

doi: dx.doi.org/10.24866/1560-8425/2020-24/67-81

Исследование скорости роста моллюсков подвешного выращивания в заливе Посъета (Японское море)

Н.И. Григорьева

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского
ДВО РАН, Владивосток 690041, Россия
e-mail: grigoryeva04@mail.ru*

Исследована скорость роста культивируемых моллюсков подвешного выращивания в зал. Посъета (зал. Петра Великого, Японское море) за 1970–2011 гг. Приведены ростовые характеристики приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857)), тихоокеанской мидии (*Mytilus trossulus* Gould, 1850) и тихоокеанской (гигантской) устрицы (*Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793)) в течение первых трех лет развития. Методами энтропийного анализа исследованы сроки достижения личинками и спатом определенных размеров. Выявлены временные интервалы и рассчитана вероятность наступления этих сроков. Обсуждается влияние техники культивирования на скорость роста.

Ключевые слова: скорость роста, личинки, спат, приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis*, тихоокеанская мидия *Mytilus trossulus*, тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas*, залив Посъета, Японское море.

Study on the growth rates of mollusks in hanging culture in Possjet Bay (Sea of Japan)

Nina I. Grigoryeva

*A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology,
Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690041, Russia
e-mail: grigoryeva04@mail.ru*

The growth rates of cultivated mollusks were studied in Possjet Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan) during 1970–2011. The growth characteristics were presented for the Yesso scallop (*Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857)), the blue mussel (*Mytilus trossulus* Gould, 1850), and the Pacific (giant) oyster (*Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793)) during the first three years of life. The average amount of time of the larvae and spat reaching certain sizes was determined using the method of entropy analysis. The time intervals were identified and the probability of these intervals to happen were also calculated. The influence of the cultivation techniques on the growth rate is discussed.

Key words: growth rate, larvae, spat, Yesso scallop *Mizuhopecten yessoensis*, blue mussel *Mytilus trossulus*, Pacific oyster *Crassostrea gigas*, Possjet Bay, Sea of Japan.

В Японском море приморский гребешок (*Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857)), тихоокеанская (гигантская) устрица (*Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793)) и тихоокеанская мидия (*Mytilus trossulus* Gould, 1850) практически повсеместно являются объектами промысла и культивирования. Известно, что колебания скорости роста моллюсков преимущественно обусловлены факторами окружающей среды,

техникой выращивания, плотностью культуры и условиями питания [Yoo et al., 1980; Chung et al., 2005; Uddin et al., 2007; Kosaka, 2016]. Также рост очень сильно зависит от применяемых способов разведения, таких как искусственный нерест и дальнейшее подращивание спата в инкубаториях [Kang et al., 1982; Nunes et al., 2003; Oh et al., 2008; Osada et al., 2016]. Различия настолько велики, что сроки достижения товарных размеров у гребешков варьируют от 1.0 до 2.5 лет [Kosaka, 2016].

Каждый год прогрев воды определяет длительность развития личинок и наступление их оседания. С первых дней жизни наблюдается значительные колебания сроков достижения личинками D-стадии (100–150 мкм). В зал. Петра Великого у гребешков этот период находится в пределах 6–13 дней [Белогрудов и др., 1977; Белогрудов, 1986], у устриц – 2–5 дней [Раков, Золотова, 1986; Раков, 1987], у мидий – 5–10 дней [Найденко, 1986; Шепель, 1986]. Также варьируют и сроки оседания: личинки гребешков достигают необходимых размеров за 30–40 дней, личинки устриц – за 10–30 дней, личинки мидий – до 40 дней [Брегман и др., 1986; Гуйда и др., 1986; Шепель, 1986; Викторовская, Евдокимов, 1987; Раков, 1987]. Оптимальной температурой для роста *M. yessoensis* является 4–16°C [Белогрудов, 1987; FAO, 2016], для *C. gigas* – 10–22°C [Яковлев и др., 1981], для *M. trossulus* – 19–20°C [Шепель, 1986]. Зимой моллюски практически не растут. Из трех культивируемых объектов мидия является наиболее толерантной к изменениям параметров среды [Шепель, 1986].

Известно, что темпы линейного роста спата моллюсков снижаются в годы с низкой летней температурой и возрастают в годы с высокой летней температурой воды, хотя у гребешков при температуре выше 16°C рост замедляется [Тибилова, Брегман, 1975; Силина, Позднякова, 1986]. Из-за термических условий скорость роста моллюсков может сильно отличаться в различных районах [Брегман и др., 1977; Jo et al., 2012; Kosaka, 2016].

Цель данной работы – исследование колебаний роста культивируемых моллюсков подвешеного выращивания в бухтах зал. Посъета в 1970–2011 гг.

Материал и методы

Для исследования скорости роста использовали результаты наблюдений с плантаций марикультуры в зал. Посъета с 1970 по 2011 г.: данные Н.И. Григорьевой (за 1988–2005 гг.), Н.Н. Коноваловой (за 1979–1990 гг.), В.Н. Регулева и Т.А. Регулевой (за 2006–2011 гг.), а также литературный материал [Белогрудов, 1981; Коновалова, 1983; Коновалова, Поликарпова, 1983; Раков, Золотова, 1986; Шепель, 1986, 1987; Габаев, 1990; Григорьева, 1999; Григорьева и др., 2005].

Планктонные съемки личинок гребешка выполняли в б. Миноносок, мидии – в бухтах Миноносок и Клыкова (Халовой), устриц – в бухтах Постовая, Новгородская и Миноносок. Высоту раковин личинок измеряли микронной сеткой бинокляра МБС-10. Общее количество промеров варьировало от 1 до нескольких десятков на м³.

Характеристики скорости роста приведены для моллюсков из б. Миноносков. Дополнительно использовали информацию по мидиям из б. Клыкова (Халовой), по устрицам – из б. Новгородской. Для просчета размеров спат и взрослых особей отбирали с разных установок, с разных тросов и разных глубин по нескольку коллекторов или садков за один сбор согласно руководству [Справочник..., 2002]. Размеры раковин молоди рассчитывали по выборкам в 100 экз., годовиков и двухлеток – по выборкам в 25–80 экз. Раковины измеряли штангенциркулем с точностью до 0.1 мм; для гребешков и устриц дана высота створок, для мидий – длина створок. Ростовые характеристики приведены для одних и тех же генераций моллюсков.

