

УДК [594.117:551.46.062.5] (265.54)

В.А. Лучин¹, Н.И. Григорьева^{2*}

¹ Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 43;

² Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, 690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА СРОКИ НЕРЕСТА И ОСЕДАНИЯ ЛИЧИНОК ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА (*MIZUHOPECTEN YESSOENSIS* JAY, 1857) В БУХТЕ МИНОНОСОК (ЗАЛИВ ПОСЬЕТА, ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

На наиболее полном материале наблюдений (1970–2011 гг.) выполнен анализ влияния термических факторов среды на сроки нереста и оседания личинок на коллекторы приморского гребешка (*Mizuhopecten* (= *Patinopecten*) *yessoensis* Jay, 1857) в бухте Миноносок (зал. Посьета, зал. Петра Великого). Варибельность дат наступления нереста составила 40 дней (с 1 мая по 9 июня), начала оседания — 32 дня (с 4 июня по 5 июля). Выявлено, что сроки нереста сдвигаются на более позднее время вследствие более длительных предшествующих холодных периодов с накопленной повышенной суммой и более низкими средними значениями отрицательных температур, из-за непродолжительных преднерестовых периодов (от даты весеннего перехода поверхностных температур через 0 °С до 1 мая) с пониженными суммами и невысокими средними температурами за эти периоды, а также в результате пониженных сумм температур в апреле. Получено, что даты оседания личинок на коллекторы также смещаются на более позднее время в случаях суровых зимних условий. Сдвиг даты начала оседания на более поздний срок выпадает и при невысоких средних положительных значениях температуры в преднерестовый период (с коэффициентом корреляции –0,46). Раннее оседание личинок на коллекторы происходит при более раннем весеннем переходе поверхностных температур через 0 °С (на ГМС «Посьет»). Показано, что чем выше накопленные суммы положительных значений температуры воды к 1 мая и к 1 июня, а также в апреле и мае, тем раньше происходит оседание личинок гребешка на коллекторы (коэффициенты корреляции равны соответственно –0,58, –0,60, –0,55, –0,42). На основании полученных результатов корреляционного анализа предложены прогностические уравнения для сроков наступления нереста гребешков и начала оседания личинок на коллекторы с заблаговременностью, равной соответственно 10 и 15 дней. Их оправдываемость на 10-летних независимых выборках составила: для дат наступления нереста 70 %, дат начала оседания личинок на коллекторы 60 %.

* Лучин Владимир Александрович, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: vluchin@poi.dvo.ru; Григорьева Нина Ивановна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: grigoryeva04@mail.ru.

Luchin Vladimir A., D.Geogr., leading researcher, Pacific Oceanological Institute, Far-Eastern Branch of Russian Ac. Sci., 43, Baltiyskaya St., Vladivostok, 690041, Russia, e-mail: vluchin@poi.dvo.ru; Grigoryeva Nina I., Ph.D., senior researcher, National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch, Russian Ac. Sci., 17, Palchevsky St., Vladivostok, 690041, Russia, e-mail: grigoryeva04@mail.ru.

Ключевые слова: приморский гребешок, *Mizuhopecten (=Patinopecten) yessoensis* Jay, нерест, оседание личинок, температура воды, ГМС «Посыет», бухта Миноносок, залив Посыета, залив Петра Великого, Японское море.

DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-168-183.

Luchin V.A., Grigoryeva N.I. Effects of the water temperature on timing of spawning and the spat settling for yesso scallop (*Mizuhopecten yessoensis* Jay, 1857) in the Posyet Bay (Peter the Great Bay, Japan Sea) // Izv. TINRO. — 2020. — Vol. 200, Iss. 1. — P. 168–183.

The water temperature influence on timing of spawning and the spat settling is considered for yesso scallop (*Mizuhopecten (=Patinopecten) yessoensis* Jay, 1857) in the Minonosok Bay (Posyet Bay, Peter the Great Bay) on the data of observations in 1970–2011. The date of the spawning start varied from May 1 to June 9 (within 40 days) and the start of the scallop spat settling onto collectors of marine farm varied from June 4 to July 5 (within 32 days). Usually the spawning was delayed in the years with long cold season and big sum of daily temperatures below zero or low mean temperature in winter months and April, when the pre-spawning period with the temperature above zero before May 1 was too short. The spat settling was delayed in the years with severe winter or low mean temperature in the pre-spawning period ($r = -0.46$); the early settling was observed in the years with early warming above 0°C. The higher sum of positive daily temperatures accumulated till May 1 and till June 1, or within April and May, the earlier the spat settling on collectors ($r = -0.58; -0.60; -0.55; -0.42$, respectively). Prognostic equations for 10-day and 15-day forecasting of the dates of scallop spawning start and spat settling start are proposed and tested; accuracy of these forecasts is 70% for the spawning and 60 % for the spat settling.

Key words: yesso scallop, *Mizuhopecten yessoensis*, spawning, spat settling, water temperature, Posyet, Minonosok Bay, Posyet Bay, Peter the Great Bay, Japan Sea.

Введение

Приморский гребешок (*Mizuhopecten (=Patinopecten) yessoensis* Jay, 1857) является одним из важных объектов промысла и культивирования на Дальнем Востоке России. В зал. Петра Великого многие исследователи изучали влияние различных абиотических факторов среды, в том числе температуры воды, на его развитие и размножение [Базикалова, 1950; Голиков, Скарлато, 1967; Милейковский, 1970; Белогрудов, Мальцев, 1975; Касьянов и др., 1976; Белогрудов, 1981, 1986; Силина, 1983; Дзюба, 1986; Силина, Позднякова, 1986; Гаврилова, 2005]. Выявлено, что репродуктивный цикл приморского гребешка имеет несколько стадий, где каждый этап гаметогенеза приурочен к определенным термическим условиям [Мотавкин, Вараксин, 1983; Дзюба, 1986]. В зимний период (с конца ноября — начала декабря по январь) гаметогенез приостанавливается [Дзюба, 1986]. Преднерестовая стадия наступает при температуре воды 0–5 °С (в марте-апреле), нерестовая стадия — при 7–9 °С (в мае). Размножение гребешков происходит в диапазоне температур от 7–9 до 14–15 °С [Белогрудов, 1987]. Рост личинок в планктоне и темпы роста спата также зависят от температурных условий [Милейковский, 1970; Касьянов и др., 1976; Белогрудов, 1981, 1986; Силина, Позднякова, 1986].

Одним из основных этапов культивирования *M. yessoensis* является прогнозирование оптимальных сроков установки коллекторов для сбора личинок. Слишком раннее выставление субстратов в море приводит к их заилению и оседанию нежелательных видов животных, более позднее — к потере урожая. Поэтому в предшествующих исследованиях особое внимание уделялось поиску возможных влияющих факторов (с составлением прогностических зависимостей) на сроки нереста взрослых особей и оседания личинок на коллекторы [Белогрудов, 1981, 1987; Белогрудов, Скокленева, 1983; Габаев, 1990], а также ожидаемой плотности спата на коллекторах и выявлению причин этих колебаний [Гайко, 2006; Брыков, Колотухина, 2010]. В дополнение была исследована взаимосвязь между продолжительностью ледового периода и накоплением определенного количества градусо-дней положительных температур и величиной годного индекса (ГИ) [Методические рекомендации..., 1987; Временная инструкция по прогнозированию..., 1989]. В предыдущих работах также исследовались особенности

гидрометеорологического режима зал. Посъета и его влияние на сбор спата приморского гребешка [Кучерявенко и др., 2002; Григорьева, 2005]. Но во всех выполненных работах были использованы небольшие ряды наблюдений.

Целью настоящей работы является оценка влияния параметров термического режима вод зал. Посъета (зал. Петра Великого, Японское море) на варьирование сроков нереста и начала оседания личинок приморского гребешка на коллекторы в бухте Миноносок, основанная на наиболее полном (1970–2011 гг.) материале наблюдений.

