

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В ПОЛИКУЛЬТУРЕ В ТАУЙСКОЙ ГУБЕ ОХОТСКОГО МОРЯ

© 2021 г. В.С. Жарников, А.А. Смирнов<sup>1</sup>

*Институт биологических проблем Севера ДВО РАН  
(ИБПС ДВО РАН), Магадан, 685000*

<sup>1</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства  
и океанографии («ВНИРО»), Москва, 107140*

*Северо-Восточный государственный университет (СВГУ), Магадан, 685000*

*E-mail: 1zharnikov@mail.ru*

Поступила в редакцию 16.06.2021 г

Проведен анализ линейного роста и массы двустворчатых моллюсков: мидий, мий и маком, подращиваемых в поликультуре с различной плотностью (биомассой) посадки в садках (от 30 до 70 кг/м<sup>2</sup>), расположенных на глубинах от 1 до 5,5 м от поверхности моря, в Тауйской губе Охотского моря. Максимальные приросты длины и массы моллюсков зарегистрированы в садках с биомассой 30 и 50 кг/м<sup>2</sup> на глубине 1–3,5 м. Медленнее росли моллюски в садках с плотностью 70 кг/м<sup>2</sup> на глубине 5–5,5 м. Максимальные приросты длины раковины (4,9–7 мм) отмечены у мидий, а приросты массы (5,6–7,7 г) — у мий. Наиболее высокий процент элиминации наблюдался у мидий — 7,1–12,8%, минимальный — у макомы 1,5–2,6%. Показана эффективность выращивания различных видов двустворчатых моллюсков в поликультуре в северной части Охотского моря.

*Ключевые слова:* мидии, мии, макомы, темп роста, культивирование, поликультура, подвесные садки, глубина, температура воды.

### ВВЕДЕНИЕ

В докладе ФАО ООН «Состояние мирового рыболовства и аквакультуры — 2020» (Состояние мирового рыболовства..., 2020) говорится, что в то время, как уловы мирового рыболовства с 1990 по 2018 гг. выросли на 14%, мировое производство аквакультуры возросло за этот период на 527%. Эти цифры показывают значительную и растущую роль аквакультуры в обеспечении продовольствием населения планеты. По мнению ряда авторов (Евдокимов, Евдокимов, 2002; Дворецкий, Дворецкий, 2016), развитие марикультуры моллюсков будет идти в направлении поликультуры, обеспечивающей большую

устойчивость урожаев и полное комплексное использование ресурсов водоема.

Обычно, для выращивания мидий применяют классический испанский метод культивирования или его беломорскую модификацию, при которых мидии выращиваются из личинок в период массового размножения, обильно оседающих на предлагаемые субстраты, находящихся в подвешенном состоянии в толще воды. В этом случае для достижения моллюском товарного состояния необходимо не менее 3–4 сезонов роста (Жарников, 2015).

С 2016 г. проводились экспериментальные работы по выращиванию ми-

дий в различных мелководных, хорошо прогреваемых бухтах Тауйской губы Охотского моря, пригодных для возможного размещения хозяйств аквакультуры (Жарников, Смирнов, 2020). Нами была предложена другая технология культивирования мидий, основанной на сборе моллюсков на литорали и последующем размещением их в подвесные контейнеры (садки) для дальнейшего подращивания. Такой метод позволяет получать мидий товарного размера, при сокращении сроков выращивания до 1–2 сезонов роста. За этот период моллюски очищаются от инородных примесей (песок, ил), интенсивно растут, набирают массу, достигают товарного размера и лучше защищены от хищников и паразитов (Жарников, Смирнов, 2018). Эксперименты по выращиванию мидий показали возможность заниматься марикультурой моллюсков не только в теплых широтах, но и в северной части Охотского моря, где в результате благоприятных гидрологических условий (повышенная температура воды в летний период, приливо-отливные течения) создается богатая кормовая база, что необходимо для культивирования двустворчатых моллюсков оригинальным способом.

Переход к внедрению интегрированной поликультуры взамен выращивания отдельных видов морских организмов наблюдается во всех странах, традиционно развивающих морскую аквакультуру. Практический опыт стран Юго-Восточной Азии, Западной Европы, Северной Америки, Новой Зеландии, Австралии и др. указывает на перспективность данного направления исследований (Объектно-ориентированная модель ..., 2014). В 2020 г. решили провести эксперимент по выращиванию различных видов моллюсков в поликультуре, при этом виды не должны

испытывать конкуренцию за пищевые ресурсы. В поликультуре виды подбираются таким образом, чтобы продукты выделения одного усваивались другим видом, при этом рационально использовалось искусственное пространство для взаимного существования видов. Для поликультуры мы выбрали моллюска-фильтратора — тихоокеанскую мидию, основной рацион пищи которой состоит из фито-, зоопланктона, донных животных и моллюсков дентритофагов — мию дальневосточную и макому балтийскую, закапывающуюся в грунт и питающуюся мелкоалевритовым илом, диатомовыми, бурыми, зелеными водорослями и детритом (Бубнова, 1973). Так, макома балтийская с помощью длинного червеобразного вводного сифона собирает детрит. При этом сам сифон дугообразно изогнут и, быстро двигаясь по кругу, облавливает все на доступной площади (Герасимова и др., 1987; Rasmussen, 1973). Такой симбиоз моллюсков, по нашему мнению, приведет к уменьшению плотности видов и конкуренции за пищу. Тихоокеанская мидия является активным планктонным фильтратором, а продукты ее метаболизма, псевдофекалии, будут в садке усваиваться моллюсками-дентритофагами (мии дальневосточной и макомой балтийской). Экспериментальные исследования приведут к вводу в хозяйственный оборот новых видов моллюсков, уменьшат влияние продуктов жизнедеятельности на окружающую среду и повысят урожайность продукции, по сравнению с монокультурой тихоокеанской мидии.

