

Н.И. ГРИГОРЬЕВА

## Исследование фенодат начала нереста и оседания приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis* Jay, 1857) в бухте Миноносок (залив Посъета, залив Петра Великого, Японское море)

Проанализированы многолетние изменения фенодат начала нереста и оседания приморского гребешка (*Mizuhopecten* (=Patinopecten) *yessoensis* Jay, 1857) в бухте Миноносок (зал. Посъета, зал. Петра Великого, Японское море) в 1970–2011 гг. Выявлен сдвиг среднесезонных сроков нереста и оседания на более ранние даты. Рассчитана энтропия процессов.

Ключевые слова: межгодовая изменчивость, фенодата, энтропия, нерест, оседание личинок, спат, приморский гребешок, *Mizuhopecten* (=Patinopecten) *yessoensis* Jay, 1857, бухта Миноносок, зал. Посъета, зал. Петра Великого, Японское море.

**Study of the phenological dates of the Yesso scallop (*Mizuhopecten yessoensis* Jay, 1857) spawning and settling onsets in Minonosok Inlet (Posiet Bay, Peter the Great Bay, East Sea/Sea of Japan) N.I. GRIGORYEVA (A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, FEB RAS, Vladivostok).**

The long-term changes of the phenological dates of the Yesso scallop (*Mizuhopecten* (=Patinopecten) *yessoensis* Jay, 1857) spawning and settling onsets in Minonosok Inlet (Posiet Bay, Peter the Great Bay, East Sea/Sea of Japan) were analyzed in 1970–2011. It was found that the long-term average spawning and settling periods were moved to earlier dates. The entropy of processes was calculated.

Key words: interannual variability, phenological data, entropy, spawning, settling of larvae, spat, Yesso scallop, *Mizuhopecten* (=Patinopecten) *yessoensis* Jay, 1857, Minonosok Inlet, Posiet Bay, Peter the Great Bay, East Sea/Sea of Japan.

### Введение

Фенологические наблюдения являются ключевыми в изучении развития гидробионтов, обитающих в постоянно изменяющихся условиях среды. У моллюсков основные фенодаты, фиксирующие циклы развития, – начало нереста, первое появление личинок в планктоне и начало их оседания. В марикультуре им уделяется особое внимание, поскольку от этого зависит количество спата на коллекторах.

Согласно наблюдениям, каждый год нерест и оседание происходят в разное время – в зависимости от температуры воды. Известно, что в зал. Петра Великого приморский гребешок (*Mizuhopecten* (=Patinopecten) *yessoensis* Jay, 1857) начинает нереститься в мае

и заканчивает в июне [1]. Оседание личинок происходит, как правило, через 22–40 дней после нереста – в июне–июле [2].

Оценка вероятностей наступления событий методами энтропии широко используется в теории информации; энтропия является количественной мерой наступления тех или иных сроков и позволяет сравнивать временные ряды событий между собой [11].

Цель настоящей работы – анализ многолетней изменчивости фенодат начала нереста и оседания приморского гребешка в бухте Миноносок зал. Посъета (зал. Петра Великого, Японское море).

## Материалы и методы

В исследовании использовали данные о сроках нереста, первого появления личинок и начала оседания приморского гребешка в 1970–2011 гг.; были привлечены собственные данные и литературный материал [4, 5, 7]. Даты первого появления личинок в планктоне даны для середины бухты. Общая выборка наблюдений составила 42 года, с учетом пропусков – 36 лет.

Энтропия процессов рассчитана по методу Шеннона–Хартли для определения меры рассеивания фенодат и приведена в битах [8, 11]. Метод включает в себя формирование временного ряда событий и оценку вероятности наступления того или иного срока. В данном анализе при расчетах использован логарифм по основанию 2, единица измерения неопределенности – бит.

