

УДК 639.53

МАТЕРИАЛЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОДУКЦИОННОЙ ЕМКОСТИ УЧАСТКОВ МАРИКУЛЬТУРЫ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕРЫХ МОРСКИХ ЕЖЕЙ *STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS*

И.С. Турабжанова, М.В. Битюков

Ст. н. с., к. б. н.; мл. н. с.;

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр

690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4

Тел., факс: (423) 230-07-51, 240-17-30

E-mail: irina.turabzhanova@tinro-center.ru, mikhail.bityukov@tinro-center.ru

СЕРЫЙ МОРСКОЙ ЕЖ, ПРОДУКЦИОННАЯ ЕМКОСТЬ, ФИТОЦЕНОЗ, ПИЩЕВЫЕ ПОТРЕБНОСТИ

В работе основное внимание уделено определению продукционной емкости донных участков в аквакультуре морских серых ежей (*Strongylocentrotus intermedius*). Материалом для исследований послужили данные по состоянию поселений морских ежей на трех донных участках побережья Приморского края, их пищевым потребностям и количеству доступной пищи. Поведен анализ видового состава и фитомассы водорослей на каждом из участков. Предпринята попытка определить возможность вселения молоди ежей, учитывая наличие пищевых ресурсов, способствующих продуцированию гонад с высокими товарными качествами.

SOME DATA FOR THE ASSESMENT OF CARRYING CAPACITY OF THE SITES OF SEA URCHIN *STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS* MARICULTURE

I.S. Turabzhanova, M.V. Bityukov

Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Researcher;

Pacific Scientific Research Fisheries Center

690091, Vladivostok, Shevchenko Alley, 4

Tel.: (423) 230-07-51, 240-17-30

E-mail: irina.turabzhanova@tinro-center.ru, mikhail.bityukov@tinro-center.ru

SEA URCHIN, PRODUCTION CAPACITY, PHYTOCOENOSIS, NUTRITIONAL NEEDS

The research was generally focused on the evaluation of production capacity of the sites of sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* bottom mariculture. The data used were collected from the sea urchin settlements in three coastal bottom sites of Primorye and concerned condition and nutritional needs of urchin colonies and the abundance of available forage. Species composition and algae biomass was analyzed on each site. An attempt to evaluate possibility of juvenile sea urchin introduction was made in view of forage resources currently existing and facilitating development of the gonad of a high commercial quality.

Приемную емкость в аквакультуре характеризуют как потенциальную максимальную продукцию вида или популяции, которая может поддерживаться в выбранной экосистеме, в соответствии с доступными ресурсами. Для аквакультуры беспозвоночных наиболее важны четыре категории приемной емкости: физическая, продукционная, экологическая и социальная (McKindsey et al., 2006; Inglis et al., 2002).

В настоящей работе предпринята попытка определить продукционную емкость участков марикультуры для выращивания серых морских ежей. Продукционную емкость характеризуют как предельную продукцию культивируемого вида, рассчитываемую на основании количества доступной для гидробионтов пищи (Ковачева, Чертопруд, 2014). Методика оценки продукционной емкости для серых морских ежей основана на определении биомассы основных кормовых объектов района, с последующим расчетом необходимого количества растительности для нативных ежей и вселяемой молоди (Турабжанова, 2016).

Серые морские ежи *Strongylocentrotus intermedius* являются одними из самых ценных промысловых беспозвоночных, добываемых в прибрежной зоне Приморья. Знание состояния кормовой базы и особенностей питания морских

ежей дает возможность оценить не только условия их роста, но и объемы продуцирования половых продуктов (Крупнова, 2008). Основу рациона ежей составляют бурые пластинчатые, зеленые и красные водоросли с некоторой долей морских трав и диатомовых водорослей (Fuji, Kawamura, 1970; Nabata, Sakai, 1996; Сухин, 2006). Известно, что товарные качества гонад морских ежей (наполнение, цветность, вкус, консистенция) преимущественно зависят от внешних факторов, определяющими из которых являются количественный и качественный состав доступной пищи в местах их обитания (Kawamura, 1973; Lozano et al., 1995; Agatsuma et al., 1996). Ламинария считается наиболее важной пищей для морских ежей (Kawamura, 1973; Abe, Tada, 1994; Nabata et al., 1999), так как способствует продуцированию гонад с хорошими качественными и количественными показателями.