Для совершенствования способа культивирования мидий, мий и маком в поликультуре нами был поставлен эксперимент с целью: определить оптимальную плотность посадки двустворчатых моллюсков в садках, глубли-

ну расположения их в море на плавучих установках, исследовать темп линейного роста, массу, элиминации различных видов и выявить перспективность выращивания их в поликультуре, по сравнению с монокультурой.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В результате проведенных в 2011–2020 гг. исследований мы изучили природные поселения мидий на литорали и провели эксперименты по их выращиванию в толще воды в различных районах Тауйской губы и выявили, что предпочтительно использовать акваторию бухты Весёлая для аквакультуры различных видов двустворчатых моллюсков.

Преимущества ее выбора:

- кута (вдающаяся часть бухты в береговую область) является наиболее мелководной и прогреваемой (к концу июля температура на поверхности воды составляет 13–17 °С и не изменяется до середины августа), имеет значительную площадь литорали с поселениями моллюсков для посадочного материала;

- бухта является самой защищенной акваторией в Тауйской губе, т.к. имеются естественные преграды (мысы), защищающие ее от ветров, а прибойность здесь составляет минимальную величину;

- к бухте есть подъездные пути (расстояние – 16 км до г. Магадана, где есть возможность для переработки продукции) и имеются условия для спуска моторных лодок на воду;

- глубина в устье бухты (до 10 м) достаточна для размещения и подтопления на зиму установок.

В 2020 г. работы проводились в бухте Весёлая Охотского моря в течение июня-ноября (рис. 1). Для проведения эксперимента на акватории бухты в конце июня 2020 г. выставили плавучую установку с садками, на глубинах от 1 до 5 м от поверхности моря. Плавучая установка имела вид длинных слегка изогнутых линий, с подвешенными друг под другом 3–5 садками. На опытных образцах, доработанных плавучих установок были проведены различные эксперименты для оценки эффективности работы конструкции и выполнения заданных ее функций.

В июне 2020 г. садки с двустворчатыми моллюсками закрепили на плавучей установке. Садки-контейнеры находились на расстоянии 1,5–2 м друг от друга между буйками. Для обеспечения сохранности моллюсков и контейнеров разместили их на глубину от одного до пяти метров от поверхности моря (рис. 2).

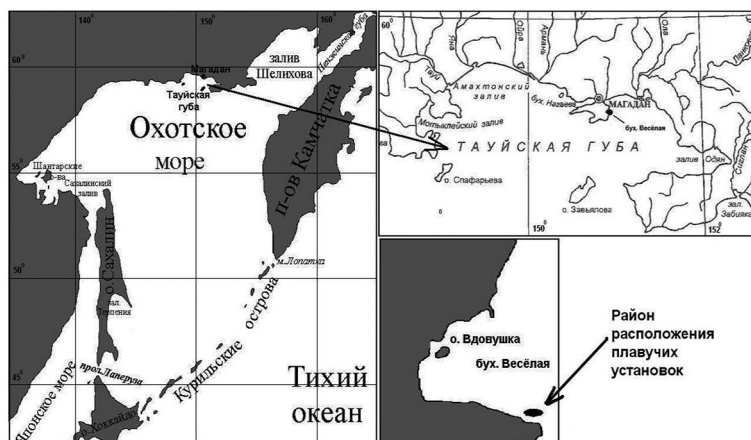


Рис. 1. Карта-схема района исследования в бух. Весёлая Тауйской губы Охотского моря.



**Рис. 2.** Опытные образцы плавучих установок, размещенных в бух. Весёлая для проведения экспериментов по культивированию двустворчатых моллюсков.

На литорали нижнего горизонта производился сбор мидий, мий и маком. Предварительно измеренные и промаркированные мидии размерами 30–40 мм в возрасте 4 года, мии 60–70 мм в возрасте 8–9 лет и макомы 20–25 мм (6 лет) рассадили в 27 садков, где в каждом садке находилось 40 экз. мидий, 40 экз. маком и 15 экз. мий. Небольшое количество мий, используемых в эксперименте, объясняется большой массой одного среднего экземпляра (50–70 г) и невозможностью их поместить в садок с биомассой 30 и 50 кг/м<sup>2</sup> в количестве 40 экз. Все моллюски помещали в садки размерами 40×25×25 см.

