

УДК 576.89:595.384.2

DOI 15853/2072-8212.2014.35.63-73

## «АСФАЛЬТОВАЯ» БОЛЕЗНЬ В ПОПУЛЯЦИИ КРАБА-СТРИГУНА *CHIONOECETES OPILIO* СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

С.В. Клинушкин\*, Т.В. Рязанова



\*Мл. н. с., Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии  
685000 Магадан, Портовая, 36/10

Тел., факс: (4132) 607-419

E-mail: lpb@magniro.ru

Ст. н. с., Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии  
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18

Тел., факс: (4152) 412-701

E-mail: ryazanova.t.v@kamniro.ru

ОХОТСКОЕ МОРЕ, КРАБ-СТРИГУН ОПИЛИО, *TRICHOMARIS INVADENS*, ПРЕВАЛЕНТНОСТЬ,  
«АСФАЛЬТОВАЯ» БОЛЕЗНЬ

В работе представлены данные о распространении инфекции *Trichomaris invadens* (black mat syndrome) в популяции краба-стригуна опилио *Chionoecetes opilio* в северной части Охотского моря. Была обнаружена высокая превалентность инфекции *Trichomaris invadens* у краба-стригуна опилио вокруг банки Ионы, но не в других районах. Также нами впервые была обнаружена данная инфекция у краба-паука *Hyas coarctatus alutaceus*. Гистологические исследования тканей инфицированных крабов показали, что гифы гриба проникают в нейросенсорные каналы, соединительную ткань и мускулатуру.

## BLACK MAT SYNDROME IN THE SNOW CRAB *CHIONOECETES OPILIO* POPULATION OF THE NORTHERN PART OF THE SEA OF OKHOTSK

S.V. Klinushkin\*, T.V. Ryazanova

\*Researcher, Magadan Research Institute of Fisheries and Oceanography

685000 Magadan, Portovaya, 36/10

Tel., fax: (4132) 607-419

E-mail: lpb@magniro.ru

Senior researcher, Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography

683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya, 18

Tel., fax: (4152) 412-701

E-mail: ryazanova.t.v@kamniro.ru

SEA OF OKHOTSK, SNOW CRAB, *TRICHOMARIS INVADENS*, PREVALENCE, BLACK MAT SYNDROME

This paper provides data on the distribution of the *Trichomaris invadens* infection (black mat syndrome) in the population of snow crab *Chionoecetes opilio* in the northern part of the Sea of Okhotsk. A high frequency of fungal *Trichomaris invadens* infection in snow crabs is revealed around Iona Bank and nowhere else in the other sites. Same infection is revealed for the first time in spider crab *Hyas coarctatus alutaceus*. Histological analysis provided for infected crabs has demonstrated penetration of the fungal hyphae into the sensory neuron channels, epidermal, connective and muscle tissue.

Краб-стригун *Chionoecetes opilio* (Fabricius, 1788) — один из основных промысловых объектов Охотского моря, занимает первое место по вылову среди всех ракообразных на Дальнем Востоке. В настоящее время около 45% (12 тыс. т) общероссийского ОДУ *Ch. opilio* приходится на Северо-Охотоморскую промысловую подзону Охотского моря (Михайлов и др., 2003). В этом районе популяция краба располагается на огромной площади шельфа и верхней части материкового склона. Основные участки промысла краба этого вида занимают площадь около 100 тыс. км<sup>2</sup> (Карасев, 2014).

У Западной Камчатки (Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская промысловые подзоны)

краб-стригун опилио встречается практически повсеместно. Промысловых скоплений высокой плотности на большей части акватории не образует. Достаточно высоко оценен запас в заливе Шелихова: 5–6 тыс. т (Слизкин, Сафронов, 2000). В настоящее время доля краба *Ch. opilio* в общероссийском ОДУ в этих подзонах составляет менее 1%.

У о. Сахалин (Западно-Сахалинская и Восточно-Сахалинская промысловые подзоны) суммарный вылов краба-стригуна опилио, по официальной статистике, варьировал от 8,375 (1992 г.) до 1,188 тыс. т (2003 г.) (Первеева, 2007). В связи с сокращением промысловой численности с 2004 г.

был введен запрет на промышленный лов краба-стригуна опилио в этих подзонах, который действует по настоящее время.

Одни из важнейших показателей состояния промысловых популяций крабов — видовой состав и распространенность в них различных патогенных организмов. Смертность от заболеваний является важной составляющей естественной смертности в популяции и может использоваться как один из показателей изменения запаса (Shareef et al., 2010; Stentiford et al., 2012). Кроме того, прямой ущерб от заболеваний различной этиологии заключается в ухудшении товарного качества промысловых объектов, а косвенный включает в себя снижение резистентности организма животных к различным факторам среды, увеличение потерь от пресса хищников, задержку роста (Wilhelm, Mialhe, 1996; Marty et al., 2003; Lafferty et al., 2004). Для оценки зараженности популяции различными патогенными организмами имеет значение как характер их пространственного и сезонного распространения, так и частота встречаемости или превалентность (Ревич и др., 2004; Дудников, 2005).

Синдром черного налета (black mat syndrome), или «асфальтовая» болезнь, поражает крабов-стригунов рода *Chionoecetes*. Название инфекции обусловлено ее внешними проявлениями: черной плотной массой, похожей на асфальт, покрывающей поверхность экзоскелета крабов. Больные крабы непригодны для промышленной переработки. Вызывающий заболевание патогенный гриб *Trichomaris invadens* является единственным известным на сегодня патогеном морских ракообразных из представителей аскомицетов (Hibbits et al., 1981).

Синдром «черного налета» (black mat syndrome) отмечают у крабов в водах Аляски и вос-

точной части Берингова моря с середины прошлого века. Первоначально патоген относили к роду *Phoma* (Huning, Scarborough, 1973). Заболевание приводит к серьезному ущербу промысла краба-стригуна Бэрда (*Chionoecetes bairdi*) в заливе Аляска (Sinderman, 1990).

