

УДК 574.522

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАСЕЛЕННОСТИ МОРСКИХ ЗВЕЗД *ASTERIAS RUBENS* L. КОПЕПОДАМИ *SCOTTOMYZON GIBBERUM* SCOTT В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

А.А. Поромов, А.В. Смулов

(кафедра общей экологии; e-mail: artem-1309@yandex.ru)

В работе описаны особенности заселенности копеподами *Scottomyzon gibberum* морских звезд *Asterias rubens*, собранных в течение вегетационного периода 2012 г. Также показана динамика заселенности, растущая с середины июня до конца сентября. Показана неоднородность заселенности, которую можно связать с антропогенной нагрузкой. В районах с повышенной антропогенной нагрузкой заселенность морских звезд копеподами выше. Отмечено увеличение заселенности морских звезд с глубиной.

Ключевые слова: симбиоз, биоиндикация, *Scottomyzon gibberum*, интенсивность, экстенсивность, *Asterias rubens*.

Симбиоз широко распространен в природе, а симбиотические ассоциации часто играют ключевую роль в поддержании нормального функционирования наземных, пресноводных и морских экосистем. Многие симбионты более чувствительны, чем их хозяева к изменениям внешней среды, поэтому учет симбионтов, которые напрямую зависят от условий, в которых находится популяция хозяев, позволяет получать достоверную информацию о качестве среды. Еще более чувствительны к изменению характеристик среды обитания облигатные симбиозы, такие, например, как лишайники (симбиоз гриба и водоросли), которые широко используются в биоиндикации (лихеноиндикация).

При оценке биоразнообразия обычно не принимают в расчет, что учитываемые организмы являются хозяевами различных экто- и эндосимбионтов. В то же время биоразнообразие симбионтов, как правило, значительно превышает биоразнообразие их хозяев [1]. На симбионтов оказывается двойное действие: с одной стороны — внешней среды, а с другой — среды хозяина, внутренней для эндосимбионтов и наружной для экзосимбионтов. Таким образом, учет симбиотических, в том числе и паразитических, организмов, а также исследование состояния симбиотических ассоциаций позволяют более точно оценить биоразнообразие и характер динамических процессов в экосистемах и могут быть рекомендованы в качестве важных элементов экодиагностических и биоиндикационных исследований [2].

В качестве объекта исследования выбран симбиоз массового литорального вида морских звезд *Asterias rubens* L. и обитающих на них копепод *Scottomyzon gibberum* Scott. Ареал исследуемых видов распространяется по территории северных морей Рос-

сии [3, 4]. Организмы характеризуются простотой сбора и таксономического определения, что является необходимым требованием для биоиндикаторов [5]. Взрослые самки *Scottomyzon gibberum*, обитающие на коже морских звезд *A. rubens*, индуцируют образование галлов. Личиночные стадии, самцы и молодые самки свободноживущие и обитают непосредственно на поверхности тела хозяина как типичные эктосимбионты [6]. В работе приведены исследования симбиоза как возможного биоиндикатора качества прибрежных вод северных морей.

Работы проводились в районе расположения Беломорской биологической станции МГУ имени М.В. Ломоносова (ББС) и на территории Кандалакшского государственного заповедника. Для территории кута Ругозерской губы характерна близость железнодорожной станции с интенсивным движением ж/д транспорта, впадает речка Пояконда, протекающая через одноименный поселок, находятся причалы для многочисленных малых и средних судов. Чернореченская губа характеризуется интенсивным движением малых судов, сюда впадает одноименная речка, протекающая через населенную деревню Черная речка.

Материалы и методы

Морских звезд *A. rubens* собирали с 6 стационарных точек в течение всего вегетационного периода 2012 г. со средней частотой раз в три недели. С 7 дополнительных точек был произведен сбор не более двух раз. Сбор морских звезд проводился в Белом море на акваториях Ругозерской, Чернореченской, Кислой губ и Бабьего моря. Точки сбора морских звезд представлены на рис. 1. Каждую морскую звезду помещали в индивидуальный пакет. Объем выборки составил 700 экз. Для каждой морской звезды прово-