Материалы и методы

Регион исследования и локализация пунктов наблюдений представлены на рис. 1.

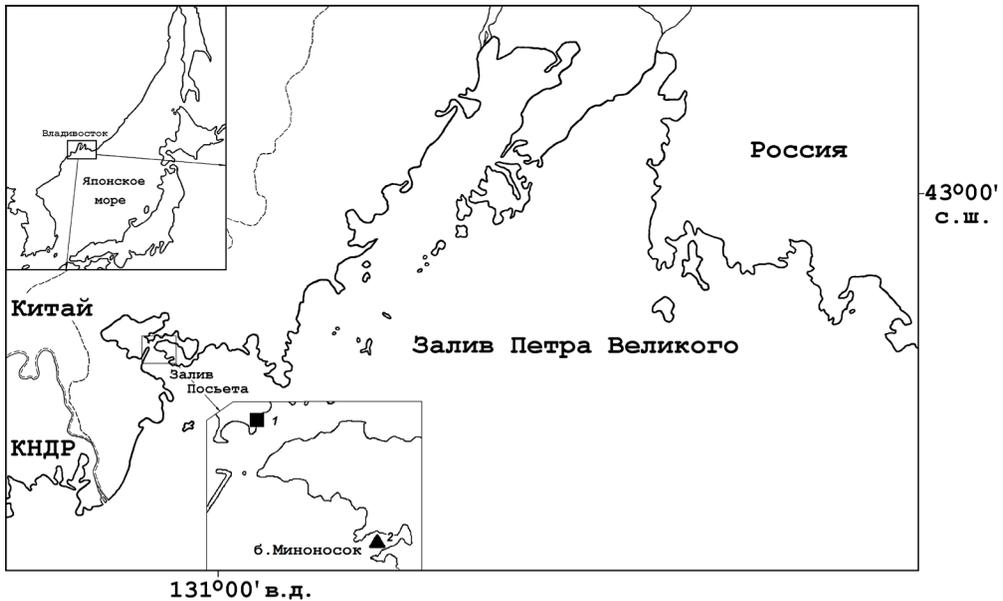


Рис. 1. Район работ и станции формирования рядов наблюдений температуры воды в зал. Посъета: 1 — ГМС «Посъет», 2 — гидрологическая станция в бухте Миноносок

Fig. 1. Scheme of the study area in the Posyet Bay: 1 — Posyet hydrometeorological station, 2 — station of temperature measuring in the Minoosok Bay

Исходные данные по срокам наступления нереста взрослых особей и начала оседания личинок на коллекторы в бухте Миноносок с 1970 по 1987 г. заимствованы из опубликованных работ [Белогрудов, Мальцев, 1975; Белогрудов, Скоклеева, 1983; Габаев, 1990]. Дополнительно привлечены неопубликованные материалы Н.И. Григорьевой за 1988–2004 гг. и В.Н. Регулева и Т.А. Регулевой за 2005–2011 гг. Время нереста определено по снижению гонадного индекса, начало оседания — по планктонным пробам (достижению личинками размеров 250–270 мкм) и данным просмотра субстратов коллекторов стандартными методами — смывом с субстратов и визуальным подсчетом количества спата [Белогрудов, Мальцев, 1975; Белогрудов, 1981].

Массив многолетних океанологических наблюдений температуры воды (у поверхности моря, на глубине 5 м и в придонном горизонте) сформирован для центральной станции бухты Миноносок (рис. 1). Измерения проводили с апреля по ноябрь в дневное время (10–12 ч) один раз в 3–5 сут с 1970 по 2011 г. (925 станций). Частота наблюдений в реальности соблюдалась не всегда, и ряды данных имели перерывы как в течение конкретных месяцев, так и от одного года к другому.

Массив непрерывных средних суточных значений температуры воды поверхностного слоя взят из данных срочных наблюдений на ГМС «Посъет» за период с октября 1969 по декабрь 2011 г. Главный вопрос при использовании наблюдений за температурой воды на ГМС — это адекватность отображения ими термического со-

стояния толщи вод исследуемой акватории. Ранее Т.Т. Винокурова и Н.М. Скокленева [1980] отмечали, что наблюдения на ГМС «Посъет» и «Гамов» репрезентативны для сравнительно удаленных от них районов зал. Посъета, включая бухту Миноносок. Ими было получено, что в прибрежных водах зал. Посъета с глубинами до 10–15 м прогрев и охлаждение одновременно охватывают практически всю толщу вод. В весенний и летний периоды (до середины августа) обычно наблюдается равномерное понижение температуры с глубиной. Н.М. Скокленева [1980], используя материалы декадных съемок ДВНИГМИ в 1974–1976 гг., а также суточные, сезонные и декадные наблюдения ТИПРО в 1976–1979 гг., выполненные в стационарных пунктах зал. Посъета (включая бухту Миноносок), сделала режимное заключение, что для всех районов залива в течение всего года характерно почти однородное распределение гидрохимических характеристик от поверхности до дна. Это связано с тем, что на мелководье, как правило, практически отсутствует слой скачка плотности

Нами также выполнена оценка репрезентативности данных о температуре воды на ГМС «Посъет» для толщи вод бухты Миноносок. Для этого были сформированы синхронизированные по времени ряды поверхностной температуры воды на ГМС и ряды значений температуры воды на станции в бухте Миноносок (с горизонтами наблюдений на 0, 5 м и у дна), построены графики связи (рис. 2) и рассчитаны коэффициенты корреляции между ними.

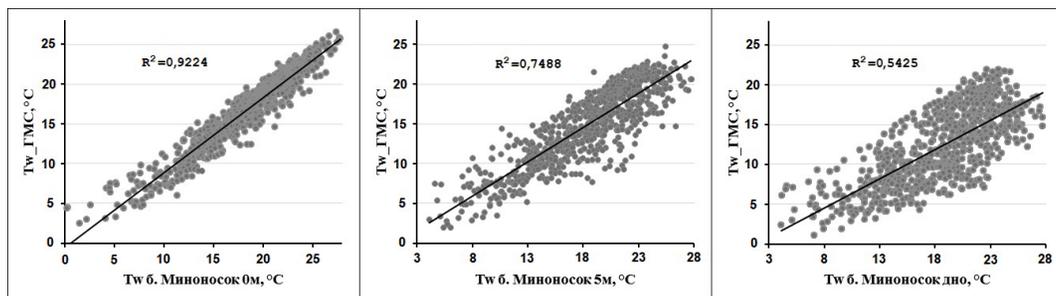


Рис. 2. Графики связей между рядами температуры воды на ГМС «Посъет» и в толще воды бухты Миноносок

Fig. 2. Diagram of correlation between SST at Posyet hydrometeorostation and the water temperature in the Minonosok Bay

Получено, что температура воды на ГМС «Посъет» наиболее хорошо согласуется с поверхностной температурой в бухте Миноносок. Различия между синхронизированными по времени рядами поверхностных значений температуры воды, как правило, не превышают 2–4 °С. Зафиксировано только 5 % случаев с разностью более 4 °С. Коэффициент корреляции между этими рядами составляет 0,96 (при $R_{крит} = 0,08$). ($R_{крит}$ рассчитываются при проверках статистических гипотез [например, Гмурман, 1975] и зависят от количества членов в сравниваемых рядах, уровня достоверности (как правило, оценки проводятся на 95 %-ном уровне значимости) и табличного критерия, связанного с длиной ряда (например, Стьюдента)). Коэффициенты корреляции для нижележащих горизонтов (5 м и придонный) составляют соответственно 0,86 и 0,74.