Энтропию дат достижения личинками и спатом определенных размеров рассчитывали по методу Шеннона–Хартли для определения меры их рассеивания; показатели приведены в битах [Зайцев, 1984]. Календарные даты преобразовывали в числа непрерывного ряда, расчеты проводили для каждой фазы сезонного развития в отдельности. Особенности годовой динамики рассчитывали путем статистического анализа рядов распределения фенодат. Расчет энтропии для личинок проведен для первого пула, остальные пики численности не учитывали. Все расчеты проведены программой Excel. Графическое исполнение выполнено программой Grapher Golden Software.

Результаты и обсуждение

В предыдущих исследованиях выявлено, что у гребешков раковина личинки сначала растет очень быстро до размеров 100–114 мкм со скоростью 28.5 мкм/сут, затем темп роста снижается до 3.3 мкм/сут до достижения размеров 200 мкм (пока идет формирование внутренних органов), затем вновь возрастает до 17.2 мкм/сут до высоты раковины 372.3 мкм [Гуйда и др., 1986]. Высокая скорость роста сохраняется и после закрепления осевших личинок на субстрате: до размеров 1 мм она в 1.5 раза выше скорости роста личинок [Брегман и др., 1986]. Далее высокий темп скорости сохраняется до высот раковин 90–100 мм, затем с наступлением половозрелости она уменьшается [Белогрудов, 1981, 1986; Силина, Позднякова, 1986]. Прирост раковин на четвертом году в сравнении с третьим годом жизни сокращается в 1.5–2.0 раза. Во время нереста, примерно в течение 10 дней, гребешки не растут.

Проведенный анализ многолетних наблюдений за 1970–2011 гг. позволил оценить достижение гребешками определенных размеров в подвешной культуре в течение первых трех лет развития. Нами выявлено, что общий период достижения личинками высот раковин 0.2 мм колебался с 19 мая по 13 июня (26 дней). Расчет показал, что наибольшая вероятность ($P=44.0\%$) приходилась на дни с 24 мая по 1 июня. Если прогрев затягивался, то личинки вырастали до 0.2 мм к 7–8 июня (с вероятностью $P=16.0\%$).

Рост сеголетков за все годы исследования представлен на рис. 1. Высот раковин 5.0 мм молодь достигала в сроки от 13 июля по 1 сентября (49 дней). I группа дат (с вероятностью $P=53.1\%$) чаще выпадала в промежутке дней между 20 июля и 2 августа; II группа дат (с вероятностью $P=18.8\%$) выпадала в промежутке между 11 и 21 августа. Т.е. из-за благоприятных температурных условий гребешки росли быстрее и достигали 5.0 мм чаще всего к концу июля – началу августа, либо, если температурный фон в июле был невысоким, достигали искомого размера к середине августа.

Из общего разброса сроков достижения спатом высот раковин 20 мм с 14 сентября по 4 декабря (81 день) небольшая группа дат (с вероятностью $P=5.9\%$) выпадала к концу сентября; II группа дат (с вероятностью $P=35.3\%$) – в промежутке между 17 и 30 октября; III группа дат (с вероятностью $P=14.7\%$) – между 20 и 24 ноября. Иными словами, сеголетки вырастали до 20 мм в редких случаях к концу сентября, преимущественно достигали искомого размера к концу октября, либо, если вегетационный период затягивался, к середине ноября.

Энтропия достижения личинками и спатом высот раковин 0.2 мм составила 4.1 бит, 5.0 мм – 4.4 бит, 20.0 мм – 4.7 бит, т.е. увеличивалась к концу вегетационного периода. Это означает, что сроки достижения личинками высот раковин 0.2 мм были более сжаты, чем для спата, особенно в сравнении с осенним периодом.

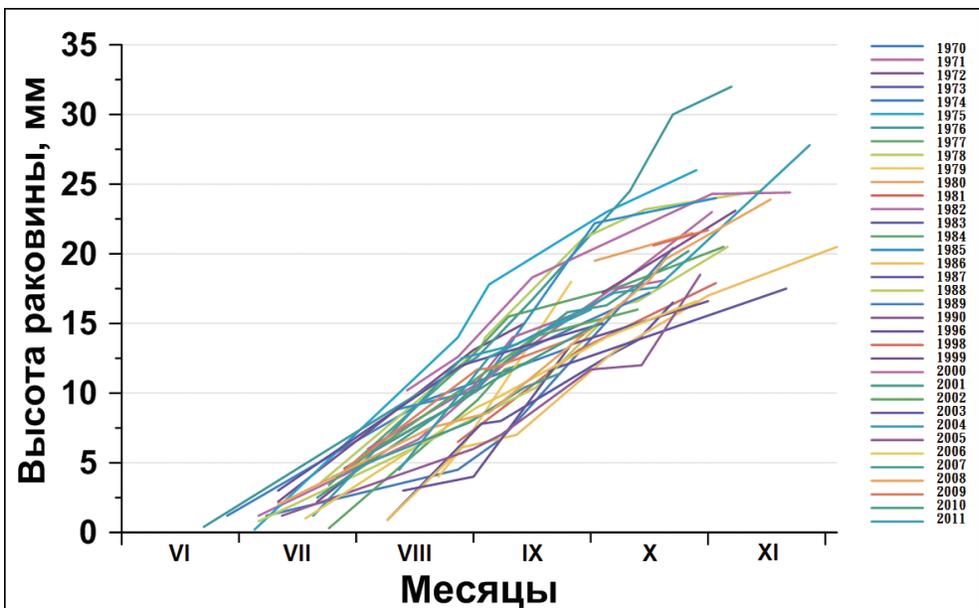


Рис. 1. Рост гребешков-сеголетков в подвесной культуре в б. Миноносок (зал. Посьета, зал. Петра Великого) с 1970 по 2011 г.

Fig. 1. Growth of the under-yearling scallops in hanging culture in Minonosok Bay (Possjet Bay) during 1970–2011.

Скорость роста гребешков-сеголетков (мм/сут) в б. Миноносок в 1970–2011 гг. представлена на рис. 2. Нами выявлено, что скорость роста молоди была высокой в летний период (0.19–0.20 мм/сут) и снижалась с наступлением охлаждения воды (до 0.14 мм/сут), за исключением 1983, 2004 и 2005 гг., когда аномально высокие температуры воды сохранялись до начала зимы. Средний рост сеголетков за сезон составил 0.19 мм/сут с момента оседания до конца октября. Весь сезон был поделен на периоды в зависимости от значений температуры воды; влияние солености не учитывалось.

