

И.Ю.Сухин

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПИЩЕВОГО СПЕКТРА
ЧЁРНОГО И СЕРОГО МОРСКИХ ЕЖЕЙ В РАЗНЫЕ
СЕЗОНЫ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПОЛИГОНАХ
В БУХТЕ ПРОГУЛОЧНОЙ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

Морские ежи – чёрный *Strongylocentrotus nudus* (Agassiz) и серый *S. intermedius* (Agassiz) – являются доминирующими беспозвоночными в донных сообществах твёрдых грунтов южного Приморья. Эти животные обитают совместно и питаются одними и теми же объектами (Касьянов и др, 1980; Холодов, 1981; и др.). Ранее утверждалось, что в условиях южного Приморья чёрный ёж в результате пищевой конкуренции вытесняет серого. Однако количественной оценки общности спектров питания этих видов не приводилось. Питание серых морских ежей в природных условиях рассматривается в статье Т.Н.Крупновой и В.А.Павлючкова (2000), где приводятся данные, полученные в ходе исследований, проведённых к северу от мыса Поворотного. Питание чёрных ежей, обитающих у побережья Приморья, до сих пор остаётся недостаточно изученным.

Цель настоящей работы – изучение питания двух видов морских ежей в районе их совместного обитания. В задачи исследования входила оценка общности их пищевых спектров и их корреляции с составом водорослевого покрова.

В 2000 г. в бухте Прогулочной (зал. Петра Великого, Японское море) были выполнены комплексные работы по исследованию питания морских ежей и водорослевого покрова в месте их обитания.

Животных собирали с трех участков (рис. 1), характеризующихся различными условиями обитания. Первый и второй участки расположены возле входных мысов бухты – Пассека и Скалистого. Они слабо защищены от волнового воздействия. Грунт на глубинах до 4–5 м представлен скалами, глыбами и валунами. На большей глубине начинается булыжник, заиленная галька. Мыс Пассека является более открытым и сильнее подвержен волновому воздействию. У мыса Скалистого песок и ил начинают встречаться с глубины 6 м. Возле мыса Пассека мелкие фракции грунта и заиление появляются глубже, грунт на глубине 12–13 м – галька с легким наилком.

Третий участок сбора животных был расположен в кутовой части бухты. Мягкие грунты здесь начинаются с глубины 4–5 м. На меньшей глубине грунт представлен скалами и валунами. Весной и летом, когда преобладают ветры южного и юго-восточного направлений, этот участок защищен от волн лучше, чем первые два. Но при западных и северо-западных ветрах (в период осенних штормов) кутовая часть оказывается открытой волнению.

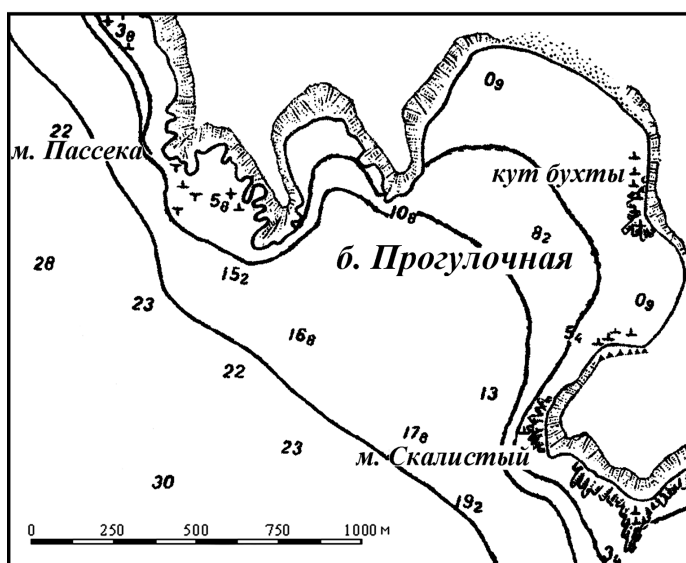


Рис. 1. Схема района исследований
Fig. 1. The scheme of investigation area

Содержимое кишечника морских ежей изучалось под биноклем по методике, аналогичной применяемой при обработке содержимого желудка рыб (Инструкция ..., 1971; Руководство ..., 1986). Для определения видовой принадлежности водорослей делали срезы, которые изучали под микроскопом. Большую помощь при определении фрагментов водорослей оказала сотрудник лаборатории водорослей ТИН-РО-центра И.С.Гусарова.

