinouye, 1891 in the Amur Bay (Srednyaya Inlet of the Far-East Marine Biosphere Preserve)

Оценено размерно-частотное распределение ропилем в выбросах на литорали кутовой части Амурского залива по выборке 216 особей (рис. 3). Показано, что диаметр зонтика колеблется в пределах 12–65 см при среднем значении 32.9 ± 0.75 см (после знака « $\pm$ » здесь и далее приведена стандартная ошибка средней, 95%-ный доверительный интервал: 31.4–34.3; см. рис. 3). В размерном распределении ропилемы проявляется унимодальность, хотя имеется некоторая асимметрия распределения ($As = 0.79 \pm 0.17$), обусловленная редкими классами особей. Общая биомасса выборки медуз на участке побережья длиной 1 км, по нашим данным, составляла около 70 800 кг. Аналогичные выбросы нами отмечены на всем побережье зал. Угловой (кутовая часть Амурского залива). Подобные участки отмечены и в других участках кутовой части залива – п-ов Де-Фриз, район п. Тавричанка, совхоз им. Чапаева.

Считается, что медузы не в состоянии проплывать большие расстояния, однако в соленых озерах, где отсутствуют течения, ропилемы проплывали в сутки до 1 км (Яковлев и др., 2002). По нашим данным, движение медуз в массовых скоплениях хаотично и какие-либо миграции ропилемы в одном направлении исключены. Скорость движения взрослых медуз достаточно высока и составляет около 0.36–0.72 км/ч.

Необходимо отметить, что при большом количестве ропилем в последние годы в Амурском заливе практически отсутствовали другие, еще 10 лет назад очень распространенные здесь сцифоидные медузы – аурелии *Aurelia aurita*. Причина этому, скорее всего, пищевая конкуренция. Для окончательных выводов требуются специальные исследования спектра питания этих видов и аквариальные эксперименты.

Особо важное значение имеет находка ювенильной особи в Амурском заливе. Пойманная нами молодая медуза бесцветна. Диаметр ее раскрытого зонтика в зафиксированном состоянии 46 мм, в спокойном состоянии – всего 30 мм. Ротовые лопасти молодой медузы с единственным концевым придатком. Зонтик разделен на 8 секторов, в пределах каждого сектора на краю колокола развито 14–16 лопастей (рис. 4). При обнаружении ювенильной особи ропилемы возникает вопрос – могла ли эта особь принадлежать данной выборке (см. рис. 3)? Можно предположить, что в середине лета, учитывая высокий темп роста медуз, в заливе могли обитать ювенильные особи? Ведь промеры были выполнены в октябре. Однако наши постоянные исследования (как водолазный мониторинг, так и визуальные наблюдения с плавсредств на протяжении всего летне-осеннего периода за три года) такого результата не дали – была обнаружена лишь одна ювенильная особь в начале июля 2010 г.