В первый и второй зимне-весенний период развития скорость роста гребешков в среднем была снижена до 0.07–0.08 мм/сут, но в летне-осенние периоды (на втором и третьем году выращивания) возрастала до 0.14–0.19 мм/сут и была сопоставима с ростом спата в этот же период времени. По литературным материалам [Силина, Позднякова, 1986], в ноябре–апреле сеголетки в садках за 1 сут

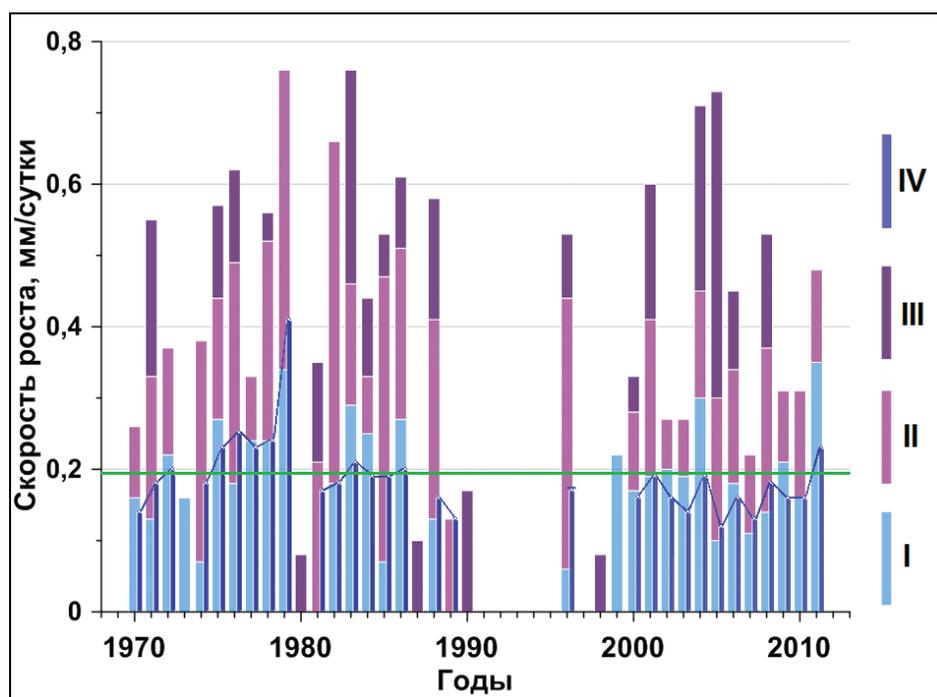


Рис. 2. Скорость роста гребешков-сеголетков (мм/сут) подвешного выращивания в б. Миноносок в 1970–2011 гг.: I – за время от оседания до конца августа – начала сентября, II – за время с начала сентября до середины октября, III – за время с середины октября до конца ноября – начала декабря, IV – за весь летне-осенний период.

Fig. 2. Growth rate of the under-yearling scallops (mm/day) of hanging cultivation in Minonosok Bay during 1970–2011: I – the period from settlement to the end of August – early September, II – the period from early September to mid-October, III – the period from mid-October to the end of November – early December, IV – the entire summer-autumn period.

в среднем вырастали на 0.04–0.08 мм. С первой половины мая (на втором календарном году выращивания) скорость увеличивалась до 0.1–0.2 мм/сут, с конца мая до середины июля – до 0.2–0.4 мм/сут. Во второй половине сентября темпы скорости сохранялись и снижались лишь в конце октября. Сравнение наших данных показало, что при промышленном выращивании скорость роста гребешков была значительно ниже, чем на экспериментальных коллекторах.

В 1970–2011 гг. за первый год выращивания (на конец июля – начало августа) гребешки вырастали в среднем до размеров 44.3 мм, за два года – до 75.9 мм, за три года – до 93.9 мм. По более ранним данным А.В. Силиной и Л.А. Поздняковой [1986] гребешки в зал. Посыета за первый год в среднем вырастали до 49.7 мм, за два года – до 92.1 мм, за три – до 115.0 мм. При сравнении с нашими показателями видно, что гребешки на промышленных плантациях отставали в росте от особей, находящихся в садках в среднем от 5.4 до 21.1 мм за три года выращивания, так, что ростовые характеристики второго и третьего года могли быть сопоставимыми. В свою очередь и на донных плантациях гребешки, высеянные сразу после сбора спата или весной после зимы, также значительно опережали гребешков подвешенного выращивания уже на первом году жизни. К примеру, в 1982–1983 гг. гребешок осенней донной отсадки к февралю в среднем был на 4 мм крупнее, чем в садках (35 мм против 31 мм) [Калашников, Гребенев, 1983].

Известно, что у устриц – другого культивируемого моллюска – наиболее интенсивный линейный рост у спата происходит в первые месяцы, у годовиков – во второй половине лета и осенью. У двухлеток темп роста заметно ниже. Основными факторами, ограничивающими активный рост, являются температура воды и плотность устриц на коллекторе [Раков, 1981, 1987; Park et al., 1988]. Скорость роста спата на ранних стадиях составляет 0.1–0.2 мм/сут; при высоких температурах во второй половине лета и начале осени она возрастает до 0.4–1.2 мм/сут, из-за чего устрица может достичь высоких размеров к концу первого сезона выращивания [Раков, 1984, 1987]. Следует отметить, что темпы роста культивируемых устриц в 2–3 раза выше темпов роста устриц в естественных поселениях [Раков, 1987].

Проведенный анализ многолетних наблюдений за 1973–2011 гг. позволил оценить достижение устрицами определенных размеров в подвешенной культуре в течение первого и второго годов развития. Нами получено, что общий период достижения личинками высот раковин 0.2 мм колебался с 17 июня по 5 августа (49 дней). Наибольшая вероятность ($P=29.6\%$) приходилась на дни с 29 июня по 6 июля. Если прогрев затягивался, то личинки вырастали до 0.2 мм к 18 июля (с вероятностью $P=7.4\%$).