Всего за период комплексных исследований было изучено содержимое кишечника 420 черных и 420 серых морских ежей.

Для оценки сходства пищевого спектра серого и чёрного морских ежей по формуле были вычислены индексы общности состава содержимого их кишечника (перекрывание экологических ниш) (Pianka, 1974):

$$O = \frac{\sum P_{ij} * P_{ik}}{\sqrt{\sum P_{ij}^2 * \sum P_{ik}^2}},$$

где **O** – величина перекрывания пищевых спектров, **P_{ij}** и **P_{ik}** – доля **i**-того ресурса, используемого видами **j** и **k**.

Полученные в результате исследований материалы обрабатывали на компьютере при помощи программы Microsoft Excel 2000.

Состав пищи морских ежей изучали в период с апреля по ноябрь. В кишечниках обоих видов были обнаружены следующие объекты:

1. Rhodophyta: *Bossiella cretacea* (P. et R.), *Corallina pilulifera* P. et R., *Ptilota filicina* J. Ag., *P. phacelocarpoides* A. Zin., *Neoptylota asplenoides* (Turn.), *Neorhodomela larix* (Turn.), *Polysiphonia morrowii* Harv., *Polysiphonia japonica* Harv., *Ceramium kondoi* Yendo, *Palmaria stenogona* (Perest.), *Tichocarpus crinitus* (Gmel.), корковые известковые водоросли.

2. Phaeophyta: *Laminaria japonica* Aresch., *Desmarestia viridis* (Mull), *Sargassum miyabei* Yendo, *S. pallidum* (Turn.), *Cystoseira crassipes* (Turn.).

3. Chlorophyta: *Ulva fenestrata* P. et R., *Enteromorpha linza* (L.), *Acrosiphonia* sp., *Cladophora* sp., *Ulothrix implexa* Dillw., *Chaetomorpha* sp., *Codium fragile* (Sur.), *Monostroma grevillei* (Thur.).

4. Si phonogama: *Phyllospadix iwatensis* (Makino).

5. Животные – Gastropoda: молодь *Homalopoma sangarens* (Schrenck) (размером до 3 мм).

Соотношение в кишечниках наиболее часто встречаемых пищевых объектов приводится в таблице. Для удобства период исследования разбит на 4 части: весна (апрель, май); лето (июнь, июль, август, начало сентября); осень (конец сентября, октябрь); поздняя осень (ноябрь).

Весной в спектре питания обоих видов доминировала ульва (*Ulva fenestrata*). В летний период в пищевом спектре животных, обитающих на глубинах 3–4 м, преобладала ламинария (*Laminaria japonica*), а на глубине 8–10 м – десмарестия (*Desmarestia viridis*) либо ульва. В кишечниках ежей, собранных на глубине 3–4 м, осенью доля ламинарии несколько уменьшилась. На большой глубине в этот период основу содержимого кишечников составляли переваренные остатки, снесённые с верхних горизонтов, ламинария и филлоспадикс (*Phyllospadix iwatusensis*), а также известковые водоросли. В начале осени из пищевого спектра исчезла десмарестия. Такая картина в основном сходна как для чёрного, так и для серого морского ежа.

Индекс сходства пищевого спектра обоих видов большую часть периода исследований превышал 0,8–0,9 (рис. 2). Наибольшие различия в спектрах питания морских ежей были отмечены у мыса Пассека на глубине 8–10 м (в июне–августе и ноябре), у мыса Скалистого на глубине 3–4 м в ноябре, а также в кутовой части бухты в июле.

Рассмотрим подробнее, за счёт чего возникают различия. У мыса Пассека это связано с тем, что серый еж в июне питался десмарестией, а в июле–августе – десмарестией и ульвой, в то время как чёрный ёж в июне потреблял в основном ульву, а в июле–августе в состав его пищи входили ламинария, десмарестия, саргассовые водоросли и ульва. В ноябре в кишечниках серого ежа было значительно больше ламинарии. Таким образом, серый еж потреблял больше, чем чёрный, ульвы и десмарестии, а в ноябре – ламинарии, питание чёрного ежа было разнообразнее.