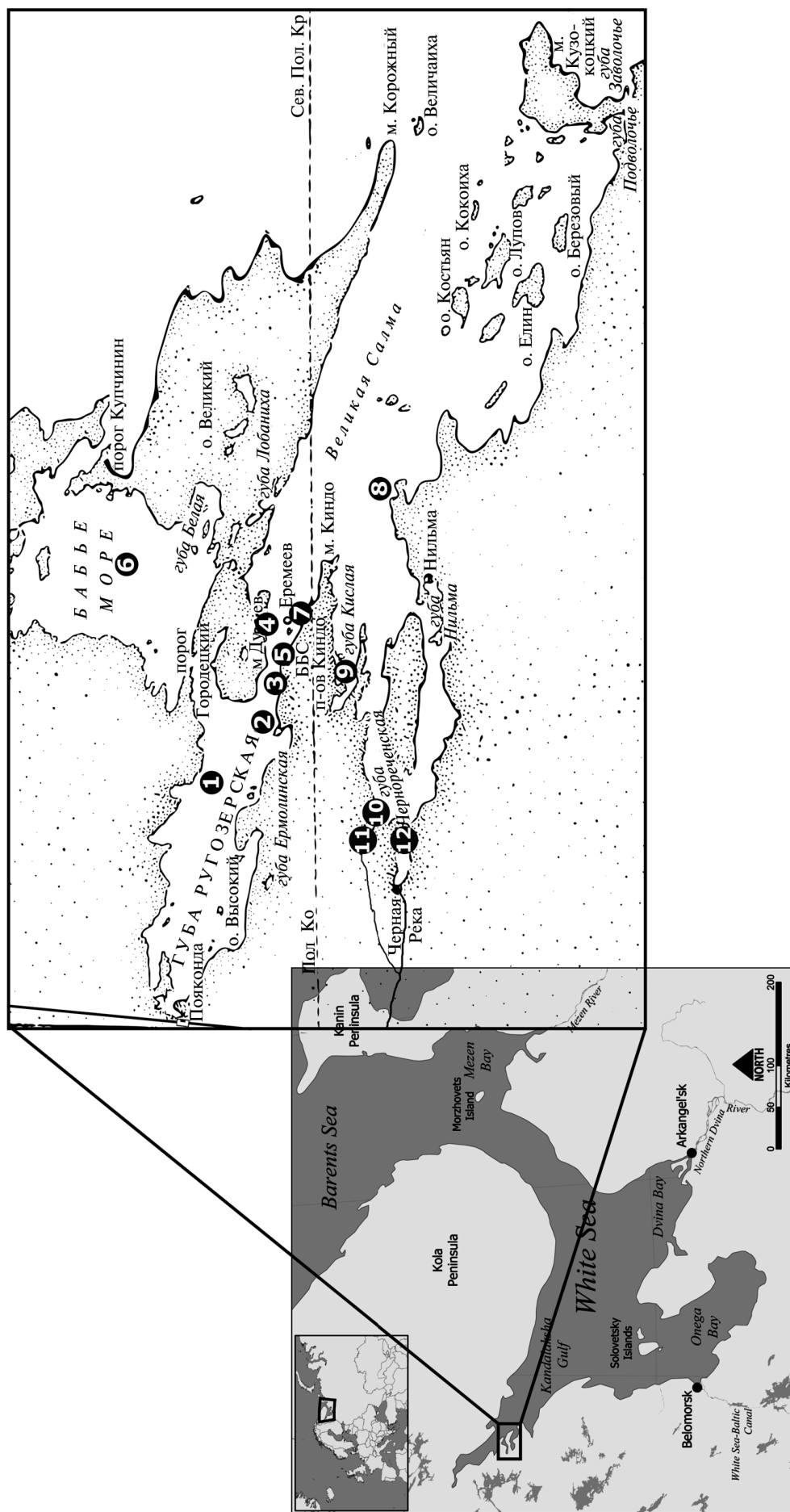


Рис. 1. Точки сбора морских звезд на акватории Кандакшского залива Белого моря (в скобках указана глубина сбора). Условные обозначения: 1 — Половые острова (5–10 м), 2 — Черные щели—Ермолинская губа (1 м), 3 — “У Креста” на территории БС МГУ (1–15 м), 4 — у острова Великий (8 м), 5 — пирс БС МГУ (1 м), 6 — Бабье море (2–7 м), 7 — у Ермеевских островов (1 м), 8 — Крестовые острова (10 м), 9 — Кислая губа (1 м), 10 — Черная речка, у входа в залив (2 м), 11 — Черная речка, в заливе (1 м), 12 — Черная речка, за порогом (под кладбищем) (3 м)

дили измерение следующих размеров: Нг (расстояние от madreporовой пластинки до внутренней окружности, контррадиус), г (расстояние от центра до внутренней окружности, малый радиус), R (расстояние от центра до большой окружности, большой радиус).