Рост сеголетков за все годы исследования представлен на рис. 3 (здесь ряд наблюдений ограничен с 1975 по 1989 г., поскольку в дальнейшем выращивание устриц в промышленном масштабе не проводилось). Нами выявлено, что высот раковин 5.0 мм молодь достигала в сроки от 17 июля по 27 августа (40 дней).

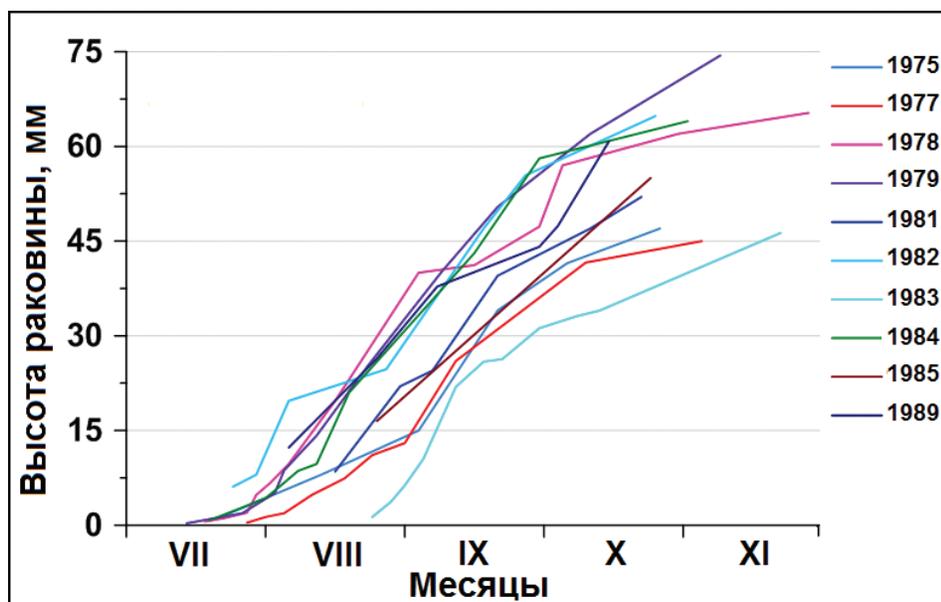


Рис. 3. Рост устриц-сеголетков в подвешной культуре в б. Новгородской (зал. Посьета) с 1975 по 1989 г.

Fig. 3. Growth of young of the under-yearling oysters in hanging culture in Novgorodskaya Bay (Possjet Bay) during 1975–1989.

Наибольшая вероятность ($P=40.0\%$) приходилась на 31 июля – 2 августа. К середине августа спат вырастал до 20 мм с общим разбросом дат от 14 августа по 13 сентября (30 дней). Наибольшая вероятность ($P=50.0\%$) приходилась на 14–18 августа. Иными словами, сеголетки устриц росли довольно быстро и достигали 5.0 мм чаще всего к концу июля – началу августа, 20 мм – к середине августа. Осенью, если термические условия были благоприятными, устрицы вырастали до 40 мм в сроки с 6 по 9 сентября (с вероятностью $P=27.3\%$), но преимущественно достигали искомого размера к концу сентября – началу октября (с вероятностью $P=36.4\%$), либо, если условия были неблагоприятными, к началу ноября (с вероятностью $P=9.1\%$).

Энтропия достижения личинками и спатом высот раковин 0.2 мм составила 4.4 бит, 5.0 мм – 3.1 бит, 20.0 мм – 3.1 бит, 40.0 мм – 3.5 бит. Т.е. сроки достижения личинками и спатом высот раковин 0.2 и 40.0 мм (в начале и конце весенне-летне-осеннего сезона) были растянуты и сильно зависели от колебаний температуры. Напротив, сроки достижения спатом размеров 5.0 и 20.0 мм были более сжаты, причем значительно, чем у гребешков.

Скорость роста устриц-сеголетков (мм/сут) подвешного выращивания в б. Новгородской в 1975–1989 гг. представлена на рис. 4. Нами выявлено, что наибольшая интенсивность роста наблюдалась до середины октября, в среднем составляя

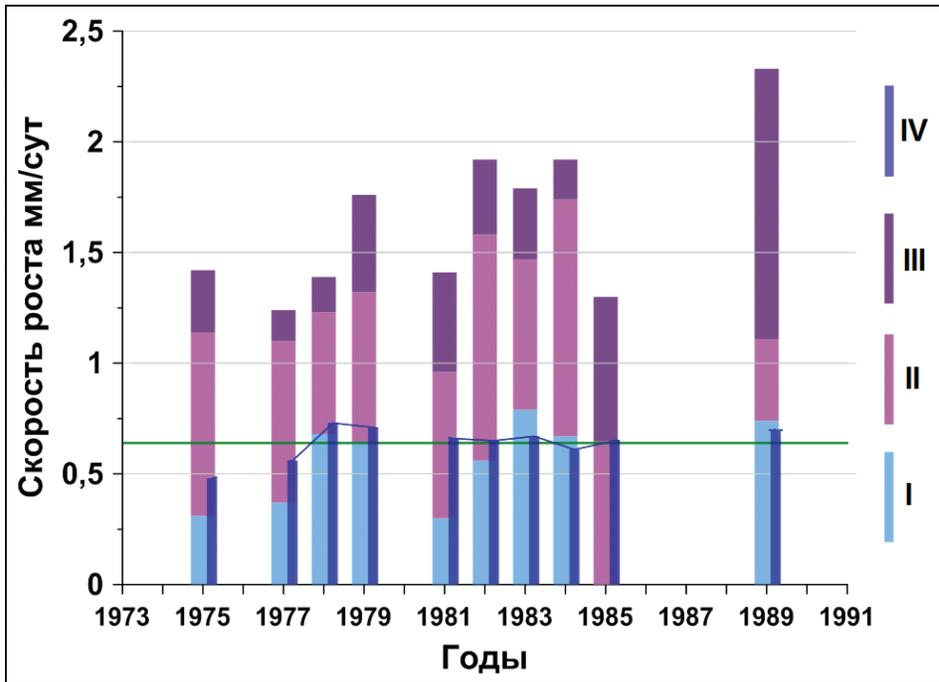


Рис. 4. Скорость роста устриц-сеголетков (мм/сутки) в подвешного выращивания в б. Новгородской в 1975–1989 гг.: I – за время от оседания до конца августа – начала сентября, II – за время с начала сентября до середины октября, III – за время с середины октября до конца ноября – начала декабря, IV – за весь летне-осенний период.