Низкий индекс перекрывания спектров питания у мыса Скалистого в ноябре объясняется тем, что в рацион чёрного ёжа кроме ламинарии и филлоспадикса входило небольшое количество полисифонии (*Polysiphonia japonica*), не обнаруженной в кишечниках серого ежа.

В кутовой части бухты в июле кишечники серого ежа содержали в основном ламинарию и в значительно меньшем количестве десмарестию и филлоспадикс. В рационе чёрного ежа в этот период преобладала десмарестия, а также встречались ламинария, ульва, полисифония, филлоспадикс, т.е. его питание было разнообразнее.

Сказанное позволяет сделать вывод, что состав пищи серого и чёрного морских ежей в большой степени совпадает. В тех случаях, когда он различается, шире оказывается спектр питания чёрного ежа.

Сходство пищевых спектров обоих видов вызвано тем, что они в значительной мере определяются составом доступных кормовых объектов. В связи с этим был проведён анализ корреляции состава пищи животных с составом водорослевого покрова (по фитомассам и проективному покрытию дна доминирующими и массовыми видами), для чего также использовался индекс Пианка (рис. 3).

Выявлено, что в конце апреля во всех биотопах и на всех глубинах сходство содержимого кишечников и состава водорослевого покрова низко, индекс Пианка составлял 0,03–0,47 (рис. 3). Низкие значения индекса объясняются тем, что в кишечниках животных в этот период преоблада-

Доли преобладающих объектов в пищевом спектре морских ежей, %
Parts of different objects in the sea urchin's food spectrum, %

Район	Глубина, м	Сезон	Lami- paria	Desma- restia	Саргас- совые	водо- росли	Серый ёж Ulva	Coral- lina, извест- ковые	Phyl- lospira	пере- варен- ные	остатки	дру- гие	объек- ты	Lami- paria	Desma- restia	Саргас- совые	водо- росли	Чёрный ёж Ulva	Coral- lina, извест- ковые	Phyl- lospira	пере- варен- ные	остатки	дру- гие	объек- ты
Мыс Пассека	3-4	Весна	14,9	0,2	2,9	0,2	66,7	—	0,3	13,3	1,7	1,7	1,7	1,7	—	—	0,3	71,3	—	0,3	25,3	1,1	1,1	1,1
		Лето	83,9	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	1,0	13,7	0,7	65,9	0,7	65,9	3,0	0,6	0,6	8,8	0,4	0,5	14,8	6,0	6,0	6,0
		Осень	59,6	—	2,2	9,7	0,8	0,8	0,4	19,6	7,7	52,9	1,0	52,9	1,0	0,7	0,7	6,1	10,5	3,6	23,7	1,5	1,5	1,5
		Позд. осень	27,0	—	2,7	1,0	0,8	0,8	36,9	25,4	6,2	12,8	—	12,8	—	—	—	3,8	8,3	19,3	54,5	1,3	1,3	1,3
8-10	Позд.	Весна	2,1	—	5,4	56,4	—	—	0,8	14,8	20,5	0,7	2,9	0,7	2,9	—	—	37,5	0,7	0,9	50,8	6,5	6,5	6,5
		Лето	0,9	57,7	1,0	25,9	0,1	0,1	0,9	12,3	1,2	10,1	19,9	8,7	19,9	8,7	—	39,4	0,9	1,6	16,8	2,6	2,6	2,6
		Осень	64,7	—	—	1,5	1,5	1,5	1,8	24,2	6,3	42,0	—	42,0	—	—	—	5,7	18,9	7,5	21,9	4,0	4,0	4,0
		осень	57,8	—	0,2	—	—	1,8	8,6	31,3	0,3	6,7	—	6,7	—	—	—	—	33,4	6,5	53,2	0,2	0,2	0,2
Мыс Ска- листый	3-4	Весна	—	0,3	—	38,6	—	—	—	60,4	0,7	1,2	2,6	1,2	2,6	—	—	72,6	—	—	19,5	4,1	4,1	4,1
		Лето	83,7	0,2	—	0,1	0,1	0,1	—	15,6	0,3	83,6	0,4	83,6	0,4	0,1	0,1	0,9	—	—	14,6	0,4	0,4	0,4
		Осень	59,7	—	0,2	—	—	1,6	6,3	32,2	—	58,7	—	58,7	—	0,2	0,2	0	1,0	3,1	31,6	5,4	5,4	5,4
		Позд. осень	7,0	—	—	0,6	3,0	3,0	2,2	87,2	—	6,2	—	6,2	—	—	—	1,2	1,9	8,1	68,6	14,0	14,0	14,0
8-10	Позд.	Весна	—	0,2	—	2,8	—	—	—	96,8	0,2	—	0,6	—	0,6	—	—	77,6	—	—	21,6	0,2	0,2	0,2
		Лето	0,7	79,3	—	2,7	—	—	—	17,1	0,2	—	73,7	—	73,7	—	—	8,3	1,0	0,1	16,7	0,2	0,2	0,2
		Осень	—	—	—	0,1	1,4	1,4	2,1	91,5	4,9	—	—	—	—	—	—	0,3	62,4	5,3	30,0	2,0	2,0	2,0
		осень	31,8	—	—	0,6	8,2	8,2	5,9	53,0	0,5	11,6	—	11,6	—	0,1	0,1	0	5,1	2,8	77,3	3,1	3,1	3,1
Кутовая часть бухты	Позд.	Весна	18,0	0,3	—	37,3	—	—	—	28,8	15,6	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	—	72,3	0,1	0,4	23,3	2,6	2,6	2,6
		Лето	29,8	8,7	0,1	14,5	0,4	0,4	7,2	25,9	13,4	20,1	18,3	20,1	18,3	1,7	1,7	29,9	0,7	5,3	11,4	12,6	12,6	12,6
		Осень	34,4	—	—	5,2	—	—	30,4	15,1	14,9	45,9	—	45,9	—	—	—	28,1	1,9	8,0	11,9	4,2	4,2	4,2
		осень	1,6	—	—	0,3	5,0	5,0	52,4	39,1	1,6	2,1	0,3	2,1	0,3	—	—	0,3	4,3	48,4	44,5	0,1	0,1	0,1

