

На правах рукописи



003058649

РАДОВЕЦ Анна Владимировна

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ ЛИЧИНОК ДВУСТВОРЧАТЫХ
МОЛЛЮСКОВ В ПЛАНКТОНЕ БУХТЫ МИНОНОСОК
(ЗАЛИВ ПОСЪЕТА, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

03 00 16 – экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Радовец

Владивосток

2007

Работа выполнена в Лаборатории физиологии Института биологии моря
им А В Жирмунского ДВО РАН

Научный руководитель доктор биологических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ
Христофорова Надежда Константиновна

Официальные оппоненты доктор биологических наук,
старший научный сотрудник
Латыпов Юрий Яковлевич
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
Мокрецова Нина Дмитриевна

Ведущая организация Тихоокеанский океанологический институт
им В И Ильичева ДВО РАН

Защита состоится “24” мая 2007 г в 10 часов на заседании диссертационного совета
Д 212 056 02 при Дальневосточном государственном университете МОН РФ по адресу
690600, г Владивосток, Океанский пр-т, 37 Научный музей ДВГУ
Факс (4232) 26-85-43

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Дальневосточного
государственного университета МОН РФ

Автореферат разослан “20” апреля 2007 г

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Ю А Гальшева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы В XX и начале XXI веков наблюдается беспрецедентный за последние 1000 лет рост глобальной температуры воздуха в нижних слоях атмосферы. Тенденция роста температуры у поверхности Земли в период 1901-2003 гг составляет 0,68 °C/100 лет. В России наибольший рост среднегодовой температуры (3,5 °C/100 лет) наблюдается в Прибайкалье-Забайкалье, Средней Сибири и Приамурье-Приморье. В Приморье потепление наиболее выражено в зимний, весенний и осенний сезоны (0,7 °C/10 лет зимой, и 0,5 °C/10 лет весной и осенью) (Варламов и др., 1998, Груза и др., 2002, Ponomarev et al., 2001, 2003). В юго-западной части зал Петра Великого с 1976 г наблюдается постепенное повышение температур воды и воздуха, особенно заметное с 1984 г (Ашепков и др., 2004, Гайко, 2005). В этом же районе, начиная с 1976 г, соленость морской воды постепенно понижается в летний период и растет в сентябре.

Известно, что межгодовая изменчивость динамики плотности личинок двустворчатых моллюсков в планктоне определяется, главным образом влиянием температуры и солености воды (Куликова, Колотухина, 1991, Раков, 2003, Брыков и др., 2003, 2004, Радовец, Христофорова, 2006, и др.). Температура воды влияет на сроки созревания половых продуктов, время наступления нереста и выживаемость личинок моллюсков, соленость определяет успешность их пелагического развития (Милейковский, 1970, Белогрудов, 1975, Мотавкин, Вараксин, 1983, и др.).

Б Минносок зал Посыета является наиболее изученным районом российских вод Японского моря, где в связи с развитием мариккультуры с середины 70-х до начала 90-х гг XX столетия исследовали динамику численности личинок тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* (сем Mytilidae), двух представителей сем Pectinidae – гребешков приморского *Mizuhopecten yessoensis* и японского *Chlamys farreri* и единственного обитающего здесь представителя сем Ostreidae - тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Белогрудов, 1981, Шепель, 1986, Раков, 2003, Раков и др., 2004, и др.). Кроме того, в 1987 г в этом районе исследовали динамику плотности личинок гребешка Свифта *Swiftopecten swifti* (сем Pectinidae) (Раков, 2003), а в 1995 г в б Троицы зал Посыета - курильского моллюска *Modiolus kurlensis* (сем Mytilidae) (Колотухина, Семенихина, 1998).

В связи с происходящим изменением климата возникла необходимость в продолжении исследований и изучении влияния этого процесса на динамику плотности личинок важнейших в хозяйственном отношении видов двустворчатых моллюсков.

Цель и задачи исследования Цель работы – изучить влияние изменения важнейших экологических факторов – температуры и солености воды на динамику численности личинок промысловых видов двустворчатых моллюсков в планктоне на примере б Минносок зал Посыета. Для достижения цели предстояло решить следующие задачи:

- 1 Оценить влияние изменения температуры и солености воды на динамику численности личинок двустворчатых моллюсков в период с середины 70-х до начала 90-х гг XX века, используя литературные данные
- 2 Изучить динамику плотности личинок двустворчатых моллюсков в 2002-2004 гг на фоне изменения климатических факторов

3 Выявить тенденции изменения плотности личинок и сроков их нахождения в планктоне за период с середины 1970-х до начала 2000-х гг

Научная новизна Впервые на длительном отрезке времени проведена оценка влияния температуры и солености воды на динамику численности личинок двусторчатых моллюсков в планктоне Показаны особенности временного распределения и размерной структуры личинок промысловых видов двусторчатых моллюсков в б Миносок зал Посыета в начале 2000-х гг При сопоставлении данных наблюдений с результатами середины 70-х - начала 90-х гг XX века выявлены значительные сдвиги в сроках нахождения личинок *M trossulus*, *M yessoensis*, *Ch farreri* и *C gigas* в планктоне, связанные с ростом температуры воды Подтверждено, что степень реагирования обусловлена термотипией видов, определяемой биогеографической принадлежностью, а также экологической пластичностью видов Выявлена тенденция к увеличению плотности личинок тепловодных видов – *Ch farreri* и *C gigas*

Впервые установлены сроки нахождения и плотность личинок в планктоне б Миносок для мало изученных видов сахалинской спизулы *Spisula sachalinensis* (сем Mactridae), мидии Грея *Crenomytilus grayanus* (сем Mytilidae) и мидии блестящей *Mytilus coruscus* (сем Mytilidae) В динамике численности личинок *M coruscus* выявлено два устойчивых пика плотности Показано, что появление личинок этого вида происходит при прогревании воды до 16 °С

Практическое значение работы Установление сдвигов во времени появления личинок *M trossulus*, *M yessoensis* и *C gigas* на более ранние сроки и пика их плотности у *Ch farreri* на более позднее время, а также связанное с этим изменение периода нахождения личинок в планктоне позволяет точнее определять оптимальные сроки для выставления коллекторов и сбора спата моллюсков в хозяйствах марикольтуры Выявленная тенденция к увеличению плотности личинок *Ch farreri* и *C gigas* позволяет рекомендовать включить эти виды в список гидробионтов, культивируемых в зал Посыета Полученные сведения о сроках нахождения в планктоне личинок ранее не изучавшихся видов могут быть полезны работникам хозяйств марикольтуры и малакологам

Защищаемые положения

1 Реакция двусторчатых моллюсков на рост температуры воды в период с середины 1970-х до начала 2000-х гг связана с термотипией, определяемой биогеографической принадлежностью При этом степень реагирования обусловлена экологической валентностью видов

2 Выявленные в 2000-е гг изменения в динамике численности личинок моллюсков в планктоне позволяют рекомендовать хозяйствам марикольтуры выбирать объекты культивирования с учетом этих изменений

Апробация работы Результаты исследования и его основные положения были представлены на Региональной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по актуальным проблемам морской биологии и экологии (Владивосток, 2004), международной конференции «Моллюски северо-восточной Азии и северной Пацифики биоразнообразие, экология, биогеография и история фауны» (Владивосток, 2004), на международном научном семинаре «Проблемы репродукции и раннего онтогенеза морских гидробионтов» (Мурманск, 2004), на двух ежегодных научных конференциях Института биологии моря

ДВО РАН в 2001 и 2003 гг., на школе-лектории для молодых ученых и аспирантов в рамках проекта АТС «Климатическая изменчивость и деятельность человека в связи со взаимодействием океана и суши в северо-восточной Азии и значение этих процессов для управления прибрежной зоной» (Владивосток, 2005), а также на семинарах Института биологии моря ДВО РАН и Дальневосточного государственного университета

Публикации По теме диссертации опубликовано 8 работ

Структура и объем работы Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов и списка литературы. Работа изложена на 125 страницах, включает 34 рисунка. Список литературы содержит 171 источник, из которых 39 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ТЕНДЕНЦИЙ В ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА (обзор литературы)

Выполнен обзор литературы по состоянию климата Земли в XX и начале XXI веков. Для юго-западной части зал Петра Великого показана тенденция к повышению среднегодовых температур воды и воздуха и снижению солености морской воды, начиная с 1976 г.