Представленные выше особенности (при сравнении рядов наблюдений температуры воды на ГМС и на гидрологической станции) являются объективным следствием гидрологического режима прибрежных акваторий. Весенний и летний прогрев подповерхностных вод идет с запаздыванием, а осенью (за счет накопленного тепла весной и летом), напротив, с задержкой идет охлаждение. Исключением являются наблюдения после штормовой погоды, когда вся толща вод бухты может иметь практически неизменную температуру воды. Аналогичная ситуация с вертикальным распределением температуры воды наблюдается в холодный период года. Вследствие мелководности прибрежных акваторий конвективное перемешивание достигает придонных горизон-

тов, а различия значений температуры воды между поверхностью и дном становятся минимальными (не превышая 0,1–0,2 °С), что подтверждается результатами работ в Амурском заливе [Лучин, Сагалаев, 2005], в бухте Северной [Лучин, Григорьева, 2018], а также в зал. Петра Великого [Лучин и др., 2005].

В прибрежных районах зал. Посъета, включая бухту Миноносок, по результатам декадных наблюдений в теплый период года выявлены внутримесячные флюктуации температуры воды, которые сравнимы с сезонными и межгодовыми колебаниями [Винокурова, Скокленева, 1980, 1981; Скокленева, 1980]. Они обусловлены в основном непериодическими колебаниями сгонно-нагонного характера, речным стоком и приливо-отливными явлениями. По данным суточных наблюдений (при штилевой погоде) в бухтах зал. Посъета, включая бухту Миноносок, колебания температуры составили от 1,1–3,3 °С (на поверхности и в придонном горизонте) в квадратуру и до 5,0–7,2 °С у дна в период сизигии [Винокурова, Скокленева, 1981]. По данным суточной станции (26–27 августа 1977 г.) температура воды на поверхности и у дна может быть как однородной, так и различаться на 4–5 °С (около 1 °С на поверхности и до 4 °С у дна), что связывается с приливными явлениями, а также с береговым стоком и осадками [Скокленева, Щербак, 1980]. Более того, за счет динамических факторов температура воды в летний период эпизодически может понижаться или повышаться на 2–4 °С в поверхностном слое и на 7–8 °С у дна [Винокурова, Скокленева, 1980]. Таким образом, учитывая результаты вышеперечисленных работ, можно констатировать, что представленные на рис. 2 различия (для горизонтов 5 м и придонного) являются следствием короткопериодных нарушений квазиоднородного вертикального распределения температуры воды в бухте Миноносок.

Анализ имеющихся в нашем распоряжении многолетних рядов наблюдений показал, что самый ранний нерест зафиксирован 1 мая, а самое раннее начало оседания личинок на коллекторы — 4 июня. С учетом этих дат для оценки влияния термических параметров среды на дату наступления нереста и дату начала оседания личинок на коллекторы были сформированы следующие временные ряды (термические параметры обозначены **P1**, ..., **Pn**; коэффициенты корреляции — **R**):

- ежегодное число дней от 1 мая до даты нереста — **N_Day_Spawning**;
- ежегодное число дней от 1 июня до даты начала оседания личинок — **N_Day_Setting**;
- ежегодные продолжительности холодных периодов (от осеннего до весеннего перехода температуры воды через 0 °С) — **P1**;
- ежегодные суммы средних суточных значений температуры воды за холодный период (от осеннего до весеннего перехода температуры воды через 0 °С) — **P2**;
- ежегодные средние значения температуры воды (**P2/P1**) за холодный период — **P3**;
- ежегодные суммы средних суточных значений температуры воды в апреле — **P4**;
- ежегодные продолжительности преднерестовых периодов с положительными значениями температуры (от даты перехода весной температуры воды через 0 °С до 1 мая) — **P5**;
- ежегодные суммы средних суточных положительных значений температуры воды за преднерестовый период — **P6**;
- ежегодные средние значения температуры воды за преднерестовый период — **P7**;
- ежегодные суммы средних суточных значений температуры воды с 1 по 15 мая — **P8**;
- ежегодные суммы средних суточных значений температуры воды за апрель-май — **P9**;
- ежегодные продолжительности периодов с положительными значениями температуры от даты перехода весной температуры воды через 0 °С до 1 июня — **P10**;
- ежегодные суммы средних суточных положительных значений температуры воды от даты перехода весной температуры воды через 0 °С до 1 июня — **P11**;
- ежегодные средние значения температуры воды за период от даты перехода весной температуры воды через 0 °С до 1 июня — **P12**.

Результаты и их обсуждение

Оценка влияния температуры воды на сроки нереста и оседания личинок приморского гребешка *M. yessoensis*

В зал. Посыета нерест приморского гребешка длится в течение 1,5 мес. [Бело-грудов, 1987]. В мелководных бухтах он начинается раньше, в открытых районах сдвигается на более поздние даты. Различие в сроках может составлять от нескольких дней до трех-четырёх недель [Бело-грудов, Мальцев, 1975; Бело-грудов, 1987].

Результаты выполненного корреляционного анализа показали наличие значимых корреляционных связей между датами нереста и термическими параметрами (см. таблицу), перечень которых представлен выше.

Коэффициенты корреляции между датами нереста (**Spaw**), датами начала оседания личинок на коллекторы (**Settl**) и термическими параметрами, полученными по данным ГМС «Посыет» ($R_{\text{крит}} = 0,35$)

Correlation coefficients between interannual variations of the starting dates of scallop spawning (**Spaw**) and spat settling on collectors (**Settl**) and SST variations at Posyet hydrometeorostation ($R_{\text{крит}} = 0,35$)

	Spaw	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Spaw	1	0,42	-0,55	-0,42	-0,50	-0,42	-0,51	-0,45	-	-	-	-	-
Settl	0,72	0,56	-0,63	-0,40	-0,55	-0,55	-0,58	-0,46	-0,42	-0,58	-0,54	-0,60	-0,27

По результатам корреляционного анализа с параметрами **P1**, **P2** и **P3** выявлено, что более длительный холодный период с накопленной повышенной суммой и низкими средними за период значениями отрицательных температур сдвигает дату нереста на более поздний срок. Кроме того, сдвиг даты нереста на более поздний срок происходит и при пониженной продолжительности преднерестовых периодов (от даты весеннего перехода температуры воды через 0 °С до 1 мая — **P5**), пониженной сумме температур в апреле (**P4**), пониженной сумме температур за преднерестовый период (**P6**), а также при невысоких средних за преднерестовый период значениях температуры воды (**P7**). Ранее Е.А. Бело-грудов и В.Н. Мальцев [1975] по ограниченному ряду лет установили, что низкая температура воды в преднерестовый период приводит к сдвигу сроков нереста на более позднее время, а ранний прогрев, напротив, — к более раннему его наступлению.

Наши расчеты показали, что коэффициенты корреляции между датами начала оседания и продолжительностью холодных периодов (**P1**), а также суммами отрицательных значений температуры воды (**P2**) достаточно высоки (0,56, -0,63), что свидетельствует о смещении дат оседания на более позднее время в случаях более суровых зимних условий. Однако осредненные значения температуры воды за холодный период (**P3**) слабо коррелируют с датами начала оседания личинок на коллекторы ($R = -0,40$) (при $R_{\text{крит}} = 0,35$), что подтверждает выводы предшествующих работ [Мотавкин, Варакин, 1983; Касьянов, 1989] о приспособленности моллюсков к жизни в водах с отрицательными зимними температурами.

Также даты начала оседания личинок на коллекторы хорошо взаимосвязаны с продолжительностью периодов с положительной температурой до 1 мая (**P5**) и до 1 июня (**P10**) с коэффициентами корреляции, равными соответственно -0,55 и -0,54. Следовательно, при раннем весеннем переходе температуры воды на ГМС «Посыет» через 0 °С происходит более раннее оседание личинок гребешков на коллекторы. Кроме того, чем выше накопленные суммы средних суточных положительных значений температуры воды в конкретном году к 1 мая (**P6**), к 1 июня (**P11**), в апреле (**P4**), в мае (**P8**) и за апрель-май (**P9**), тем раньше происходит оседание личинок гребешка на коллекторы (R равны соответственно -0,58, -0,60, -0,55, -0,42, -0,58). Сдвиг даты начала оседания личинок на коллекторы на более поздний срок происходит при невысоких средних положительных значениях температуры за период до 1 мая (параметр **P7** с коэффициентом корреляции, равным -0,46). В то же время нами не была выявлена значимая корреляционная связь между сроками начала оседания личинок на коллекторы и средней положительной температурой за период до 1 июня (**P12**).