Сведения о нем в популяциях ракообразных в российских водах скудные. Имеются устные сообщения о встречах «асфальтовой» болезни у крабов-стригунов опилио в западной части Берингова моря, а также данные о ее распространенности у крабов этого вида в районе о. Сахалин (Стексова, 2004). Первые краткие сведения об «асфальтовой» болезни в популяции краба-стригуна в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря приведены нами по результатам исследований 2012 г. (Клинушкин, Рязанова, 2013).

Целью работы было получение данных об особенностях распространения «асфальтовой» болезни в популяции краба-стригуна опилио в северной части Охотского моря и ее негативном воздействии на крабов этого вида. В настоящей работе рассмотрено распространение заболевания в зависимости от участка исследований, размера крабов, биологического состояния особей и типа клешни самцов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом послужили сборы краба-стригуна *Ch. opilio*, выполненные в 2007, 2012 и 2013 гг. в Северо-Охотоморской промысловой подзоне (табл. 1). Первые исследования проводились в ноябре–декабре 2007 г. на участке восточнее о. Ионы. Основной массив материала был собран в июле–августе и октябре–ноябре 2012 г. при выполнении масштабной учетно-ловушечной крабовой съемки. Она охватила почти всю акваторию, где по данным 1992–2012 гг. наблюдались про-

Таблица 1. Количество (экз.) крабов-стригунов опилио с признаками «асфальтовой» болезни, выловленных в Северо-Охотоморской подзоне в районах с различными координатами в 2007, 2012 и 2013 гг.

Год	Район исследований	Орудия лова	Глубины, м	Количество станций	Проанализировано, экз.	Количество особей с «асфальтовой» болезнью, экз.
2007	56°21'–56°27' с. ш. 143°45'–143°52' в. д.	кон.	282–322	3	288	4
2012	55°35'–58°36' с. ш. 141°31'–153°24' в. д.	кон.	38–445	115	7461	41
2012	56°42'–57°00' с. ш. 143°10'–143°34' в. д.	труб.	136–148	4	72	38
2013	57°35'–59°36' с. ш. 140°09'–153°30' в. д.	кон.	14–105	221	644	1
2013	57°15'–58°56' с. ш. 142°52'–152°56' в. д.	трал	81–300	79	2398	0
Итого	55°35'–59°36' с. ш. 140°09'–153°30' в. д.	кон., труб., трал	14–445	432	10 863	84

мысловые скопления краба-стригуна опилю в Северо-Охотоморской подзоне. В июле этого же года были выполнены поисково-разведочные работы по трубачу на акватории банки Ионы, где в прилове отмечали краба-стригуна опилю. В сентябре–ноябре 2013 г. в ходе учетно-ловушечной съемки по прибрежным видам крабов в прилове также присутствовали ракообразные этого вида. В августе–сентябре 2013 г. была выполнена донная траловая съемка, где в числе прочих гидробионтов встречался краб-стригун опилю.

При проведении промышленного лова и научно-исследовательских работ по крабам были использованы крабовые конусовидные ловушки, при работе по трубачам — трубачеловные. Конусовидные крабовые ловушки («японской» конструкции) имели диаметр нижнего основания усеченного конуса 1,35 м, верхнего — 0,75 м, высоту — 0,56 м, с одним входным отверстием наверху ловушки. Диаметр входного отверстия с отсекателем: снаружи 0,54 м, внутри 0,41 м, с ячей сетной дели 40–50 мм. Трубачеловные ловушки имели высоту 0,29 м, диаметр нижнего и верхнего оснований 0,87 и 0,45 м соответственно, входом наверху ловушки диаметром 0,16 м, обтянутые делью с размером ячеек 20 мм. Для проведения донных тралений использовался стандартный для этих видов работ трал (ТД 27,1/24,4) с мягким грунтопом и рокхоперами диаметром 36 см. Вер-

тикальное раскрытие трала составляло 3,5 м, горизонтальное — 19 м, длина трала — 31 м, минимальный внутренний размер ячеек в кутце — 10 мм.

Разделение самцов краба-стригуна опилю на морфометрически зрелых («широкопалых» — по терминологии Б.Г. Иванова и В.И. Соколова (1997)), т. е. тех которые имеют увеличенную клешню по отношению к размеру карапакса, активно участвуют в размножении, у которых произошла терминальная линька, и незрелых («узкопалых») осуществлялось в программе «Teutis v.2.86a». Построение карт проводилось с помощью программы «КартМастер v.4.1».

Для получения данных о превалентности (частоте встречаемости, выраженной в процентах) и географическом распространении «асфальтовой» болезни в популяциях крабов одновременно с полным биологическим анализом уловов проводили визуальный осмотр ракообразных и учет особей с визуальным признаком заболевания — наличием характерного плотного черного налета на экзоскелете (рис. 1).

От 3 экземпляров крабов с признаками «асфальтовой» болезни отобрали образцы органов и тканей для гистологических исследований. Образцы тканей помещали в 4%-й формалин, приготовленный на морской воде. При дальнейшей обработке их промывали в проточной воде в течение суток и обезвоживали в спиртах возрастающей



Рис. 1. Плотный черный налет на наружных покровах краба-стригуна опилю *Chionoecetes opilio*, зараженного патогенным грибом *Trichomaris invadens*

концентрации 70°, 90°, 100° I, 100° II, 100° III. Дальнейшую обработку гистологических проб и окрашивание препаратов гематоксилин-эозином по Мейеру проводили по общепринятым методикам (Austin, Austin, 1989; Bancroft et al., 1990). Полученные препараты изучали под световым микроскопом Olympus BH-2 (Япония), имеющим автоматическое фотографическое устройство.

Используемые сокращения в тексте: СЛЦ — стадия личиночного цикла, кон. — крабовые конусовидные ловушки, труб. — трубчеловные ловушки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований были получены данные о встречаемости особей с признаками «асфальтовой» болезни в уловах краба-стригуна опилио в различных районах северной части Охотского моря (табл. 1). Ловушечные станции позволили оценить распространенность инфекции среди особей краба-стригуна опилио на промысловых участках, а также в прибрежье, где краб-стригун опилио встречается только в прилове. При помощи траловых орудий лова были исследованы значительные области шельфа, где промысел краба не ведется (в основном на глубинах 100–150 м). В этом районе происходит оседание личинок и рост молоди краба-стригуна опилио, которые по мере

взросления перемещаются на более глубоководные участки. «Асфальтовая» болезнь у крабов-стригунов ни на одной из траловых станций не была обнаружена.