## Результаты и обсуждение

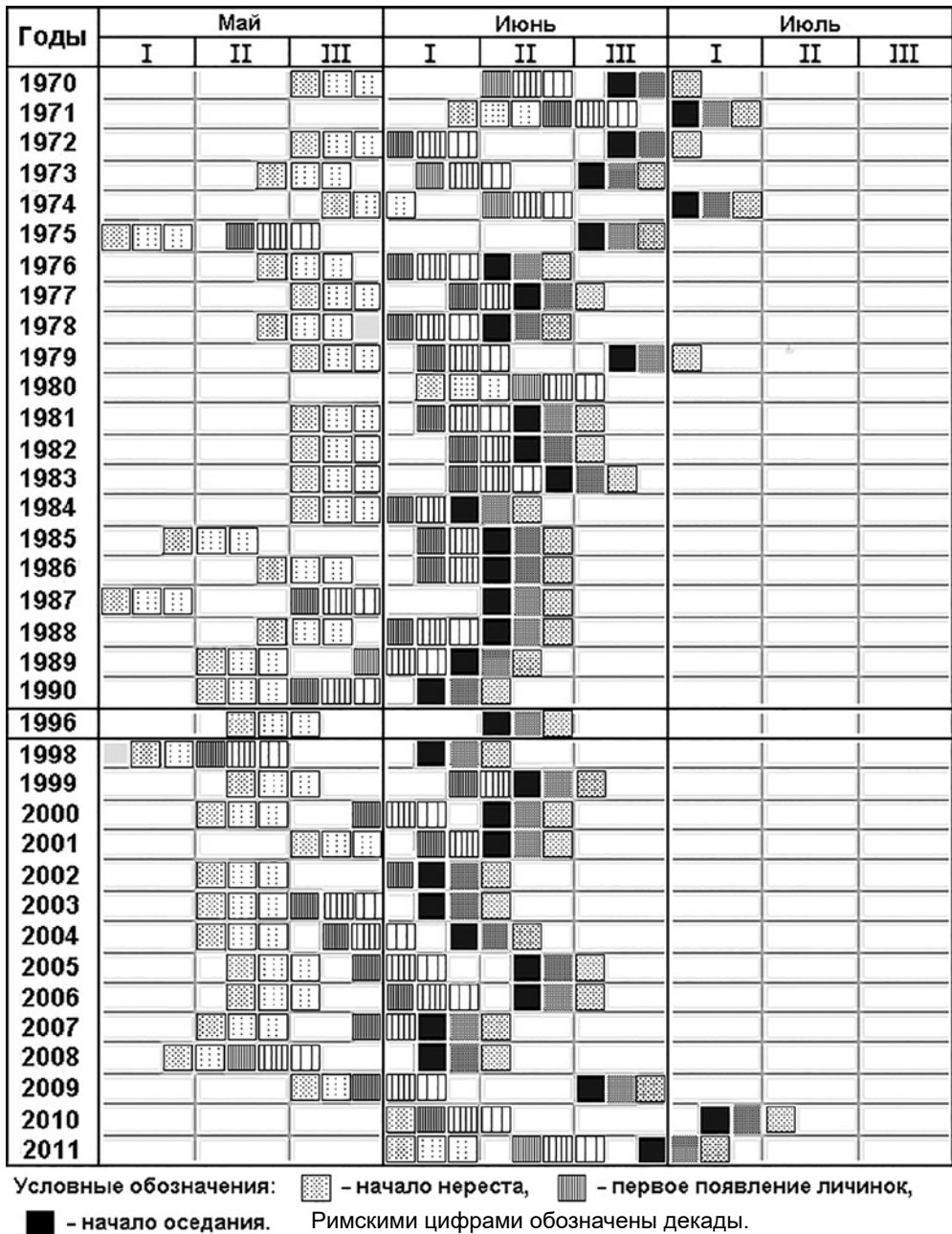
Ниже (см. таблицу) представлены фенодаты наступления нереста, первого появления личинок и начала оседания приморского гребешка в бухте Миноносок в 1970–2011 гг. Самое раннее начало нереста – I декада мая – 1–8.05 (1975, 1985, 1987, 1998, 2008 гг.), наиболее позднее – I декада июня – 1–9.06 (1971, 1980, 2010, 2011 гг.). Рассчитанная нами среднемноголетняя дата начала нереста приходится на конец II декады мая – 17–18.05. По литературным данным [4], в 1971–1979 гг. начало нереста в бухте Миноносок приходилось на 20–21 мая. Таким образом, отмечен небольшой сдвиг среднемноголетних сроков нереста на более ранние даты, что, возможно, связано с современным потеплением климата [10].

Даты первого появления личинок в средней части бухты Миноносок варьируют со II декады мая по II декаду июня – с 12.05 по 18.06. Следует отметить, что эти фенодаты фиксируются неточно, так как идентификация личинок происходит после достижения ими размеров 125–150 мк. Также личинки появляются вначале на мелководных участках, а затем распространяются во всей акватории. Одной станции недостаточно для выявления точных дат первого появления личинок в планктоне.

Оседание личинок в бухте Миноносок начинается во второй половине июня на глубинах 6–15 м и заканчивается в середине июля [4]. Оно может иметь несколько пиков из-за поселения на одних и тех же коллекторах нескольких генераций личинок, приносимых из других районов залива [2, 9]. Самое раннее оседание зафиксировано в I декаде июня – 4–8.06 (1984, 1989, 1990, 2002, 2003, 2004, 2007, 2008 гг.), наиболее позднее – в I декаде июля – 1–5.07 (1971, 1974, 2010 гг.). Рассчитанная нами среднемноголетняя дата наступления оседания приходится на II декаду июня – 14–15.06. Согласно более ранним исследованиям [4], с 1971 по 1979 г. начало оседания в бухте Миноносок приходилось на II–III декады июня (точная дата не рассчитывалась).