Глава 2 ЭКОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЗАЛ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Приведена краткая информация по биологии и экологии двусторчатых моллюсков – объектов исследования, при этом особое внимание уделено их репродуктивному циклу и развитию личинок в планктоне. Проведен обзор результатов исследований по динамике численности личинок и культивированию двусторчатых моллюсков в районе работ в середине 70-х - начале 90-х гг. XX века.

Глава 3 РАЙОН РАБОТ. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на акватории б. Миносок (б. Рейд Паллада, зал Посыета) зал Петра Великого Японского моря (рис. 1). В главе приводится краткая характеристика природных условий выбранной акватории.

Наблюдения проводили с июня по сентябрь 2002 и 2004 гг. и с мая по август 2003 г. Пробы планктона отбирали каждые 5 сут. (в августе 2003 г. 1 раз в месяц) на станции, расположенной у входа в бухту (рис. 1). Для сбора материала использовали планктонную сеть Апштейна с диаметром входного отверстия 25 см и конусом из газа с размером ячеек 100 мкм. Облавливали верхний 12-метровый слой воды. Одновременно с отбором проб проводили измерения температуры поверхностного, срединного и придонного (12-14 м) слоев воды. Подсчет личинок проводили под биноклем при увеличении $\times 32$. После подсчета общего количества личинок в пробе оценивали их концентрацию в 1 м^3 воды по формуле $N = n \frac{4}{\pi d^2 h} k$, где n - количество личинок в пробе (экз), d - диаметр входного отверстия сети (см), h - глубина, на которую опускалась сеть (м), k - коэффициент

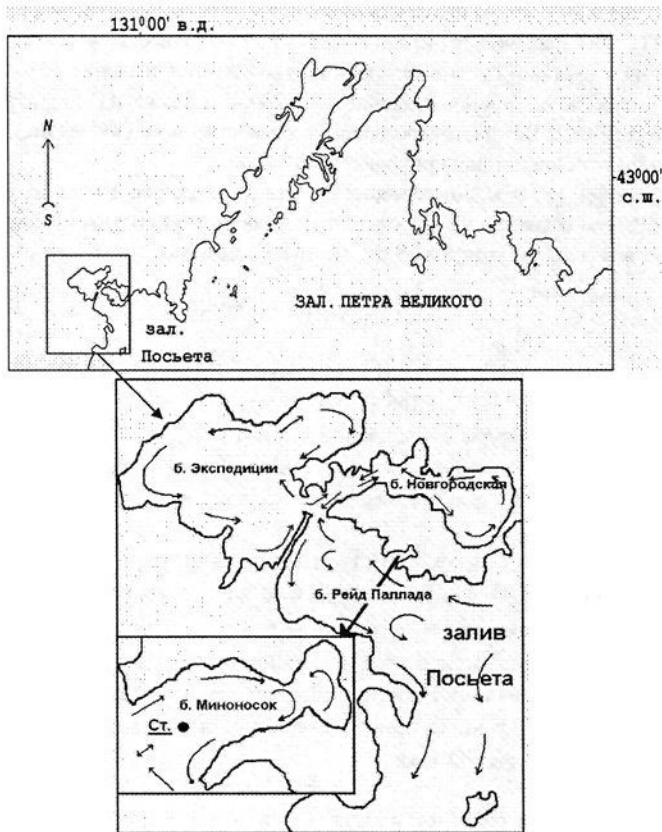


Рис. 1. Карта–схема района работ. Ст. – станция отбора проб планктона, по данным Н.И. Григорьевой (1999) стрелками показаны основные поверхностные течения в летне-осенний период.

фильтрации сети (принимается за единицу).

Видовую идентификацию личинок проводили на стадии великонха и педивелигера по описаниям, имеющимся в литературе (Касьянов и др., 1983; Куликова, Колотухина, 1989). В работе исследована динамика численности личинок 9 видов двусторчатых моллюсков. У Размерную структуру личинок *M. yessoensis* и *C. gigas* изучали в 2004 г.

Для определения зависимости между динамикой численности личинок и изменением гидрологических характеристик был использован коэффициент корреляции Пирсона на 5 % уровне значимости ($p < 0,05$, где p – вероятность). Статистическую обработку выполняли общепринятыми методами с использованием пакета программ STATISTICA. V. 5.5. 1999.

Всего в работе исследовано 110 планктонных проб. Пробы планктона за 2002 г. любезно предоставлены Н. И. Григорьевой (Лаборатория физиологии Института биологии моря ДВО РАН) и Л. А. Золотовой (ОАО «ТЭМП»), данные за 2003 г. - Т. А. Регулевой (ОАО «ТЭМП»).

**Глава 4 ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ЛИЧИНОК ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ
ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛУСКОВ В 2002-2004 ГГ И ТЕНДЕНЦИИ ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ С
СЕРЕДИНЫ 1970-Х ДО НАЧАЛА 2000-Х ГГ**

Приморский гребешок В 2002 и 2004 гг в планктоне б Миносок личинок гребешка регистрировали с начала периода наблюдений (10 июня), при этом в 2002 г личинки встречались до конца июня, в 2004 г – до конца июля, при температуре поверхностных слоев воды от 12-15 до 20-22,7 °С (рисунки 2, 3) Максимальную плотность личинок (90 экз/м³ в 2002 г и 70 экз/м³ в 2004 г) наблюдали 10-15 июня при температуре 12,6-15,5 °С, после чего численность личинок постепенно снизилась. Продолжительность периода пребывания личинок в планктоне в 2002 г составила около 1 мес, в 2004 г - примерно 2 мес

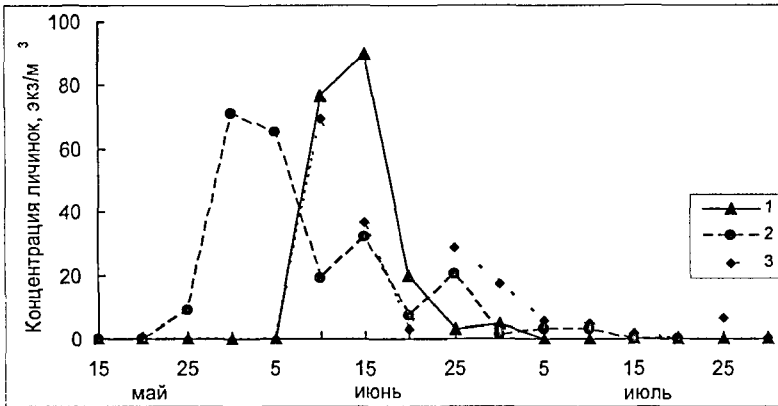


Рис 2 Динамика численности личинок *M. yessoensis* в планктоне б Миносок в 2002 (1), 2003 (2) и 2004 (3) гг

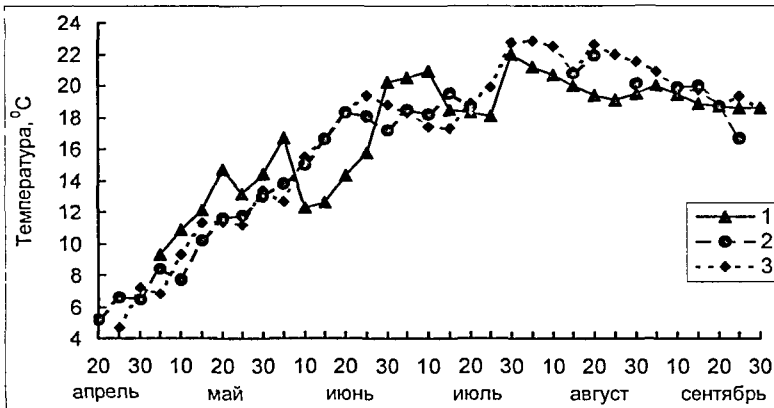


Рис 3. Изменение температуры поверхностных слоев воды в б Миносок в 2002 (1), 2003 (2) и 2004 (3) гг

В 2003 г появление личинок гребешка было отмечено в конце мая (рисунки 2, 3) Плотность личинок достигла максимума в 65-70 экз/м³ в конце мая – начале июня при температуре воды 13-13,8 °С Затем численность личинок постепенно уменьшилась, и в конце первой декады июля встречались лишь единичные экземпляры Продолжительность периода нахождения личинок в планктоне составила 1,5 мес