Основной целью работы было получение данных по объему кормовой базы морских серых ежей и определение возможности вселения молоди на донные участки.

Для ее достижения решались следующие задачи:

- определить плотность распределения и размерные характеристики морских ежей на трех донных участках в бухтах Соколовская и Прожекторная;

- исследовать растительный покров на этих же участках и получить данные по биомассе основных кормовых объектов района;
- рассчитать величину пищевых потребностей ежей на обследованных участках;
- провести анализ обеспеченности морских ежей кормом;
- оценить возможность вселения молоди серых ежей на обследованные площади.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исходя из полученных в предыдущие годы сведений о распределении морских ежей и видовом составе макрофитов, в границах рыбоводных участков 11-Л(м) и 12-Л(м), расположенных в бухте Соколовской, были выбраны три района (полигона), различающиеся по видовому составу водорослей и плотности поселений морских ежей (рис. 1). Материал для исследований собирался в период с третьей декады мая по вторую декаду августа 2016 г. по стандартной методике, используемой при ресурсных исследованиях (Блинова и др., 2003). Обследование полигонов проводилось по заранее определенной сетке водолазных станций. Расстояние между разрезами составляло от 150 до 300 м, расстояние между станциями на разрезе — от 50 до 200 м. Позиционирование осуществлялось с помощью спутникового навигатора “Garmin GPS 76s”.