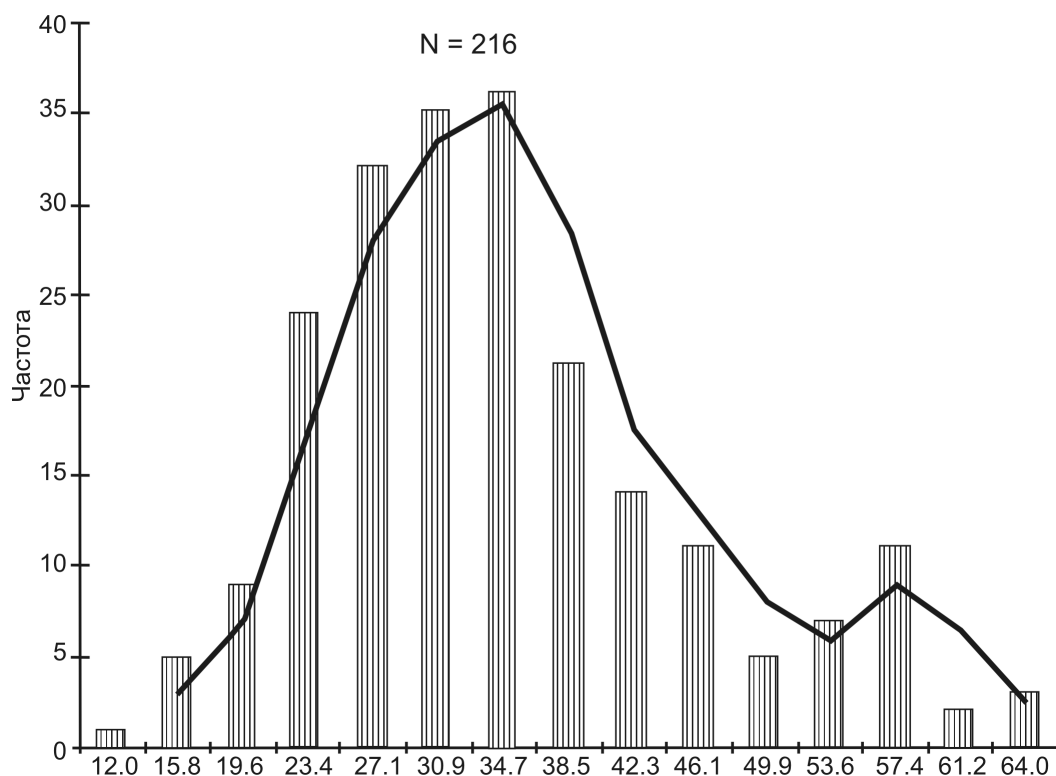


Рис. 3. Размерно-частотные характеристики диаметра зонтика особей выборки ропилемы в кутовой части Амурского залива (N – размер выборки)

Fig. 3. Dimension-frequency characteristics of the umbrella diameter of the rhopilema sample individuals in the heard part of the Amur Bay (N – forsample size)



Рис. 4. Ювенильная особь *Rhopilema esculenta* Kishinouye, 1891 из Амурского залива (район ст. Чайка)

Fig. 4. Juvenile individual *Rhopilema esculenta* Kishinouye, 1891 from the Amur Bay (vicinity of st. Chayka)

Чередование полипоидной и медузоидной стадий имеет очень большое значение в жизни этих животных (Purcell, 1997). Стадия медузы выполняет функцию расселения вида на определенном этапе жизненного цикла вида. Они могут далеко уноситься морскими течениями от тех мест, где начали самостоятельную жизнь, отделившись от полипа, и разбрасывать яйца (планулы?) на очень большом пространстве, заселяя все новые и новые области. Часто они попадают в такие места, где нет подходящих условий для развития полипоидной стадии. Например, в Японском море зимой вода имеет низкую температуру, и полипы ропилемы, скорее всего, раньше здесь не выживали. На наш взгляд, к настоящему моменту полипы все же могут существовать в местах термального загрязнения, вызванного сбросом подогретых вод системы охлаждения ВТЭЦ-2. Известно, что повышение температуры летом всего на 1°C может привести к гибели ряда stenothermic видов, подавлению размножения многих видов, изменению состава сообществ за счет видов-интродуцентов, изменению

биологических характеристик местных видов (Милейковский, 1977). По мнению Ю. М. Яковлева и др. (2002), ропилема не может размножаться у берегов Приморья. Находка ювенильной особи ропилемы в Амурском заливе опровергает это мнение. Медуза такого малого размера не смогла бы выжить в теплом течении из южных морей – она была бы уничтожена хищниками. Скорее всего, массовое появление взрослых особей медуз с юга, как и повышение температуры воды в зал. Петра Великого, связано с одним и тем же явлением – усилением притока теплых вод с юга. Как следует из литературных и собственных данных, медузы ропилемы не способны самостоятельно мигрировать в определенном направлении.

Таким образом, наши данные в какой-то степени позволяют утверждать факт начала натурализации *Rhopilema esculenta* Kishinouye, 1891 в зал. Петра Великого. Естественно, находка всего одного экземпляра ювенильной особи не позволяет сделать окончательные выводы. Такие выводы возможны

при исследовании полипоидной стадии в бентосе и проведении экспериментов по размножению ропилемы. Факт натурализации и успешного размножения вида в ЗПВ требует более веских доказательств (например, многократных находок ювенильных медуз еще меньшего размера или обнаружения в природе их сцифистом с последующим выводением медуз в аквариуме).

Установлено, что вспышки численности (blooms) сцифоидных медуз неблагоприятны для рыболовства, поскольку значительные скопления медуз способны забивать сети, а также выедать значительную часть ранних возрастных стадий рыб и создавать районы с низким содержанием кислорода в местах скопления отмерших медуз (Arai, 1997; Mills, 2001; Hay, 2006; Pitt et al., 2009; West et al., 2009). При возможном увеличении численности ропилемы и распространении ее на всей акватории зал. Петра Великого в большом диапазоне глубин не исключены серьезные экономические потери прибрежного рыболовства в результате забивания медузами ставных сетей. Кроме того, вполне реально возникновение био-

помех эксплуатации водозаборов промышленных предприятий, использующих для охлаждения морскую воду.