Сходное распределение личинок гребешка в 2002 и 2004 гг связано с интенсивным прогревом воды температура достигла 8 °С (величина, при которой начинается нерест гребешка) на всех горизонтах водной толщи в первой декаде мая, в мае 2002 г ее среднемесячные значения превысили среднемноголетние на 1,9 °С, в июне 2004 г – на 2,4 °С (в августе и сентябре 2004 г – на 1-1,5 °С) (рисунки 3, 4 А)

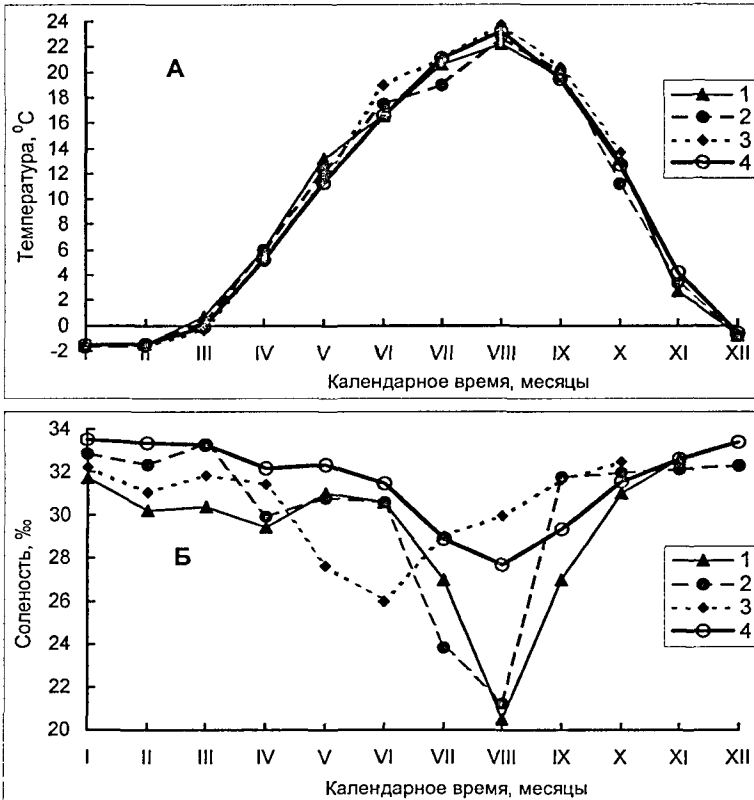


Рис. 4. Среднемесячная температура (А) и соленость (Б) воды в 2002 (1), 2003 (2) и 2004 (3) гг и их среднемноголетние значения (4) на станции Посыет (по данным ГМС «Посыет»)

В 2003 г температура, при которой обычно начинается нерест гребешка, была отмечена лишь в конце мая. Очевидно, что благодаря более быстрому прогреву воды в 2002 и 2004

гг. личинки гребешка могли появиться уже в начале третьей декады мая (примерно на 3 дня раньше, чем в 2003 г.), что подтвердилось исследованием размерной структуры личинок этого вида в 2004 г.

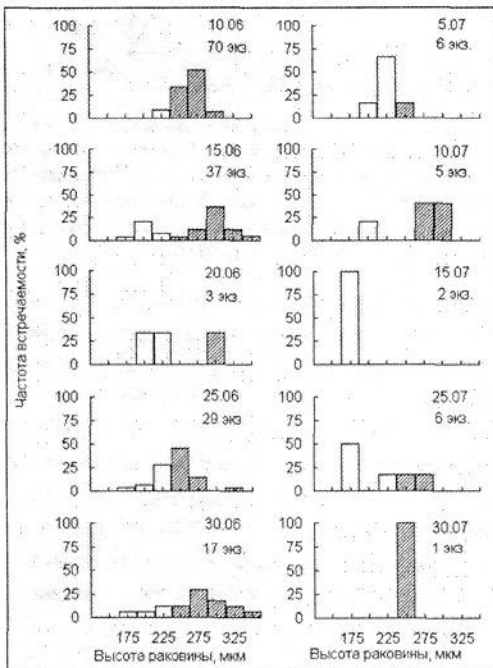
Из трех лет наших исследований 2002 г. характеризовался самым коротким периодом пребывания личинок гребешка в планктоне (1 мес.). В 2004 г., наоборот, пелагическое развитие личинок было наиболее продолжительным (1 мес. и 25 дней). Вероятно, это связано с относительно благоприятными для выживания личинок значениями солености морской воды в июле 2004 г. (28,9 ‰), в отличие от 2002 и 2003 гг., когда было зарегистрировано значительное опреснение до 27 и 23,81 ‰ (рис. 4 Б). Опреснение могло вызвать прекращение нереста моллюсков и гибель их личинок в планктоне, и, очевидно, поэтому в 2002 и 2003 гг. личинки гребешка встречались лишь до конца июня - начала июля.

В целом, динамика численности личинок приморского гребешка в 2002-2004 гг. не имела существенных различий. Так, их максимальная плотность была зарегистрирована примерно в одно и то же время, продолжительность пелагического развития составила 1-2 мес.

В 2004 г. уже в начале периода наблюдений (10-15 июня) преобладали личинки гребешка на стадии оседания (педивелигера) – до 70-90 % всех личинок, с высотой раковины 275-300 мкм (рис. 5). Несмотря на появление в середине последней декады июня личинок нового поколения размером 175-225 мкм, до конца этого месяца в планктоне продолжал преобладать процесс оседания, и до 60-70 % всех личинок имели высоту раковины более 250 мкм. В июле размеры личинок гребешка варьировали от 175 до 300 мкм.

При сопоставлении материалов наших исследований с данными Е.А. Белогрудова (1981) за 1976-1978 гг. можно отметить, что уже в начале периода наблюдений (10-15 июня) в 1970-е гг. личинки находились на более ранних стадиях развития – среди них преобладали экземпляры размером до 250 мкм, т.е. они были меньше на 25-125 мкм. Отставание в развитии личинок в 1970-е гг. наблюдалось до конца июня. В июле 1976 и 1977 гг., как и в 2004 г., в планктоне преобладали личинки как ранних, так и поздних стадий развития – с размерами от 200 до 275 мкм.

Рис. 5. Изменение размерного состава личинок *M. yessoensis* (по высоте раковины) в планктоне б. Миноносков в 2004 г. Заштрихованными участками обозначены личинки в стадии оседания.



При сравнении данных по временному распределению личинок приморского гребешка в б Миносок и наблюдений ГМС «Посыет» за 2002-2004 гг с материалами предыдущих исследований (1976-1995 гг) (Белогрудов, 1980, Белогрудов и др., 1986, Раков, 2003) установлено следующее

- 1 Появление личинок *M. yessoensis* в период с 1976 по 2004 гг постепенно сдвинулось на более ранние сроки с конца мая - середины июня на начало третьей декады - конец мая (рис 6) Между изменением температуры воды и временем появления личинок наблюдается достоверная обратная связь ($r_1 = -0,66$, $p = 0,01$) Достоверной корреляции между изменением солености воды и временем появления личинок не выявлено ($r_2 = 0,30$, $p = 0,31$)

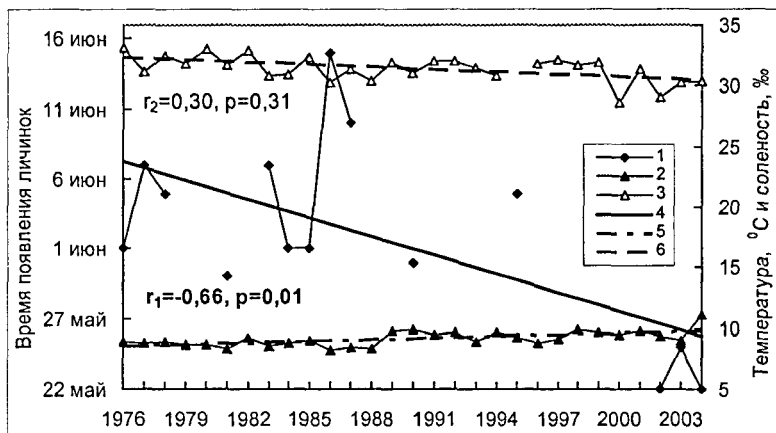


Рис 6 Многолетние изменения времени появления личинок *M. yessoensis* в планктоне б Миносок (1), температуры (2) и солености воды (3) в зал Посыета (по данным ГМС «Посыет») и ее тренды (4), (5) и (6), соответственно, аппроксимированные скользящим средним, в период с 1976 по 2004 гг, r_1 и r_2 – коэффициенты корреляции времени появления личинок *M. yessoensis* со среднегодовыми значениями температуры и солености воды, соответственно, на 5 % уровне значимости ($p < 0,05$)