В прилове к крабу-стригуну опилио также было проанализировано 79 экз. краба-стригуна Бэрда. Больных «асфальтовой» болезнью среди них не оказалось.

В целом, район, в котором встречались зараженные крабы, был ограничен крайней точкой на западе 141°15' в. д., на востоке — 148°57' в. д., южной точкой — 55°49' с. ш. и северной — 58°21' с. ш. (рис. 2). На основе данных ловушечных съемок был выделен район банки Ионы, где наблюдалась наиболее высокая встречаемость больных крабов. В биологических анализах среди станций, где использовались конические крабовые ловушки, максимальная превалентность «асфальтовой» болезни составила 10,17%. Среди учетных станций с трубчеловными ловушками, выставленных по периметру банки Ионы, максимальная доля зараженных крабов в уловах составила 79,07%. Всего один случай «асфальтовой» болезни был зарегистрирован в прибрежье. На одной из прибрежных станций в уловах конусовидных крабовых ловушек обнаружили двух крабов-стригунов опилио, один из которых имел признаки заболевания.

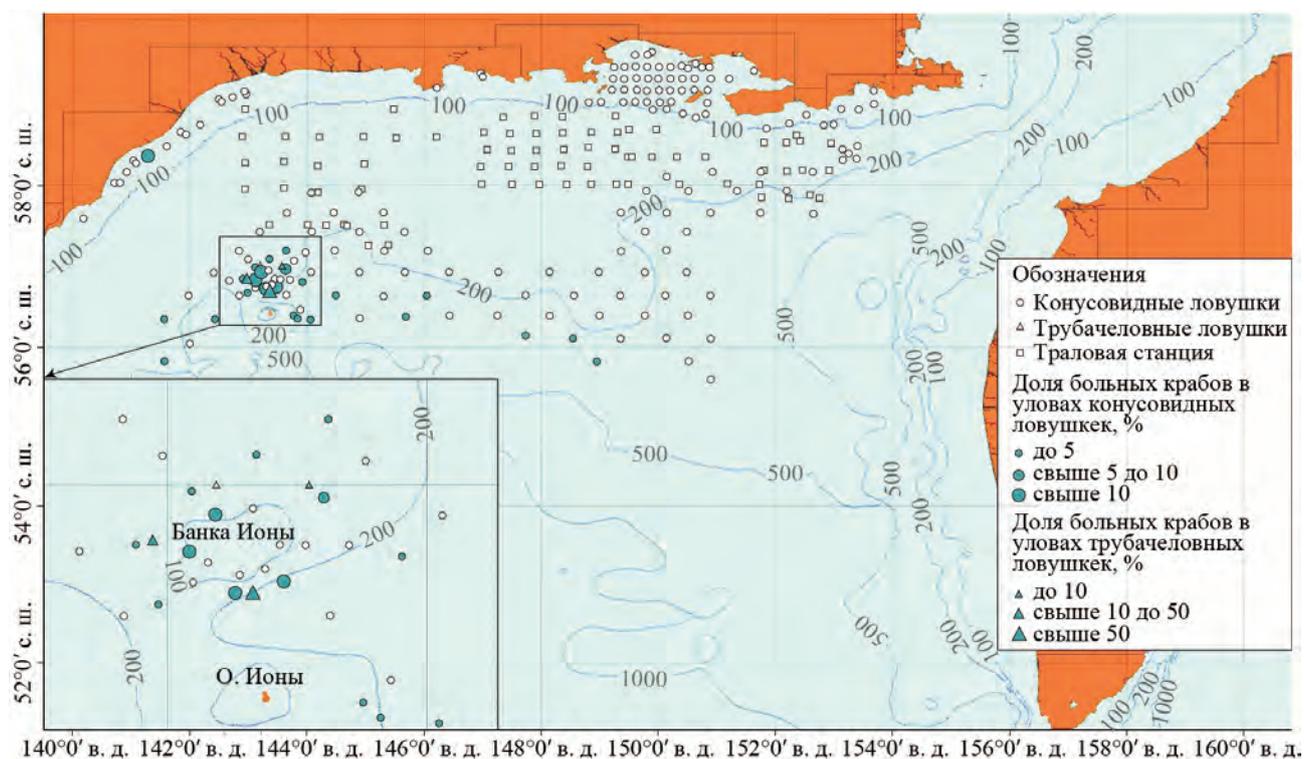


Рис. 2. Распространение «асфальтовой» болезни у краба-стригуна опилио *Chionoecetes opilio* в Северо-Охотоморской промысловой подзоне Охотского моря

К сожалению, разные орудия лова, используемые при выполнении ловушечных съемок по крабам и трубачам, затрудняют сопоставление полученных данных. Известно, что будучи в непосредственной близости от приманки, расположенной внутри крабовых промысловых ловушек, «широкопалые» самцы, видимо, подавляют своим присутствием «узкопалых», в результате чего даже при большей плотности «узкопалых» самцов в ловушки удается проникнуть лишь немногим из них (Hoepig, Dawe, 1991). Напротив, в трубачеловные ловушки из-за небольшого диаметра входного отверстия вход крабов-стригунов средних и крупных размеров затруднен или невозможен. Из-за отсутствия крупных самцов в трубачеловные ловушки безбоязненно входят мелкоразмерные особи, в подавляющем большинстве являющиеся «узкопалыми» самцами. Трубачеловные ловушки, с более мелкой ячеей, смогли также обловить самок краба-стригуна опилио и дополнить данные о распространении «асфальтовой» болезни на акватории банки Ионы. Донный трал имеет то преимущество, что, в отличие от ловушек, является активным орудием лова и селективными свойствами не обладает. Основную часть уловов в районе, где проводилась траловая съека, формировали «узкопалые» самцы и, в меньшей степени, самки.