Из результатов работ Е.А. Белогрудова [1981], Ю.Э. Брегмана и Л.Г. Седовой [Временная инструкция по прогнозированию..., 1989] следует, что оседание личинок приморского гребешка идет более интенсивно, если сумма температур с 1 по 15 мая превосходит сумму температур за апрель. Мы проверили это условие. Оказалось, что при максимальной положительной разнице за эти периоды происходит сдвиг сроков оседания на более позднее время ($R = 0,45$).

Важно подчеркнуть, что максимальный коэффициент связи ($R = 0,72$) получен нами между датами наступления нереста и датами начала оседания личинок на коллекторы. На аналогичную зависимость, полученную по ограниченному ряду лет, указывали Е.А. Белогрудов и Н.М. Скокленева [1983]. Это также хорошо согласуется с данными работ Е.А. Белогрудова [1981, 1987], в которых отмечено, что в зал. Посъета от начала нереста гребешка до оседания личинок на коллекторы проходит всего 22–30 (в среднем 25) дней.

Полагаем, что длительность ледового периода на исследуемой акватории, которую использовали Ю.Э. Брегман и Л.Г. Седова [Временная инструкция по прогнозированию..., 1989], для бухты Миносок является неудачным параметром для предсказания сроков оседания спата на коллекторы. Эта характеристика довольно неустойчива и неоднозначна вследствие того, что в течение зимнего периода, как следует из работы Н.И. Григорьевой [2005], наблюдается частый вынос льда из бухты.

Отметим, что в прогностических целях нельзя использовать следующие расчетные данные: ежегодные суммы средних суточных значений температуры воды за периоды от дат перехода температуры воды через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до дат наступления нереста и до дат начала оседания, а также ежегодные средние суточные значения температуры воды на дату нереста и дату начала оседания личинок гребешков на коллекторы. Это связано с тем, что максимальные значения температуры в исследуемой акватории наблюдаются в августе-сентябре, а нерест приходится на май-июнь, оседание личинок — на июнь-июль. Поэтому более поздние даты будут автоматически соответствовать повышенным значениям температуры и их большим накопленным суммам и, соответственно, более высоким коэффициентам корреляций.

Таким образом, все полученные особенности связи между термическими параметрами и датами нереста и начала оседания личинок на коллекторы являются объективным следствием гидрологического режима прибрежных акваторий, для которых характерна четкая сезонная изменчивость термического режима. В зависимости от погодных условий конкретного года весенне-летний прогрев поверхностных и подповерхностных вод наступает в разное время и может идти как с опережением, так и с запаздыванием от среднемноголетних сроков, что подтверждается результатами работ в зал. Петра Великого [например, Лучин и др., 2005].

Прогнозирование дат нереста гребешков и дат начала оседания личинок на коллекторы

На основании полученных результатов корреляционного анализа рассмотрена возможность составления прогностических уравнений для дат наступления нереста и начала оседания личинок гребешков на коллекторы. Вначале были определены несколько обязательных параметров: допустимая погрешность при оценке оправдываемости прогноза, необходимая заблаговременность прогноза и предельное число предикторов в прогностических уравнениях.

При проверке результативности прогностических уравнений с заблаговременностью до 2 мес. (согласно методическим указаниям*) за допустимую погрешность принимаются значения $\pm 0,674\delta$ (где δ — стандартное отклонение анализируемого ряда).

* Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов. РД 52.27284-91: Методические указания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 150 с.

Для многолетнего ряда дат наступления нереста были выполнены три расчета допустимых погрешностей:

- для всего имеющегося 36-летнего ряда наблюдений (1970–2011 гг.);
- для 26-летней зависимой выборки (1970–2001 гг.);
- для 26-летней зависимой выборки (1980–2011 гг.).

В двух последних расчетах резервировались 10-летние независимые выборки, которые затем участвовали в проверке обеспеченности прогностических уравнений. Допустимая погрешность для всех трех многолетних рядов дат наступления нереста составила ± 6 дней.

Для многолетнего ряда дат начала оседания личинок на коллекторы были также выполнены три расчета допустимых погрешностей:

- для всего имеющегося 35-летнего ряда наблюдений (1970–2011 гг.);
- для 25-летней зависимой выборки (1970–2001 гг.);
- для 25-летней зависимой выборки (1980–2011 гг.).

В двух последних расчетах также резервировались 10-летние независимые выборки, которые затем участвовали в проверке обеспеченности прогностических уравнений. Допустимая погрешность для первой выборки составила ± 6 дней, для двух последних (более коротких) — ± 5 дней.

Все рекомендуемые заблаговременности выставления коллекторов в море (относительно даты начала оседания личинок гребешков на коллекторы) основаны на данных планктонных проб и, как следует из опубликованных работ [Белогрудов, Скокленева, 1983; Временная инструкция по технологии..., 1984; Временная инструкция по прогнозированию..., 1989; Справочник..., 2002; Брыков, Колотухина, 2010; Инструкция..., 2011], не превышают 10–15 сут.

Анализ рядов всех потенциальных предикторов (**P1–P12**) показал, что заблаговременность возможных прогностических уравнений составляет 1 и 4 дня (соответственно до самых ранних дат нереста гребешков и начала оседания личинок на коллекторы).

При прогнозировании даты нереста мы увеличили реальную заблаговременность прогноза до 10 дней, так как необходимо дополнительное время для расчета предикторов и подготовку к полевым работам на плантациях выращивания гребешков (определений динамики гонадного индекса производителей). Для этого все расчеты параметров **P4–P7** проводили по 20 апреля. Отметим, что в этом случае рассчитываемые коэффициенты корреляций практически не отличались от значений, приведенных в таблице.

Расчет параметров **P9–P12** (для разработки прогностических уравнений даты начала оседания личинок на коллекторы) мы выполняли по 20 мая. В этом случае рассчитываемые коэффициенты корреляций практически не отличались от значений, приведенных в таблице, а реальная заблаговременность возможных прогностических уравнений возросла до 15 сут.

Все ряды возможных предикторов (при формировании уравнений прогноза дат нереста и дат начала оседания личинок на коллекторы) были обработаны методом пошагового регрессионного анализа. Затем, в результате выполнения необходимых процедур, число предикторов было сокращено (до двух-четырех), что находится в хорошем соответствии с рекомендациями для составления прогностических уравнений [Айвазян и др., 1985; Привальский, 1985], одним из главных условий которых является ограничение, накладываемое на число предикторов. Их количество (по отношению к длине зависимой выборки) не должно превышать 10–15 %.

Прогностическое уравнение считается применимым для использования, если его обеспеченность превышает природную обеспеченность*. В настоящей работе природная обеспеченность рассчитана по данным независимых 10-летних рядов, а все необходимые оценочные параметры (средние величины ряда и допустимые погрешности) вычислялись на зависимых (обучаемых) выборках.

* Проведение производственных (оперативных) испытаний... (1991).

Для обучаемой (зависимой) выборки с 1970 по 2001 г. было сформировано следующее уравнение для прогноза даты нереста гребешков в бухте Миноносок:

$$N_Day_Spawning = -0,152*P2 - 0,915*P7 - 0,014*P4 + 0,423, \quad (1)$$

где **N_Day_Spawning** — ежегодное число дней от 1 мая до даты нереста; **P2** — ежегодная сумма средних суточных значений температуры воды за холодный период; **P7** — среднее значение температуры воды за период от даты весеннего перехода температуры воды через 0 °С по 20 апреля; **P4** — сумма средних суточных значений температуры воды с 1 по 20 апреля.

Проверка прогностического уравнения (1) на независимой выборке (2002–2011 гг.) показала, что 7 из 10 прогнозов оказались успешными (оправдываемость = 70 %), а эффективность прогностического уравнения (в сравнении с природной, которая = 30 %) составила 40 %.

