

Т.Н.Крупнова, В.А.Павлючков

**ПИТАНИЕ СЕРОГО МОРСКОГО ЕЖА
(STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS)
В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ**

Знание состояния кормовой базы и особенностей питания морских ежей необходимо для суждений о закономерностях их роста и продуцирования половых продуктов. В свою очередь степень развитости половых продуктов характеризует уровень воспроизводительной способности популяции, а также сказывается на эффективности промысла, поскольку товарные качества морских ежей зависят от состояния их гонад (икры).

По многочисленным литературным данным известно, что морские ежи питаются бурыми, зелеными и красными корковыми водорослями, а также детритом (Fuji, Kawamura, 1970; Nabata, Sakai, 1996). Однако они могут поедать также и мелких мидий, улиток, морских звезд и погибшую рыбу. Ламинария считается наиболее важной пищей для морских ежей, так как способствует продуцированию качественной икры с хорошими количественными показателями. Так, при питании корковыми водорослями, в частности литофиллумом (*Lithophyllum yessoensis*), масса гонад ежей в течение всего года очень низка, но если их в возрасте трех лет и старше перенести на ламинариевые поля, необходимо всего 3–4 мес, чтобы гонадный индекс повысился до 15–20 % (Agatsuma et al., 1996; Agatsuma, Kawai, 1997). Питание ежей на ламинариевых плантациях даже при низких рационах увеличивает их соматический и гонадный рост, повышает репродуктивный эффект и плодовитость (Minor, Scheibing, 1997).

Вкусовые качества гонад ежей определяют свободные аминокислоты, причем глицин и аланин дают сладкий вкус, а валин – горький. При кормлении морских ежей рыбой гонады хорошо развиваются, но имеют горький вкус, что обусловлено значительным преобладанием в их составе валина. При кормлении ежей ламинарией относительное значение глицина и глютамина относительно содержания валина в гонадах всегда выше и вкус таких гонад сладкий. Цвет икры при кормлении ежей ламинарией ярко-желтый или лимонный, что является одним из главных визуальных показателей ее хороших товарных качеств (Hoshikawa et al., 1998). Все это заставляет японцев, основных потребителей икры морских ежей, создавать специальные плантации с ламинарией, доступные для ежей, или заниматься их пересадкой на более богатые кормовые поля.

В Приморье изучением питания морских ежей в природных условиях пока специально не занимались. Между тем этот вопрос в условиях современного интенсивного промысла ежей и снижения запасов ла-

минарии (Крупнова, 1996) является актуальным. В последние годы нами была предпринята попытка получить первые материалы по питанию серого морского ежа (*Strongylocentrotus intermedius*), обитающего в водах Приморья в свете оценки их кормовой базы и разработки мер по ее улучшению.

По результатам рейсов, проведенных РС «Убежденный» весной (с 20 апреля по 25 мая) и РС «Потанино» осенью (с 30 сентября по 30 ноября) 1998 г., а также полевых работ с 1993 по 1998 г. получены материалы, позволяющие судить о спектрах питания морских ежей у берегов Приморья. Для этого ежи вскрывались, изымались пищеварительные тракты, их содержимое идентифицировалось и определялась доля каждого компонента пищи в процентах от общей массы. Составлялись коллекции пищевых компонентов при их заливке 70 %-ным этиловым спиртом. Одновременно определялся гонадо-соматический индекс (ГСИ) по формуле, выражающей отношение массы гонад к общей массе ежа в процентах. Индекс наполнения пищеварительных трактов (ИН) вычислялся из отношения массы пищевого комка к общей массе ежа в проделах (Боруцкий, 1974). За время весеннего рейса вскрыто около 3 тыс., осеннего – около 10 тыс. половозрелых ежей. Список пищевых компонентов весной включает ламинарию, костарию, ульву, боссиеллу, корковые водоросли, филлоспадикс и детрит. Осенью ульва и костария в питании отсутствуют, но появляются монострома и десморестия (см. таблицу).