При сопоставлении информации о встречаемости краба-стригуна с «асфальтовой» болезнью на разных участках моря использовали данные по уловам конусовидных ловушек. Результаты показали, что в большей степени заболеванию подвержена группировка самцов краба-стригуна опилио, обитающая в северо-западной части Охотского моря на участке 142–144° в. д., куда входит акватория банки Ионы (табл. 2). Средняя превалентность инфекции здесь составила 1,46%. В западном направлении от банки Ионы доля таких крабов была ниже (0,88%). С продвижением от банки Ионы на восток доля больных крабов уменьшилась до уровня 0,19–0,27%, и, начиная со 149° в. д., особи с признаками болезни обнаружены не были.

Селективные свойства конусовидных крабовых ловушек не позволили оценить распространенность заболевания среди самок. Одна из двух выловленных неполовозрелых самок была поражена «асфальтовой» болезнью. Эта единственная инфицированная самка была встречена у банки Ионы. Среди половозрелых самок (58 экз.) особей с признаками микоза не отмечали.

Анализ показал, что среди самцов краба-стригуна опилио доля зараженных особей была выше в когорте «узкопалых» особей, чем «широкопалых» (табл. 3). Известно, что самки и самцы краба-стригуна *Chionoecetes opilio* линяют последний раз в своей жизни (терминальная линька) при наступлении морфометрической половозрелости (Yoshida, 1941, цит. по: Карасев, 2014; Conan, Comeau, 1986). Одним из показателей того, что самцы претерпели терминальную линьку, является увеличение размера клешни по сравнению с шириной карапакса.

При анализе размерного состава уловов и доли инфицированных крабов у «широкопалых» и «узкопалых» самцов выявили одну общую тенденцию — с увеличением ширины карапакса доля крабов с патогеном в размерном ряду уменьшалась (рис. 3). В Северо-Охотоморской подзоне в уловах крабовых конусовидных ловушек ширина карапакса «широкопалых» самцов краба-стригуна опилио варьировала от 50,0 до 148,5 мм, в среднем 110,4 мм. «Узкопалые» самцы имели размеры от 43,6 до 124,4 мм, в среднем 96,5 мм. Доля «узкопалых» самцов в уловах составила 7,0%. Ширина карапакса у «широкопалых» крабов с признаками «асфальтовой» болезни колебалась от 57,3 до 120,1 мм, в среднем 99,9 мм. У инфицированных «узкопалых» самцов ширина карапакса изменялась от 50,2 до 104,4 мм, составляя в среднем 89,0 мм.

Нами была также отмечена зависимость частоты встречаемости заболевания от стадии личинок

Таблица 2. Превалентность (%) «асфальтовой» болезни среди самцов краба-стригуна опилио в конусовидных крабовых ловушках в Северо-Охотоморской подзоне

Акватория	140°00'–142°00'	142°00'–144°00'	144°00'–146°00'	146°00'–148°00'	148°00'–150°00'	150°00'–153°30'
Доля крабов с признаками заболевания, %	0,88	1,46	0,26	0,27	0,19	0
Проанализировано, экз.	453	2190	1516	748	1577	1845

Таблица 3. Доля зараженных «асфальтовой» болезнью самцов краба-стригуна опилио в конусовидных крабовых ловушках в зависимости от типа клешни (Северо-Охотоморская подзона)

Функциональная группа	Доля зараженных крабов, %	Объем проанализированного материала, экз.
«Широкопалые» самцы	0,44	7580
«Узкопалые» самцы	2,11	569

ного цикла крабов. Как среди «широкопалых», так и среди «узкопалых» самцов она увеличивалась по мере старения внешних покровов (рис. 4). Причем у крабов, недавно прошедших линьку, участки характерного черного налета были редкими и небольшими. У ракообразных с более старым панцирем площадь поражения увеличивалась. При очень сильной степени заражения грибок мог покрывать карапакс, abdomen и ноги краба полностью.

В трубачеловных ловушках, выставленных по периметру банки Ионы, было поймано 5 «широкопалых» самцов размером от 51,7 до 70,3 мм. Все они имели признаки «асфальтовой» болезни. Из 23 выловленных «узкопалых» самцов микозом было поражено 14 экз. (60,9%). Размеры «узкопалых» самцов варьировали от 38,9 до 61,7 мм. К сожалению, у 23 экз. выловленных самцов не была измерена высота клешни, поэтому разделить их на разные функциональные группы не представляется возможным. Их размеры составляли от 47,5 до 133,0 мм. Из них 7 экз. (30,4%) были заражены. В целом, из всех самцов (51 экз.), пойманных трубачеловными ловушками на банке Ионы (с измеренной и неизмеренной высотой клешни), «асфальтовой» болезнью было поражено 26 экз. (51,0%). В трубачеловных ловушках доля перелинявших самцов во 2-й СЛЦ составила 2,0%, доля краба в 4-й СЛЦ, — 2,0%. Остальная часть крабов находилась в 3-й СЛЦ, причем основная масса самцов имела 3-ю раннюю (72,5%) и 3-ю среднюю стадию (21,6%), незначительная часть приходилась на 3-ю позднюю стадию (2,0%). Состояние покровов 69,2% больных особей соответствовало 3-й ранней стадии личиночного цикла, покровы 23,1% отнесли к 3-й средней, и по 3,8% — к 3-й поздней и 4-й стадии.

В трубачеловные ловушки попала 21 самка краба-стригуна опилио. Среди 18 неполовозрелых самок «асфальтовую» болезнь зарегистрировали у 11 экз. (61,1%), среди половозрелых (3 экз.) — у одной из них.

Кроме того, в трубачеловные ловушки было поймано 162 самца и 80 самок краба-паука *Hyas coarctatus alutaceus*. Экзоскелет одного из самцов этого вида был поражен «асфальтовой» болезнью. Среди самок больных особей не обнаружили.