Для обучаемой (зависимой) выборки с 1980 по 2011 г. было сформировано следующее уравнение для прогноза даты нереста гребешков в бухте Миноносок:

$$N_Day_Spawning = -0,163*P2 - 1,945*P7 - 0,003*P4 + 0,307. \quad (2)$$

Проверка прогностического уравнения (1) на независимой выборке (1970–1979 гг.) показала, что 7 из 10 прогнозов оказались успешными (оправдываемость = 70 %), а эффективность прогностического уравнения (в сравнении с природной, которая = 70 %) составила 0 %. Поэтому, учитывая нулевую эффективность прогностического уравнения (2), для использования мы предлагаем прогностическое уравнение (1).

Для прогноза даты начала оседания личинок гребешков на коллекторы были сформированы 2 следующих уравнения. Первое прогностическое уравнение (обучаемая выборка взята с 1970 по 2001 г.) для даты начала оседания личинок гребешка на коллекторы получено в следующем виде:

$$N_Day_Settling = -1,065*P2 + 0,331*N_Day_Spawning + 104,197*P3 - 1,127*P1 + 117,1, \quad (3)$$

где **N_Day_Settling** — ежегодное число дней от 1 июня до даты начала оседания личинок на коллекторы; **N_Day_Spawning** — ежегодное число дней от 1 мая до даты нереста; **P1** — ежегодная продолжительность холодных периодов (от осеннего до весеннего перехода температуры воды через 0 °С); **P2** — ежегодная сумма средних суточных значений температуры воды за холодный период; **P3** — ежегодное среднее значение температуры воды за холодный период.

Проверка прогностического уравнения (3) на независимой выборке (2002–2011 гг.) показала, что 6 из 10 прогнозов оказались успешными (оправдываемость 60 %), а эффективность прогностического уравнения в сравнении с природной (30 %) составила 30 %.

Второе прогностическое уравнение (обучаемая выборка взята с 1981 по 2011 г.) для даты начала оседания личинок гребешка на коллекторы получено в следующем виде:

$$N_Day_Settling = 0,669*N_Day_Spawning - 0,034*P6 + 7,891, \quad (4)$$

где **N_Day_Settling** — ежегодное число дней от 1 июня до даты начала оседания личинок на коллекторы; **N_Day_Spawning** — ежегодное число дней от 1 мая до даты нереста; **P6** — сумма средних суточных положительных значений температуры воды за преднерестовый период (от даты перехода весной температуры воды через 0 °С по 20 апреля).

Проверка прогностического уравнения (4) на независимой выборке (1970–1979 гг.) показала, что 6 из 10 прогнозов оказались успешными (оправдываемость 60 %), а эффективность прогностического уравнения в сравнении с природной (30 %) составила 30 %.

Учитывая эффективность уравнений (3) и (4), для прогнозирования даты начала оседания личинок гребешков на коллекторы мы предлагаем брать среднее значение по двум прогнозам. При таком подходе (для всего 35-летнего ряда наблюдений за период с 1970 по 2011 г.) число оправдавшихся прогнозов составляет 28 (оправдываемость 80 %).

Исходные и восстановленные по предложенным прогностическим уравнениям кривые межгодовых изменений дат нереста и дат начала оседания личинок гребешков

на коллекторы представлены на рис. 3. Привлекает внимание довольно хорошее соответствие между исходными и прогностическими рядами. Коэффициент корреляции для дат нереста (на временном промежутке с 1970 по 2011 г.) имеет значение 0,57, для рядов дат начала оседания личинок на коллекторы — 0,80. Для данной длины ряда критическое значение коэффициента корреляции составляет 0,35 (на 95 %-ном уровне значимости).

Следует отметить, что прогностическое уравнение для дат нереста неудовлетворительно отражает экстремальные ситуации (1971, 1975, 1980, 1985, 1987 гг.). В эти годы в предложенных термических параметрах не наблюдалось экстремальных изменений. Предполагаем, что причиной несогласования исходного и прогностического рядов в эти годы может являться аномальное преднерестовое и нерестовое поведение производителей (биотический фактор) либо нарушение методик (несоблюдение сроков наблюдений и низкое качество определений, что маловероятно) при определении гонадных индексов.

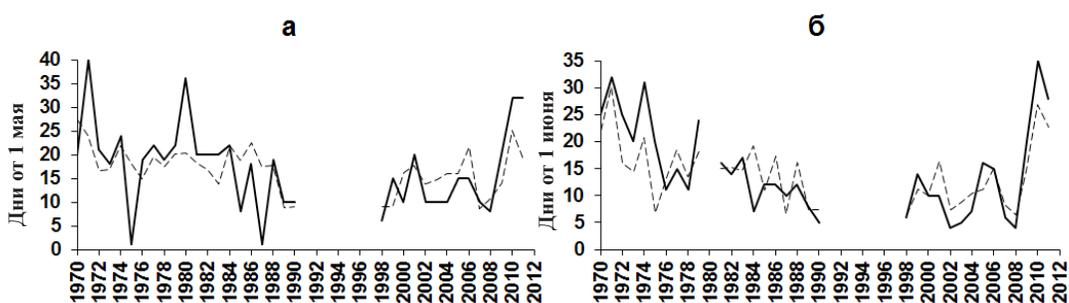


Рис. 3. Многолетняя изменчивость дат наступления нереста (а) и дат начала оседания личинок гребешков на коллекторы (б) в бухте Миноносок (сплошные линии — исходные ряды, пунктирные — восстановленные по прогностическим зависимостям)

Fig. 3. Long-term dynamics of the starting dates of scallop spawning (а) and spat settling on collectors (б) in the Minonosok Bay (solid lines — observed data; dotted lines — forecasted data)

В заключение отметим, что в этом исследовании оценивалось влияние предикторов, связанных с температурой воды. Анализ данных показал, что ее изменения могут быть основными стрессовыми факторами окружающей среды, влияющими на нерест взрослых особей и оседание личинок гребешков. Из-за значительных колебаний температуры в летне-осенний период в азиатских странах давно прибегают к искусственному нересту, выведению личинок и выращиванию спата гребешков в инкубаториях [Oh et al., 2008; Jo et al., 2012; Kim et al., 2014; Guo, Luo, 2016]. Также многие авторы отмечают, что в последнее время из-за глобального потепления заметно возросли частота и сила аномальных погодных условий [Kim et al., 2007]. Определение причин этих изменений в морской среде может обеспечить долгосрочное прогнозирование жизненных циклов *M. yessoensis*. Можно утверждать, что анализ длительных рядов наблюдений приведет к лучшему пониманию происходящих процессов и будет являться инструментом для устранения или хотя бы снижения существующих рисков марикультурного выращивания, позволяя перейти к лучшей форме управления культурой.

Методика прогноза дат нереста гребешков, на наш взгляд, должна состоять из двух этапов. На первом из них рассчитывается дата нереста по уравнению (1). С учетом получения необходимых данных по температуре воды на ГМС «Посъет», а также выполнения необходимых расчетов требуемых параметров его завершение должно быть не позднее 23–24 апреля текущего года. Прогноз по термическим параметрам может существенно сократить работы по биологическому прогнозированию нереста, который согласно имеющимся данным в бухте Миноносок зафиксирован с 1 мая по 9 июня. Если следовать технологическим требованиям по определению даты нереста [например, Справочник..., 2002; Инструкция..., 2011], то начиная с апреля, когда температура

воды в зал. Петра Великого начинает повышаться, раз в десять дней необходим расчет гонадного индекса для определения даты нереста. Кроме того (для более точного фиксирования даты нереста), с первых дней мая ГИ необходимо определять каждые 3–4 дня [Временная инструкция по прогнозированию..., 1989].