Копепод *S. gibberum* с морских звезд собирали препаровальными иглами под бинокулярными очками с увеличением 1,8×. Самок копепод помещали в чашки Петри диаметром 50 мм и фиксировали 5%-м раствором формалина в течение суток. После фиксации *S. gibberum* просматривали на бинокулярном микроскопе Leica. Определялся возраст копепод по цвету карпакса по трехбалльной шкале: 1 — бесцветный; 2 — светлоокрашенный; 3 — темноокрашенный, полностью непрозрачный карпакс.

Для характеристики заселенности рассчитывались три основных показателя численности симбионтов, широко используемые в паразитологических исследованиях: экстенсивность (среднее количество симбионтов на хозяине), интенсивность (относительное количество хозяев, имеющих симбионтов) и индекс обилия, которые являются по сути показателями заселенности хозяина [7, 8].

Результаты и их обсуждение

Сезонная динамика заселенности

Проведен анализ сезонной динамики индексов заселенности (экстенсивность, интенсивность, индекс обилия) по данным сборов морских звезд, проводимых в течение вегетационного периода 2012 г. На рис. 2 представлены графики, отражающие сезонную динамику индексов и возраст копепод для точек, расположенных у пирса ББС, Половых и Крестовых островов.

На представленных графиках, отражающих значения индексов интенсивности, экстенсивности и обилия для соответствующих дат сбора биологического материала, видна сезонная динамика заселенности морских звезд *A. rubens* копеподами *S. gibberum*. Для значения индексов рассчитаны методом Bootstrap 95%-е доверительные интервалы, для которых отмечается перекрывание на протяжении практически всего вегетационного периода. Значения F критерия при $p < 0,05$ показывают различия индексов заселенности в зависимости от даты сбора проб. Для каждой точки эта динамика не имеет в точности одинакового графика, но можно выделить некоторые общие черты — плавное уменьшение заселенности с мая по июнь с минимальными значениями в июне—июле и рост с июля по сентябрь. Отмечается увеличение возраста копепод со второй половины июля до сентября. Такая динамика, возможно, связана с циклом развития самцов копепод и достижением самками половозрелых стадий. Так, в течение вегетационного периода отмечается увеличение встречаемости самцов копепод с 0 экз./100 особей в июне до 2—5 экз./100 особей. В работе Rottger [9] описана в течение всего года сезонная динамика, где с сере-

дины лета отмечается увеличение числа самок *S. gibberum* на морских звездах и доли самцов.

Таким образом, показана сезонная цикличность заселенности морских звезд в течение вегетационного периода с минимальными значениями в июне и их возрастанием к октябрю. Отмечается увеличение относительного возраста последней копеподной стадии *S. gibberum* и доли самцов.

Пространственные различия индексов заселенности

Индексы, рассчитанные по результатам анализа заселенности копеподами *S. gibberum* морских звезд *A. rubens* в разных точках сбора, представлены на рис. 3.

На карте, отражающей значения экстенсивности, сложно выделить точки по акватории, значительно отличающиеся по этому показателю. У Еремеевских островов можно отметить самые низкие значения экстенсивности, наибольшее значение характерно для точек у Половых островов и в Бабьем море.

По значениям интенсивности можно выделить точки у Половых островов, Черной речки и в Бабьем море, характеризующиеся высокими значениями заселенности. Наименьшее значение характерно для Еремеевских островов. По медиане интенсивности выделяется группа точек с высокими значениями этого показателя в Черной речке, Бабьем море, у Половых островов. Индекс обилия выделяет те же самые точки, что и предыдущие индексы (Половые острова, Бабье море, Черная речка).

Индексы для расчета интегрального показателя проанализированы методом главных компонент. Выявлена одна компонента (с собственным значением 3,4), объясняющая 84% дисперсии рассматриваемых индексов. Значения факторных нагрузок показывают высокую долю (0,89—0,99) каждого из рассматриваемых индексов. Наибольшие значения интегрального показателя можно выделить у Половых островов и в Бабьем море, немного меньшие — в районе Черной речки. Наименьшими значениями характеризуются Еремеевские острова.