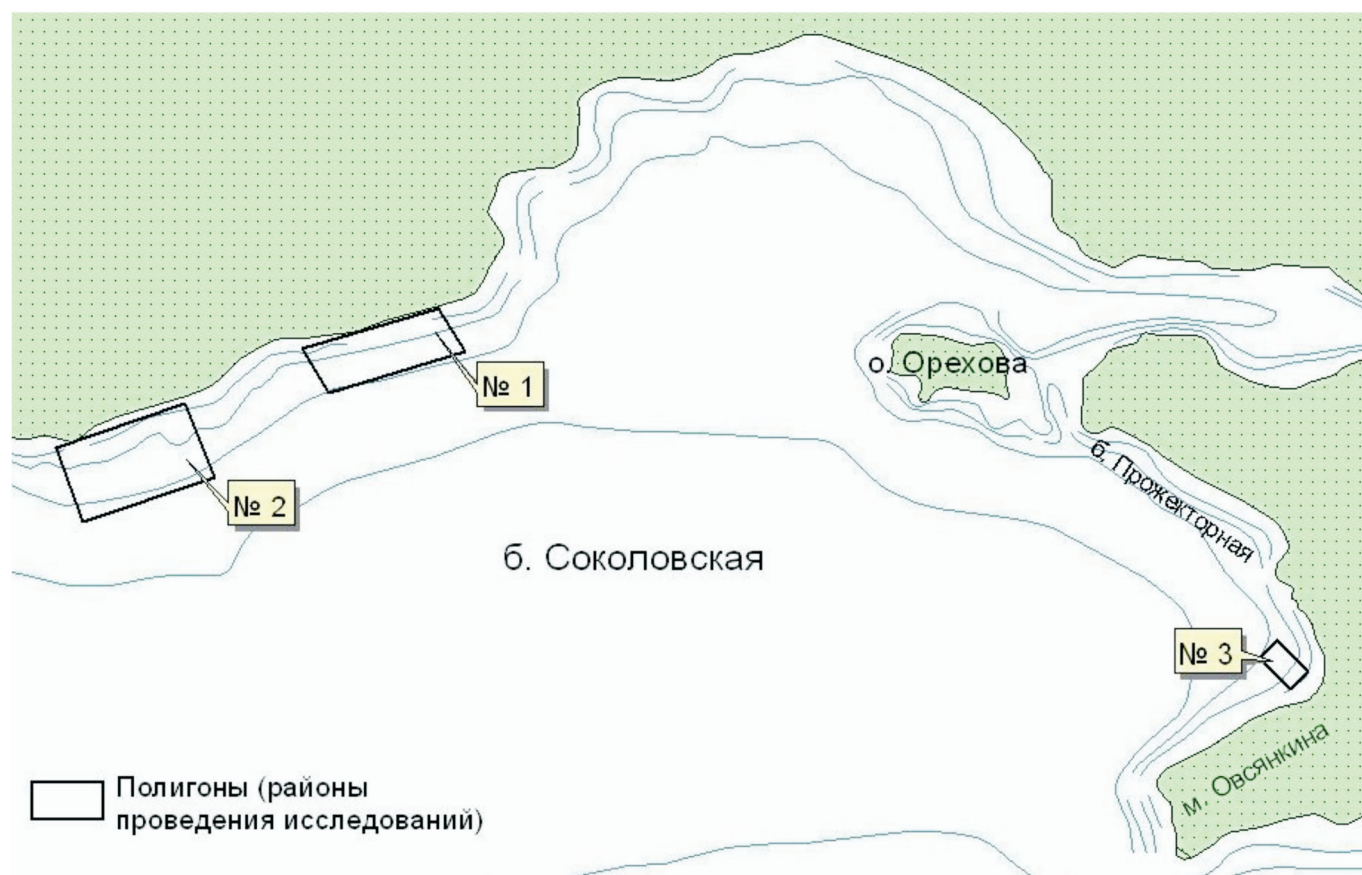


Рис. 1. Схема расположения районов проведения исследований по приемной емкости донных участков для фитофагов

На каждой станции определяли тип грунта, плотность распределения серого и черного морского ежа, оценивали общее проективное покрытие дна макрофитами (ОПП), проективное покрытие (ПП) отдельными видами в процентах. Отбирались массовые пробы морских ежей, пробы водорослей брались с рамки площадью 0,25 м², с пересчетом на 1 м².

У собранных морских ежей с помощью штангенциркуля измеряли диаметр панциря, с точностью до 1 мм. С помощью электронных весов определяли общую массу животного, с точностью до 1 г. У серых морских ежей промысловых размеров (более 45 мм) определяли массу гонад, визуально оценивали показатели цветности гонад, с использованием трех градаций в порядке ухудшения цветных характеристик (1 — от лимонно-желтого до оранжевого, 2 — от грязно-желтого до красного, 3 — коричнево-бурые) (Викторовская, Седова, 2000). Рассчитывали гонадный индекс (ГИ) как отношение массы гонады к общей массе животного, выраженное в процентах. У части животных собранных на каждом полигоне, определяли состав содержимого кишечника.

Всего за период исследований было взято на морфометрический анализ 409 экз. серых морских ежей и 60 экз. черных морских ежей. Гонадный индекс и цветность половых желез определены у 372 экз. У 78 животных проведен анализ содержимого кишечника.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первый полигон площадью 11,5 га расположен в б. Соколовской. Глубина варьирует от 3,5 до 11 м. Дно от уреза воды до глубины 5 метров практически полностью состоит из участков скального грунта, глыб и валунов, глубже 5 м твердые грунты дополняются участками песка (соотношение примерно 60/40). Площадь твердых субстратов, пригодных для обитания морских ежей, составляет 8,7 га. Второй полигон, площадью 29,3 га, также расположен в б. Соколовской. Глубина здесь варьирует в пределах от 3,5 до 10 м. Дно практически полностью состоит из участков скального грунта, глыб и валунов. Третий полигон, площадью 3,0 га, расположен в б. Прожекторной. Глубина на данном участке акватории составила от 4 до 12 м. Грунт на глубине до 5–6 м состоит из глыб и валунов. Глубже 6 м дно покрыто галькой и булыжниками, также встречаются участки крупного песка.