- 2 Время появления пиков плотности личинок *M. yessoensis* в 1976-2004 гг также сдвинулось на более ранние сроки (с середины июня - начала июля на конец мая - середину июня) Однако их связь с изменениями температуры ($r_1 = -0,27$, $p = 0,34$) и солености ($r_2 = 0,37$, $p = 0,21$) воды выражена слабо
- 3 Плотность личинок *M. yessoensis* в 1976-2004 гг снизилась в среднем от 190 до 76 экз/м³ Однако корреляции между температурой воды и плотностью личинок не выявлено ($r_1 = 0,03$, $p = 0,91$), хотя связь с изменением солености удовлетворительная ($r_2 = 0,39$, $p = 0,19$)
- 4 Сроки исчезновения личинок *M. yessoensis* из планктона в 1976-2004 гг изменились незначительно с конца июня - начала августа на конец июня - середину последней декады июля Поэтому какой-либо заметной связи между этим параметром и изменениями температуры и солености воды не выявлено ($r_1 = 0,20$, $p = 0,50$, $r_2 = 0,01$, $p = 0,97$)

5 В продолжительности периода встречаемости личинок *M yessoensis* в планктоне в 1976-2004 гг также наблюдается постепенный сдвиг от 1-2 до 1,5-2 мес (рис 7) При этом отмечена выраженная корреляция между изменением температуры воды и длительностью пелагического периода личинок - $r_1=0,57$ ($p=0,03$) С соленостью воды связи не выявлено ($r_2=-0,09$, $p=0,75$)

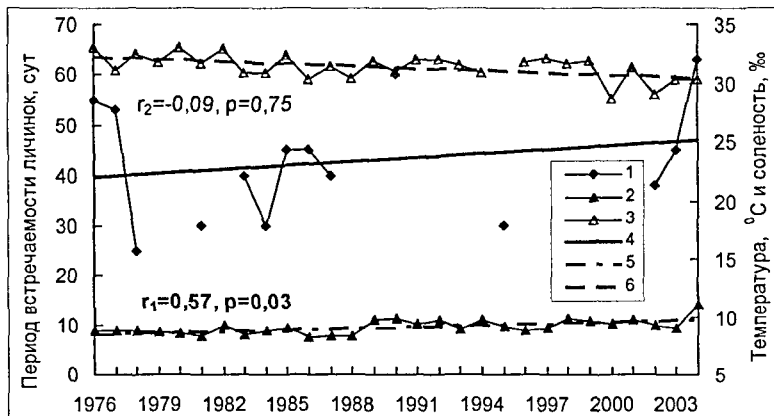


Рис 7 Многолетние изменения периода встречаемости личинок *M yessoensis* в планктоне б Миноносок (1), температуры (2) и солености воды (3) в зал Посъета (по данным ГМС «Посъет») и ее тренды (4), (5) и (6), соответственно, в период с 1976 по 2004 гг (обозначения как на рис 6)

Таким образом, с высокой долей вероятности (95 %) можно заключить, что в связи с постепенным ростом температуры воды в юго-западной части зал Петра Великого в период с 1976 по 2004 гг произошел постепенный сдвиг во времени появления личинок низкобореального вида *M yessoensis* в планктоне на более ранние сроки – в среднем на 20 дней ($r=-0,66$), в результате чего период регистрации личинок этого вида также постепенно увеличился на 20 дней ($r=0,57$), что было особенно заметно в 2002-2004 гг

Регистрируемое нами снижение плотности личинок *M yessoensis* в 2002-2004 гг, по-видимому, связано с более поздним началом наблюдения за личинками, так как мы могли упустить пик их плотности в планктоне. Возможно также, что оно вызвано сокращением масштабов промышленного культивирования гребешка в б Миноносок. Так, начиная с 1996 г из 18 га гидробиотехнических сооружений, имеющихся в бухте, для сбора спата и последующего выращивания моллюсков используется только 1,5-5 га, в отличие от 1980-х гг, когда были задействованы все плантации (Лебедев и др, 2004)

Тихоокеанская мидия В 2002 и 2004 гг, как и в случае с приморским гребешком, в планктоне б Миноносок было отмечено сходное распределение личинок мидии их регистрировали с начала периода наблюдений (10 июня) до середины июля, при температуре поверхностных слоев воды, варьировавшей от 12 до 21 °C (рисунки 3, 8) Максимальные плотности личинок - 408 экз/м³ в 2002 г и 39 экз/м³ в 2004 г - наблюдали в

конце первой декады июня при температуре воды 12,3 и 15,5 °С Продолжительность периода нахождения личинок в планктоне в эти годы составила примерно 1,5 мес

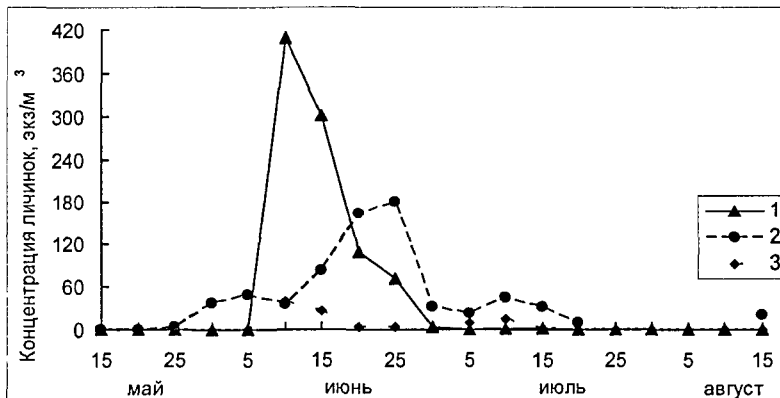


Рис 8 Динамика численности личинок *M. trossulus* в планктоне б. Миноносков в 2002 (1), 2003 (2) и 2004 (3) гг

В 2003 г появление личинок мидии наблюдали в середине последней декады мая при температуре воды 11,8 °С (рисунки 3, 8) Их максимальную плотность – 180 экз/м³ – регистрировали в середине последней декады июня при температуре 18 °С Личинки этого вида встречались и в середине августа при температуре воды 21 °С Период их нахождения в планктоне составил 2,5 мес

Очевидно, что благодаря более медленному прогреву воды до 9 °С (величина, при которой начинается нерест мидии) в 2003 г наблюдался протяженный нерест *M. trossulus*, поэтому продолжительность регистрации ее личинок в планктоне составила примерно 2,5 мес

Максимум плотности личинок в 2003 г был зарегистрирован на 2 недели позднее максимумов в 2002 и 2004 гг, что также обусловлено более медленным прогреванием водной толщи Снижение плотности личинок мидии в 5-10 раз в 2004 г, по сравнению с 2002 и 2003 гг, вероятно, обусловлено значительным опреснением воды в мае - июне 2004 г (рис 4 Б)

При сопоставлении полученных нами данных по динамике численности личинок тихоокеанской мидии и данных ГМС «Посыет» по изменению гидрологических параметров в юго-западной части зал Петра Великого за период 2002-2004 гг с материалами предыдущих исследований (1978-1990 гг) (Шепель, 1986, Раков, 2003) установлено следующее

1 Появление личинок *M. trossulus* в планктоне б. Миноносков в 1978-2004 гг постепенно сдвинулось на более ранние сроки (с начала июня - конца второй декады июня на конец мая) (рис 9) При этом корреляция r_1 между изменением температуры воды и временем появления личинок составляет -0,64 ($p=0,04$), между соленостью воды и исследуемым параметром (r_2) – 0,40 ($p=0,25$)