Таким образом, по значениям индексов выделяется кластер точек, включающих Половые острова, Бабье море и Черную речку, кластер с противоположными значениями, включающий Еремеевские острова, и кластер с промежуточными значениями, включающий все остальные точки. Можно предположить, что это связано со степенью антропогенного воздействия. Точка у Половых островов, наиболее приближенная к куту Ругозерской губы, и верховья Чернореченской губы характеризуются повышенной антропогенной нагрузкой за счет хозяйственной деятельности и интенсивного использования маломерных судов. Бабье море за счет гидрологических особенностей и рельефа береговой линии характеризуется высокой интенсивностью аккумуляции веществ, в том числе и

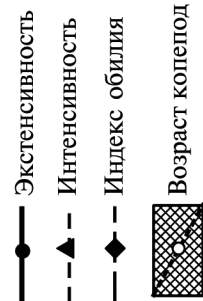
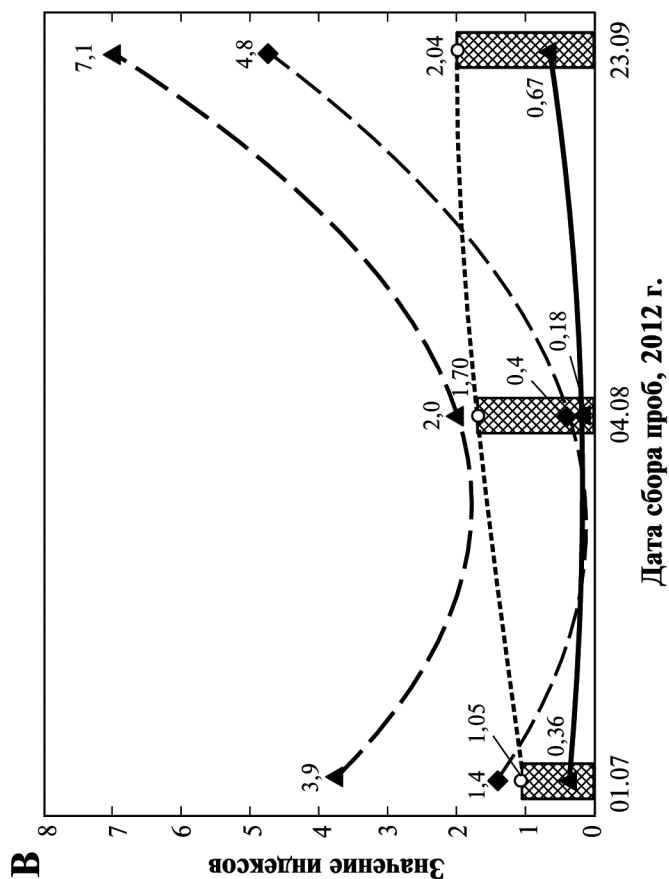
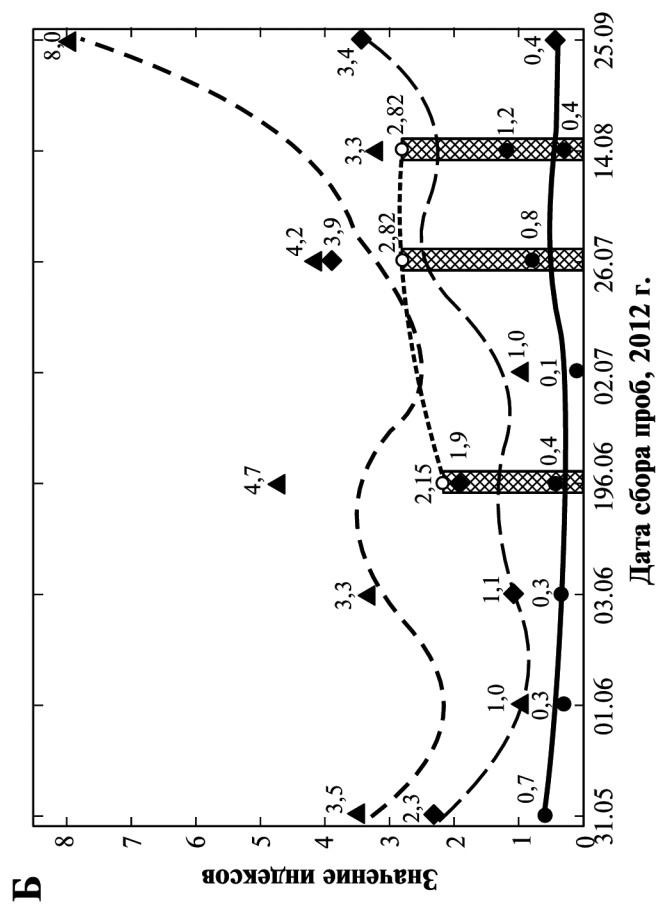
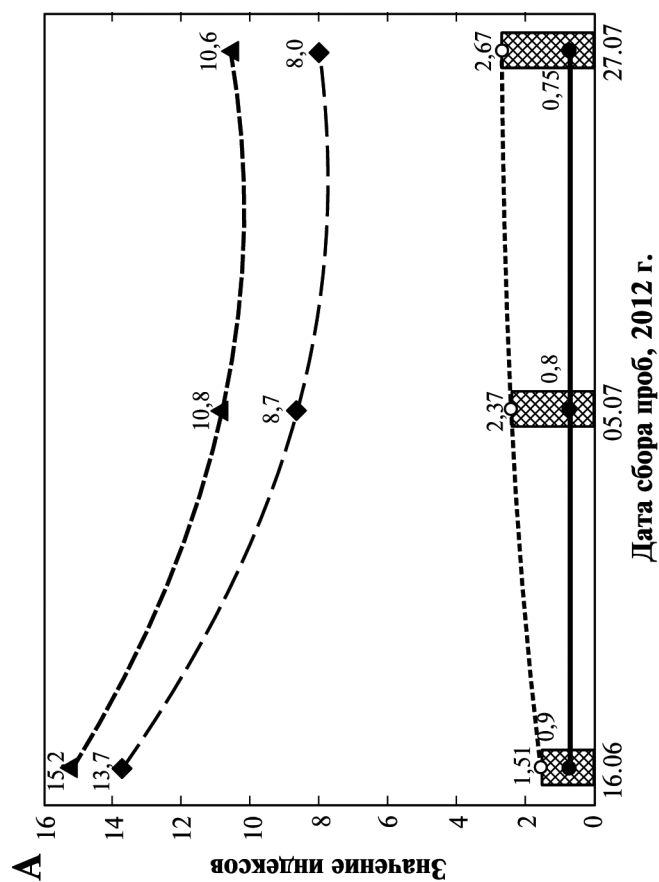