Изучение поселений серых ежей показало, что на первом полигоне плотность их распределения изменялась от 5,5 до 9,5 экз./м². Плотность распределения черных ежей была значительно ниже, чем серых, и не превышала 2,2 экз./м². На втором полигоне отмечена самая низкая плотность серых ежей: не более

1–2 экз./м². Плотность черных ежей достигала 1,6 экз./м². На третьем полигоне распределение ежей подвержено самым резким колебаниям. С мая по август плотность поселения увеличилась в 3,5 раза и доходила до 30 экз./м². Черный еж здесь встречался единично. Колебания численности на полигонах могут определяться нерестовыми и кормовыми миграциями морских ежей, особенно в районах с развитым поясом макрофитов.

Наибольшие размеры отмечены у серых ежей, обитающих на полигоне 2: их средний диаметр составлял 68,5 мм, средняя масса — 132,7 г. На полигоне 3 большинство обнаруженных животных имели непромысловые размеры (меньше 45 мм).

При расчетах было принято, что среднегодовой суточный рацион серых ежей составляет 2% от массы тела, черного — 2,5%. При температуре воды около 0 °С и ниже интенсивность питания морских ежей существенно снижается, поэтому пищевые потребности ежей за год оценивались из расчета 9 месяцев активного потребления растительности.

Пик потребления на всех полигонах приходился на период, когда количество животных на обследованных участках достигало максимума. Так, для серых ежей на полигонах 1 и 2 максимальные величины потребности в кормовых ресурсах отмечены в июле, на полигоне 3 — в августе.

Участки значительно различаются по биомассе и по составу макрофитов. На полигоне 1 основу фитocenоза составляли филлоспадикс и десмарестия. Фитомасса донной растительности нарастала от мая к июлю. К августу ее показатель значительно снизился, что связано с особенностями цикла развития десмарестии, которая в августе заканчивает вегетацию и разрушается. На этом полигоне отмечена недостаточная обеспеченность поселений ежей кормом. В мае и августе их пищевые потребности превышали фитомассу растительности на участке (рис. 2).

Только в июле за счет увеличения биомассы филлоспадикса и десмарестии показатели фитомассы превышали потребность ежей в пище. Фитомасса наиболее значимых кормовых объектов (ламинарии и костарии) нарастала от июля к августу, однако за весь период она была значительно ниже пищевых потребностей серых и черных ежей. В кишечниках морских ежей на протяжении всего периода исследований преобладали десмарестия и филлоспадикс, доля бурых водорослей в пищевом комке была незначительной. Малое количество в рационе ежей ламинарии, костарии и ульвы негативно повлияло на наполнение и цветность гонад. Гонадный индекс не превышал показателя 11,3%, достигая максимума в июле.

На втором полигоне основная часть донной растительности была представлена ламинарией и костарией, с незначительными включениями филлоспидикса и агарума. Фитомасса водорослей и морских трав достигла максимума в мае (10 кг/м^2). В июле ее значения снизились до 6 кг/м^2 , в августе — до $1,7 \text{ кг/м}^2$. Самое интенсивное снижение отмечено для ламинарии. За период исследований ее фитомасса уменьшилась почти в 6 раз. Возможной причиной послужила высокая штормовая нагрузка в летний период. Резкое

уменьшение биомассы костарии к августу связано с тем, что в этот период после спороношения ее слоевище начинает разрушаться. Этот участок как по составу растительности, так и по ее биомассе является благоприятным для питания ежей. В мае и июле, в период наиболее интенсивного развития гонад, масса растительности значительно превышала пищевые потребности ежей (рис. 3). В их пищеварительном тракте в течение всего периода исследований преобладали бурые водоросли. Значения гонадного индекса