Список кормовых объектов серого морского ежа
в водах Приморья
The list of feeding objects of sea urchin in area of Primorye coast
were composed

Весна	Осень
Ламинария второгодняя	Ламинария второгодняя
Ламинария первогодняя	Ламинария первогодняя
Проростки ламинарии (1–3 см)	Выбросы ламинарии
Выбросы ламинарии	Филлоспадикс
Костария	Корковые водоросли
Ульва	Боссиелла
Боссиелла	Детрит
Корковые водоросли	Десморестия
Детрит	Монострома
Филлоспадикс (единично)	

Кроме растительной пищи у некоторых особей в пищеварительных трактах были найдены мелкие представители брюхоногих моллюсков, высотой около 3–4 мм (у 5 экз.), кусочки погибших рыб, медуз, осьминогов, асцидий и других животных (у 180 экз.).

Исходя из списка кормовых объектов можно заключить, что пищевая пластичность ежей довольно значительна, они едят водоросли, высшие растения, детрит и животных. Осенний список водорослей, поедаемых ежами, исключает костарию и ульву не потому, что ежи их избегают, а потому, что эти водоросли вследствие окончания жизненного цикла к концу лета разрушаются. Весною же доля костарии, ульвы и ламинарии в желудках ежей настолько велика, что их можно считать основной пищей. В это время детрит в пище встречается в незначительных количествах, а филлоспадикс единично (рис. 1). Осенью доля детрита, фил-