Fig. 4. Growth rate of young of the under-yearling oysters (mm/day) of hanging cultivation in Novgorodskaya Bay (Possjet Bay) during 1975–1989: I – the period from settlement to the end of August – early September, II – the period from early September to mid-October, III – the period from mid-October to the end of November – early December, IV – the entire summer-autumn period.

0.64 мм/сут. Затем скорость снижалась в среднем до 0.42 мм/сут. Следует отметить различную скорость роста сеголетков в разные годы в зависимости от температурных условий. При резких колебаниях температуры воды в течение лета у устриц наблюдалось сильное запаздывание в росте, из-за чего скорость роста могла значительно возрасти в сентябре–октябре (в 1.5–2.0 раза), как это наблюдалось в 1975, 1977 и 1981 гг. Если предзимний период был теплым, как это было в 1985 и 1989 гг., скорость достигала 1.22 мм/сут, что становилось сопоставимым со скоростью роста устриц у берегов Кореи [Park et al., 2013].

В первый зимне-весенний период (следующий календарный год выращивания) скорость роста устриц в среднем была снижена до 0.12 мм/сут, но в летне-осенний период возрастала до 0.4–0.6 мм/сут и была такой же, как у спата в этот же период времени. На третьем году жизни скорость роста устриц составляла всего 0.3 мм/сут за сезон. За первый год выращивания (на конец июля – начало августа) устрицы вырастали в среднем до размеров 96.8 мм, за два года – до 141.3 мм.

Также как у гребешков и устриц, наиболее интенсивный линейный рост мидий происходит в первые месяцы после оседания. Например, в зал. Восток у сеголетков *M. trossulus* в сентябре максимальный прирост составил 7.6 мм/мес [Брыков, 1986]. Как и многие другие моллюски, мидия растет быстро до двухлетнего возраста, на третьем году жизни скорость роста снижается [Буяновский, Куликова, 1984; Брыков, 1986]. Зимой рост мидии замедляется, среднемесячные приросты не превышают 1.5 мм/мес [Брыков, 1986]. Самая низкая скорость роста отмечена у литоральных мидий, находящихся в самых неблагоприятных условиях [Буяновский, 1990; Брыков и др., 1996].

Проведенный анализ многолетних наблюдений за 1975–2011 гг. позволил оценить достижение мидиями определенных размеров в подвешной культуре в течение первого и второго годов развития. Нами выявлено, что общий период достижения личинками высот раковин 0.2 мм колебался с 19 мая по 9 июня (22 дня). Если весенний прогрев воды начинался раньше, то личинки вырастали до 0.2 мм с 24 по 28 мая (с вероятностью $P=33.3\%$), если затягивался, то к 7–8 июня (с вероятностью $P=38.1\%$).

Рост сеголетков за все годы исследований представлен на рис. 5 (здесь ряд наблюдений ограничен с 1975 по 1996 г., поскольку в дальнейшем выращивание мидий в промышленном масштабе не проводилось). Нами выявлено, что длин раковин 5.0 мм молодь достигала в сроки с 29 июля по 4 сентября (37 дней).

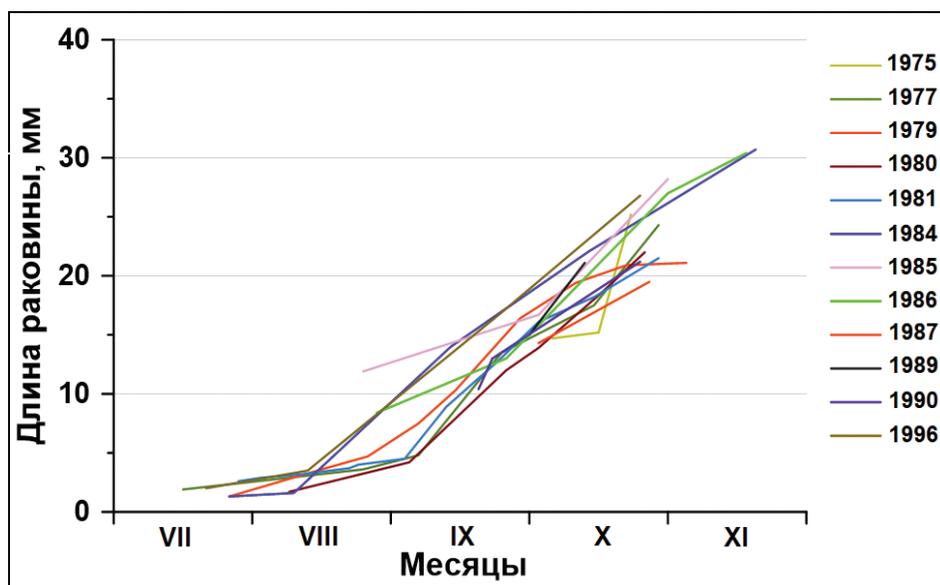


Рис. 5. Рост мидий-сеголетков в подвешной культуре в б. Миноносок (зал. Посьета) с 1975 по 1996 г.

Fig. 5. Growth of young of the under-yearling mussels in hanging culture in Minonosok Bay (Possjet Bay) during 1975–1996.

Наибольшая вероятность ($P=60.0\%$) приходилась на сроки от 23 августа по 4 сентября. То есть независимо от колебаний температуры воды подавляющее количество мидий вырастали до 5.0 мм к концу августа – началу сентября.

Спат мидии вырастал до 20 мм в сроки с 26 сентября по 26 октября (31 день). При теплой осени сеголетки достигали искомого размера к началу октября в сроки с 3 по 8 октября (с вероятностью $P=26.7\%$), при холодной осени – к середине октября в сроки с 16 по 20 октября (с вероятностью $P=40.0\%$). Иными словами, подавляющее число молоди вырастало до 20 мм только в октябре.

Энтропия достижения личинками высот раковин 0.2 мм составила 3.6 бит, спатом длин раковин 5.0 мм – 3.5 бит, 20.0 мм – 3.2 бит. Это означает, что сроки достижения спатом размеров 5.0 и 20.0 мм были более сжаты, чем у личинок. Таким образом, лишь весной, во время нереста и развития личинок, мидия наиболее зависима от температурных условий, чем в дальнейшем. Наши расчеты энтропии подтверждают ранее сделанный вывод о наилучшей из всех трех моллюсков толерантности к условиям среды [Шепель, 1986].