Известно, что начало нереста и условия его протекания в значительной степени зависят от колебаний температуры воды. Выявлено, что в летнее время в бухте Миноносок

Фенодаты наступления нереста, первого появления личинок и начала оседания приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis* Jay, 1857) в бухте Миноносук зал. Посьета (зал. Петра Великого, Японское море) в 1970–2011 гг.



в результате вторжения холодных вод в придонных и средних горизонтах часто возникает резкая термическая стратификация, которая влияет на длительность нахождения личинок в планктоне и, соответственно, определяет начало оседания [6]. Также на выживаемость личинок влияет скорость прогресса воды, а высокие температуры приводят к образованию резких градиентов в поверхностном слое. В результате численность личинок в планктоне может значительно уменьшиться [3], а количество спата к концу августа может снизиться вдвое-втрое [6].

Энтропийный анализ исследует вероятностное рассеивание процессов и служит оценкой меры наступления событий. Известно, что процессы нереста и оседания являются периодическими – в функционирование биологических систем заложена сезонность процессов. Предыдущие исследования показали, что они связаны, т.е. оседание не может длиться свыше наблюдаемых выявленных сроков – 22–40 дней [2]. Рассчитанная нами энтропия дат наступления нереста составила 3,5 бита, дат начала оседания – 4,1 бита, т.е. чем меньше показатель энтропии, тем плотнее событийный ряд группируется вокруг среднего значения. Рассмотренный нами ряд длительных наблюдений методами энтропии позволил заключить, что нерест проходит в более сжатые сроки, чем оседание. Таким образом, из двух фенодат определяющей является дата начала нереста. (Для даты первого появления личинок энтропия не рассчитывалась из-за неточности анализируемых данных.)

### Заключение

Сроки нереста и оседания приморского гребешка в бухте Миноносков (зал. Посыета, зал. Петра Великого, Японское море) значительно варьируют в зависимости от термических условий конкретного года. Выявлен сдвиг среднемноголетних сроков нереста и оседания на более ранние сроки. Среднемноголетняя дата начала нереста за 1970–2011 гг. приходилась на II декаду мая (17–18.05), дата наступления оседания – на II декаду июня (14–15.06). Из двух фенодат начало нереста имеет меру неопределенности (3,5 бита) ниже, чем наступление оседания (4,1 бита), и должно наблюдаться более тщательно. Представленный анализ рядов длительных наблюдений позволит лучше планировать оптимальные сроки проведения сезонных работ при воспроизводстве моллюсков в современных условиях.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Белогрудов Е.А. Биология и культивирование приморского гребешка // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. М.: Агропромиздат, 1987. С. 66–71.
2. Белогрудов Е.А. Культивирование // Приморский гребешок. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 201–211.
3. Белогрудов Е.А., Раков В.А., Шепель Н.А. Многолетние изменения в динамике численности личинок промысловых двусторчатых моллюсков в мелководных бухтах залива Петра Великого // IV Всесоюз. конф. по промысловым беспозвоночным: тез. докл. Ч. 2. М.: ВНИРО-ИНБИОМ, 1986. С. 179–180.
4. 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.
5. Габаев Д.Д. Биологическое обоснование новых методов культивирования некоторых промысловых двусторчатых моллюсков в Приморье: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Институт биологии моря. Владивосток: ТИНРО, 1990. 30 с.
6. Григорьева Н.И. Изменчивость температуры воды в бухте Миноносков залива Посыета (залив Петра Великого): результаты многолетних наблюдений // Вестн. ДВО РАН. 2013. № 6. 83–89.
7. Григорьева Н.И., Регулёв В.Н., Золотова Л.А., Регулева Т.А. Культивирование моллюсков в западной части залива Посыет (залив Петра Великого, Японское море) // Рыб. хоз-во. 2005. № 6. С. 63–66.
8. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.
9. Колотухина Н.К., Омеляненко В.А., Куликова В.А. Состав и фенология пелагических личинок *Bivalvia* юго-западной части залива Петра Великого (Японское море) // Биота и среда заповедников Дальнего Востока. 2015. № 5. С. 73–84.
10. Пономарёв В.И., Каплуненко Д.Д., Дмитриева Е.В., Крохин В.В., Новороцкий П.В. Климатические изменения в северной части Азиатско-Тихоокеанского региона // Дальневосточные моря России. Кн. 1. Океанологические исследования. М.: Наука, 2007. С. 17–48.
11. Цветков О.В. Энтропийный анализ данных в физике, биологии и технике. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. 202 с.