При гистологических исследованиях образцов тканей крабов с визуальными признаками микоза на поверхности и в толще разрушающихся слоев

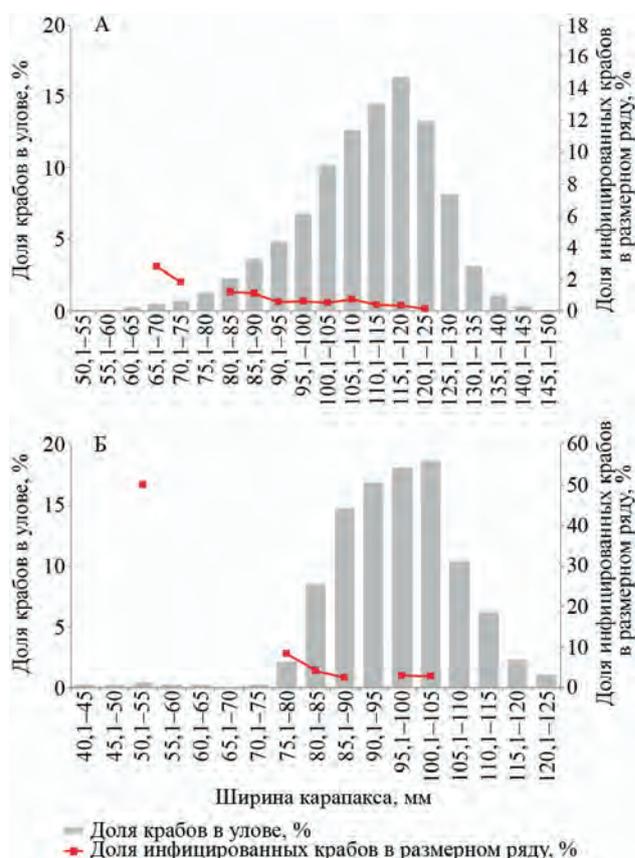


Рис. 3. Размерный состав самцов краба-стригуна опилио в уловах конусовидных ловушек и доля больных «асфальтовой» болезнью ракообразных в разных размерных группах среди «широкопалых» (А) и «узкопалых» (Б) особей

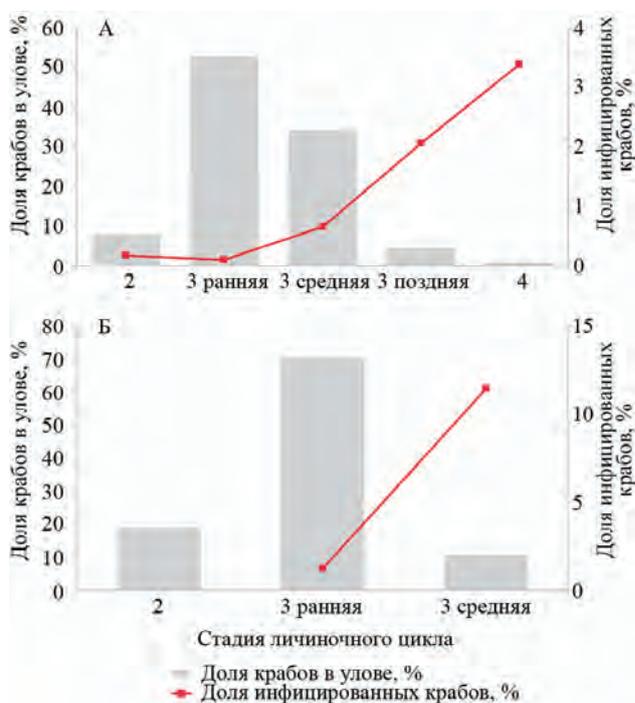


Рис. 4. Доля больных «асфальтовой» болезнью самцов краба-стригуна опилио на разных стадиях личиночного цикла среди «широкопалых» (А) и «узкопалых» (Б) особей в уловах конусовидных ловушек

экзоскелета регистрировали темноокрашенные гифы, образующие подушковидный мицелий, с частично погруженными в него округлыми плодовыми телами. Диаметр септированных с редкими разветвлениями гиф составлял 5–5,5 мкм. Отмечали их прорастание сквозь нейросенсорные каналы экзоскелета. Большинство нейросенсорных каналов непосредственно под зоной поражения грибом были заполнены гифами. Крупные участки мицелия выявили между слоями экзоскелета и эпидермиса. Регистрировали проникновение гиф в эпидермис, подлежащую рыхлую соединительную ткань и мускулатуру (рис. 5 А, Б, В).

Морфологическое строение гриба и патологические изменения тканей, отмеченные нами у пораженных «асфальтовой» болезнью крабов-стригунов опилио были типичными для инфекции *Trichomaritis invadens* (Sparks, Hibbits, 1979; Hibbits

et al., 1981; Sparks, 1982). Первоначально считали, что инфекция портит товарный вид ракообразных, но непосредственной опасности для хозяев не представляет. Исключение могут составлять случаи, когда поражается поверхность глаз и глазных стебельков, поскольку это приводит к слепоте (Brown, 1971). Однако более поздние исследования показали, что гифы гриба способны проникать сквозь экзоскелет и приводить к разрушению подлежащего эпителия, соединительной ткани и мускулатуры (Sparks, Hibbits, 1979; Hibbits et al., 1981; Sparks, 1982). Неокрашенные гифы были обнаружены в жабрах, стенках кровеносных сосудов и пищеварительного тракта, сердечной сумке, гемопоэтической ткани. Исследуя вопрос о возможности проникновения *Trichomaritis invadens* в мускулатуру ног, т. е. в съедобные ткани, Д. Хоскин показал, что гифы гриба проникают во внутренние ткани и органы краба на расстояние около 1 см от видимой колонии на поверхности экзоскелета (Hoskin, 1983). То есть, внутренние органы поражаются тем больше, чем большая поверхность экзоскелета краба покрыта мицелием.

По полученным нами данным, среди самцов краба-стригуна опилио инфекции *Trichomaritis invadens* в большей степени подвержены мелкоразмерные «узкопалые» самцы, т. е. особи, не прошедшие терминальную линьку. Доля инфицированных «узкопалых» самцов уменьшается при увеличении ширины их карапакса. В когорте «широкопалых» самцов заболевание встречается редко.

При ведении промысла краба-стригуна опилио, непосредственный ущерб, связанный с выбраковкой из-за заболевания, незначительный. На участках, где ведется промысел краба, среди самцов, достигших промысловой меры, доля больных особей составляет в среднем около 0,4%. Воздействие заболевания на непромысловую часть популяции — мелкоразмерных самцов и самок — более весомое.