На основании полученных нами данных и результатов исследования предшествующих авторов возможен «прогноз по аналогии» биоинвазии в зал. Петра Великого медузы гигантской Номуры – *Nemopilema nomurai* Kishinouye, 1922. Этот вид встречается в водах между Китаем и Японией, преимущественно в Желтом и Восточно-Китайском морях, где эти медузы размножаются и создают серьезные биопомехи прибрежному рыболовству и водозаборам промышленных предприятий.

Авторы выражают благодарность сотрудникам ИБМ ДВО РАН д. б. н. А. В Чернышеву за ценные советы и замечания при подготовке нами рукописи статьи, а также А. А. Омеляненко за предоставление цветных фото.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 14-04-00350, 15-29-02456-офи, ДВО РАН: 15-I-6-059, проекта ПРООН/ГЭФ «Укрепление морских и прибрежных особо охраняемых территорий России» по разделу «Мониторинг и контроль морских чужеродных видов на примере Дальневосточного морского биосферного заповедника 2011–2013 гг.».

ЛИТЕРАТУРА

- Бородин П. А. Моделирование рыболовных систем для промысла медузы *Rhopilema esculenta* : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2004. – 119 с.
- Дерюгин К. М. Зоны и биоценозы залива Петра Великого (Японское море). – М., 1939. – С. 115–124.
- Закс И. Г. Предварительные данные о распределении флоры и фауны в прибрежной полосе залива Петра Великого в Японском море. – Новосибирск, 1927. – Т. 4. – С. 213–247.
- Иванов А. В., Стрелков А. А. Промысловые беспозвоночные дальневосточных морей. Описание строения и атлас анатомии. – Владивосток, 1949. – 104 с.
- Лебедев Е. Б., Малютин А. Н., Костина Е. Е. и др. Тип кишечнополостных – Cnidaria // Дальневосточный морской биосферный заповедник. Биота. – Владивосток : Дальнаука, 2004. – Т. 2. – С. 111–126.
- Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. Методы генетической инженерии. Молекулярное клонирование : пер. с англ. – М. : Мир, 1984. – 480 с.
- Милейковский С. А. Антропогенное термическое воздействие на население моря // Океанология. Биология океана. – М. : Наука, 1977. – Т. 2. – С. 332–339.
- Наумов Д. В. Сцифоидные медузы морей СССР. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1961. – 97 с.
- Погодин А. Г. Медузы, гребневники и сальпы северо-западной части Японского моря // Обитатели Японского моря : учеб. пособие. – Владивосток, 2004. – (Компакт-диск, № гос. регистрации 0320400630. Проект AWARE, Фонд Феникс и НОЦ ДВГУ).
- Погодин А. Г. О красивых, полезных и опасных желтелетельных обитателях вод залива Петра Великого Японского моря. Ч. 1. Медузы // Экологические, гуманитарные и спортивные аспекты подводной деятельности : Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 2004. – С. 199–219.
- Яковлев Ю. М., Погодин А. Г., Ащепков А. Т. Красивые и опасные обитатели морского заповедника / V Дальневост. конф. по заповедному делу, Владивосток, 12–15 окт. 2001 г. : Материалы конф. – Владивосток : Дальнаука, 2001. – С. 324–325.
- Яковлев Ю. М., Осипов Е. В., Бородин П. А. Состояние и возможности промысла ропилемы в зал. Петра Великого // Материалы науч.-практ. конф. «Приморье – край рыбацкий». – Владивосток : ТИНРО-ЦЕНТР, 2002. – С. 65–69.
- Arai M. N. A Functional Biology of Scyphozoa. – London : Chapman and Hall, 1997. – 316 p.
- Avian M., Spanier E., Galil B. Nematocysts of *Rhopilema nomadica* (Scyphozoa: Rhizostomeae), An Immigrant Jellyfish in the eastern Mediterranean // Journal of Morphology. – 1995. – Vol. 224, No. 9. – P. 221–231.
- Calder D. R. Nematocysts of the ephyra stages of *Aurelia*, *Chrysaora*, *Cyanea* and *Rhopilema* (Cnidaria, Scyphozoa) // Transactions of the American Microscopical Society. – 1977. – Vol. 96. – P. 13–19.
- Calder D. R. Nematocysts of the medusa stage of *Rhopilema verrilli* (Scyphozoa, Rhizostomeae) // Ibid. – 1972. – Vol. 91. – P. 213–216.
- Chen J.-K., Ding G.-W. On the nematocysts of various stages of development of *Rhopilema esculenta* Kishinouye // Acta Zoologica Sinica. – 1981. – Vol. 27, No. 4. – P. 310–318.
- Dong J., Sun M., Wang B., Liu H. Comparison of life cycles and morphology of *Cyanea nozakii* and other scyphozoans // Plankton and Benthos Research. – 2008. – Vol. 3. (Supplement). – P. 118–124.
- Edgar R. C. MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput // Nucleic acids research. – 2004. – Vol. 32, No. 5. – P. 1792–1797.
- Geer L. Y., Marchler-Bauer A., Geer R. C. et al. The NCBI BioSystems database // Nucleic acids research. – 2010. – Vol. 38. – Suppl. 1. – P. D492–D496.
- Hay S. Marine ecology: gelatinous bells may ring change in marine ecosystems // Current Biology. – 2006. – Vol. 16, No. 17. – P. 679–682.
- Hebert P. D. N., Cywinska A., Ball S. L., de Waard J. R. Biological identifications through DNA barcodes // Proceedings of the Royal Society of London. Ser. B: Biological Sciences. – 2003. – Vol. 270, No. 1512. – P. 313–321.
- Kimura M. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences // Journal of molecular evolution. – 1980. – Vol. 16, No. 2. – P. 111–120.
- Kramp P. L. Synopsis of the Medusae of the World // Journal of the marine biological Association of the United Kingdom. – 1961. – Vol. 40. – P. 7–382.
- Meyer C. P., Paulay G. DNA Barcoding: Error Rates Based on Comprehensive Sampling // PLoS Biology. – 2005. – Vol. 3, No. 12. – P. 422.
- Mills C. E. Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions? // Hydrobiologia. – 2001. – Vol. 451, No. 1. – P. 55–68.
- Minimizu R., Kubota S., Hirano Y., Lindsay D. J. A Photographic Guide to the Jellyfishes of Japan. – Tokyo : Heibonsha, 2015. – 360 p.