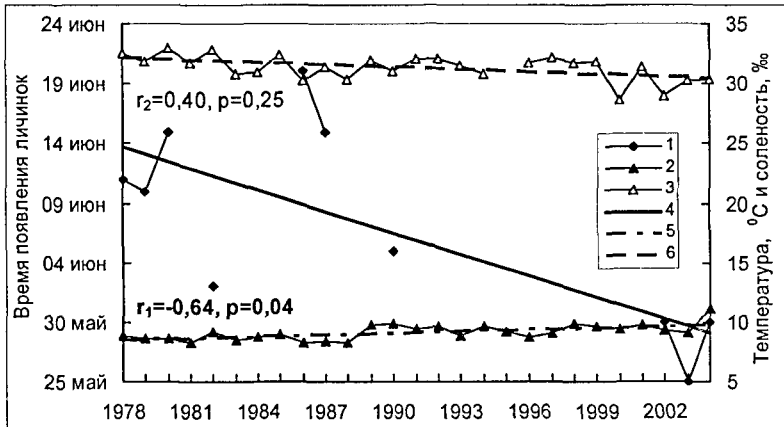


Рис 9 Многолетние изменения времени появления личинок *M. trossulus* в планктоне б Минносок (1), температуры (2) и солености воды (3) в зал Посьета (по данным ГМС «Посьет») и ее тренды (4), (5) и (6), соответственно, в период с 1978 по 2004 гг (обозначения как на рис 6)

- 2 В 1978-2004 гг произошел также сдвиг времени появления пиков плотности личинок *M. trossulus* с конца июня - начала августа на конец первой декады июня - конец июня. При этом наблюдается выраженная обратная связь между сроками появления личинок в максимальных количествах и изменением температуры воды ($r_1 = -0,48$, $p = 0,16$). С изменением солености связь положительная, но слабая ($r_2 = 0,32$, $p = 0,36$).
- 3 Плотность личинок *M. trossulus* в 1978-2004 гг снизилась (от 1500-4000 экз/м³ до, в среднем, 230 экз/м³). Достоверной связи между изучаемым параметром и изменениями температуры и солености воды не выявлено ($r_1 = -0,21$, $p = 0,56$, $r_2 = 0,39$, $p = 0,25$).
- 4 В сроках исчезновения личинок *M. trossulus* из планктона также наблюдается сдвиг с конца июля - начала третьей декады августа на середину июля - середину августа (рис 10). Этот процесс тесно коррелирует с изменением температуры воды ($r_1 = -0,72$, $p = 0,02$). С изменением солености также отмечена хорошая связь ($r_2 = 0,56$, $p = 0,09$).
- 5 В продолжительности периода встречаемости личинок *M. trossulus* в 1978-2004 гг наблюдается сдвиг от 2-2,5 до 1,5-2,5 мес. При этом отмечена удовлетворительная связь с изменением температуры ($r_1 = -0,34$, $p = 0,34$) и солености ($r_2 = 0,34$, $p = 0,34$) воды.

Таким образом, с высокой долей вероятности (95 %) можно заключить, что в связи с постепенным ростом температуры воды в юго-западной части зал Петра Великого в период с 1978 по 2004 гг произошел постепенный сдвиг во времени появления и исчезновения личинок арктическо-бореального вида *M. trossulus* в планктоне на более ранние сроки – в среднем на 20 и 30 дней, соответственно, ($r = -0,64$, и $-0,72$), т.е. период регистрации личинок этого вида в планктоне уменьшился в среднем на 10 дней.

Выявленное нами значительное снижение плотности личинок *M. trossulus* в 2002-2004 гг, по сравнению с периодом 1978-1990 гг, как и в случае с приморским гребешком, по-

видимому, связано с более поздним началом наблюдений за личинками. Возможно также, что оно вызвано прекращением в 1989 г промышленного культивирования этого вида в б Миноносек (Лебедев и др., 2004)

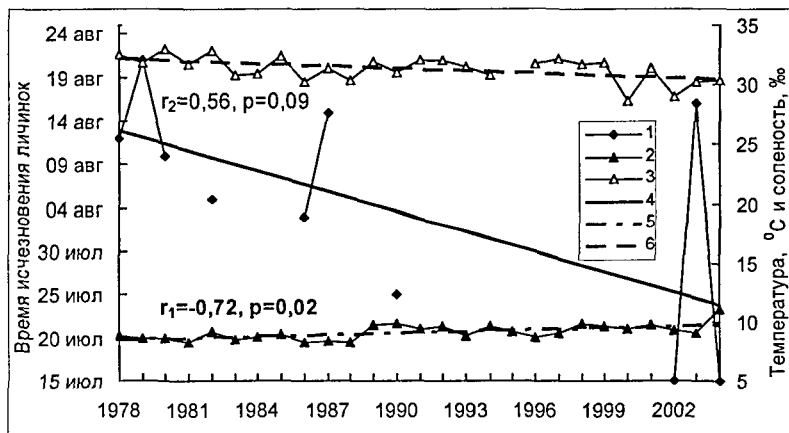


Рис 10. Многолетние изменения времени исчезновения личинок *M. trossulus* из планктона б Миноносек (1), температуры (2) и солёности воды (3) в зал Посъета (по данным ГМС «Посъет») и ее тренды (4), (5) и (6), соответственно, в период с 1978 по 2004 гг (обозначения как на рис 6)

Гребешок Свифта. В 2002 и 2004 гг в планктоне б Миноносек личинок гребешка Свифта регистрировали лишь эпизодически и в незначительном количестве 1-5 экз/м³ в июле-августе, при температуре воды 18-21 °С. По наблюдениям В.А. Ракова (2003), в планктоне б Миноносек в 1987 г также встречались лишь единичные экземпляры личинок *S. swifti*. Низкая численность личинок гребешка связана, очевидно, с отсутствием его массовых скоплений в зал Посъета (Скарлато, 1981).

Таким образом, несмотря на изменение гидрологических параметров, в период 1987-2004 гг в динамике численности личинок *S. swifti* каких-либо изменений не выявлено.

Японский гребешок. В 2002 г в планктоне б Миноносек личинок японского гребешка регистрировали в конце июня и конце первой декады июля в количестве 1-2 экз/м³, при температуре воды 16-21 °С (рисунки 3, 11).

В 2004 г появление личинок этого вида наблюдали в середине июня при температуре воды 16,6 °С. Плотность личинок достигла максимума в 85 экз/м³ в начале сентября при температуре 21,5 °С. В середине сентября при температуре воды 19,7 °С встречались лишь единичные экземпляры. Таким образом, в 2004 г период нахождения личинок японского гребешка в планктоне составил более 2 мес.

Малая плотность личинок в планктоне и эпизодичность их встречаемости в 2002 г, видимо, обусловлена сильным опреснением в июле-августе этого года (до 20,5 ‰) (рис 4 Б), отрицательно повлиявшим на нерест взрослых особей и выживаемость личинок.

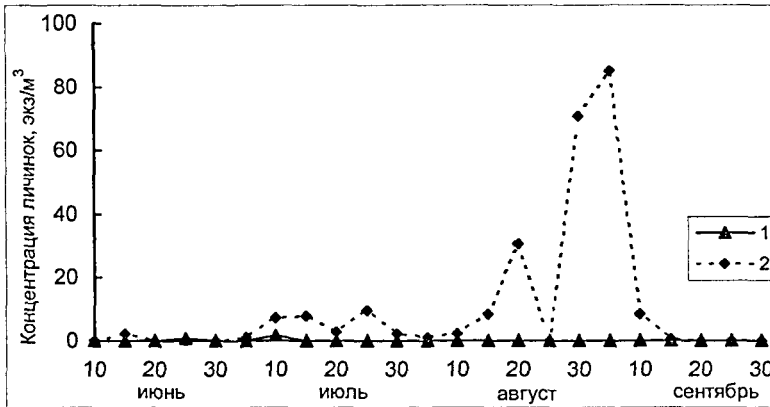


Рис. 11 Динамика численности личинок *Ch farreri* в планктоне б Миносок в 2002 (1) и 2004 (2) гг

При сравнении полученных данных по динамике численности личинок *Ch farreri* в б Миносок за 2002 и 2004 гг с материалами 1990 г по б Рейд Паллада зал Посыета (Раков, 2003) и сопоставлении с наблюдениями ГМС «Посыет» за 1990-2004 гг установлено следующее