Так, среди непромысловых самцов (ширина карапакса менее 100 мм), выловленных конусовидными крабовыми ловушками непосредственно на банке Ионы (56°40'–57°00' с. ш. и 143°00'–143°30' в. д.), доля больных особей составила 17,3% (проанализировано 52 экз.). Учитывая селективные свойства этого орудия лова, в реальности эта цифра может быть гораздо выше. Наше предположение подтверждается тем, что в трубачеловных ловушках, куда в основном попадают как раз мелкораз-

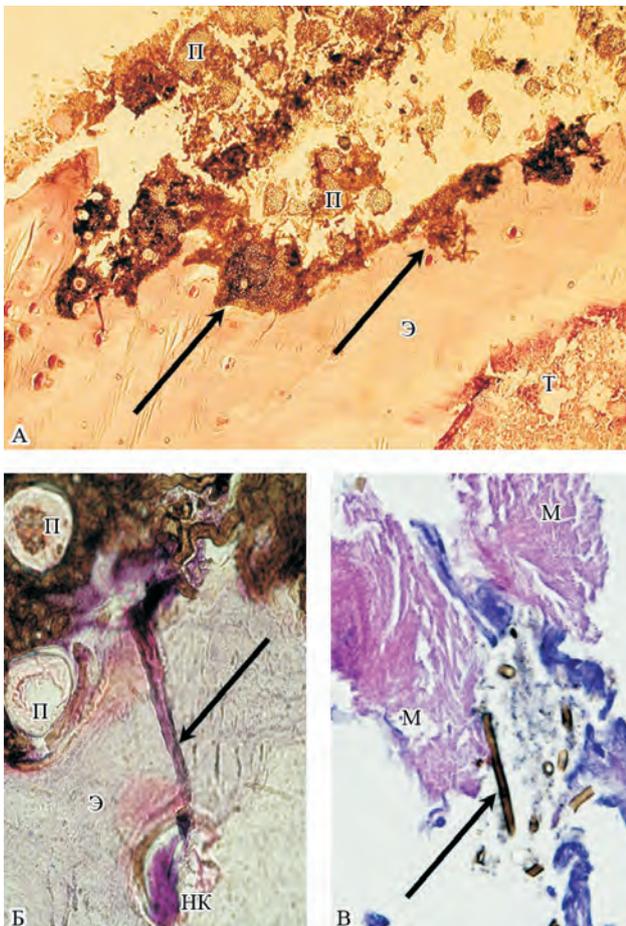


Рис. 5. *Trichomaritis invadens* в тканях краба-стригуна опилио *Chionoectes opilio*  
 А — гифы и плодовые тела на поверхности и в толще разрушающихся слоев экзоскелета; Б — прорастание гиф сквозь нейросенсорный канал; В — гифы в мускулатуре. Обозначения: стрелки — гифы гриба; П — плодовые тела; Э — слои экзоскелета; Т — эпидермис и соединительная ткань; НК — нейросенсорный канал; М — мускулатура. Окрашивание гематоксилин-эозином. Увеличение: А — 50; Б, В — 400

мерные особи, доля инфицированных животных составляла 51,0%. И она была еще выше среди неполовозрелых самок.

Во время линьки краб сбрасывает не только внешние твердые покровы, но и твердые стенки желудка, кишки, т. е. ткани эктодермального происхождения. Экспериментальных данных об успешности линьки больных «асфальтовой» болезнью ракообразных нет, но, вероятнее всего, такие особи не способны ее пережить. Поскольку новый экзоскелет продуцируется эпидермисом и структурами субэпидермальных тканей, разрушение последних просто не позволяет формироваться новым наружным покровам. В своих исследованиях Спаркс (Sparks, 1982) обнаружил гифы гриба во внутренних органах всех инфицированных крабов. Причем у крабов с легкой степенью инфекции гифы регистрировали только в эпидермисе и субэпидермальных тканях, с тяжелой — в мускулатуре и внутренних органах. В то же время среди 50 экз. исследованных им крабов-стригунов без признаков инфекции, выловленных в том же районе, гифы гриба не были выявлены ни в эпидермисе, ни в других тканях ни в одном случае. Автор считает этот факт косвенным доказательством того, что больные ракообразные не переживают линьку и, следовательно, инфекция *Trichomaris invadens* может реально влиять на численность промысловой популяции. Ущерб от заболевания может складываться из пререкрутов, которые не переживают линьку, т. е. не достигают промыслового размера, а также из самок. Неполовозрелые самки не достигнут половозрелости, а зрелые меньше проживут (особенно в случае поражения глаз и ротовых органов). Кроме того, хотя автор обнаружил гифы *Trichomaris invadens* только в окружающей соединительной ткани, а не в самом яичнике, он регистрировал дегенерацию и некроз яйцеклеток у зараженных самок (Sparks, 1982).

Среди зараженных ракообразных мы отмечали крабов на разных стадиях линичного цикла. Площадь поражения экзоскелета была тем больше, чем он старше. Такую же зависимость отмечали при ловушечном промысле у крабов-стригунов Бэрда у о. Кадьяк, где инфекцию отмечали у 24% недавно линявших особей и у 80% ракообразных со старым панцирем (Hoskin, 1983). Однако по полученным нами данным с использованием труба-человных ловушек, покровы подавляющего большинства больных животных соответствовали 3-й ранней стадии линичного цикла. Кроме того, в

крабовых ловушках нами обнаружен один экземпляр во 2-й СЛЦ с признаками микоза. Вероятно, крабы заражаются в период линьки или через короткое время после нее. К более поздним стадиям линичного цикла болезнь прогрессирует, и все большая площадь экзоскелета покрывается мицелием. Жизненный цикл *Trichomaris invadens* изучен слабо. Портер (Porter, 1982) показал, что формирующиеся в плодовых телах аскоспоры гриба имеют длинные отростки, посредством которых они зацепляются за неровности субстрата, мелких ракообразных в зоопланктоне и т. п. Предполагают, что аскоспоры таким же образом прикрепляются к поверхности карапакса крабов, и это является первым шагом инфекции (Porter, 1982). Неизвестно, какое время занимают развитие мицелия и плодовых тел на поверхности экзоскелета и созревание последних. Неясно, происходят ли формирование и выход аскоспор в окружающую среду круглый год или лишь в определенный сезон. Вопрос о том, возможно ли заражение крабов на любой стадии их линичного цикла либо оно происходит только на ранних стадиях, также остается открытым. Во всяком случае, если заражение происходит и на поздних стадиях линичного цикла ракообразных, такие особи, вероятно, имеют больше шансов пережить очередную линьку.