ла ульва, доля которой в составе водорослевого покрова как по ПП, так и по фитомассе была невелика.

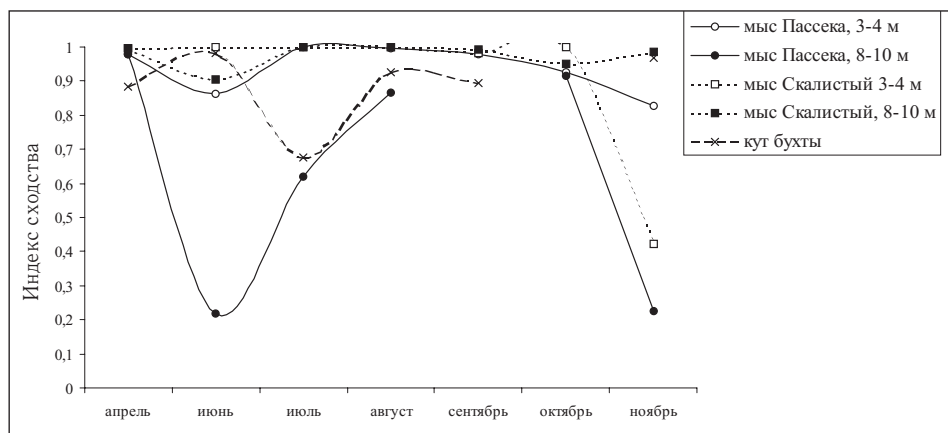


Рис. 2. Сходство пищевого спектра черного и серого морских ежей (индекс Пианка)