- 1 Появление личинок японского гребешка сдвинулось на более ранние сроки с начала второй декады июля на середину - конец июля. Однако при этом наблюдалась лишь удовлетворительная связь между изменением температуры и солёности воды и временем появления личинок ($r_1=-0,55$, $p=0,62$, $r_2=0,48$, $p=0,68$)
- 2 Появление пиков плотности личинок *Ch farreri* в 1990-2004 гг сдвинулось на более поздние сроки с конца июля на начало сентября (рис 12). Установлена высокая связь между изучаемым параметром и изменением температуры воды ($r_1=0,99$, $p=0,01$). С изменением солёности достоверной связи не выявлено ($r_2=0,48$, $p=0,68$)
- 3 Плотность личинок *Ch farreri* возросла от 55 экз/м³ в 1990 г до 85 экз/м³ в 2004 г. Выявлена довольно высокая корреляция их численности с изменением температуры воды ($r_1=0,93$, $p=0,24$). С изменением солёности связь менее достоверна ($r_2=0,75$, $p=0,45$)
- 4 Время исчезновения личинок *Ch farreri* сдвинулось на более поздние сроки – с конца первой декады августа в 1990 г на середину сентября в 2004 г. При этом наблюдалась прямая связь времени исчезновения личинок с изменением температуры ($r_1=0,98$, $p=0,11$). С солёностью воды связь не достоверна ($r_2=0,61$, $p=0,58$)
- 5 Период нахождения личинок гребешка в планктоне увеличился с 1 мес в 1990 г до более 2 мес в 2004 г (рис 13). Установлена высокая прямая зависимость между изучаемым параметром и температурой воды ($r_1=0,99$, $p=0,05$). Достоверной связи между изменением периода встречаемости личинок и солёностью не выявлено ($r_2=0,40$, $p=0,74$)

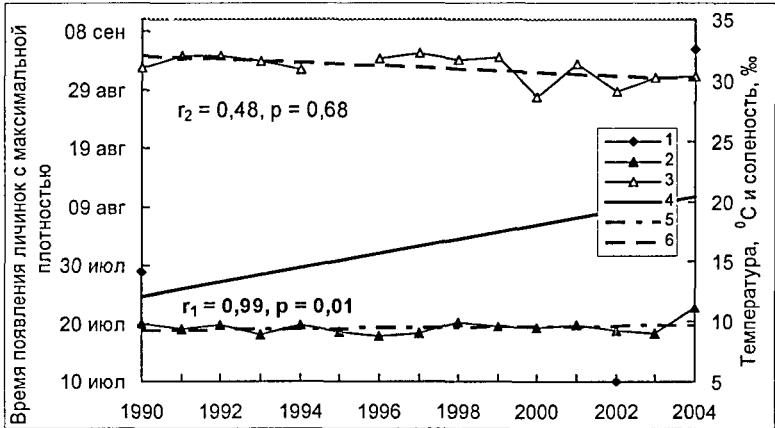


Рис. 12 Многолетние изменения времени появления личинок *Ch. farreri* с максимальной плотностью в планктоне бухт Миноносок и Рейд Паллада (1), температуры (2) и солёности воды (3) в зал Посыета (по данным ГМС «Посыет») и ее тренды (4), (5) и (6), соответственно, в 1990-2004 гг (обозначения как на рис 6)

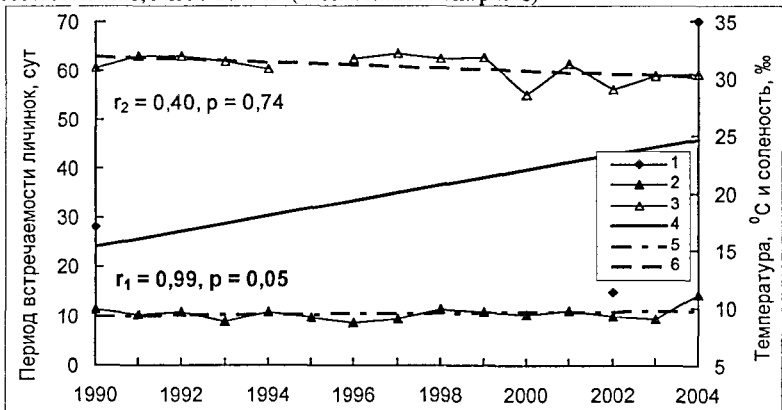


Рис. 13 Многолетние изменения периода встречаемости личинок *Ch. farreri* в планктоне бухт Миноносок и Рейд Паллада (1990-2004 гг) (1), температуры (2) и солёности воды (3) в зал Посыета (по данным ГМС «Посыет») и ее тренды (4), (5) и (6), соответственно, в 1990-2004 гг (обозначения как на рис 6)

Таким образом, с высокой долей вероятности (95 %) можно заключить, что в связи с ростом температуры воды в открытых бухтах зал Посыета (Миноносок и Рейд Паллада) в период 1990-2004 гг произошел постепенный сдвиг времени появления пика плотности личинок субтропическо-низкорборального вида *Ch. farreri* на более поздние сроки (примерно на 1 мес) ($r=0,99$), в связи с чем установлено увеличение периода нахождения личинок в планктоне также на 1 месяц ($r=0,99$). С вероятностью 76 % наметилась тенденция к увеличению плотности личинок японского гребешка в 1,5 раза

Тихоокеанская устрица. В 2002 и 2004 гг. появление личинок устрицы в планктоне б. Миноноска было отмечено в конце июня при температуре воды 20 °С (рисунки 3, 14). Пики плотности личинок – 75 экз/м³ в 2002 г. и 353 экз/м³ в 2004 г. – наблюдали в конце второй и первой декад июля при температуре 22 и 17,4 °С. Личинки встречались в планктоне до начала сентября в 2002 г. и до конца сентября в 2004 г., при температуре 20 и 19,3 °С. Продолжительность их регистрации в 2002 г. составила примерно 2 мес., в 2004 г. – 3 мес.

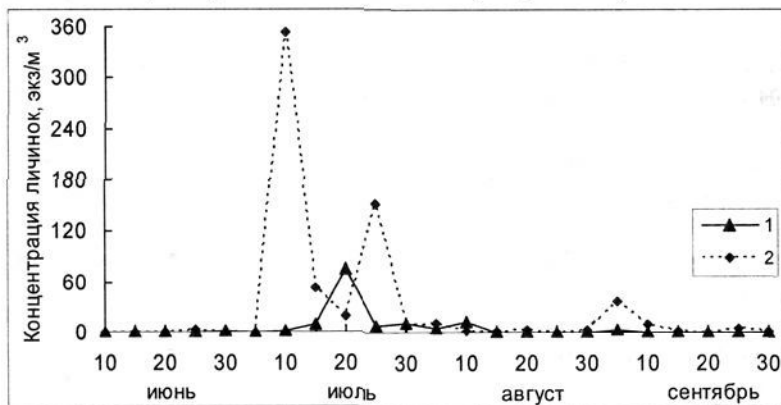
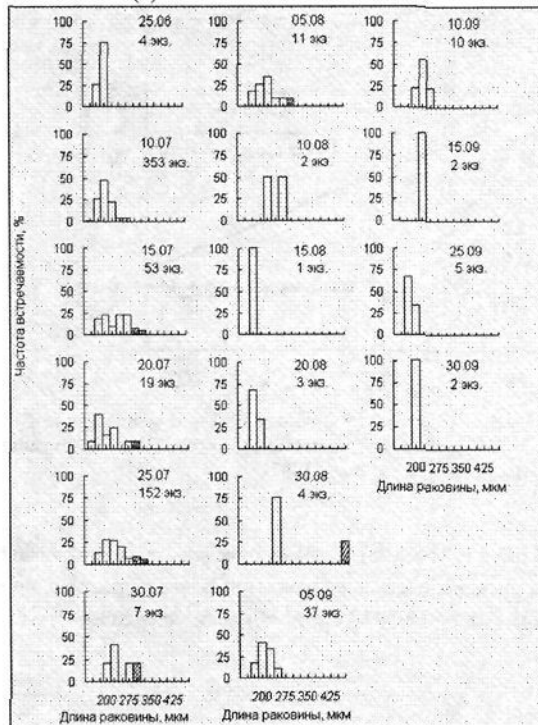


Рис. 14. Динамика численности личинок *C. gigas* в планктоне б. Миноноска в 2002 (1) и 2004 (2) гг.