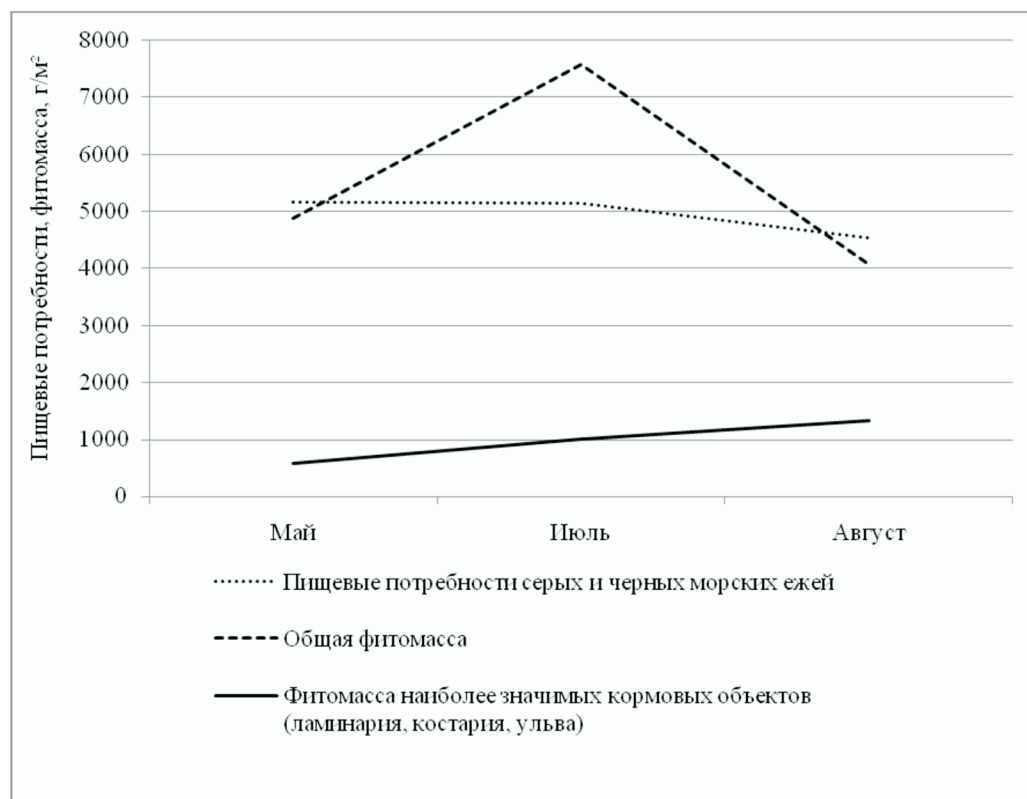


Рис. 2. Изменение фитомассы и пищевых потребностей морских ежей на полигоне 1

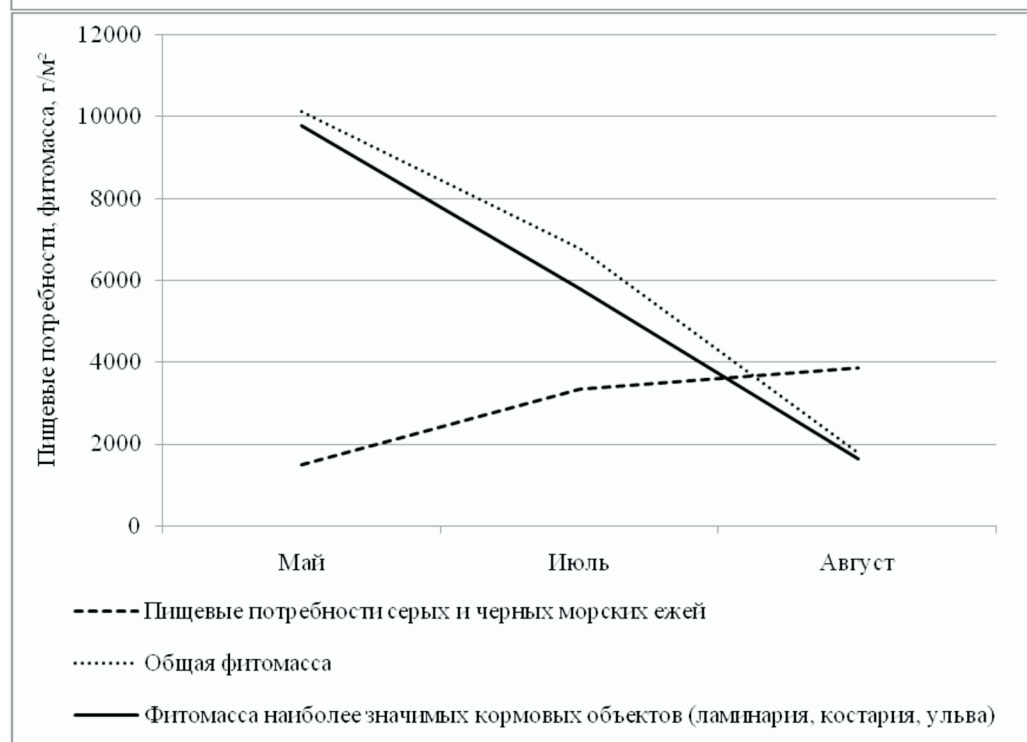


Рис. 3. Изменение фитомассы и пищевых потребностей морских ежей на полигоне 2

са варьировали в пределах 13,0–17,6% с максимумом в середине июля.

На полигоне 3 в б. Проекторной основу пояса растительности составляла десмарестия с включениями зеленых водорослей. Фитомасса от мая к июлю увеличивалась до 6 кг/м², однако к августу ее показатели снизились до 1,2 кг/м², что согласуется с циклом развития этой водоросли. На этом полигоне также отмечена недостаточная обеспеченность кормом нативных поселений ежей. Если в мае и июле фитомасса превышала величину пищевых потребностей, то в августе биомасса растительности уже была ниже этого показателя (рис. 4). Фитомасса зеленых водорослей была незначительной. В кишечниках ежей преобладала десмарестия. Гонадный индекс не превышал 11,6%, достигая максимума в августе.

Анализ динамики биомассы поселений морских ежей и их кормовой базы показал, что на двух из трех обследованных полигонах (1 и 3) отмечается очень низкая обеспеченность морских ежей пищей, способствующей продуцированию гонад с высокими товарными качествами. Недостаток кормовых ресурсов на полигоне 1 составил 460 г/м², на полигоне 3 — до 5 кг/м². Большинство ежей на этих полигонах имели гонады с низким гонадным индексом около 11%, цветность соответствовала в основном 2-й категории (от грязно-желтого до красного). Максимальные значения гонадного индекса за весь период исследований отмечены на полигоне 2 (17,6%), где в период активного развития гонад (май–июль) удельные показатели биомассы ламинарии и костарии значительно пре-