По полученным нами данным, в северной части Охотского моря больные «асфальтовой» болезнью крабы-стригуны опилио сконцентрированы в районе банки Ионы. Средняя превалентность заболевания у самцов падает с удалением от этого района. На материковой части шельфа отмечен единственный случай инфекции. Ранее «асфальтовую» болезнь регистрировали у крабов-стригунов опилио в южной части Охотского моря в шельфовой зоне о. Сахалин. На 12 ловушечных станциях максимальная превалентность инфекции у самцов достигала 1%, у самок — 8,5%, средняя превалентность — 0,6 и 3,7% соответственно (Стексова, 2004). Несколько экземпляров инфицированных крабов того же вида было обнаружено в западной части Берингова моря в Карагинской промысловой подзоне в 2013 г. (Рязанова, Устищенко, 2014). На шельфе Западной Камчатки сотрудниками ФГУП «КамчатНИРО» комплексные исследования болезней промысловых ракообразных проводятся более 10 лет. В ходе 4 ловушечных и 3 траловых съемок (включая траловую съемку в июне–июле 2014 г.) исследования велись на аква-

тории шельфа в диапазоне широт от 51°05' с. ш. до 59°03' с. ш., на глубинах от 9 до 551 м. В целом, клиническому анализу было подвергнуто 4906 экз. крабов-стригунов опилио и 17 532 экз. крабов-стригунов Бэрда. Ни одного случая «асфальтовой» болезни не обнаружено. Таким образом, природным очагом этого заболевания у крабов-стригунов опилио в Охотском море является район банки Ионы и, вероятно, шельфовая зона о. Сахалин.

Интересно, что в Охотском море не обнаружено ни одного случая этого заболевания у краба-стригуна Бэрда. Хотя первоначально *Trichomaritis invadens* был описан в заливе Аляска как патоген крабов именно этого вида. Позже его зарегистрировали также у краба-стригуна опилио в Беринговом море вблизи о-вов Прибылова, у восточного побережья Канады, у берегов Японии. У восточного побережья Аляски «асфальтовую» болезнь обнаружили у *Ch. tanneri*. Однако авторы отмечают, что в этих районах ни у одного из двух последних видов заболевание не имеет такого распространения, как у краба-стригуна Бэрда (Hibbits et al., 1981). Средняя превалентность заболевания у крабов этого вида в районе острова Кадьяк составляет 12,7% (Hoskin, 1983). В зависимости от мест сбора, превалентность по станциям в этом районе варьирует от 0 до 81% (Sparks, 1982; Hoskin, 1983; Dick et al., 1998). Упоминаний о находках «асфальтовой» болезни у крабов-стригунов, обитающих в Атлантике, мы не обнаружили.

*Trichomaritis invadens* считают облигатным патогеном крабов рода *Chionoecetes* (Hibbits et al., 1981). В наших исследованиях, наряду с крабами-стригунами опилио, инфекция была выявлена у краба-паука *Hyas coarctatus alutaceus*. Вероятно, это первый зарегистрированный случай обнаружения «асфальтовой» болезни у ракообразных этого вида. В последние десятилетия в литературе часто встречается описание случаев обнаружения различных инвазионных и инфекционных заболеваний как у новых хозяев, так и у типичных хозяев, но в новых районах Мирового океана. Причин этому называют множество: от биоинвазий в результате антропогенного воздействия до изменений климата (Stentiford et al., 2012). Но в данном случае нам кажется более вероятной другая причина. Крабы-пауки и крабы-стригуны являются представителями одного семейства, обитают в одних и тех же районах и занимают один экотоп. Вполне вероятно, что крабы-пауки всегда заража-

лись «асфальтовой» болезнью. Но поскольку вид не является промысловым, на этот факт просто не обращали внимания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований показали, что в районе банки Ионы в Охотском море находится природный очаг «асфальтовой» болезни, этиологическим агентом которой является патогенный гриб *Trichomaritis invadens*. Акватория, где встречаются зараженные крабы-стригуны опилио, ограничена крайней точкой на западе 141°15' в. д., на востоке — 148°57' в. д., южной точкой 55°49' с. ш. и северной — 58°21' с. ш.

Микроскопические исследования тканей больных крабов показали наличие гиф гриба в нейро-сенсорных каналах наружных покровов и подлежащих мягких тканях. Между слоями экзоскелета и эпидермиса обнаружили крупные участки мицелия.

При анализе уловов зараженные особи зарегистрированы среди крабов на всех стадиях личиночного цикла, включая ранние. Площадь покрытия экзоскелета мицелием гриба увеличивается по мере старения панциря.

В основном заболеванию подвержена часть популяции, которая не используется промыслом. Это мелкоразмерные самцы, большая часть которых не прошла терминальную линьку, и самки. Больные неполовозрелые самки встречаются чаще, чем половозрелые. Таким образом, ущерб популяции от заболевания может складываться из пререкрутов, которые не переживают линьку, т. е. не достигают промыслового размера, а также из самок.

Кроме крабов-стригунов опилио, «асфальтовая» болезнь была обнаружена у краба-паука *Hyas coarctatus alutaceus*. Это первый описанный случай инфекции *Trichomaritis invadens* у крабов этого вида.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы приносят искреннюю благодарность сотруднику ФГУП «МагаданНИРО» Е.А. Метелеву за помощь в сборе материала в августе–сентябре 2013 г.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дудников С.А. 2005. Количественная эпизоотология: основы прикладной эпидемиологии и биостатистики. Владимир: Демиург. 460 с.