Таким образом, в июле - сентябре 2004 г. пик плотности личинок устрицы наблюдали на 15 дней раньше, их численность была примерно в 5 раз выше, и они встречались почти на месяц дольше, чем в 2002 г., когда произошло опреснение до 20,5-27%, которое могло отрицательно повлиять на выживаемость личинок *C. gigas*.

В 2004 г. в период с момента регистрации до середины июля в планктоне преобладали личинки устрицы с длиной раковины 200-275 мкм (великонхи) (рис. 15).

Рис. 15. Изменение размерного состава личинок *C. gigas* (по длине раковины) в планктоне б. Миноноска в 2004 г. Заптрихованными участками обозначены личинки в стадии оседания.

Во второй половине июля – 175-225 мкм, очевидно, благодаря появлению личинок нового поколения в конце второй декады июля. В августе и сентябре размеры личинок варьировали от 175 до 275 мкм.

При сопоставлении материалов наших исследований с данными В.А. Ракова по б. Постовой зал Посьета (1975, 1979) за 1974 и 1976 гг. выявлено, что, как и в случае с личинками *M. yessoensis*, в одни и те же сроки – первую половину июля – личинки *C. gigas* в 70-е гг. находились на более ранних стадиях развития – среди них преобладали экземпляры размером 100-280 мкм. Во второй половине июля и августе в 70-е гг., как и в 2004 г. в планктоне присутствовали личинки как ранних, так и поздних возрастов с размерами 200-350 мкм.

При сравнении наших данных по динамике численности личинок *C. gigas* за 2002 и 2004 гг. с материалами 1987 г. по б. Миносок (Раков, 2003) и наблюдениями ГМС «Посьет» 1987-2004 гг. установлено следующее:

1. Появление личинок *C. gigas* в планктоне сдвинулось на более ранние сроки с начала июля на конец июня (рис. 16). При этом наблюдалась высокая обратная зависимость между изменением температуры воды и временем появления личинок ($r_1 = -0,99$, $p = 0,04$). Между изменением солёности и изучаемым параметром выявлена лишь удовлетворительная связь ($r_2 = 0,33$, $p = 0,79$).

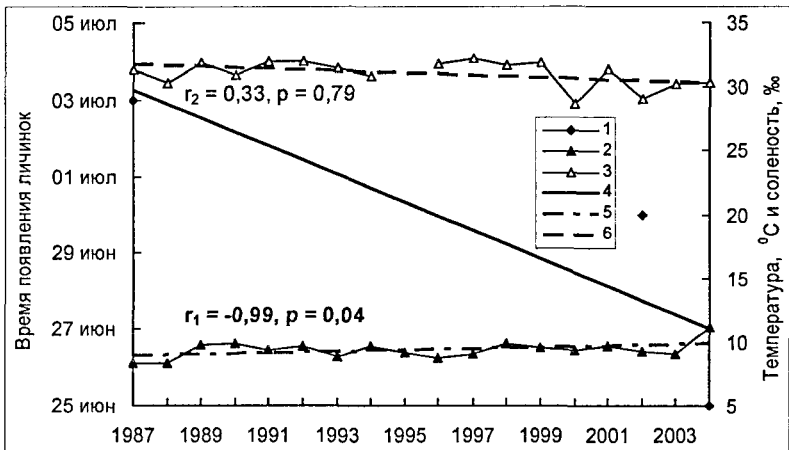


Рис. 16. Многолетние изменения времени появления личинок *C. gigas* в планктоне бухты Миносок (1987-2004 гг.) (1), температуры (2) и солёности воды (3) в зал Посьета (по данным ГМС «Посьет») и ее тренды (4), (5) и (6), соответственно, в 1987-2004 гг. (обозначения как на рис. 6)

2. Пики плотности личинок *C. gigas* в 1987-2004 гг. были отмечены в конце первой и второй декад июля. Корреляция времени появления максимумов численности личинок (r_1) с температурой воды составила $-0,20$ ($p = 0,87$). Связь с изменением солёности была более заметной ($r_2 = -0,89$, $p = 0,30$).

- 3 Плотность личинок устрицы в 1987-2004 гг возросла от 75-180 до 353 экз/м³ Связь между изменением температуры воды и плотностью личинок (r_1) составила 0,76 ($p=0,45$) С соленостью воды корреляции не выявлено ($r_2=0,42$, $p=0,72$)
- 4 Исчезновение личинок *C gigas* из планктона в 1987-2004 гг сдвинулось на более поздние сроки с начала августа на конец первой и последней декад сентября Установлена довольно высокая связь с температурой воды ($r_1=0,95$, $p=0,20$) Связь с изменением солености не достоверна ($r_2=-0,55$, $p=0,62$)
- 5 Период встречаемости личинок *C gigas* в 1987-2004 гг увеличился с 1 до 2-3 мес При этом связь с температурой воды была довольно явной ($r_1=0,95$, $p=0,19$) С соленостью отмечена удовлетворительная обратная связь ($r_2=-0,54$, $p=0,64$)

Таким образом, с высокой долей вероятности (95 %) можно утверждать, что в связи с ростом температуры воды в период 1987-2004 гг произошел постепенный сдвиг времени появления личинок субтропическо-низкобореального вида *C gigas* в планктоне б Миноноска на более ранние сроки (на 8 дней) ($r=-0,99$) С вероятностью 55% наметилась тенденция к увеличению плотности личинок *C gigas* в 4,5 раза

Курильский модиолус. В 2002 и 2004 гг в планктоне б Миноноска личинок *M kurlensis* регистрировали с конца второй и середины последней декад июня до середины сентября при температуре поверхностных слоев воды от 14,3 до 22 °С Их максимальную плотность (250 экз/м³ в 2002 г и 70 экз/м³ в 2004 г) наблюдали в конце июля и начале сентября при температуре воды 21-22 °С Продолжительность периода встречаемости личинок в толще воды в эти годы составила примерно 2,5 мес

В 2002 г максимум плотности личинок был отмечен примерно на 1 мес раньше, и их численность была почти в 4 раза выше, чем в 2004 г Вероятно, это обусловлено падением температуры воды ниже 16 °С (величина, необходимая для начала нереста модиолуса) в придонных слоях с середины июля до начала августа 2004 г

По сравнению с данными 1995 г по б Троицы зал Посыета (Колотухина, Семенихина, 1998), в 2002 и 2004 гг появление личинок модиолуса было зарегистрировано на месяц раньше из-за более раннего прогрева воды до 16 °С Корреляция г сроков появления личинок модиолуса с изменением температуры воды в районе исследования составила -0,53 ($p=0,64$)

Мидия блестящая. Личинки *M coruscus* в планктоне б Миноноска в 2002 и 2004 гг встречались так же долго, как и личинки модиолуса Пики их плотности (36 и 25 экз/м³ в 2002 г, 26 и 23 экз/м³ в 2004 г) были отмечены в конце июля и конце первой декады - середине сентября, при температуре воды 19-22 °С Продолжительность регистрации личинок в эти годы составила примерно 2,5 мес

Исчезновение личинок мидии из планктона в 2002 г наблюдали на две недели раньше, чем в 2004 г, вероятно, из-за менее благоприятных гидрологических условий в сентябре 2002 г, когда соленость морской воды у поверхности снизилась до 27‰ (рис 4 Б) Два отчетливых пика плотности личинок, наблюдаемые в конце июля и середине сентября в 2002 и 2004 гг, по-видимому, обусловлены двумя пиками нереста моллюска Два максимума численности личинок этого вида также наблюдались в 2001 г в зал Восток (Radovets, 2004)

Так как личинки *M. coruscus* появились в планктоне и достигли максимальной плотности в одно время с личинками *M. kurlensis*, когда температура воды превысила 16 °С сначала у поверхности, а затем на всех горизонтах, можно предположить, что нерест у этих видов происходит в одни и те же или близкие сроки

Таким образом, установлено, что в планктоне б Миноносок личинки *M. coruscus* встречаются с июня по сентябрь, при этом их плотность достигает 26-36 экз/м³. В динамике численности личинок этого вида выявлено 2 устойчивых пика плотности в конце июля и середине сентября. Установлено, что личинки мидии блестящей появляются в планктоне при прогревании воды до 16 °С.