Второй этап прогноза начинает действовать после установления даты нереста по уравнению (1). От этой даты необходимо взять 6-дневную заблаговременность — это доверительный интервал нашего прогноза, как было определено выше. Начиная с этой откорректированной даты следует подключать (для более точного определения даты нереста) биологическое прогнозирование (по динамике ГИ). Согласно Временной инструкции по прогнозированию... [1989] ГИ на этом этапе прогнозирования даты нереста необходимо определять каждые 3–4 дня, что позволит установить наиболее достоверную дату нереста гребешков.

Методика прогноза дат начала оседания личинок гребешков на коллекторы также должна состоять из двух этапов. На первом из них рассчитывается среднее значение из двух прогнозов (по уравнениям (3) и (4)). Прогноз по термическим параметрам может существенно сократить работы по сбору и обработке планктонных проб. Согласно Справочнику... [2002] и Инструкции... [2011] для успешного прогнозирования времени начала оседания личинок в конкретном районе через неделю после окончания нереста ежедневно и до начала оседания личинок проводят сбор планктонных проб. По другим данным [Временная инструкция по прогнозированию..., 1989], ежедневные отборы планктонных проб начинают производить через 10–14 сут. после начала нереста. В книге «Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей» [1987] отмечается, что личинки гребешка надежно определяются при размере 150 мкм. С этой даты пробы планктона берутся ежедневно или через 1–2 дня.

Далее от прогностической даты начала оседания личинок на коллекторы (среднее значение по уравнениям (3) и (4)) необходимо вычесть 5-дневную заблаговременность — это доверительный интервал нашего прогноза. Начиная с этой откорректированной даты следует подключать биологическое прогнозирование (по результатам обработки планктонных проб). Согласно справочной литературе [Временная инструкция по прогнозированию..., 1989; Справочник..., 2002; Инструкция..., 2011] сбор планктонных проб на этом этапе прогнозирования необходимо производить ежедневно до даты начала оседания, что позволит установить наиболее достоверную дату начала оседания личинок гребешков на коллекторы.

Выводы

В 1970–2011 гг. в бухте Миносок (зал. Посъета, зал. Петра Великого) сроки наступления нереста варьировали в пределах 40 дней (с 1 мая по 9 июня), начала оседания — в пределах 32 дней (с 4 июня по 5 июля).

Выявлено, что сроки нереста сдвигаются на более позднее время вследствие длительных предшествующих холодных периодов с накопленной повышенной суммой и более низкими средними значениями отрицательных температур (коэффициенты корреляции соответственно 0,42, –0,55 и –0,42), из-за непродолжительных преднерестовых периодов (от даты весеннего перехода поверхностных температур через 0 °С до 1 мая) с пониженными суммами и невысокими средними температурами за эти периоды (коэффициенты корреляции –0,42, –0,51 и –0,45), а также из-за пониженных сумм температур в апреле (коэффициент корреляции –0,50).

Получено, что даты оседания личинок на коллекторы также смещаются на более позднее время в случаях суровых зимних условий. Сдвиг даты начала оседания на более поздний срок выпадает и при невысоких средних положительных значениях температуры в преднерестовый период (с коэффициентом корреляции –0,46). Более раннее оседание личинок на коллекторы происходит при раннем весеннем переходе поверхностных температур через 0 °С (на ГМС «Посъет»). Показано, что чем выше

накопленные суммы положительных значений температуры воды к 1 мая и к 1 июня, а также в апреле и мае, тем раньше происходит оседание личинок гребешка на коллекторы (коэффициенты корреляции равны соответственно $-0,58$, $-0,60$, $-0,55$, $-0,42$).

На основании полученных результатов корреляционного анализа предложены прогностические уравнения, основанные на использовании предложенных термических параметров. Для сроков наступления нереста гребешков и начала оседания их личинок на коллекторы заблаговременность (до самых ранних дат нереста и начала оседания) равна соответственно 10 и 15 дней. Оправдываемость предложенных прогностических уравнений на 10-летних независимых выборках составила для дат наступления нереста — 70 %, а для дат начала оседания личинок на коллекторы — 60 %.

Благодарности

Авторы благодарны сотруднику ДВНИГМИ канд. физ.-мат. наук Г.И. Анжиной за ценные замечания и предложения, которые были учтены при подготовке настоящей рукописи к печати.

Финансирование работы

Результаты настоящего исследования были получены в рамках выполнения госбюджетных тем НИР ТОИ ДВО РАН 0271-2019-0003 «Исследование основных процессов, определяющих состояние и изменчивость океанологических характеристик дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана» (регистрационный номер АААА-А17-117030110042-2) и НИР ННЦМБ ДВО РАН 0268-2018-0003 «Динамика морских экосистем в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия» (регистрационный номер 115081110035).

Соблюдение этических стандартов

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с использованием животных в качестве объектов.

Информация о вкладе авторов

В.А. Лучин подготовил массивы данных по температуре воды (данные ГМС и гидрологических станций), сформировал массивы предикторов, выполнил корреляционный анализ данных и подготовил прогностические уравнения. Совместно с Н.И. Григорьевой разработал концепцию исследования, выполнил анализ результатов и подготовил текст статьи.

Н.И. Григорьева участвовала в сборе материалов по датам наступления нереста гребешков (определение ГИ) и датам начала оседания личинок на коллекторы (отбор планктонных проб и их анализ). Проводила наблюдения температуры воды на станциях и сделала их первичную обработку. Провела поиск литературных материалов по исследуемой проблеме.

Список литературы

- Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Исследование зависимостей : моногр. — М. : Финансы и статистика, 1985. — 487 с.
- Базикалова А.Я. Некоторые данные о размножении гребешка (*Pecten jessoensis* Jay.) // Изв. ТИНРО. — 1950. — Т. 32. — С. 161–163.
- Белогрудов Е.А. Биологические основы культивирования приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* (Jay) (Mollusca, Bivalvia) в заливе Посьета (Японское море) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1981. — 23 с.
- Белогрудов Е.А. Биология и культивирование приморского гребешка // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. — М. : Агропромиздат, 1987. — С. 66–71.
- Белогрудов Е.А. Культивирование // Приморский гребешок. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1986. — С. 201–211.