Садки разделили на три группы. В первой группе общая биомасса всех моллюсков составляла 30 кг/м<sup>2</sup> (9 садков), во второй — 50 кг (9 садков), в третьей — 70 кг/м<sup>2</sup> (9 садков). Все садки (подвешивали) устанавливали на плавучую установку на глубине 1–1,5 м, 3–3,5 м и 5–5,5 м. Соотношение видов мидий, мий и маком составило 50:25:25% соответственно. Увеличение массы в садках достигалось подсадкой моллюсков, того же вида и размера, что и промеренные особи. Всего использовано в эксперименте 1080 экз. мидий, 405 экз. мий

и 1080 экз. маком. Суммарно в эксперименте использовано 2565 экз. моллюсков.

В октябре садки, задействованные в эксперименте, были изъяты из воды, все раннее промаркированные мидии, мии и макомы, вновь измерены и рассчитаны их приросты длины и массы. Кроме этого, оценивали смертность мидий, мий и маком в садках (%).

Статистические сравнения проводили с помощью дисперсионного анализа. В тексте и на графиках в качестве показателя варьирования признака указана ошибка среднего.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Тихоокеанская мидия** (*Mytilus trossulus*). Обширное распространение и значительная биомасса поселений мидии на литорали северной части Охотского моря свидетельствуют, что данный вид может рассматриваться в этом районе как объект, пригодный не только для промысла (Архипова, 1998; Буяновский, 2004; Регель, 2005; Жарников, 2015), но и в целях аквакультуры, тем более, что в условиях естественного поселения в этом районе мидии редко достигают товарного вида и достаточной массы тела.

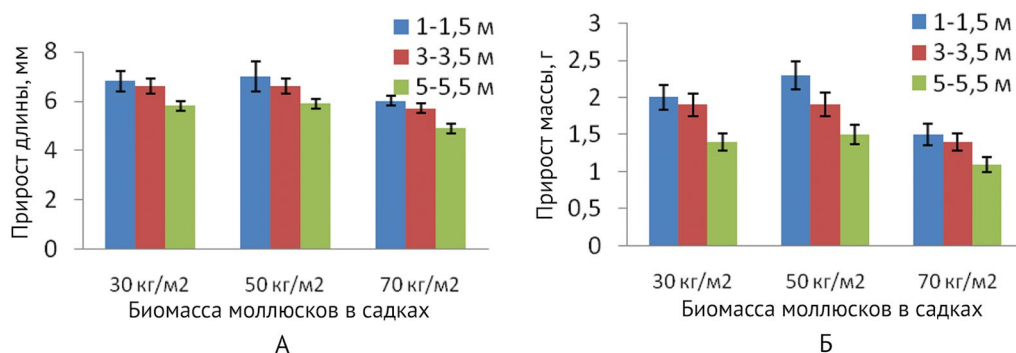
Для проведения эксперимента на акватории бух. Веселая в конце июня 2020 г. выставили плавучую установку с прикрепленными садками. За период экспозиции (июнь–ноябрь 2020 г.) плавучей установки с мидиями, миями и макомами в садках на глубине 1–1,5 м средний линейный прирост длины раковины мидий в садках в поликультуре с биомассой 30 и 50 кг/м<sup>2</sup> составил соответственно 6,8±0,4 и 7,0±0,6 мм. В садках с биомассой 70 кг/м<sup>2</sup> мидии увеличили свои размеры всего на 6,0±0,2 мм. На глубине 3–3,5 м прирост длины раковины мидий был несколько ниже. Так, приросты в садках с биомассой 30, 50 и 70 кг/м<sup>2</sup> составили 6,6±0,3, 6,6±0,3 и 5,7±0,2 мм соответственно. Самые низкие приросты отмечены в садках на глубине 5–5,5 м. У мидий в садках с биомассой 30 и 50 кг/м<sup>2</sup> приросты составили 5,8±0,2 и 5,9±0,2 мм. Среди всех экспонируемых групп мидий минимальные приросты 4,9±0,2 мм (рис. 3 А) были зафиксированы у моллюсков на глубине 5–5,5 м в садках с биомассой 70 кг/м<sup>2</sup>.

Глубина обитания и плотность посадки в садках на плавучих установках также влияла и на приросты массы. Так, на глубине 1–1,5 м с биомассой в садке 50 кг/м<sup>2</sup> отмечался максимальный прирост — 2,3±0,19 г, а на глубине 5–5,5 м с плотностью 70 кг/м<sup>2</sup> прирост массы составил всего 1,1±0,1 г. (рис. 3 Б).

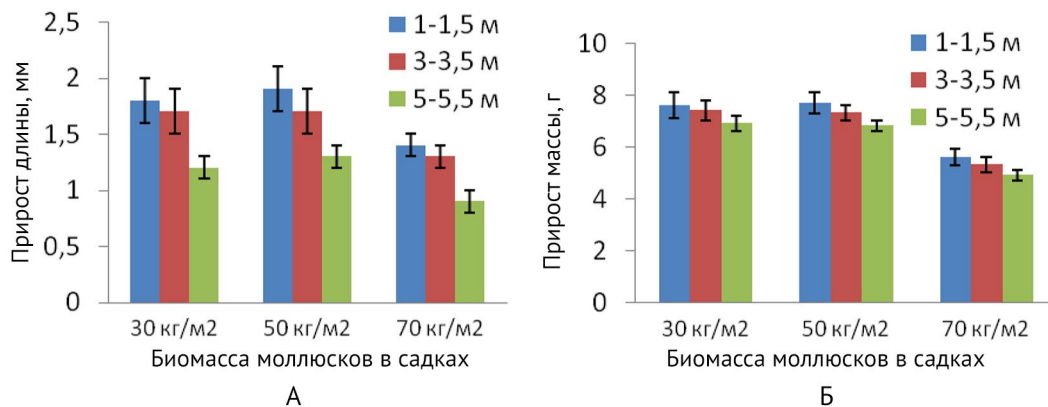
Полученные данные проведенных нами экспериментов по выращиванию мидий в монокультуре в бух. Веселая в 2016 и 2020 гг. показали, что у тихоокеанской мидии размерами 30,1–40 мм в садках в монокультуре приросты составили 5,6±0,3 и 5,1±0,5 мм соответственно. В 2020 г. длина раковины мидий в монокультуре увеличилась с 35,7±0,35 до 40,8±0,41 (5,1±0,5 мм), а масса с 5,1±0,1 до 6,1±0,16 г (Жарников, Смирнов, 2020б).