Мидия Грея. В 2002 и 2004 гг в планктоне б Миноносок личинки мидии Грея встречались с середины июня до конца июля при температуре воды у поверхности 12,6-22,7 °С. Максимальную плотность личинок (13 экз/м³ в 2002 г и 85 экз/м³ в 2004 г) наблюдали в конце второй и первой декад июля при температуре воды 18 и 17,4 °С, соответственно. Продолжительность пелагического периода личинок в эти годы составила 1,5 мес.

Можно предположить, что 2004 г был более благоприятным для развития личинок мидии Грея, поскольку их появление в максимальных количествах отмечено на 10 дней раньше, и плотность была примерно в 6 раз выше, чем в 2002 г. По-видимому, это связано с относительно высокой среднемесячной температурой воды (19 °С) (рис 4 А) в июне 2004 г, в результате чего смогли отнереститься моллюски, обитающие на всех глубинах (обычно нерест мидии Грея начинается при температуре воды 15 °С). Кроме того, наблюдаемое в июле 2002 г сильное опреснение (до 27‰) могло вызвать гибель части личинок *C. grayanus*.

Таким образом, установлено, что личинки *C. grayanus* встречаются в планктоне б Миноносок с июня по июль, при этом их плотность может достигать 13-85 экз/м³.

Сахалинская спизула. В планктоне б Миноносок в 2002 г личинки спизулы встречались в количестве 1-2 экз/м³ в конце июля и августа при температуре поверхностных слоев воды 18-19 °С. В 2004 г личинки в максимальных количествах (230 экз/м³) были обнаружены в конце первой декады июля при температуре воды 17,4 °С. В конце сентября личинки исчезли из планктона. Общая продолжительность их встречаемости составила примерно 2 мес. По-видимому, 2004 г был более благоприятным для развития личинок спизулы, по сравнению с 2002 г. Так, в 2004 г температура придонных слоев воды достигла необходимой для начала нереста величины в 16 °С уже в конце июня, в 2002 г – лишь в конце июля, в результате чего максимум личинок в 2004 г был отмечен уже в конце первой декады июля. Кроме того, в июле и августе 2002 г наблюдали сильное опреснение (до 27 и 20,5‰) (рис 4 Б), которое могло вызвать прекращение нереста моллюсков и гибель их личинок в планктоне.

Таким образом, установлено, что в планктоне б Миноносок личинки *S. sachalinensis* встречаются с июля по сентябрь, при этом их плотность может достигать 230 экз/м³.

ВЫВОДЫ

- 1 На основе анализа многолетних наблюдений за промысловыми видами двустворчатых моллюсков в б Миносок установлено, что их реакция на рост температуры воды связана с терморпатией, определяемой биогеографической принадлежностью При сопоставлении полученных данных (2002 - 2004 гг) с материалами середины 1970-х – начала 1990-х гг выявлены сдвиги в сроках нахождения личинок в планктоне
- 2 Установлено, что у эврибионтных видов - бореально-арктического *Mytilus trossulus* и субтропическо-низкобореального *Crassostrea gigas* время появления личинок сдвигается на более ранние сроки (в среднем, на 20 и 8 дней, соответственно) В связи с этим и время исчезновения личинок мидии из планктона смещается также на более ранние сроки (30 дней), чего не наблюдается у устрицы
- 3 У стенобионтных видов - низкобореального *Mizuhopecten yessoensis* и субтропическо-низкобореального *Chlamys farreri* выявлена разнонаправленная реакция, а именно сдвиг времени появления личинок на более ранние сроки (в среднем, 20 дней) у *M yessoensis* и смещение пика плотности личинок на более позднее время (30 дней) у *Ch farreri* В связи с этим у обоих видов наблюдается увеличение периода нахождения личинок в планктоне
- 4 Достоверной связи между численностью личинок изученных видов моллюсков и рассматриваемыми в работе гидрологическими параметрами в районе исследования не выявлено В связи с повышением среднегодовой температуры воды с вероятностью 76 и 55 % наметилась тенденция к увеличению плотности личинок *Ch farreri* в 1,5 и *C gigas* в 4,5 раза, соответственно
- 5 Менявшиеся в период 1987-2004 гг гидрологические условия не повлияли на динамику численности личинок *Swiftopecten swifti* В 2002 и 2004 гг личинки *S swifti* эпизодически встречались в июле-августе с плотностью 1-5 экз/м³, что, очевидно, связано с его малой распространенностью в зал Посъета
- 6 Под влиянием постепенного повышения температуры воды в заливе в 2002 и 2004 гг наметилась тенденция к сдвигу времени появления личинок *Modiolus kurilensis* на более ранние (примерно на месяц) сроки (по сравнению с 1995 г)
- 7 Установлены сроки нахождения и численность личинок в планктоне для не исследованных в зал Посъета видов *Spisula sachalinensis*, *Crenomytilus grayanus* и *Mytilus coruscus* У *M coruscus* выявлено 2 устойчивых пика плотности (в конце июля и середине сентября), что могло быть вызвано двумя пиками нереста Установлено, что личинки этого вида появляются при прогревании воды до 16 °С
- 8 На основе полученных результатов можно рекомендовать хозяйствам марикультуры, расположенным в зал Посъета, перейти от монокультуры приморского гребешка к поликультуре с тепловодными видами – японским гребешком и тихоокеанской устрицей, численность которых в настоящее время заметно возросла

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах

- 1 Брыков В А , Колотухина Н К , Таупек Н Ю , Радовец А В Эффективность сбора молодежи приморского гребешка на коллекторы решение оптимизационной задачи // Вопр рыболовства 2003 Т 4, № 2(14) С 327-346
- 2 Брыков В А , Семенихина О Я , Колотухина Н К , Радовец А В Культивирование тихоокеанской мидии в прибрежных водах северо-западной части Японского моря // Вопр рыболовства 2004 Т 5, № 4(20) С 708-733
- 3 Радовец А В , Христофорова Н К Влияние климатических изменений на динамику численности личинок двустворчатых моллюсков в планктоне бухты Миноносок (залив Посьета, Японское море) // Изв ТИПРО 2006 Т 147 С 305-322

Статьи, опубликованные в других изданиях

- 4 Радовец А В , Христофорова Н К Изменения в распределении пелагических личинок boreальных и субтропических видов двустворчатых моллюсков в зал Посьета Японского моря // Электронный журнал «Исследовано в России» 2005 13 С 127-137

Работы, опубликованные в материалах региональных, всероссийских и международных конференций

- 5 Radovets A V Distribution of pelagic larvae of mass species of bivalves in the Vostok Bay, Sea of Japan // Abstracts of the Conference "Mollusks of the Northeastern Asia and Northern Pacific Biodiversity, Ecology, Biogeography and Faunal History", October 4-6, 2004, Vladivostok, Russia. P 125-127
- 6 Радовец А В Динамика численности личинок промысловых видов двустворчатых моллюсков в зал Посьета Японского моря // Международный научный семинар «Проблемы репродукции и раннего онтогенеза морских гидробионтов» 2-4 ноября 2004 г , Мурманск Мурманск ММБИ КНЦ РАН, 2004 С 106-109
- 7 Радовец А В Распределение личинок boreальных и субтропических видов двустворчатых моллюсков в зал Посьета Японского моря // VII региональная конференция по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии студентов, аспирантов, молодых преподавателей и сотрудников вузов и научных организаций Дальнего Востока России Тез докл г Владивосток 18-20 ноября 2004 г , Владивосток ДВГУ, ИБМ ДВО РАН, 2004 С 94-96
- 8 Раков В А , Вельбель А Г , Радовец А В Многолетние изменения интенсивности оседания личинок промысловых двустворчатых моллюсков в заливе Петра Великого // Международный научный семинар «Проблемы репродукции и раннего онтогенеза морских гидробионтов» 2-4 ноября 2004 г , Мурманск Мурманск ММБИ КНЦ РАН, 2004 С 110-113

РАДОВЕЦ Анна Владимировна

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ ЛИЧИНОК ДВУСТВОРЧАТЫХ
МОЛЛЮСКОВ В ПЛАНКТОНЕ БУХТЫ МИНОНОСОК
(ЗАЛИВ ПОСЪЕТА, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

Зак № 79п Формат 60x84 1/6 Усл п л 1,0 Тираж 100 экз
Подписано в печать 18.04.2007 г
Печать офсетная с оригинала заказчика

Отпечатано в типографии ОАО "Дальприбор"
690105, г Владивосток, ул. Бородинская, 46/50
Тел. 32 70-49