вышали потребность ежей в пище. Цветность гонад соответствовала в основном 1-й категории (от лимонно-желтого до оранжевого). По составу растительности этот полигон пригоден для выращивания серых ежей пастбищным способом. Однако при расчете возможного количества вселяемой молоди выявлен ряд факторов, ставящих под сомнение целесообразность выращивания молоди на основе только имеющихся кормовых ресурсов. В пределах полигона отмечены значительные флуктуации численности морских ежей, в результате которой трофическая нагрузка на макрофитобентос существенно увеличилась, и в результате уменьшения фитомассы к середине августа на полигоне образовался недостаток кормовых ресурсов до 2 кг/м².

Для выращивания морских ежей на обследованных участках рекомендуется проводить мероприятия по подкормке ламинарией. Как известно, питание ежей на ламинариевых плантациях, даже при низких рационах, увеличивает их соматический и гонадный рост. Экспериментальные работы по подкормке морских ежей методом заглубления водорослевой секции показали его высокую эффективность. Прирост диаметра морских ежей через 10 месяцев после начала подкормки составил 15,8 мм. Гонады подавляющего большинства животных относились к 1-й категории цветности, среднее значение гонадного индекса соответствовало 16,4%. Для подкормки можно применять как собственно выращиваемую на подвесных плантациях ламинарию, так и отходы, образующиеся при ее культивировании и переработке. Для уве-