Рис. 2. Сезонная динамика заселенности морских звезд *Asterias rubens* копеподами *Scotomyzon gibberum*. А — у Крестовых островов, В — у пирса ББС, В — у Половых островов



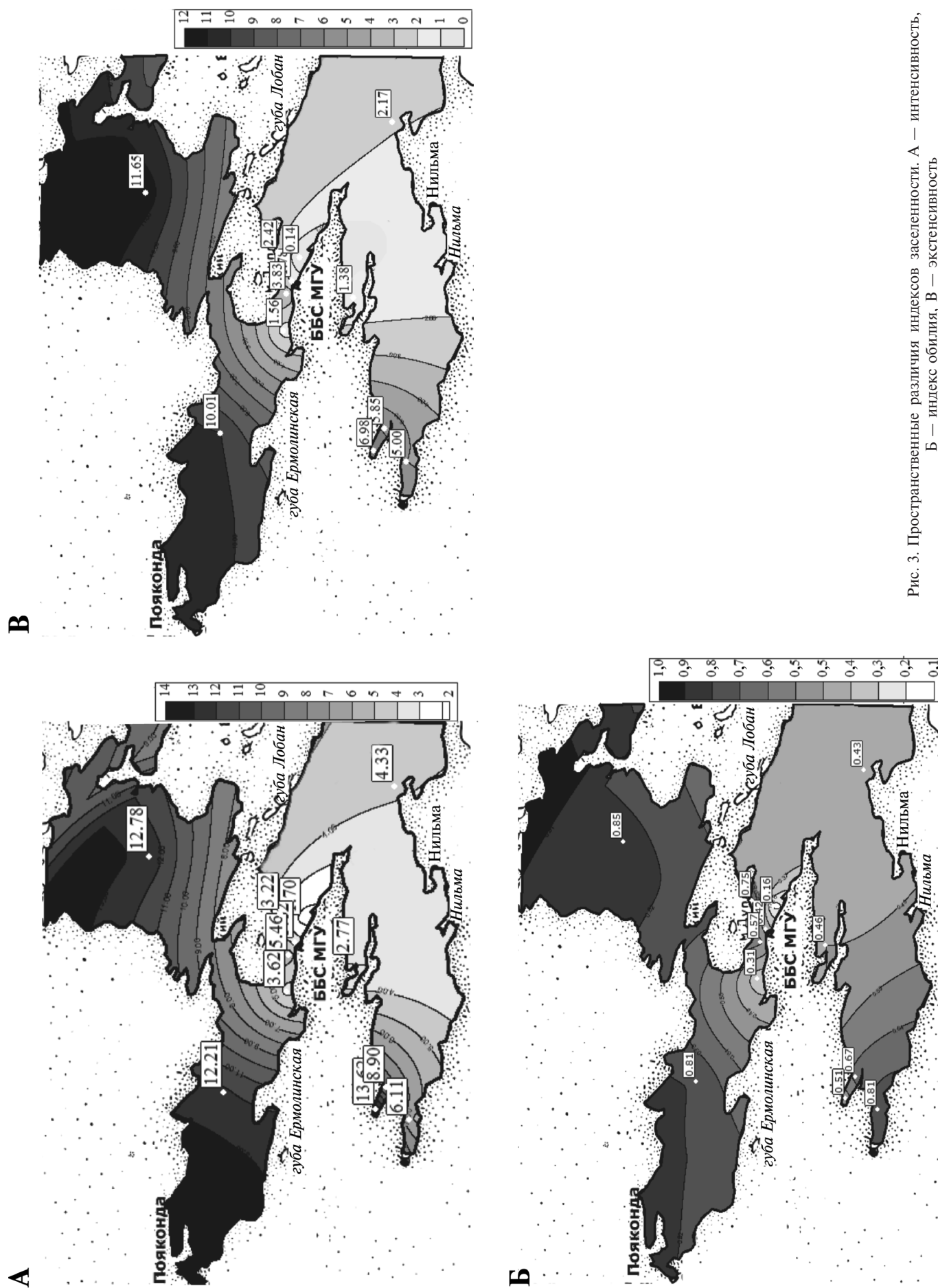


Рис. 3. Пространственные различия индексов заселенности. А — интенсивность, Б — индекс обилия, В — экстенсивность

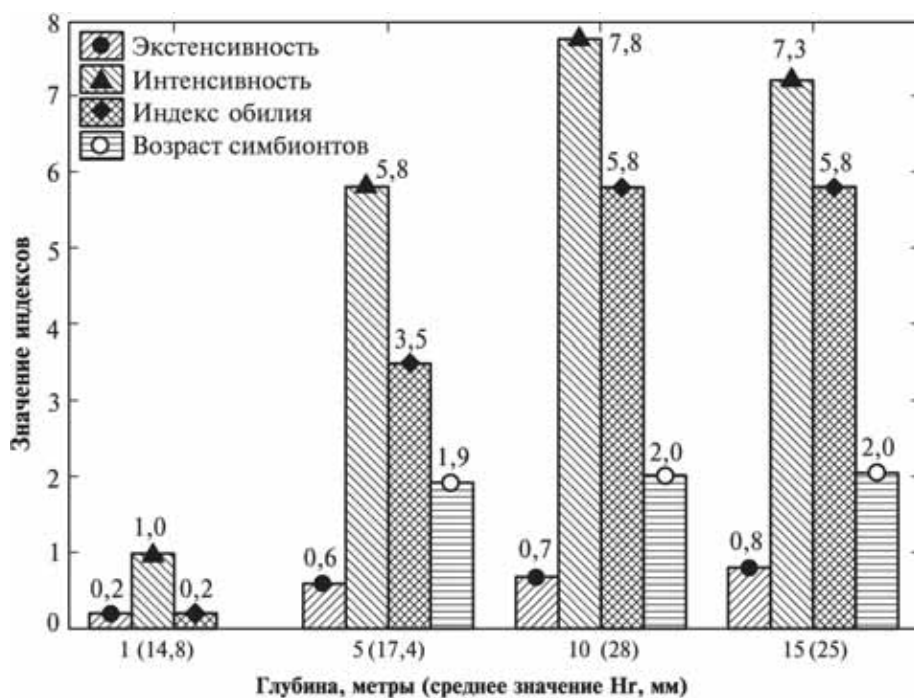


Рис. 4. Особенности заселенности морских звезд *Asterias rubens* копеподами *Scottomyzon gibberum* на разных глубинах

загрязняющих, поступающих сюда, с одной стороны, из пос. Пояконда, с другой — из г. Кандалакша [10].