Таким образом, в поликультуре на глубине 1–5,5 м и при плотности 30–70 кг/м<sup>2</sup>, средний прирост длины раковины увеличился на 20,3%, а масса на 66% была выше в сравнении с ростом мидий в монокультуре. Дисперсионный анализ показал, что темп роста мидий в поликультуре отличался от роста мидий, находящихся в садках в монокультуре с уровнем значимости  $p < 0,05$ .

**Мия дальневосточная** (*Mya izenensis*) — это бореальный двустворчатый моллюск. Поселяется на грунте с большим количеством песка, гальки, камней и относится к литорально-верхнесублиторальным видам, широко распространен в прибрежье в северной части Охотского моря и является перспективным видом для промысла в Тауйской губе Охотского моря (Жарников, 2020).



**Рис. 3.** Приросты длины (А) и массы (Б) мидий в садках с разной плотностью посадки (30–70 кг/м<sup>2</sup>) на разных глубинах.



**Рис. 4.** Приросты длины (А) и массы (Б) мий дальневосточной в садках с разной плотностью посадки (30–70 кг/м<sup>2</sup>) на разных глубинах.

Приросты длины раковины мий, в садках с разной плотностью и глубиной имели существенные отличия. Так, за четыре месяца экспозиции (июнь–октябрь) на плавучих установках, линейная длина раковины в садках в поликультуре на глубине 1–1,5 м с плотностью посадки 30 и 50 кг/м<sup>2</sup> увеличилась на  $1,8 \pm 0,2$  и  $1,9 \pm 0,2$  мм, несколько ниже прирост был в садках 70 кг/м<sup>2</sup> –  $1,4 \pm 0,1$  мм. Наиболее низкие приросты мий наблюдались на глубине 5–5,5 м в садках с плотностью 30, 50 и 70 кг/м<sup>2</sup>, где величина составила  $1,2 \pm 0,1$ ,  $1,3 \pm 0,1$  и  $0,9 \pm 0,1$  мм соответственно (рис. 4 А).

Наибольшие показатели увеличения массы были отмечены на глубинах 1–1,5 и 3–3,5 м в садках с плотностью 30–50 кг/м<sup>2</sup>. Приросты массы составили от  $7,7 \pm 0,4$  до  $7,3 \pm 0,3$  г. Минимальный прирост массы у мий  $4,9 \pm 0,2$  г. наблюдался на глубине 5–5,5 м в садках с биомассой 70 кг/м<sup>2</sup> (рис. 4 Б).

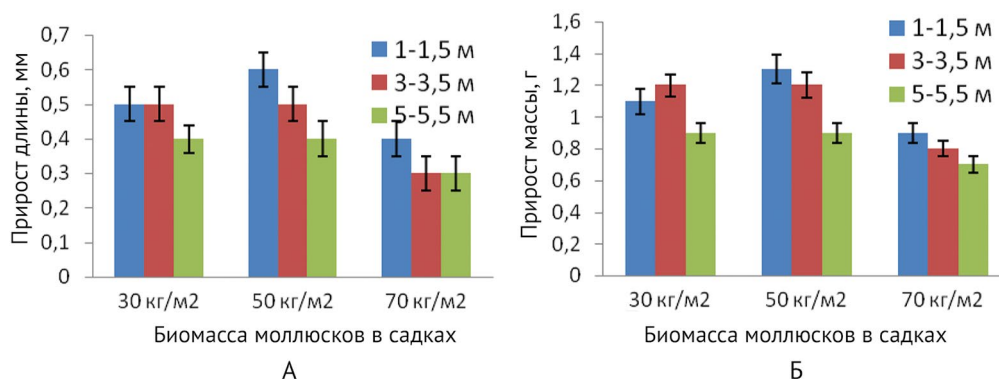
**Макома балтийская** (*Macoma balthica*) — это бореально-арктический вид, является широко распространенным. Его подвид *Macoma balthica incospiqua* (Broderipet Sowerby, 1829) часто встречается на литорали дальневосточных морей (Кафанов, 1991), может использоваться в пищевых целях и яв-

ляется перспективным промысловым видом для северной части Охотского моря (Жарников, Смирнов, 2019).