Скорость роста мидий-сеголетков (мм/сут) в б. Миносок в 1975–1996 гг. представлена на рис. 6. Нами выявлено, что скорость роста молоди была низкой в начале периода оседания в течение июля–августа и составляла всего 0.07–0.11 мм/сут. Затем в сентябре скорость резко возрастала до 0.28–0.33 мм/сут. В целом за сезон средний рост сеголетков составил 0.28 мм/сут с момента оседания до конца октября. Следует отметить, что мидии-сеголетки после оседания росли медленнее, чем гребешки, но затем осенью их рост ускорялся, и к середине октября они перегоняли в росте молодь гребешков.

В первый зимне-весенний период скорость роста мидий в среднем была снижена до 0.1 мм/сут, но и в летне-осенние периоды (на втором году развития) она сохранялась на этом же уровне. На третьем году роста скорость мидий составляла всего 0.04 мм/сут за сезон. За первый год выращивания (на конец июня – начало июля) мидии вырастали в среднем до размеров 39.8 мм, за два года – до 54.1 мм. Следует отметить, что мидии практически не росли на третьем году выращивания.

Таким образом, наше исследование многолетних данных показало, что линейный рост спата культивируемых моллюсков в летне-осенний период преимущественно был обусловлен фоном температур и продолжительностью периодов от оседания личинок на коллекторы до наступления зимних холодов: температурные условия могли существенно задерживать или увеличивать рост молоди. Высокая скорость роста спата у гребешков сохранялась весь летне-осенний сезон, у двух других моллюсков она наблюдалась в разные периоды: у устриц – в июле–августе, у мидий – в сентябре. Наибольшая скорость отмечена у устриц-сеголетков – до 1.2 мм/сут. У гребешков-сеголетков отмечена значительная вариабельность сроков достижения размеров 5.0 и 20.0 мм (4.4 и 4.7 бит энтропии соответственно), у устриц и мидий эти сроки были более сжаты – 3.1–3.5 бит. Быстрый рост отмечен у гребешков в течение всех трех лет выращивания, у устриц и мидий – только

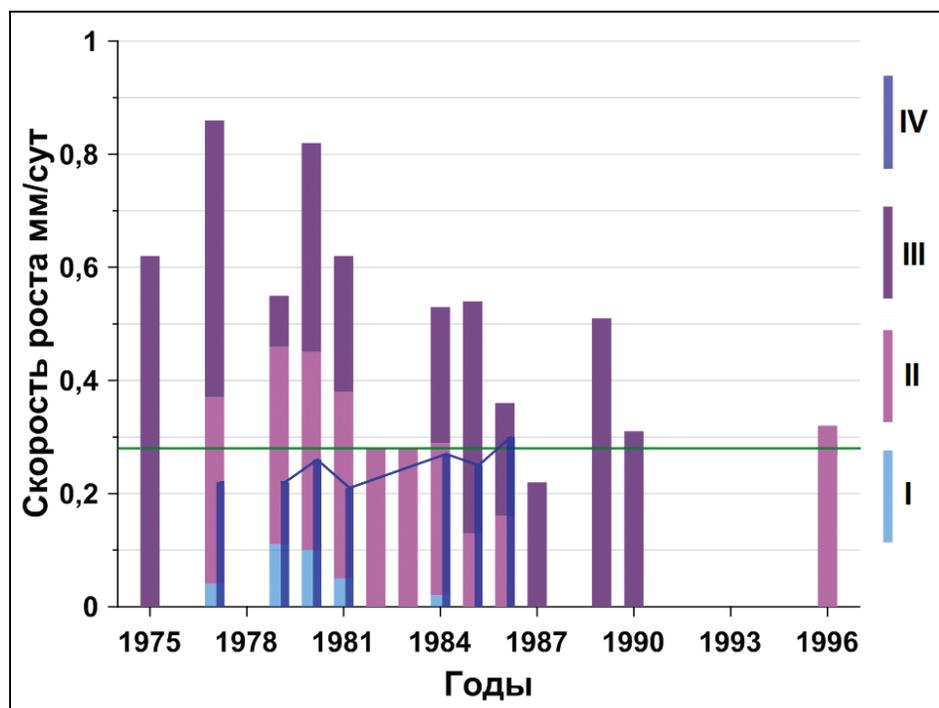


Рис. 6. Скорость роста мидий-сеголетков (мм/сутки) подвешного выращивания в б. Миносок в 1975–1996 гг.: I – за время от оседания до конца августа – начала сентября, II – за время с начала сентября до середины октября, III – за время с середины октября до конца ноября – начала декабря, IV – за весь летне-осенний период.

Fig. 6. Growth rate of young of the under-yearling mussels (mm/day) of hanging cultivation in Minonosok Bay (Possjet Bay) during 1975–1996: I – the period from settlement to the end of August – early September, II – the period from early September to mid-October, III – the period from mid-October to the end of November – early December, IV – the entire summer-autumn period.

на стадиях спата и годовика. Следует отметить, что в корейских водах из-за таких же значительных температурных колебаний гребешки-сеголетки достигают всего 23–24 мм в октябре, несмотря на более длительный вегетационный период развития [Kim et al., 2014]. Поэтому из-за проблем с высокой изменчивостью летних температур 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].

Следует отметить, что на рост взрослого гребешка очень сильно сказываются разные условия содержания в садках, количество особей, горизонт расположения, размер ячеи, а также степень обрастания, наличие хищников и т.д. Здесь колебания ростовых характеристик становятся максимальными, поскольку способ подвешного выращивания требует постоянного пересаживания по мере его роста. При этом животные испытывают шок, а на раковинах образуются заломы и

более грубые годовые кольца, из-за чего раковины становятся более рельефными. Известно, что на донных плантациях гребешки растут лучше и имеют ростовые характеристики выше, чем у гребешков подвешного выращивания того же поколения. То есть все нарушения технологических инструкций оказывают значительное влияние на рост гребешков, как было установлено в более ранних исследованиях [Габаев и др., 1998].