- Белогрудов Е.А., Мальцев В.Н.** Нерест гребешка в заливе Посъета // Изв. ТИНРО. — 1975. — Т. 96. — С. 273–278.
- Белогрудов Е.А., Скокленева Н.М.** Прогнозирование сроков установки коллекторов и количества спата приморского гребешка // Марикультура на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО, 1983. — С. 10–13.
- Брыков В.А., Колотухина Н.К.** Биологические основы культивирования приморского гребешка в прибрежных водах Приморского края // Вопр. рыб-ва. — 2010. — Т. 11, № 3(43). — С. 564–586.
- Винокурова Т.Т., Скокленева Н.М.** Внутримесячная изменчивость гидрометеорологических характеристик прибрежных районов залива Посъета // Изв. ТИНРО. — 1981. — Т. 105. — С. 26–33.
- Винокурова Т.Т., Скокленева Н.М.** Временная изменчивость гидрологических явлений в заливе Посъета // Изв. ТИНРО. — 1980. — Т. 104. — С. 29–36.
- Временная инструкция по прогнозированию плотности спата приморского гребешка на коллекторах** / сост. Ю.Э. Брегман, Л.Г. Седова. — Владивосток : ТИНРО, 1989. — 8 с.
- Временная инструкция по технологии подвешного культивирования приморского гребешка в садках**, препр. / сост. В.З. Калашников, Ю.Э. Брегман, Д.Д. Габаев и др. — Владивосток : ТИНРО, 1984. — 39 с.
- Габаев Д.Д.** Биологическое обоснование новых методов культивирования некоторых промысловых двустворчатых моллюсков в Приморье : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1990. — 30 с.
- Гаврилова Г.С.** Марикультура беспозвоночных на Дальнем Востоке: этапы, итоги, задачи // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 141. — С. 103–120.
- Гайко Л.А.** Марикультура: прогноз урожайности с учетом воздействия абиотических факторов : моногр. — Владивосток : Дальнаука, 2006. — 204 с.
- Гмурман В.Е.** Руководство к решению задач по теории вероятности и математической статистики. — М. : Высш. шк., 1975. — 334 с.
- Голиков А.Н., Скарлато О.А.** Моллюски залива Посъета (Японское море) и их экология // Моллюски и их роль в биоценозах и формировании фаун. — Л. : Наука, 1967. — С. 5–154.
- Григорьева Н.И.** Гидрологические и гидрохимические условия культивирования моллюсков в мелководных бухтах залива Посъета (залив Петра Великого, Японское море) // Вопр. рыб-ва. — 2005. — Т. 6, № 3. — С. 476–498.
- Дзюба С.М.** Половая система и гаметогенез // Приморский гребешок. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1986. — С. 118–130.
- Инструкция по технологии садкового и донного культивирования приморского гребешка** / сост. А.В. Кучерявенко, А.П. Жук. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — 49 с.
- Касьянов В.Л.** Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих : моногр. — Л. : Наука, 1989. — 183 с.
- Касьянов В.Л., Кунин А.Ф., Медведева Л.А., Яковлев Ю.М.** Сроки размножения и состояния гонад в нерестовый период у массовых видов двустворчатых моллюсков и иглокожих залива Восток Японского моря // Биологические исследования залива Восток. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1976. — С. 156–167.
- Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей** : моногр. / В.Г. Марковцев, Ю.Э. Брегман, В.Ф. Пржеменецкая и др. — М. : Агропромиздат, 1987. — 192 с.
- Кучерявенко А.В., Григорьева Н.И., Лебедев Е.Б., Вышкварцев Д.И.** Абиотические условия 30-летнего функционирования хозяйства марикультуры в Приморье // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 131. — С. 359–372.
- Лучин В.А., Григорьева Н.И.** Экологическое состояние бухты Северной (залив Славянский, залив Петра Великого, Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2018. — Т. 194. — С. 70–85. DOI: 10.26428/1606-9919-2018-194-70-85.
- Лучин В.А., Сагалаев С.Г.** Океанологические условия в Амурском заливе (Японское море) зимой 2005 г. // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 143. — С. 203–218.
- Лучин В.А., Тихомирова Е.А., Круз А.А.** Океанографический режим вод залива Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 140. — С. 130–169.
- Методические рекомендации по прогнозированию плотности спата приморского гребешка на коллекторах** / Ю.Э. Брегман, Л.Г. Седова, Г.И. Викторовская — Владивосток : ТИНРО, 1987. — 15 с.
- Милейковский С.А.** Зависимость размножения и нереста морских шельфовых донных беспозвоночных от температуры воды // Тр. ИОАН СССР. — 1970. — Т. 88. — С. 113–148.

Мотавкин П.А., Вараксин А.А. Гистофизиология нервной системы и регуляция размножения у двусторчатых моллюсков : моногр. — М. : Наука, 1983. — 208 с.

Привальный В.Е. Климатическая изменчивость (стохастические модели, предсказуемость, спектры) : моногр. — М. : Наука, 1985. — 184 с.

Силина А.В. Влияние температуры на линейный рост приморского гребешка // Экология. — 1983. — Т. 14, № 5. — С. 86–89.

Силина А.В., Позднякова Л.А. Рост // Приморский гребешок. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1986. — С. 144–164.

Скоклёнова Н.М. Сезонная изменчивость гидрохимического режима вод бухт залива Посыета // Рыбохозяйственные исследования умеренных вод Тихого океана. — Владивосток : ТИНРО, 1980. — С. 9–14.

Скоклёнова Н.М., Щербак В.А. Влияние режимоформирующих факторов на гидрохимические условия бухт залива Посыета // Тр. ДВНИГМИ. — 1980. — № 91. — С. 71–77.

Справочник по культивированию беспозвоночных в южном Приморье / сост. А.В. Кучерявенко, Г.С. Гаврилова, М.Г. Бирюлина — Владивосток : ТИНРО-центр, 2002. — 83 с.

Guo X., Luo Y. Scallops and Scallop Aquaculture in China // Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Scallops Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries / S.E. Shumway and G.J. Parsons (eds.). — 2016. — Vol. 40. — P. 937–952.

Jo Q., Hur Y.B., Cho K.C. et al. Potential Influence of Climate Change on Shellfish Aquaculture System in the Temperate Region // Korean J. Malacol. — 2012. — Vol. 28, № 3. — P. 277–291. DOI: 10.9710/kjm.2012.28.3.277.

Kim S., Zhang C.-I., Kim J.-Y. et al. Climate Variability and Its Effects on Major Fisheries in Korea // Ocean Sci. J. — 2007. — Vol. 42, № 3. — P. 179–192.

Kim Y.D., Lee C., Shim J.M. et al. A Study on the Growth of Juvenile *Patinopecten yessoensis* from Different Aquaculture Regions // Korean J. Malacol. — 2014. — Vol. 30, № 4. — P. 321–331. DOI: 10.9710/kjm.2014.30.4.321.

Oh B.-S., Lee J.-Y., Park S.-K. et al. A Study on the Production of Artificial Seed and Intermediate culture for Attached Spats of the Chinese Stock of a Scallop, *Patinopecten yessoensis* // Korean J. Malacol. — 2008. — Vol. 24, № 2. — P. 153–159.

References

Ayvazyan, S.A., Yenyukov, I.S., Meshalkin, L.D., *Prikladnaya statistika. Issledovaniye zavisimostey* (Applied statistics. Dependency study), Moscow: Finance and statistics, 1985.

Bazikalova, A.Ya., Some scallop breeding data (*Pecten jessoensis* Jay.), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1950, vol. 32, pp. 161–163.

Belogradov, E.A., Biological bases for the cultivation of the Yesso scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay) (Mollusca, Bivalvia) in Possyet Bay (Sea of Japan), *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr., Akad. Nauk. SSSR, 1981.

Belogradov, E.A., Biology and cultivation of scallop, in *Kul'tivirovaniye tikhookeanskikh bespozvonochnykh i vodorosley* (Cultivation of Pacific invertebrates and algae), Moscow: Agropromizdat, 1987, pp. 66–71.

Belogradov, E.A., Cultivation, in *Primorskii grebeshok* (Yesso Scallop), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr Akad. Nauk SSSR, 1986, pp. 201–211.

Belogradov, E.A. and Maltsev, V.N., Spawning of scallops in Posyet Bay, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1975, vol. 96, pp. 273–278.

Belogradov, E.A. and Skoklénova, N.M., Predicting the timing of the installation of collectors and the amount of spaw of the scallop, in *Marikul'tura na Dal'nem Vostoke* (Marikultura in the Far East), Vladivostok: TINRO, 1983, pp. 10–13.

Brykov, V.A. and Kolotukhina, N.K., Biological concepts of Japanese scallop cultivation in Primorsky Krai coastal waters, *Vopr. Rybolov.*, 2010, vol. 11, no. 3, pp. 564–586.

Vinokurova, T.T. and Skoklénova, N.M., Intra-monthly variability of hydrometeorological characteristics of coastal areas of the Posyet Bay, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1981, vol. 105, pp. 26–33.

Vinokurova, T.T. and Skoklénova, N.M., Time variability of the Posyet Bay hydrological conditions, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1980, vol. 104, pp. 29–36.

Bregman, Yu.E. and Sedova, L.G., *Vremennaya instruktsiya po prognozirovaniyu plotnosti spata primorskogo grebeshka na kollektorakh* (Temporary instruction for predicting the spaw density of the scallop on collectors), Vladivostok: TINRO, 1989.

Kalashnikov, V.Z., Bregman, Yu.E., Gabaev, D.D., Belogradov, E.A., Konovalov, V.V., and Polikarpova, G.V., *Vremennaya instruktsiya po tekhnologii podvesnogo kul'tivirovaniya primorskogo grebeshka v sadkakh* (Temporary instruction on technology for hanging cultivation of scallop in cages), Vladivostok: TINRO, 1984.