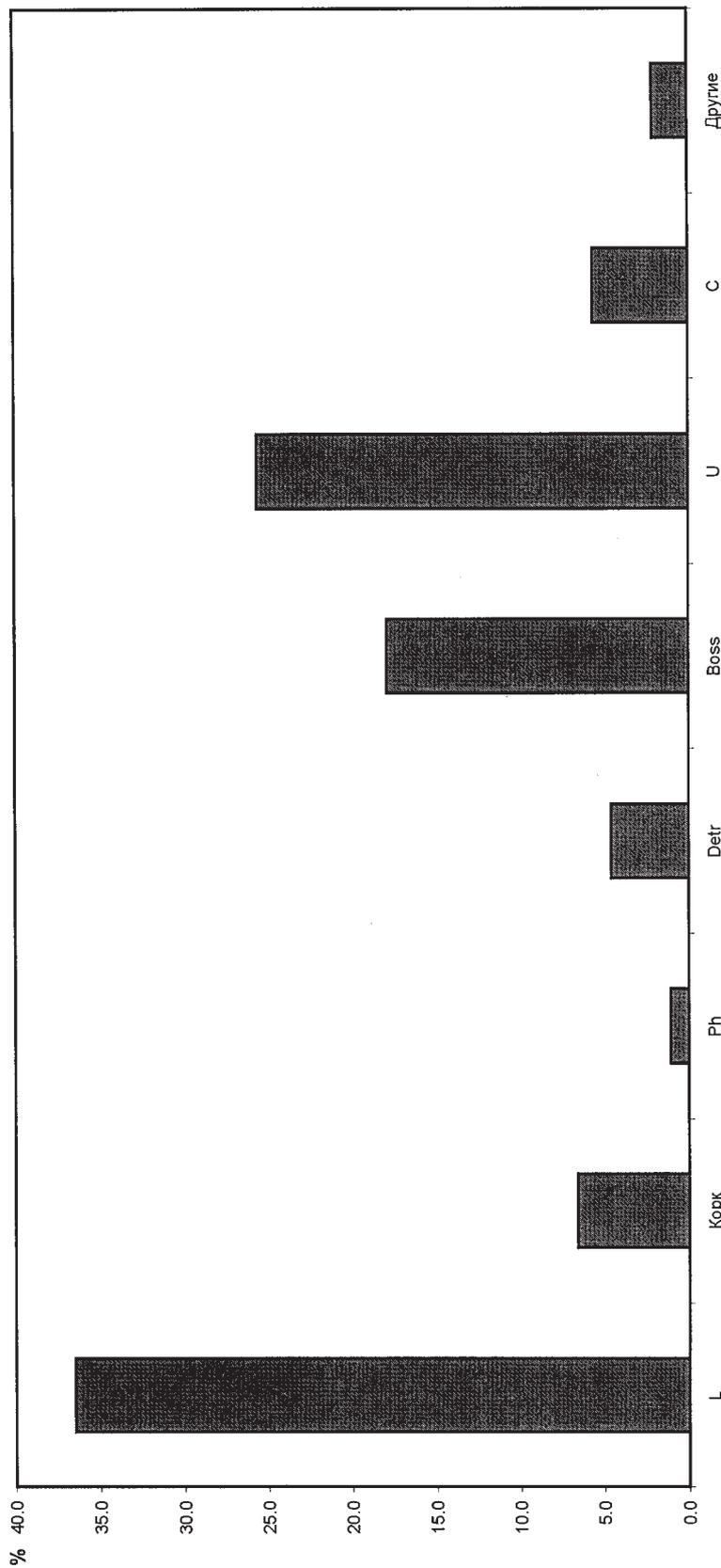


Рис. 1. Соотношение пищевых компонентов в пищеварительных трактах серых морских ежей весной 1998 г.: L – ламинария, Корк – корковые, Ph – филлоспидикс, Detr – детрит, Boss – боссиелла, U – ульва, C – костария

Fig. 1. The percentage of occurrence of feeding components in digestive tracts of urchins in spring of 1998: L – Laminaria, Корк – Lithothamnium, Ph – Phyllospadix, Detr – detrit, Boss – Bossiella, U – Ulva, C – Costaria

лоспадикса и корковых водорослей в питании ежей значительно возрастает (рис. 2), что объясняется исчезновением не только ульвы и костарии, но и уменьшением зарослей ламинарии из-за осеннего разрушения слоевищ (что и приводит к уменьшению доли ламинарии в пищеварительных трактах ежей).

Ламинария поедается ежами на всех стадиях ее развития – от проростков до взрослых растений, в том числе и в виде выбросов. Выбросы ламинарии, попав сначала на берег, соприкасаются с пресной водой в виде дождя, туманов или оmyваются ею в устьях ручьев и рек, а также подвергаются действию солнечного света, в результате чего приобретают характерный ярко-зеленый цвет. Вторично они смываются волнами и скапливаются на морском дне на границе твердых субстратов с песком на глубине обычно 9–20 м, где их активно и поедают ежи. В желудках ежей кусочки такой ламинарии цвет не меняют и остаются ярко-зелеными.

Наибольшие размеры фрагментов второгодней ламинарии в желудках ежей достигают 5x5 мм. Молодые проростки ламинарии длиной до 3 мм попадают в пищеварительных трактах в развернутом виде, проростки больших размеров ежи заглатывают свернутыми, но если их развернуть, то самые длинные имели длину 28 мм (рис. 3).

Корковые водоросли в пищеварительных трактах были представлены литотамниумом (*Lithothamnium*) и литофиллумом (*Lithophyllum*) в виде кусочков с размерами от десятых долей миллиметров до 3–8 мм. В связи с трудностью определения этих водорослей до вида в списке спектров питания приводится их название как корковые.

Боссиелла встречалась в виде одного-трех члеников общей длиной до 18 мм. Максимальная длина проглоченных фрагментов листьев филлоспадикса составляла 25 мм. Детрит был представлен частицами разрушившихся остатков растений, в основном листьев филлоспадикса, а также однородной массой светлого или темного цвета. Десмарестию обычно находили в пищеварительных трактах ежей, взятых с морского дна на границе твердых грунтов и песка, где выбросы десмарестии собирались в кучи. Максимальная длина проглоченных кусочков достигала 8 мм.

Все полученные данные по пищевым компонентам, обнаруженным в пищеварительных трактах весной, ранжировались по частоте встречаемости и были выделены в четыре сочетания:

1 – *Boss+det*; *Boss+Корк*, *Boss+Ph*; *Det+Корк*;

2 – *Boss+U*; *Boss+U+C*; *U*; *C*;

3 – *L'*; *L»*; *L + C*; *L+C+Boss*; *L+C+U*;

4 – *Lj*; *Lj+L'*; *L'+L»+Lj*; *Lj+Boss+U+C+Корк*,

где *Boss* – боссиелла; *Det* – детрит; *Корк* – корковые; *Ph* – филлоспадикс; *U* – ульва; *C* – костария; *L'* – первогодняя ламинария; *L»* – второгодняя ламинария; *L* – первогодняя, второгодняя, выбросы ламинарии; *Lj* – молодые проростки ламинарии длиной от 1 до 28 мм.