- Иванов Б.Г., Соколов В.И. 1997. Краб-стригун *Chionoecetes opilio* (Crustacea Decapoda Brachyura Majidae) в Охотском и Беринговом морях // *Arthropoda Selecta*. Т. 6. Вып. 3–4. С. 63–86.
- Карасев А.Н. 2014. Краб-стригун опилио северной части Охотского моря (особенности биологии, запасы, промысел). Магадан: Новая полиграфия. 194 с.
- Клинушкин С.В., Рязанова Т.В. 2013. Распространенность «асфальтовой» болезни в популяции краба-стригуна опилио *Chionoecetes opilio* севера Охотского моря // *Паразитология в изменяющемся мире: Матер. V Съезда Паразитологического общества при РАН: Всерос. конф. с междунар. участием (Новосибирск, 23–26 сентября 2013 г.)*. Новосибирск: Гарамонд. С. 85.
- Михайлов В.И., Бандурин К.В., Горничных А.В., Карасев А.Н. 2003. Промысловые беспозвоночные шельфа и материкового склона северной части Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО. 284 с.
- Первеева Е.Р. 2007. Распределение и некоторые черты биологии краба-стригуна опилио *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae) Западного Сахалина в апреле–мае 2005 г. // *Труды ВНИРО «Морские промысловые беспозвоночные и водоросли: биология и промысел. К 70-летию со дня рождения Бориса Георгиевича Иванова»*. Т. 147. М.: ВНИРО. С. 119–130.
- Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. 2004. Экологическая эпидемиология: Уч. для высш. учебн. заведений. М.: Академия. 384 с.
- Рязанова Т.В., Устименко Е.А. 2014. Основные результаты эпизоотического обследования промысловых ракообразных прикамчатских вод // *Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИИ рыб. хоз-ва и океанографии*. Вып. 34. С. 51–60.
- Слизкин А.Г., Сафронов С.Г. 2000. Промысловые крабы прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: Северная Пацифика. 180 с.
- Стексова В.В. 2004. Морфофизиологическое состояние краба-стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*: Brachyura: Majidae) в водах Сахалина в связи с воздействием на него некоторых организмов эпibiоза: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: МГТА. 18 с.
- Austin B., Austin D.A. 1989. Methods for the microbiological examination of fish and shellfish / Edinburgh: Depart. Biol. Sci. Heriot. Watt Univ. P. 69–97.
- Bancroft D., Stevens A., Turner D.R. 1990. Theory and practice of histological techniques. Edinburgh-London-Melbourne-New York: Churchill Livingstone Inc. 725 p.
- Brown R.B. 1971. The development of the Alaskan fishery for Tanner crab, *Chionoecetes* species, with particular reference to the Kodiak area, 1967–1970 // Alaska Department of Fish and Game, Inform. Leaf. 153. P. 1–26.
- Conan G., Comeau M. 1986. Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio* // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* V. 43. P. 1710–1719.
- Dick M.N., Donaldson W.E., Vining I.W. 1998. Epibionts of the tanner crab *Chionoecetes bairdi* in the region of Kodiak Island, Alaska // *J. Crustacean Biol.* V. 18 (3). P. 519–528.
- Hibbits J., Hughes G.C., Sparks A.K. 1981. *Trichomaritis invadens* gen. et sp. nov., an ascomycete parasite of the tanner crab (*Chionoecetes bairdi* Rathbun) (Crustacea; Brachyura) // *Can. J. Bot.* V. 59. P. 2121–2128.
- Hoening J.M., Dawe E.G. 1991. Relative selectivity of four sampling methods using traps and trawls for male snow crabs. CAFSAC Res. Doc. 91/32. 17 p.
- Hoskin G.P. 1983. Fungus invasion of legs of the tanner crab, *Chionoecetes bairdi* // *Appl. Environ. Microbiol.* V. 46. № 2. P. 499–500.
- Hynning J.M., Scarborough A.M. 1973. Identification of fungal encrustation on the shell of the snow crab (*Chionoecetes bairdi*) // *J. Fish. Res. Board Can.* V. 30. № 11. P. 1738–1739.
- Lafferty K.D., Porter J.W., Ford S.E. 2004. Are diseases increasing in the ocean? // *Ann. Rev. Ecol. Evol. System.* V. 35. P. 31–54.
- Marty G.D., Quinn T.J., Carpenter G., Meyers T.R., Willits N.H. 2003. Role of disease in abundance of a Pacific herring (*Clupea pallasii*) population // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* V. 60. № 10. P. 1258–1265.
- Porter D. 1982. The appendages ascospores of *Trichomaritis invadens* (Halosphaeriaceae), a marine ascomycetous parasite of the tanner crab, *Chionoecetes bairdi* // *Mycologia.* V. 74 (3). P. 363–375.
- Shareef M., Siddeek M., Zheng J., Morado J.F., Kruse G.H., Bechtol W.R. 2010. Effect of bitter crab disease on rebuilding in Alaska tanner crab stock // *ICES J. Mar. Sci.* V. 67. P. 2027–2032.
- Sinderman C.J. 1990. Principal diseases of marine fish and shellfish. New York: Academic Press. 516 p.
- Sparks A.K. 1982. The histopathology and possible role in the population dynamics of tanner crab, *Chionoecetes bairdi*, of the fungus disease (black mat syndrome) caused by *Trichomaritis invadens* // *Proceedings of the inter. symp. on the Genus Chionoecetes*.

- Lowell Wakefield Symposia Series. Alaska Sea Grant Rep. № 82–10. Fairbanks: Alaska Sea Grant Program. P. 539–546.
- Sparks A.K., Hibbits J. 1979. Black mat syndrome, an invasive mycotic disease of the Tanner crab, *Chionoecetes bairdi* // J. Invertebr. Pathol. V. 34. P. 184–191.
- Stentiford G.D., Neil D.M., Peeler E.J., Shields J.D., Small H.J., Flegel T.W., Vlcek J.M., Jones B., Morado F., Moss S., Lotz J., Bartholomay L., Behringer D.C., Hauton C., Lightner D.V. 2012. Disease will limit future food supply from the global crustacean fishery and aquaculture sectors // J. Invertebr. Pathol. V. 110. P. 141–157.
- Wilhelm G., Mialhe E. 1996. Dinoflagellate infection associated with the decline of *Necora puber* crab populations in France // Dis. Aquat. Org. V. 26. № 3. P. 213–219.
- Yoshida H. 1941. On the reproduction of useful crabs in North Korea (II) // Suisan Kenkyushi. № 36. P. 116–121.