Также важно подчеркнуть, что в Японском море с начала 2000-х гг. резко возросла гибридизация особей так называемого «*Mytilus edulis complex*» – *Mytilus edulis* L., 1758, *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 и *M. trossulus* [Kartavtsev et al., 2005]. По последним данным [Масалькова и др., 2016], в зал. Посъета найдено наибольшее количество гибридов из-за продолжающегося активного вторжения *M. galloprovincialis*, хотя в выборках все еще преобладает местный вид *M. trossulus*. В настоящее время невозможна их точная идентификация только по морфологическим признакам, т.к. формы раковин очень схожи [Gosling, 1982]. Поскольку численность гибридных форм на коллекторах в зал. Посъета к началу 2000-х гг. достигла 45% [Шепель, 2010], наши данные за 1975–1996 гг. наиболее точно отражают показатели роста *M. trossulus* при подвешном культивировании.

Таким образом, новый анализ данных длительного мониторинга наблюдений выявил разную скорость роста моллюсков в разные сезоны года и определил сроки достижения личинками и спатом определенных размеров. Мы надеемся, что анализ длительных рядов наблюдений приведет к лучшему пониманию происходящих процессов и будет являться руководством для снижения существующих рисков марикультурного выращивания, позволяя перейти к более лучшей стратегии управления аквакультурой.

Благодарности

Автор выражает глубокую признательность бывшим коллегам предприятия марикультуры пос. Посъет за предоставленные материалы для настоящего исследования.

Литература

- Белогрудов Е.А. 1981. Биологические основы культивирования приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* (Jay) (Mollusca, Bivalvia) в заливе Посъета (Японское море): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 23 с.
- Белогрудов Е.А. 1986. Культивирование // Приморский гребешок. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 201–211.
- Белогрудов Е.А. 1987. Биология и культивирование приморского гребешка // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. М.: Агропромиздат. С. 66–71.
- Белогрудов Е.А., Мокрецова Н.Д., Бочкарева Н.А., Раков В.А. 1977. Экологические и биотехнические основы разведения некоторых видов беспозвоночных в заливе Петра Великого (Японское море) // Второй советско-японский симпозиум по аквакультуре: Материалы конференции, ноябрь 1973 г., г. Москва. М.: ВНИРО. С. 185–198.

- Брегман Ю.Э., Макарова Л.Г., Чан Г.М., Викторовская Г.И. 1986. Экспериментальное исследование физиологии приморского гребешка на ранних стадиях онтогенеза в условиях массовой культуры // Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции по промысловым беспозвоночным, апрель 1986 г., г. Севастополь. Часть 2. М.: ВНИРО–ИНБЮМ. С. 187–189.
- Брегман Ю.Э., Рассошко И.Ф., Тибилова Т.Х. 1977. Изучение продуктивности залива Посъет (Японское море) в связи с проблемой воспроизводства запасов приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* // Второй советско-японский симпозиум по аквакультуре: Материалы конференции, ноябрь 1973 г., г. Москва. М.: ВНИРО. С. 165–183.
- Брыков В.А. 1986. Демография, рост и продуктивность мидии съедобной *Mytilus edulis* в процессе выращивания // Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции по промысловым беспозвоночным, апрель 1986 г., г. Севастополь. Часть 2. М.: ВНИРО–ИНБЮМ. С. 189–190.
- Брыков В.А., Семенихина О.Я., Колотухина Н.К. 1996. Выращивание мидии *Mytilus trossulus* в бухте Соколовская Японского моря // Биология моря. Т. 22, № 3. С. 195–202.
- Буяновский А.И. 1990. Возрастная структура поселений и рост тихоокеанской мидии у юго-восточной Камчатки и северных Курильских островов // Биология морских беспозвоночных. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 53–59.
- Буяновский А.И., Куликова В.А. 1984. Распределение личинок мидии обыкновенной в планктоне и их оседание на коллекторы в заливе Восток Японского моря // Биология моря. № 6. С. 52–56.
- Викторовская Г.И., Евдокимов В.В. 1987. Экспериментальная регуляция гаметогенеза приморского гребешка // Биология и культивирование моллюсков. М.: ВНИРО. С. 3–10.
- Габаев Д.Д. 1990. Биологическое обоснование новых методов культивирования некоторых промысловых двустворчатых моллюсков в Приморье: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук Владивосток: ТИПРО. 30 с.
- Габаев Д.Д., Кучерявенко А.В., Шепель Н.А. 1998. Антропогенное эвтрофирование залива Посъета Японского моря установками марикультуры // Биология моря. Т. 24, № 1. С. 53–62.
- Григорьева Н.И. 1999. Эколого-гидрологическая характеристика залива Посъета как района культивирования моллюсков: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: Дальнаука. 27 с.
- Григорьева Н.И., Регулёв В.Н., Золотова Л.А., Регулева Т.А. 2005. Культивирование моллюсков в западной части залива Посъет (залив Петра Великого, Японское море) // Рыбное хозяйство. № 6. С. 63–66.
- Гуйда Г.М., Брегман Ю.Э., Макарова Л.Г., Викторовская Г.И. 1986. Получение жизнестойкого спата приморского гребешка в лабораторных условиях // Биология моря. Т. 12, № 1. С. 64–67.
- Зайцев Г.Н. 1984. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука. 424 с.
- Калашников В.З., Гребенев В.А. 1983. О возможностях гибкого применения различных способов выращивания приморского гребешка // Тезисы докладов IV Всесоюзного совещания по научно-техническим проблемам марикультуры, 27 сентября – 1 октября 1983 г., г. Владивосток. Владивосток: ТИПРО–Дальрыба. С. 165–166.
- Коновалова Н.Н. 1983. Опыт культивирования мидии съедобной в условиях залива Посъета // Тезисы докладов IV Всесоюзного совещания по научно-техническим проблемам марикультуры, 27 сентября – 1 октября 1983 г., г. Владивосток. Владивосток: ТИПРО–Дальрыба. С. 172–173.
- Коновалова Н.Н., Поликарпова Г.В. 1983. Промышленный сбор спата приморского гребешка // Рыбное хозяйство. № 9. С. 27.
- Масалькова Н.А., Картавцев Ю.Ф., Чичвархина О.В. 2016. Генетический и морфометрический анализ поселений мидии (Mutilidae: *Mytilus* ex. gr. *edulis*) из вод Приморья: исследование дифференциации популяций в гибридной зоне // Вестник Дальневосточного отделения Российской Академии наук (ДВО РАН). № 3. С. 47–57.
- Найденко Т.Х. 1986. Развитие мидии обыкновенной в лабораторной культуре // Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции по промысловым беспозвоночным, апрель 1986 г., г. Севастополь. Часть 2. М.: ВНИРО–ИНБЮМ. С. 266–268.
- Раков В.А. 1981. Биотехника культивирования тихоокеанской устрицы // Опыт культивирования морских объектов. Владивосток: ЦПКТБ Дальрыбы. С. 38–41.