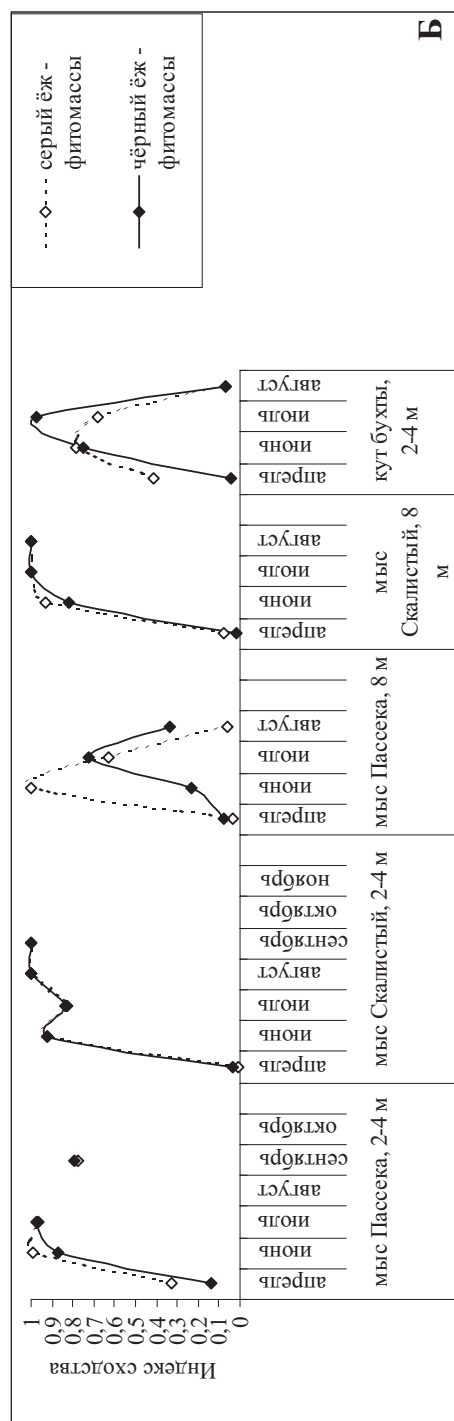
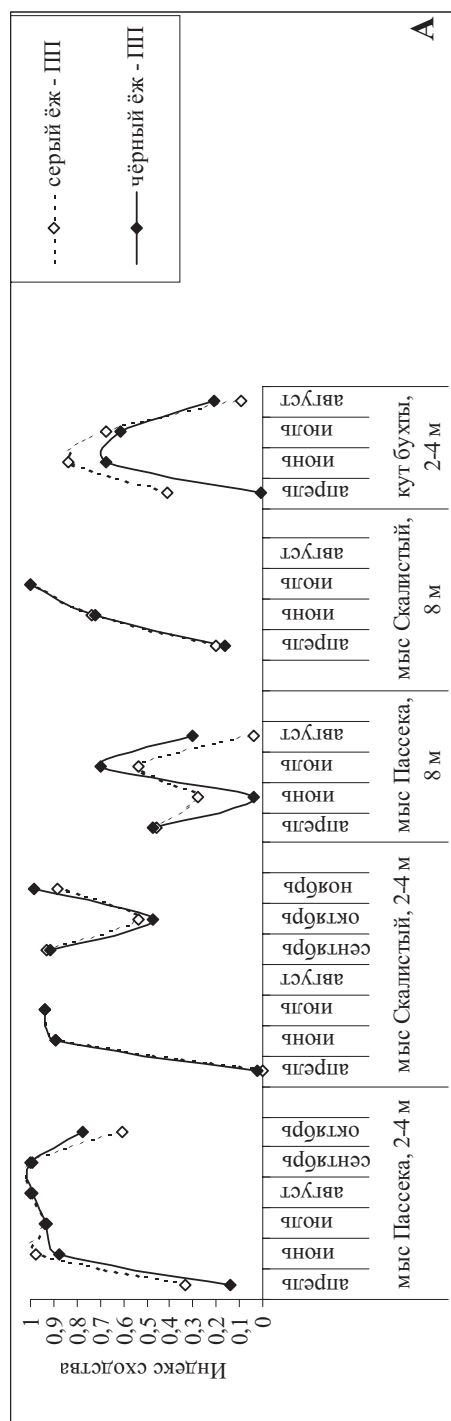
Fig. 2. A similarity of a food spectrum of black and gray sea urchins (Pianka index)

В период с июня по сентябрь на малой глубине морские ежи, активно питаясь, потребляли водоросли в количествах, пропорциональных их долям в растительном покрове. В октябре индекс общности уменьшился за счёт того, что ежи активно питались разрушающейся и опавшей на дно ламинарией, которая в составе водорослевого покрова не учитывалась. В ноябре вследствие обеднения видового состава и снижения фитомассы растительности избирательность питания животных снизилась, индекс общности возрос. В кутовой части бухты динамика индекса общности в июне–июле была схожа с таковой на мысах на глубинах 2–4 м, но величины индекса были ниже (0,61–0,97). В августе индекс общности уменьшился (0,067–0,208), в кишечниках ежей обоих видов в это время преобладали полисифония и ульва, а в составе водорослевого покрова – ламинария и филлоспадикус, ульвы и полисифонии было относительно немного и только на глубине около 4 м.