Особенности заселенности на разных глубинах

Для анализа изменчивости индексов заселенности морских звезд *A. rubens* копеподами *S. gibberum* проведен сбор морских звезд по трансекте с глубин 1, 5, 10 и 15 м в точке напротив креста на территории ББС МГУ (точка 3 на рис. 1). Результаты анализа представлены на рис. 4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кэннеди К. Экологическая паразитология. М.: Мир, 1978. 232 с.
2. Смуров А.В. Основы экологической диагностики. М.: Ойкос, 2003. 188 с.
3. Флора и фауна Белого моря: иллюстрированный атлас / Под ред. А.Б. Цетлина, А.Э. Жадан, Н.Н. Марфенина. М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. 471 с.
4. Смуров А.В. Первая для Белого моря находка симбиотической копеподы *Scottomyzon gibberum* (Scott) (отр. Siphonostomatoida), ассоциированной с морской звездой *Asterias rubens* // Докл. РАН. 1993. Т. 333. № 5. С. 684—686.
5. Carignan V., Villard M.-A. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review // Environmental monitoring and assessment. 2002. Vol. 78. N 1. P. 45—61.
6. Марченков А.В. Некоторые особенности взаимоотношений паразитических веслоногих и их беспозвоночных хозяев // Паразитология. 2001. Т. 35. № 5. С. 406—428.

На графике выделяется прибрежная зона с глубиной 1 м, характеризующаяся статистически достоверно отличающимися низкими показателями заселенности. Возможно, это связано с различиями в размерной структуре морских звезд, для прибрежной зоны характерны ювенильные морские звезды, которые еще не заселены копеподами, а заселение происходит при миграции звезд с литорали на большие глубины. На глубине 1 м неблагоприятные гидрологические условия для самих подвижных стадий копепод — приливно-отливные течения, перепады температур, опреснение. Значения заселенности в остальных точках статистически достоверно не отличаются. Наибольшие значения заселенности на глубине 10 м. Возраст копепод на разных глубинах не отличается.

Выводы

1. Наибольшие значения индексов заселенности морских звезд *A. rubens* копеподами *S. gibberum* характерны для точек с повышенной антропогенной нагрузкой.
2. В течение вегетационного периода (с июня до конца сентября) отмечается увеличение заселенности морских звезд *A. rubens* копеподами *S. gibberum*.
3. С глубиной отмечено увеличение средних размеров морских звезд *A. rubens* и их заселенность копеподами *S. gibberum*.

7. Rózsa L., Reiczig J., Majoros G. Quantifying parasites in samples of hosts // J. Parasitol. 2000. Vol. 86. P. 228—232.
8. Аниканова В.С., Бугмырин С.В., Иешко Е.П. Методы сбора и изучения гельминтов мелких млекопитающих. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 145 с.
9. Rottger R. Ökologie und Postlarvalentwicklung von *Scottomyzon gibberum*, eines auf *Asterias rubens* parasitisch lebenden Copepoden (*Cyclopoida siphonostoma*) // Mar. Biol. 1969. Vol. 2. N 2. P. 145—202.
10. Пересыпкин В.И., Лукашин В.Н., Исаева А.Б., Прего Р. Лигнин и химические элементы в донных осадках Кандалакшского залива Белого моря // Океанология. 2004. Т. 44. № 5. С. 743—755.

**CHARACTERISTICS OF POPULATION COPEPODS
SCOTTOMYZON GIBBERUM SCOTT ON STARFISHES *ASTERIAS RUBENS* L.
IN DIFFERENT ANTHROPOGENIC LOAD CONDITIONS**

A.A. Poromov, A.V. Smurov

This paper describes a features of the population of copepods *Scottomyzon gibberum* on starfishes *Asterias rubens*, which were collected during the growing season of 2012. The population increases from mid — June to late September. Population heterogeneity is shown, which can be attributed to anthropogenic load. Population of copepods on starfish is higher in areas with high anthropogenic load. Population of copepods on starfishes increases with depth.

Key words: *symbiosis, bioindication, Scottomyzon gibberum, intensity, extensity, Asterias rubens.*

Сведения об авторах

Поромов Артем Андреевич — аспирант кафедры общей экологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-910-480-3880; e-mail: artem-1309@yandex.ru

Смуров Андрей Валерьевич — докт. биол. наук, проф. кафедры общей экологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-939-14-15.