Gabaev, D.D., Biological substantiation of new cultivation methods for some commercial bivalve mollusks in Primorye, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 1990.

Gavrilova, G.S., Mariculture of the invertebrate in the Far East: stages, results, problems, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2005, vol. 141, pp. 103–120.

Gaiko, L.A., *Marikul'tura: prognoz urozhaynosti s uchetom vozdeystviya abioticheskikh faktorov* (Mariculture: forecast of productivity in view of influence of abiotic factors), Vladivostok: Dal'nauka, 2006.

Gmurman, V.E., *Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnosti i matematicheskoy statistiki* (A guide to solving problems in probability theory and mathematical statistics), Moscow: Vysshaya Shkola, 1975.

Golikov, A.N. and Skarlato, O.A., Shellfish of Posyet Bay (Sea of Japan) and their ecology, in *Mollyuski i ikh rol' v biotsenozakh i formirovaniy faun* (Shellfish and their role in biocenoses and the formation of faunas), Leningrad: Nauka, 1967, pp. 5–154.

Grigoryeva, N.I., Hydrological and hydrochemical conditions of reproduction of commercial molluscs in shallow inlets of the Posyet Bay (Peter of Great Bay, Sea of Japan), *Vopr. Rybolov.*, 2005, vol. 6, no. 3, pp. 476–498.

Dzyuba, S.M., Reproductive system and gametogenesis, in *Primorskii grebeshok* (Yesso Scallop), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr Akad. Nauk SSSR, 1986, pp. 118–130.

Kucheryavenko, A.V. and Zhuk, A.P., *Instruktsiya po tekhnologii sadkovogo i donnogo kul'tivirovaniya primorskogo grebeshka* (Instruction on the technology of cage and on-bottom cultivation of yesso scallop), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2011.

Kasyanov, V.L., *Reproduktivnaya strategiya morskikh dvustvorchatykh mollyuskov i iglokozhihkh* (Reproductive strategy of marine bivalve mollusks and echinoderms), Leningrad: Nauka, 1989.

Kasyanov, V.L., Kunin, A.F., Medvedeva, L.A., Yakovlev, Yu.M., Breeding dates and state of gonads during the spawning period in mass species of bivalves and echinoderms of the East Bay of the Sea of Japan, in *Biologicheskkiye issledovaniya zaliva Vostok* (Biological studies of the East Bay), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr Akad. Nauk SSSR, 1976, pp. 156–167.

Markovtsev, V.G., Bregman, Yu.E., Przhemenetskaya, V.F. et al. *Kul'tivirovaniye tikhookeanskikh bespozvonochnykh i vodorosley* (Cultivation of Pacific invertebrates and algae), Moscow: Agropromizdat, 1987.

Kucheryavenko, A.V., Grigoryeva, N.I., Lebedev, E.B., and Vyshkvartzev, D.I., Abiotic conditions of 30-years work of aquaculture farm in Primorye, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2002, vol. 131, pp. 359–372.

Luchin, V.A. and Grigoryeva, N.I., Ecological state of Severnaya Bight (Slavianka Bay, Peter the Great Bay, Japan Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 194, pp. 70–85. doi 10.26428/1606-9919-2018-194-70-85

Luchin, V.A. and Sagalaev, S.G., Oceanographic conditions in the Amur Bay (Japan Sea) in winter of 2005, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2005, vol. 143, pp. 203–218.

Luchin, V.A., Tikhomirova, E.A., and Kruts, A.A., Oceanographic regime of Peter the Great Bay (Japan Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2005, vol. 140, pp. 130–169.

Bregman, Yu.E., Sedova, L.G., Viktorovskaya, G.I., *Metodicheskiye rekomendatsii po prognozirovaniyu plotnosti spata primorskogo grebeshka na kollektorakh* (Guidelines for predicting the spaw density of the scallop on collectors), Vladivostok: TINRO, 1987.

Mileykovsky, S.A., Dependence of reproduction and spawning of marine shelf bottom invertebrates on water temperature, *Tr. Inst. Okeanol. Akad. Nauk SSSR*, 1970, vol. 88, pp. 113–148.

Motavkin, P.A. and Varaksin, A.A., *Gistofiziologiya nervnoy sistemy i regulyatsiya razmnozheniya u dvustvorchatykh mollyuskov* (Histophysiology of the nervous system and regulation of reproduction in bivalves), Moscow: Nauka, 1989.

Privalsky, V.E., *Klimaticheskaya izmenchivost' (stokhasticheskiye modeli, predskazuyemost', spektry)* (Climatic variability (stochastic models, predictability, spectra)), Moscow: Nauka, 1985.

Silina, A.V., Effect of temperature on the linear growth of scallop, *Russian Journal of Ecology*, 1983, vol. 14, no. 5, pp. 86–89.

Silina, A.V., Pozdnyakova, L.A., Height, in *Primorskii grebeshok* (Yesso Scallop), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr Akad. Nauk SSSR, 1986, pp. 144–164.

Skokleneva, N.M., Seasonal variability of the hydrochemical regime of the waters of the bays of Posyet Bay, in *Rybokhozyaystvennyye issledovaniya umerennykh vod Tikhogo okeana* (Fisheries studies of temperate waters of the Pacific Ocean), Vladivostok: TINRO, 1980, pp. 9–14.

Skokleneva, N.M. and Scherbak, V.A., The influence of regime-forming factors on the hydrochemical conditions of the bays of Posyet Bay, *Tr. Dal'nevost. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, 1980, no. 91, pp. 71–77.

Kucheryavenko, A.V., Gavrilova, G.S., and Biryulina, M.G., *Spravochnik po kul'tivirovaniyu bespozvonochnykh v yuzhnom Primorye* (A Reference Book for Cultivation of Invertebrates in Southern Primorsky Krai), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2002.

Guo, X. and Luo, Y., Scallops and Scallop Aquaculture in China, *Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Scallops Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries*, Shumway, S.E. and Parsons, G.J., eds., 2016, vol. 40, pp. 937–952.

Jo, Q., Hur, Y.B., Cho, K.C., Jeon, C.Y., and Lee, D.C., Potential Influence of Climate Change on Shellfish Aquaculture System in the Temperate Region, *Korean J. Malacol.*, 2012, vol. 28, no. 3, pp. 277–291. doi 10.9710/kjm.2012.28.3.277

Kim, S., Zhang, C.-I., Kim, J.-Y., Oh, J.-H., Kang, S., and Lee, J.B., Climate Variability and Its Effects on Major Fisheries in Korea, *Ocean Sci. J.*, 2007, vol. 42, no. 3, pp. 179–192.

Kim, Y.D., Lee, C., Shim, J.M., Kim, M., Kim, G.S., Choi, J.-S., An, W.G., and Nam, M.-M., A Study on the Growth of Juvenile *Patinopecten yessoensis* from Different Aquaculture Regions, *Korean J. Malacol.*, 2014, vol. 30, no 4, pp. 321–331. doi 10.9710/kjm.2014.30.4.321

Oh, B.-S., Lee, J.-Y., Park, S.-K., Lee, C., Jo, Q.-T., A Study on the Production of Artificial Seed and Intermediate culture for Attached Spats of the Chinese Stock of a Scallop, *Patinopecten yessoensis*, *Korean J. Malacol.*, 2008, vol. 24, no 2, pp. 153–159.

Provedeniye proizvodstvennykh (operativnykh) ispytaniy novykh i usovershenstvovannykh metodov gidrometeorologicheskikh i geliogeofizicheskikh prognozov. RD 52.27284-91: Metodicheskiye ukazaniya (Conducting production (operational) tests of new and improved methods of hydrometeorological and heliogeophysical forecasts. RD 52.27284-91: Guidelines), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991.

Поступила в редакцию 20.12.2019 г.

После доработки 12.02.2020 г.

Принята к публикации 20.02.2020 г.