Среди всех используемых двустворчатых моллюсков в эксперименте, влияние плотности посадки в поликультуре и глубины погружения садков в меньшей степени оказывало влияние на макомы. За весь период исследований длина раковины размерной группы 20–25 мм увеличилась от  $0,3 \pm 0,05$  мм в садках с плотностью 70 кг/м<sup>2</sup> на глубине 5–5,5 м до  $0,6 \pm 0,05$  мм в садках с плотностью 50 кг/м<sup>2</sup> на глубине 1–1,5 м (рис. 5А).

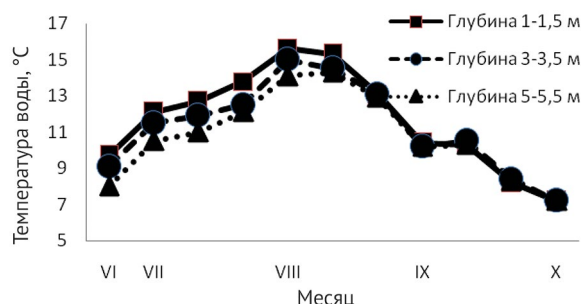
Прирост массы был также выше на глубине 1,5 и 3,5 м в садках с плотностью 30–50 кг/м<sup>2</sup> и колебался от  $1,1 \pm 0,06$  до  $1,3 \pm 0,09$  г. Наименьший прирост массы  $0,7 \pm 0,05$  г отмечался на глубине 5–5,5 м в садках с плотностью 70 кг/м<sup>2</sup> (рис. 5Б).

Сравнение приростов длины раковины и массы тела двустворчатых моллюсков (мидий, мий и маком), находящихся на плавучих установках с различной глубиной и плотности посадки в садках выявили, что наибольшая скорость роста была отмечена в садках 30–50 кг/м<sup>2</sup> и на глубине 1–3,5 м. По мнению различных авторов (Супрунович, Макаров, 1990; Sukhotin, Kulakowski,



**Рис. 5.** Прирост длины (А) и массы (Б) макомы балтийской в садках с разной плотностью посадки (30–70 кг/м<sup>2</sup>) на разных глубинах.

1992) нахождение моллюсков летом в верхних слоях воды положительно сказывается на темпах их роста, благодаря наиболее прогреваемого, богатого пищей и достаточно интенсивного обменивающегося, слоя воды. Факторы, обеспечивающие скорость роста моллюсков на глубине 1–3,5 м — это повышенная температура воды (на 2–2,5 °С) в сравнении с глубиной 5–5,5 м и более благоприятные трофические условия (рис. 6). Плотность посадки ( $p < 0,001$ ) и глубина ( $p < 0,001$ ) погружения садков с мидиями, миями и макомами достоверно влияла на приросты моллюсков. Особенно эти отличия заметны при сравнении минимальной (30 кг/м<sup>2</sup>) и максимальной (70 кг/м<sup>2</sup>) плотности посадки на различных глубинах в интервале 1–5,5 м.



**Рис. 6.** Изменение температуры воды на глубине 1–1,5 м, 3–3,5 м и 5–5,5 м в бух. Весёлая в 2020 г.

Подобные эксперименты, проведенные на радиальных установках в бух. Весёлая в 2011 г. с моллюсками в монокультуре, показали более интенсивный рост мидий младших возрастных групп (10–20 мм) на глубине 1 м с плотным расположением коллекторов (Жарников, 2011). Вероятно, в нашем случае, повышенная температура воды на небольших глубинах и возрастание концентрации органических веществ (псевдофекалий), в местах марикультурных установок с садками положительно влияет на рост моллюсков. По мнению В.В. Гальцовой с соавторами (1985) и А.Н. Головкина и др., (1976) на рост моллюсков в марикультуре влияет развитие сообществ перефитоновых микроорганизмов, при этом в районе мидиевых хозяйств наблюдается увеличение количества растворенного органического вещества (РОВ), численности бактерио- и фитопланктона, что, несомненно, положительно отражается на росте моллюсков. Особенно это заметно при культивировании мидий в поликультуре, при этом их темп роста увеличивается на 29,4–36,7% по сравнению с монокультурой (Жарников, Смирнов, 2020).

Высокий темп роста мидий, мий и маком в садках, где плотность посадки моллюсков соответствовала биомассе 30 и 50 кг/м<sup>2</sup>, обуславливался, по-

видимому, тем, что указанная плотность была оптимальной. Преимущества агрегированного образа жизни превалировали здесь над негативными сторонами внутривидовой конкуренции, тогда как при высокой плотности ( $70 \text{ кг/м}^2$ ) сказывалась возросшая внутривидовая конкуренция у моллюсков.

Вместе с тем, высокая плотность поселения мидий, мий и маком в садках с плотностью  $70 \text{ кг/м}^2$  приводит к увеличению внутривидовой конкуренции, что в свою очередь вызывает снижение темпа роста моллюсков (Халаман, Комендантов, 2007).