При построении графика зависимости ГСИ от выделенных сочетаний пищевых компонентов было получено, что ГСИ выше 15 % наблюдался у тех ежей, в пищеварительных трактах которых находились проростки ламинарии в сочетании с любыми другими компонентами, т.е. при варианте рациона 4 наблюдалось наибольшее развитие гонад. Наиболее низкому ГСИ соответствовала 1-я группа пищевых компонентов, содержащая детрит, корковые водоросли, боссиеллу и филлоспадикс (коэффициент корреляции равен 0,65) (рис. 4).

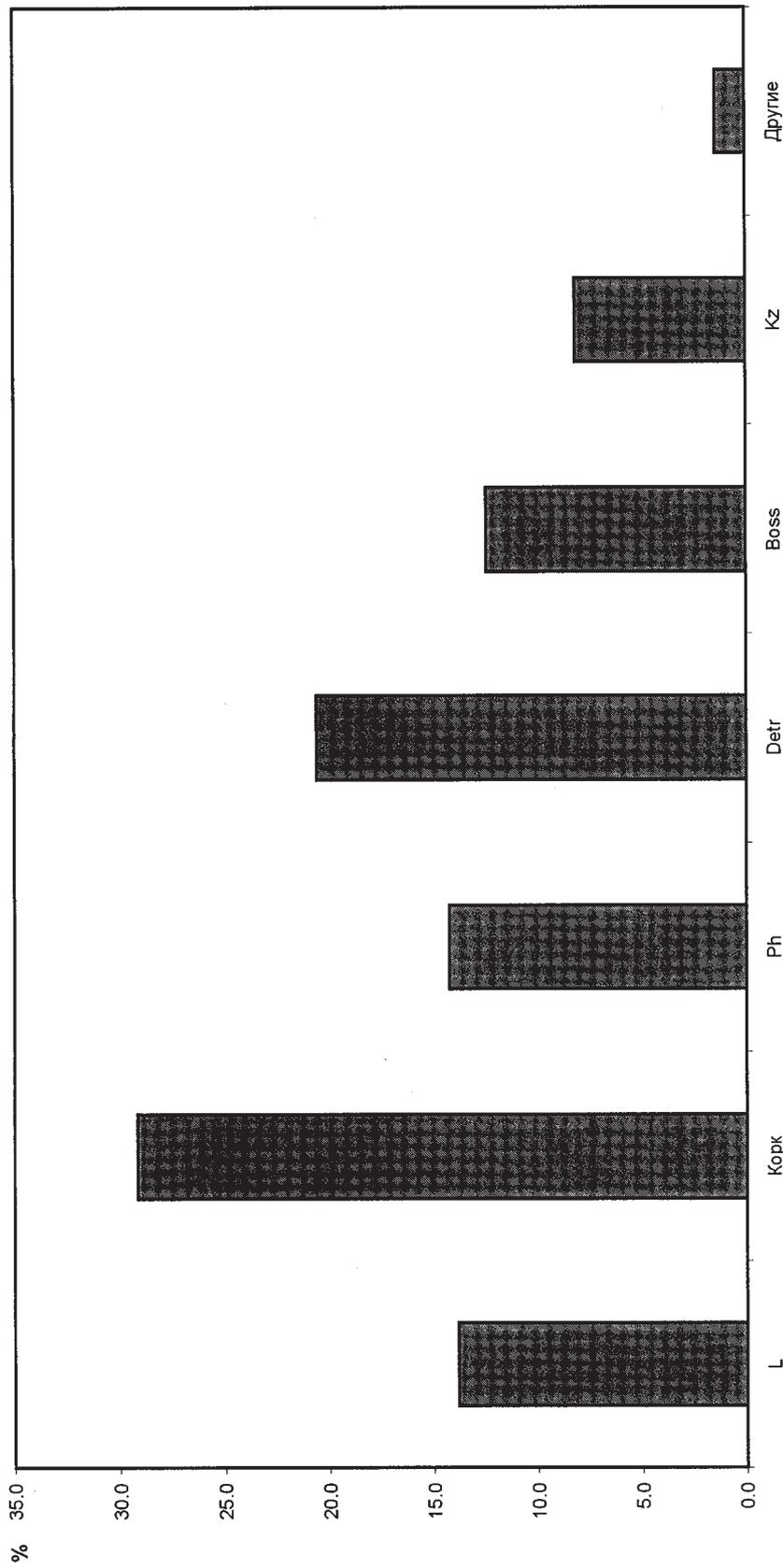


Рис. 2. Соотношение пищевых компонентов в пищеварительных трактах серых морских ежей осенью 1998 г. Обозначения как на рис. 1, Kz – десмарестия