Nei M., Kumar S. Molecular Evolution and Phylogenetics. – New York : Oxford University Press, 2000. – 333 p.

Pitt K. A., Welsh D. T., Condon R. H. Influence of jellyfish blooms on carbon, nitrogen and phosphorus cycling and plankton production // *Hydrobiologia*. – 2009. – Vol. 616, No. 1. – P. 133–149.

Purcell J. E. Pelagic cnidarians and ctenophores as predators: selective predation, feeding rates, and effects on prey populations // *Annales de l'Institut océanographique*. – 1997. – Vol. 73, No. 2. – P. 125–137.

Tamura K., Peterson D., Peterson N. et. al. MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods // *Molecular Biology and Evolution*. – 2011. – Vol. 28, No. 10. – P. 2731–2739.

Uchida T. Report of biological survey of Mutsu Bay. 32. Medusae from Mutsu Bay // *Sci. Rep. Tohoku Univ.* – 1938. – Vol. 13. – P. 37–46.

West E. J., Welsh D. T., Pitt K. A. Influence of decomposing jellyfish on the sediment oxygen demand and nutrient dynamics // *Hydrobiologia*. – 2009. – Vol. 616, No. 1. – P. 151–160.

Поступила в редакцию 19.12.2016 г.

JELLYFISH *RHOPILEMA ESCULENTA* KISHINOUE, 1891 – SEASONAL MIGRANT IN PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN?

A. Yu. Zvyaginysev, T. N. Dautova, S. V. Turanov, Yu. F. Kartavtsev

The jellyfish *Rhopilema esculenta* Kishinouye, 1891 as a seasonal migrant appeared for the first time in the waters of Peter the Great Bay, including the Far-East Marine Biosphere Preserve, in 1999. The systematic position of this species has been specified through the DNA sequence analysis for the *Co-1* gene and the DNA barcode. The information on the presence of *R. esculenta* in the coastal waters and ejections in the bay is analyzed. Dimension-frequency characteristics are provided; the total biomass of *R. esculenta* in the ejections is estimated. A young jellyfish of approximately 46 mm found in the Amur Bay implies possible reproduction and naturalization of the species in Peter the Great Bay.

Keywords: jellyfish, *Rhopilema esculenta*, seasonal migrant, naturalization, Peter the Great Bay, DNA, *Co-1* gene, DNA-Barcode, identification.