**Смертность.** К концу эксперимента доля смертности моллюсков составила у мидий — 12,8%, мий — 5,9% и у маком — 2,6%, причем значительная доля наблюдалась в садках с максимальной плотностью посадки  $70 \text{ кг/м}^2$  на глубине 5–5,5 м. Минимальная смертность отмечена в садках с плотностью посадки моллюсков  $30 \text{ кг/м}^2$  на глубине 1–1,5 м, так, у мидий элиминация составила 7,1%, мий — 4,5% и у маком — 1,5% (табл. 1). Сравнивая смертность моллюсков в моно и поликультуре, следует от-

метить, что при плотности  $30\text{--}70 \text{ кг/м}^2$  на глубине 1–3,5 м элиминация мидий составила всего 7,6%, тогда как в монокультуре 10,8%. В монокультуре процент смертности по всем размерным группам у мидий превышал аналогичные показатели в поликультуре (Жарников, Смирнов, 2020).

Наблюдения, проведенные в течение июня-октября 2020 г., показали, что количество и качество мяса моллюсков значительно превосходят эти показатели у особей с такими же размерами, обитающих в естественных условиях. Помимо изменений размерных данных проведены наблюдения за товарно-весовыми характеристиками мягких частей тела и другими показателями. На рисунке 7 наглядно видно увеличение массы мягких тканей мидий, выращенных на плавучих установках, в сравнении с естественными поселениями, и улучшение их состояния. Исследования личинок в меропланктоне в Тауйской губе показали, что нерест мидий растянут, начинается с первой декады июня и может продолжаться до конца августа, однако массовый нерест приурочен к времени максимального прогрева воды

**Таблица 1.** Смертность (%) двустворчатых моллюсков в садках с различной плотностью ( $30\text{--}70 \text{ кг/м}^2$ ) и на разных глубинах (1–5,5 м).

Элиминация моллюсков в % на разных глубинах, м	$30 \text{ кг/м}^2$	$50 \text{ кг/м}^2$	$70 \text{ кг/м}^2$
1–1,5 (мидии)	7,1	8,1	10,5
1–1,5 (мии)	4,5	4,8	5,2
1–1,5 (макомы)	1,5	1,7	2,1
3–3,5 (мидии)	7,4	7,8	11,3
3–3,5 (мии)	4,7	4,6	5,4
3–3,5 (макомы)	1,6	1,8	2,3
5–5,5 (мидии)	8,9	9,3	12,8
5–5,5 (мии)	5	5,3	5,9
5–5,5 (макомы)	1,9	2,1	2,6





**Рис. 7.** Наполняемость раковины мидий мягкими частями тела до проведения экспериментов с естественных поселений (30–50% наполняемость, рисунок слева) и после проведения (60–90%, рисунок справа), собранных с плантации.

до 13–17 °С в конце июля в начале августа (Жарников, 2014). Несмотря на нерест с июня по август экспериментальные исследования показали возможность существенного увеличения массы мягких тканей у двустворчатых моллюсков, помещенных в условиях подвесной культуры, и стабильного сохранения весовых характеристик вне зависимости от сезонов года. Подобные данные были получены в прибрежной части Белого моря. На плантациях, весовые характеристики мягких тканей мидий при потере в связи с вымятом половых продуктов в июле-августе массы тела, полностью компенсируются за счет достаточного количества пищи в условиях плантации. В сентябре масса мягких тканей в условиях плантации была выше в два раза, чем на литорали (Федоров, 1987).

Таким образом, в результате проведенного эксперимента в летне-осенний период 2020 г. в бух. Весёлая, была выявлена зависимость темпа линейного роста и увеличение массы культивируемых моллюсков от глубины погружения, температуры воды и наличия пищи в слое

воды, где экспонировались мидии, мии и макомы. По данным В.С. Жарникова (2015), увеличение температуры воды в Тауйской губе наиболее благотворно отражается на молодых мидиях небольших размеров. Это обусловлено тем, что у юных мидий соматический рост проявляется максимально (Сухотин и др., 1992). Однако, нами в эксперименте использовались мидии, мии и макомы, более старшего возраста. В результате достоверные отличия приростов длины раковины и увеличение массы у моллюсков проявились на низких глубинах (5–5,5 м), где чувствительность к этим факторам была максимальной, при относительно невысокой скорости роста крупных моллюсков. В тоже время у крупных моллюсков на небольших глубинах (1,5–3,5 м) влияние указанных факторов не проявилось.

Полученная в результате данного эксперимента зависимость смертности мидий, мий и маком от плотности посадки (биомассы) в садках полностью согласуется с результатами приростов моллюсков, которые свидетельствуют

о том, что плотность посадки, оцениваемая в 30–50 кг/м<sup>2</sup> на глубине 1–3,5 м, является наиболее оптимальной. При этих биомассах смертность мидий, мий и маком в эксперименте была минимальной, тогда как при большей биомассе и глубине — несколько выше.