Fig. 2. The percentage of occurrence of feeding components in digestive tracts of urchins in autumn of 1998. Conventional signs as in fig. 1, Kz – Desmarestia

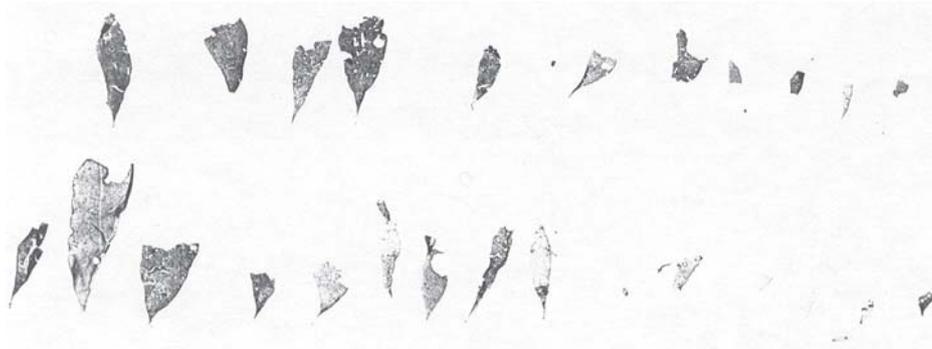


Рис. 3. Проростки ламинарии, извлеченные из пищеварительных трактов морских ежей

Fig. 3. The sporeling of Laminaria put out of digestive tracts of sea urchins

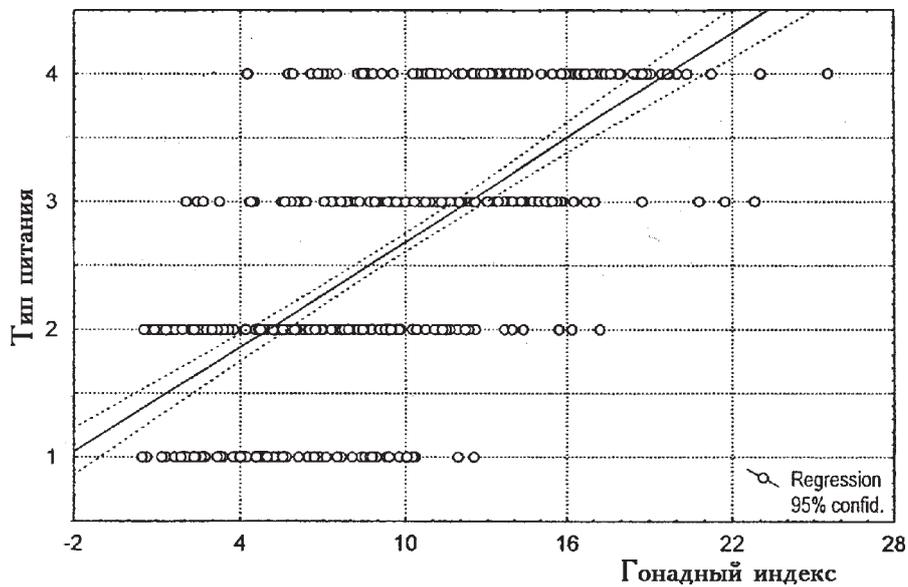


Рис. 4. Зависимость гонадного индекса от типов питания серых ежей

Fig. 4. Relation between gonad index and type of nutrition of sea urchin

Таким образом, наряду со взрослой ламинарией важной пищей для морских ежей являются и ее проростки. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке биотехнологии создания пастбищ для морских ежей с тем, чтобы к периоду их активного питания в достаточном количестве иметь молодые проростки ламинарии.