- Раков В.А. 1984. Биологические основы культивирования тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg) в заливе Петра Великого: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИПРО. 24 с.
- Раков В.А. 1987. Биология и культивирование устриц // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. М.: Агропромиздат. С. 72–84.
- Раков В.А., Золотова Л.А. 1986. Многолетние изменения в динамике численности личинок тихоокеанской устрицы в заливе Посыета // Марикультура на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИПРО. С. 48–57.
- Силина А.В., Позднякова Л.А. 1986. Рост // Приморский гребешок. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 144–164.
- Справочник по культивированию беспозвоночных в южном Приморье. 2002. Владивосток: ТИПРО. 83 с.
- Тибилова Т.Х., Брегман Ю.Э. 1975. Рост двустворчатого моллюска *Mizuhopecten yessoensis* в бухте Троицы (залив Посыета, Японское море) // Экология. Т. 6, № 2. С. 65–72.
- Шепель Н.А. 1986. Биологические основы культивирования съедобной мидии в южном Приморье // Биология моря. Т. 12, № 4. С. 14–21.
- Шепель Н.А. 1987. Биология и культивирование мидии обыкновенной // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. М.: Агропромиздат. С. 85–90.
- Шепель Н.А. 2010. Рост гибридных форм мидий и методы воспроизводства их в Приморье // Вопросы рыболовства. Т. 11, № 1(41). С. 132–147.
- Яковлев Ю.М., Раков В.А., Долгов Л.В. 1981. Размножение и развитие тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* Thunberg // Организмы обрастания дальневосточных морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 79–93.
- Chung E.-Y., Park Y.-J., Lee J.-Y., Ryu D.-K. 2005. Germ cell differentiation and sexual maturation of the hanging cultured female scallop *Patinopecten yessoensis* on the east coast of Korea // Journal of Shellfish Research. V. 24, N 4. P. 913–921.
- FAO. 2016. Cultured Aquatic Species Information Programme *Patinopecten yessoensis* (Jay, 1857). A. Mathiesen (Ed.). Rome: Fisheries and Aquaculture Department Press. 7 p.
- Gosling E.M. 1992. Systematics and geographic distribution of *Mytilus* // The Mussel *Mytilus*: ecology, physiology, genetics and culture. E.M. Gosling (Ed). Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. P. 1–20.
- Guo X., Luo Y. 2016. Scallops and scallop Aquaculture in China // Scallops Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries. S.E. Shumway, G.J. Parsons (Eds.). P. 937–952.
- Jo Q., Hur Y., Cho K., Jeon C., Lee D. 2012. Potential influence of climate change on shellfish aquaculture system in the temperate region // Korean Journal of Malacology. V. 28, N 3. P. 277–291.
- Kang H.W., Cheong S.C., Lee J.K., Jo Y.J., Chang J.W. 1982. The study on the artificial seed production of scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay) in the hatchery // Bulletin of Fisheries Research and Development Agency. V. 30. P. 111–118.
- Kartavtsev Yu.Ph., Katolikova M.V., Sharina S.N., Chichvarkhina O.V., Masalkova N.A. 2005. Allozyme and morphometric analysis of two common mussel species of the genus *Mytilus* (Mollusca, Mytilidae) in Korean, Japanese and Russian waters // Korean Journal of Genetics. V. 27, N 4. P. 289–306.
- Kim H.-Y., Oh B.-S., Cha B.-J., Park M.-S. 2014. Investigation of interference current distribution in a long line scallop cage aquaculture // Korean Journal of Malacology. V. 30, N 3. P. 273–279.
- Kosaka Y. 2016. Scallop fisheries and aquaculture in Japan // Scallops Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries. S.E. Shumway, G.J. Parsons (Eds.). P. 891–936.
- Nunes J.P., Ferreira J.G., Gazeau F., Lencart-Silva J., Zhang X.L., Zhu M.Y., Fang J.G. 2003. A model for sustainable management of shellfish polyculture in coastal bays // Aquaculture. V. 219. P. 257–277.
- Oh B.-S., Lee J.-Y., Park S.-K., Lee C., Jo Q.-T. 2008. A study on the production of artificial seed and intermediate culture for attached spats of the Chinese stock of a scallop, *Patinopecten yessoensis* // Korean Journal of Malacology. V. 24, N 2. P. 153–159.

- Osada M., Nagasawa K., Takahashi D., Takahashi K., Itoh N.* 2016. Evaluation of carrying capacity for scallop farming and perspective of artificial seed production of bivalves // *Nippon Suisan Gakkaishi*. V. 82, N 2. P. 151. [In Japanese].
- Park B.H., Park M.S., Kim B.Y., Hur S.B., Kim S.J.* 1988. Culture of the Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*) in the Republic of Korea. Pusan: National Fisheries Research and Development Agency. 55 p.
- Park S.-W., Kim Y., Kim J.-H., Chung S.-W., Han K.-N.* 2013. Effect of environment factors on growth and mortality of cupped Oyster, *Crassostrea gigas* // *Korean Journal of Malacology*. V. 29, N 4. P. 273–281.
- Uddin M.J., Park K.-I., Kang D.-H., Park Y.-J., Choi K.-S.* 2007. Comparative reproductive biology of Yezo scallop, *Patinopecten yessoensis*, under two different culture systems on the east coast of Korea // *Aquaculture*. V. 265. P. 139–147.
- Yoo S.K., Park J.S., Chin P., Chang D.S., Lim K.B., Park C.K., Hong S.Y., Cho C.H., Hue J.S., Lee S.S., Kang P.A., Park K.Y., Lee M.S., Kim Y.* 1980. Comprehensive studies on oyster culture in Hansan, Geoje Bay // *Bulletin of Fisheries Research and Development Agency*. V. 24. P. 7–46.

Published online December 25, 2020