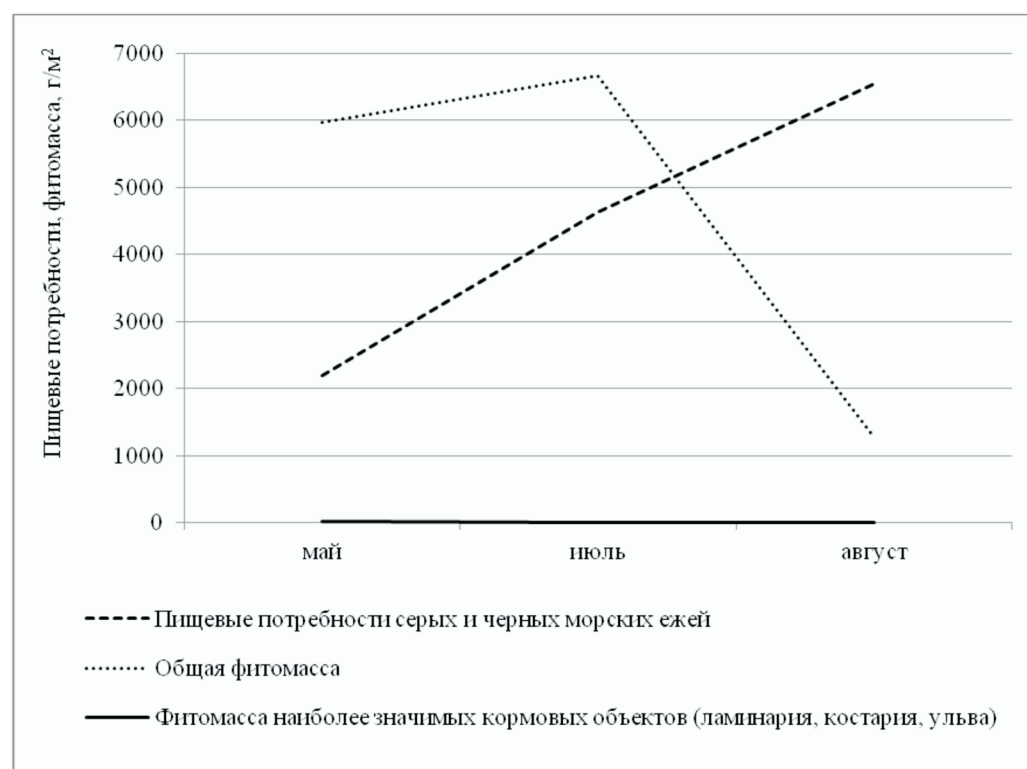


Рис. 4. Изменение фитомассы и пищевых потребностей морских ежей на полигоне 3

личения кормовой базы морских ежей в местах их расселения также целесообразно использовать способы восстановления полей ламинарии, основанные на размещении на дне простимулированных маточных слоевищ (Крупнова, 2008).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали неравномерность плотности распределения морских ежей на исследуемых участках. На полигоне 3 в бухте Прожекторной серые морские ежи распределены с плотностью в 3 раза превышающей таковую на полигоне 1 и в 10,5 раз — на полигоне 2. На всех полигонах отмечены существенные флуктуации численности ежей. Численность морских ежей на полигонах варьировала, достигая наибольших значений в июле и августе. За период исследований значительно больше всего численность животных изменялась на полигоне 3, увеличившись с мая по август в 3,5 раза. Колебания численности могут определяться нерестовыми и кормовыми миграциями морских ежей, поэтому учет миграций морских ежей с прилегающих участков необходим при определении пищевых потребностей нативных популяций. Анализ полученных данных показал, что донные участки нельзя рассматривать как изолированные от окружающей среды единицы.