Анализ полученных данных по приросту массы с учетом смертности различных видов (мидий, мий и маком) показал, как увеличивается масса моллюсков при рекомендуемой оптимальной плотности и глубины погружения садков на плавучих установках (табл. 2).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применяя опытные плавучие установки с садками для марикультуры в бух. Вёселяя, за один сезон (с июня по октябрь) можно получить увеличение массы моллюсков в поликультуре у мидий на 134,9%, мии на 110,2%, у макомы на 161,7%. Оптимальная плотность (биомасса) двустворчатых моллюсков в садках должна составлять

от 30 до 50 кг/м<sup>2</sup>, а глубина размещения не более 3,5 м. С учетом смертности и увеличения массы мидий при использовании 240–400 кг сырья (в зависимости от плотности посадки 30–50 кг/м<sup>2</sup>) на одной опытной плавучей установке с 80 садками можно получить в конце сезона 325–540 кг товарной продукции. Выращивание мидий, мий и маком в поликультуре в условиях севера Охотского моря нужно начинать в мае-июне в целях использования периода максимального их роста и таким образом можно получить хороший урожай моллюсков. Экспериментальные исследования по культивированию двустворчатых моллюсков в поликультуре выявили, что масса мягких тканей тела моллюсков в конце сезона достигает 60–90% от массы с раковиной, в то время, как в естественных условиях наполняемость ракушек составляет не более 30–50%. Приросты длины и массы тела моллюсков в поликультуре на 20,3% и 66% выше, чем в монокультуре. Экономич-

**Таблица 2.** Прирост массы моллюсков (%), рекомендуемых к выращиванию на опытных образцах плавучих установок, с учетом смертности за сезон роста

Вид моллюска	Глубина содерж.	Плотн. посадки	Масса до экспер.	Масса после экспер.	Смертность, %	Увел. массы с учётом смертности, %
Мидии	1–1,5 м	30 кг/м <sup>2</sup>	4,9	6,9	7,1	133,7
Мидии	1–1,5 м	50 кг/м <sup>2</sup>	4,8	7,1	8,1	139,8
Мидии	3–3,5 м	30 кг/м <sup>2</sup>	4,7	6,6	7,4	133
Мидии	3–3,5 м	50 кг/м <sup>2</sup>	4,9	6,8	7,8	130,9
Мии	1–1,5 м	30 кг/м <sup>2</sup>	50,5	58,1	4,5	110,5
Мии	1–1,5 м	50 кг/м <sup>2</sup>	50,8	58,5	4,8	110,3
Мии	3–3,5 м	30 кг/м <sup>2</sup>	50,1	57,5	4,7	110
Мии	3–3,5 м	50 кг/м <sup>2</sup>	50,6	57,9	4,6	109,8
Макомы	1–1,5 м	30 кг/м <sup>2</sup>	1,9	3	1,5	156,3
Макомы	1–1,5 м	50 кг/м <sup>2</sup>	1,8	3,1	1,7	170,5
Макомы	3–3,5 м	30 кг/м <sup>2</sup>	1,9	3,1	1,6	161,5
Макомы	3–3,5 м	50 кг/м <sup>2</sup>	2,0	3,2	1,8	158,2

ческая эффективность опытных образцов плавучих установок определяется возможностью использования их для выращивания литоральных двустворчатых моллюсков в поликультуре в северных условиях Охотского моря. Культивирование литоральных моллюсков в северных условиях на опытных плавучих установках позволяет сократить сроки выращивания и получения товарной продукции за один сезон роста (июнь-ноябрь), в сравнении с известными способами при которых выращивание моллюсков происходит с личинок, а сроки получения особей товарного размера достигают за 2–4 года. Применяя разработанные установки для культивирования моллюсков в поликультуре, вовлекаются в хозяйственный оборот не используемые биологические ресурсы литоральных двустворчатых моллюсков Охотского моря. Моллюски на установках интенсивно растут, очищаются от инородных примесей (песка, ила), увеличивается наполняемость раковины мягкими тканями тела, виды становятся пригодны для употребления в пищу и улучшаются их вкусовые качества). В сравнении с зарубежными аналогами, двустворчатые моллюски Охотского моря, выращенные в экологических чистых условиях, имеют повышенную жирность и тем самым пользуются спросом у гурманов и ценителей здорового образа жизни.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архипова Е.А. Экология и гаметогенез тихоокеанской мидии в некоторых районах северо-западной Пацифики: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 1998. 25 с.
- Бубнова Н.П. Питание *Macoma balthica* (L.) и *Portlandia arctica* (Gray) и их роль в преобразовании органического вещества осадков: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1973. 24 с.
- Буяновский А.И. Пространственно-временная изменчивость размерного состава в популяциях двустворчатых моллюсков, морских ежей и десятиногих ракообразных. М.: Изд-во ВНИРО, 2004. 306 с.
- Гальцова В.В., Галкина В.Н., Кулаковский Э.Е., Кунин Б.Л., Лайус Ю.А., Лукина Т.Г. Исследование биоценоза мидий на искусственных субстратах в условиях марикультуры на Белом море // Экология обрастания в Белом море. Л.: ЗИН АН СССР, 1985. С. 76–89.
- Герасимова О.В., Старобогатов Я.И., Голиков А.Н., Лихарев И.М. Пищевое поведение *Macoma baltica* (Bivalvia, Tellinacea) // Моллюски. Результаты и перспективы их исследований. (Восьмое Всесоюзное совещание по изучению моллюсков. Авторефераты докладов). Л. 1987. С. 285–286.
- Головкин А.Н., Гаркавая Г.П., Чурбанова И.В. Влияние метаболитов мидий на динамику биогенных веществ в прибрежных зонах Восточного Мурмана // Океанология. 1976. Т. 16. Вып. 3. С. 451–456.
- Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г. Проблемы и перспективы культивирования двустворчатых моллюсков в Баренцевом море // Вестник Кольского научного центра РАН. 2016. № 2 (25). С. 57–72.
- Евдокимов В.В., Евдокимов А.В. Взаимодействие гидробионтов в поликультуре при воспроизводстве в контролируемых условиях // Изв. ТИНРО. 2002. Т. 131. С. 373–380.
- Жарников В.С. Динамика численности и размерного состава личинок мидий *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) в Тауйской губе Охотского моря. Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2011. № 4. С. 101–104.
- Жарников В.С. Динамика численности личинок мидии *Mytilus trossulus*, (Bivalvia, Mytilidae) в меропланктоне и их оседание на коллекторы и литораль в бух. Весёлая Тауйской губы Охотского моря // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2014. № 1. С. 55–62.
- Жарников В.С. Особенности биологии и культивирования тихоокеанской мидии

*Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) в Тауйской губе Охотского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Петропавловск-Камчатский, 2015. 24 с.

Жарников В. С., Смирнов А. А. Тихоокеанская мидия *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) — новый перспективный объект аквакультуры в северной части Охотского моря // Рыбн. хоз-во. № 6. 2018. С. 72–77.

Жарников В. С., Смирнов А. А. Макома *Masoma balthica incospiqua* (Bivalvia: Tellinidae) — перспективный промысловый вид в северной части Охотского моря // Рыбн. хоз-во. 2019. № 6. С. 38–44.

Жарников В. С. Влияние условий среды на пространственное распределение *Muizenopsis* (Bivalvia: Myidae) в разных районах Тауйской губы Охотского моря // Вестник Камчатского государственного технического университета. № 51. 2020. С. 99–107.

Жарников В. С., Смирнов А. А. Культивирование тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) в моно- и поликультуре в северной части Охотского моря // Рыбн. хоз-во. № 6. 2020. С. 108–110.

Кафанов А. И. Двустворчатые моллюски шельфов и континентального склона северной Пацифики: Аннот. указ. / Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. 200 с.

Объектно-ориентированная модель поликультуры «мидии-макрофиты» в прибрежной зоне Крыма // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: «ЭКОСИ — Гидрофизика». 2014. Вып. 20. С. 220–225.

Регель К. В. Биологическое разнообразие Тауйской губы Охотского моря // Мор-

ские и солоноватоводные беспозвоночные Тауйской губы Охотского моря. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 479–521.

Состояние мирового рыболовства и аквакультуры — 2020. Меры по повышению устойчивости. Рим: ФАО, 2020. <https://doi.org/10.4060/ca9229ru>.

Супрунович А. В., Макаров Ю. Н. Культивируемые беспозвоночные // Пищевые беспозвоночные: мидии, устрицы, раки, креветки. Киев: Наука. Думка, 1990. 264 с.

Сухотин А. А., Кулаковский Э. Е., Максимович Н. В. Линейный рост беломорских мидий при изменении условий обитания // Экология. 1992. № 5. С. 71–77.

Федоров А. Ф. Продукционные возможности мидии (*Mytilus edulis* L.) в марикультуре Мурмана. Апатиты: Изд. Кольского филиала АН СССР, 1987. 102 с.

Халаман В. В., Комендантов А. Ю. Взаимное влияние видов обрастателей *Mytilus edulis*, *Styela rustica* и *Hiattella arctica* из Белого моря на их выживаемость и скорость роста // Биология моря. № 33. 2007. С. 176–181.

Rasmussen E. Systematics and ecology of the Isefjord marine fauna (Denmark) // With a survey of the elgrass (*Zostera*) vegetation and its communities. Reprinted from *Ophelia*. 1973. V. 11. 495 p.

Sukhotin A. A., Kulakowski E. E. Growth and population dynamics in mussels (*Mytilus edulis* L.) cultured in the White Sea // *Aquaculture*. 1992. V. 101. 59–73.

**FEATURES OF EXPERIMENTAL CULTIVATION OF BIVALVE  
MOLLUSKS IN POLYCULTURE IN TAUISK BAY, SEA OF OKHOTSK**

© 2021 y. V.S. Zharnikov, A. A. Smirnov<sup>1</sup>

*Institute of Biological Problems of the North FEB RAS, Magadan, 685000*

<sup>1</sup> *Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,  
Moscow; 107140, North-Eastern State University, Magadan, 685000*

The analysis of the bivalve mollusks' growth: blue mussels, long-necked clams and macomas, growing in polyculture with different stocking density (biomass) (30–70 kg/m<sup>2</sup>) in cages located from 1 to 5,5 m below the sea surface, was carried out. The maximum increases in length and mass of mollusks were recorded in cages with biomass of 30 and 50 kg / m<sup>2</sup> at a depth of 1–3,5m. Mollusks grew more slowly in cages with a density of 70 kg/m<sup>2</sup> at a depth of 5–5,5 m. Maximum increases in shell length (4,9–7 mm) were noted in blue mussels, and weight gains (5,6–7,7 g) were observed in long-necked clams. The highest percentage of elimination was observed in blue mussels, 7,1–12,8%, and the lowest in macomas, 1,5–2,6%. The efficiency of cultivation of various types of bivalve mollusks in polyculture in the northern part of the Sea of Okhotsk is shown.

*Key words:* mussels, mya, macoma, growth rates, cultivation, polyculture, pendant cages, depth, water temperature.