На глубинах 8–10 м у мыса Скалистого динамика индекса общности была сходной: в апреле его низкие значения объясняются высокой долей в рационах ульвы, в июне–августе – переходом на питание доминировавшей на этих глубинах десмарестией. В осенние месяцы из-за очень малого количества водорослей индекс общности не определялся.

Таким образом, весной морские ежи потребляли преимущественно ульву, летом они не проявляли предпочтительности каких-либо видов, количество водорослей разных видов в кишечниках коррелировало с их долей в составе водорослевого покрова. В начале осени морские ежи поедали преимущественно опавшие на дно, разрушающиеся водоросли, доля которых в биотопах в этот период уменьшается, что вызывает значительное понижение индекса общности. В конце осени, после истощения запасов растительных остатков, животные переходят на потребление растущих водорослей, что вновь увеличивает индекс сходства.

Согласно теории “оптимального питания”, избирательность животных оказывается выше в том случае, когда более ценная пища имеется в достаточном количестве (Perry, 1987). Безвыборочно животные питаются либо в тех случаях, когда соотношения пищевых объектов в биотопе



совпадают с их степенью предпочтения, либо при недостатке пищи. Учитывая это, можно сказать, что весной потребности морских ежей удовлетворяются потреблением ульвы. В летние месяцы потребности возрастают, что снижает избирательность питания. В начале осени ежи переходят на питание легкодоступным растительным опадом, что также согласуется с теорией оптимального питания (Vadas, 1977), а после исчерпания этого ресурса испытывают недостаток корма и потребляют любые пищевые объекты, в том числе известковые водоросли, доля которых в кишечниках в этот период возрастает.

Исследования, проведённые на модельных участках в бухте Прогрессной, показали, что два вида-фитофага одного трофического уровня и с одинаковым типом питания – чёрный и серый морские ежи – имеют сходный состав кормовых объектов. Избирательность в питании проявляется преимущественно весной. При наличии разнообразной пищи шире оказывается спектр питания чёрного ежа.

Полученные данные нельзя однозначно трактовать как свидетельство высокой напряжённости пищевой конкуренции этих видов. Как справедливо замечает В.И.Ивлев (1977), не следует понимать такое перекрывание экологических ниш или “объём конкуренции” как меру процесса конкуренции, поскольку такое сходство является не следствием напряжённости процесса конкуренции, а лишь его предпосылкой. Однако сосуществование чёрного и серого морских ежей возможно лишь в рамках устойчивой экологической системы. Под влиянием внешних воздействий равновесие может сместиться в сторону любого из этих видов, что следует учитывать при проведении промысла морских ежей на акваториях южного Приморья.

Литература

- Ивлев В.С.** Экспериментальная экология питания рыб. – Киев: Наук. думка, 1977. – 272 с.
- Инструкция по сбору и обработке материала для исследования питания рыб в естественных условиях. Ч. 1.** – М.: ВНИРО, 1971. – 68 с.
- Касьянов В.Л., Медведев Л.А., Яковлев С.Н., Яковлев Ю.М.** Размножение иглокожих и двусторчатых моллюсков. – М.: Наука, 1980. – 205 с.
- Крупнова Т.Н., Павлючков В.А.** Питание серого морского ежа (*Strongylocentrotus intermedius*) в северо-западной части Японского моря // Изв. ТИНРО. – 2000. – Т. 127. – С. 372–381.
- Руководство по изучению питания рыб** / Сост. А.Ф.Волков, В.И.Чучукало. – Владивосток: ТИНРО, 1986. – 31 с.
- Холодов В.И.** Трансформация органического вещества морскими ежами (Regularia). – Киев: Наук. думка, 1981. – 159 с.
- Perry D.M.** Optimal diet theory: behavior of a starved predatory snail // Oecologia. – 1987. – Vol. 72, № 3. – P. 360–365.
- Pianka E.R.** Niche overlap and diffuse competition // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 1974. – Vol. 71, № 5. – P. 2141–2145.
- Vadas R.L.** Preferential feeding: an optimization strategy in sea urchins // Ecol. Monogr. – 1977. – Vol. 47, № 4. – P. 337–371.

Поступила в редакцию 6.08.02 г.