Данные, полученные на полигонах 1 и 3, свидетельствуют о неполной обеспеченности поселений морских ежей высококачественным кормом, что негативно сказывается на их товарных качествах. Большинство ежей на этих полигонах имели гонады с низким гонадным индексом (11,3–11,6%), цветность соответствовала в основном 2-й категории (от грязно-желтого до красного). Максимальные значения гонадного индекса за весь период исследований отмечены на полигоне 2 (17,6%), где в период активного развития гонад (май–июль) удельные показатели биомассы наиболее значимых в качестве кормовых объектов видов водорослей (ламинария и костария) значительно превышали потребность ежей в пище. Следует отметить, что на этом полигоне произошло значительное снижение фитомассы водорослей. В период с мая по август суммарная фитомасса этих видов уменьшалась в 5,9 раза. В середине августа пищевые потребности нативных поселений превысили биомассу донной растительности.

Проведенные исследования показали, что выращивание серых морских ежей пастбищным способом на донных участках нецелесообразно. Отсадка молодежи ежей может негативно повлиять на стабильность фитоценоза и вызвать смену высокопродуктивных зарослей ламинариевых низкопродуктивными посе-

лениями кораллиновых водорослей. Учитывая, что на всех трех полигонах не обнаружено излишков кормовых ресурсов для выращивания молодежи серых морских ежей пастбищным способом, при выращивании ежей на обследованных участках рекомендуется проводить мероприятия по подкормке ламинарией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Блинова Е.И., Вилкова О.Ю., Милютин Д.М., Пронина О.А., Штрик В.А. 2003. Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне. М.: ВНИРО. 80 с.
- Викторовская Г.И., Седова Л.Г. 2000. Некоторые аспекты биологии серого морского ежа в центральном районе Северного Приморья // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 127. С. 382–396.
- Ковачева Н.П., Чертопруд Е.С. 2014. Общие подходы к оценке приемной емкости морских акваторий для молодежи крабидов (Decapoda, Lithodidae) на примере камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) // Рыбное хозяйство. № 2. С. 79–84.
- Крупнова Т.Н. 2008. Инструкция по культивированию и восстановлению полей ламинарии. Владивосток: ТИПРО-Центр. 34 с.
- Сухин И.Ю. 2006. Пищевые отношения черного (*Strongylocentrotus nudus*) и серого (*S. intermedius*) морских ежей: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВГУ. 20 с.
- Турабжанова И.С. 2016. Подходы к изучению приемной емкости донных участков побережья Приморского края для массовых видов фитофагов (серых морских ежей *Strongylocentrotus intermedius*) // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: Сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.). (Под общ. ред. А.В. Гаевской). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. Т. 3. С. 460–463.
- Abe E., Tada M. 1994. The ecology of a sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz) on the coast of Okhotsk Sea in Hokkaido // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. № 45. P. 45–56 (in Jap.).
- Agatsuma Y., Matsuyama K., Nakata A. 1996. Seasonal changes in feeding activity of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus* in Ochoro Bay of Southwestern Hokkaido // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. V. 62. № 4. P. 592–597.
- Fuji A., Kawamura K. 1970. Studies on the biology of sea urchin. VII. Bio-economics of the population of *Strongylocentrotus intermedius* on a rocky shore of Southern Hokkaido // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. V. 36. № 4. P. 763–775.
- Inglis G.J., Hayden B.J., Ross A.H. 2002. An overview of factors affecting the carrying capacity of coastal embayments for mussel culture. Christchurch: NIWA: Client Report CHC00/69. 31 p.
- Kawamura K. 1973. Fishery biological studies on a sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz) // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. V. 16. P. 1–54.
- Lozano J., Gflera J., Lopez S. et al. 1995. Biological cycles and recruitment of *Paracentrotus lividus* in two contrasting habitats // Mar. Ecol. Prog. Ser. V. 122. P. 179–191.
- McKindsey C.W., Thetmeyer H., Landry T., Silvert W. 2006. Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management // Aquaculture. V. 261. P. 451–562.
- Nabata S., Sakai P. 1996. Animal net production of the second year frond of *Laminaria diabolica* // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. N 49. P. 1–5.
- Nabata S., Hoshikawa H., Sakai Y., Funaoka T., Oohori T., Imamura T. 1999. Food value of several algae for growth of the sea urchin, *Strongylocentrotus nudus* // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. № 54. P. 33–40 (in Jap.).