В связи с этим представляет интерес оценка прибрежных вод Приморья для выявления неблагоприятных для обитания ежей зон с точки зрения состояния их кормовой базы и определения районов, где необходимо проведение работ по восстановлению полей ламинарии. Для этого по материалам, полученным осенью, сделана бонитировочная оценка побережья Приморья в баллах от 0 до III (рис. 5) на основе одновременного определения ГСИ, индекса наполнения пищеварительных трактов и состава потребляемой пищи.

Район от мыса Золотого до р.Венюковка оценивается нулевым баллом и характеризуется практически полным отсутствием пищи для ежей на значительной части дна. Ранее до 90-х гг. здесь на обширных площа-

дах произрастала глубинная ламинария (Паймеева, Гусарова, 1993), поля которой первоначально были разрушены чрезмерным промыслом, а затем были уничтожены перетирированием грунта, представленного здесь галькой, за счет подвижки ее течениями. Морские ежи, запасы которых в этом районе составляли 6,5 тыс.т, после исчезновения ламинарии питались продуктами ее деструкции, весенними генерациями ульвы. Весной 1998 г. взрослые ежи еще имелись на этом участке, но в их пищеварительных трактах не было обнаружено какой-либо пищи, они были совершенно пустые. Гонады были неразвиты и имели вид тонкой пленки. Осенью этого же года взрослых ежей здесь не было, вероятно, они погибли из-за отсутствия пищи. Заборы грунта показали, что на глубине 10–12 м галька чистая, не имеет отложений детрита или корковых обрастаний. Видимо, течение на этих глубинах не дает возможности поселиться корковым водорослям и смыкает детрит. На глубине от 12–14 м появляются литотамниум, клатроморфум и другие корковые водоросли и покрывают субстрат на 5–10 %, увеличивая свою площадь до 50–70 % на глубине 20–22 м. Каких-либо других водорослей или единичных растений глубинной ламинарии обнаружено не было. Однако среди гальки найдена молодь ежей, которая распределялась по дну всего массива с плотностью от 5 до 30 экз./м².

Для того чтобы молодь смогла выжить до взрослого состояния, в данном районе необходимо провести срочные работы по воссозданию ламинариевых полей, пока субстрат полностью не заселился корковыми водорослями и не произошла окончательная смена биоценозов. Считается, что на субстрате, занятом корковыми водорослями, ламинария воспроизводится не может, так как отмирающие верхние слои этих водорослей вместе с осевшими зооспорами ламинарии отрываются от субстрата и смываются (Masaki et al., 1981).

К районам с плохими кормовыми условиями также следует отнести участки побережья от мыса Максимова до мыса Амгу и от пос. Великая Кема до пос. Пластун, также оцененные по бонитировочной шкале нулевым баллом. Здесь гонадный индекс не превышает 2 %, в желудках ежей преобладает филлоспадикс (от 20 до 70 %), детрит (от 40 до 70 %), боссиелла (от 5 до 10 %) или корни зостеры (5 %).

К наиболее благополучным отнесены районы побережья от мыса Туманного до мыса Золотого (III балла), где гонадный индекс у основной массы ежей составлял 6 %, а в пищеварительных трактах находилась ламинария. К относительно благоприятным отнесены районы от пос. Пластун до мыса Четырех Скал (II–III балла) и от мыса Четырех Скал до мыса Поворотного (I–III балла). ГСИ ежей в этих районах в среднем составлял около 5–6 %, максимальные значения доходили до 10 %, что для осеннего времени является хорошим показателем. В пищеварительных трактах ежей здесь в преобладающих количествах встречалась ламинария. Однако на этих участках имеется достаточно площадей с пустующими каменистыми субстратами, где ранее произрастала ламинария и где необходимо провести ее рекультивацию.

Индексы наполнения пищеварительных трактов, в целом отражающие накормленность ежей, во всех районах изменялись от 300 до 900 ‰ и не были связаны с величиной ГСИ (корреляция отсутствует). Однако получена достоверная связь между значением ГСИ и составом пищи. Чем больше показатель содержания ламинарии в пищеварительных трактах, тем выше значение ГСИ (коэффициент корреляции 0,8) (рис. 6).

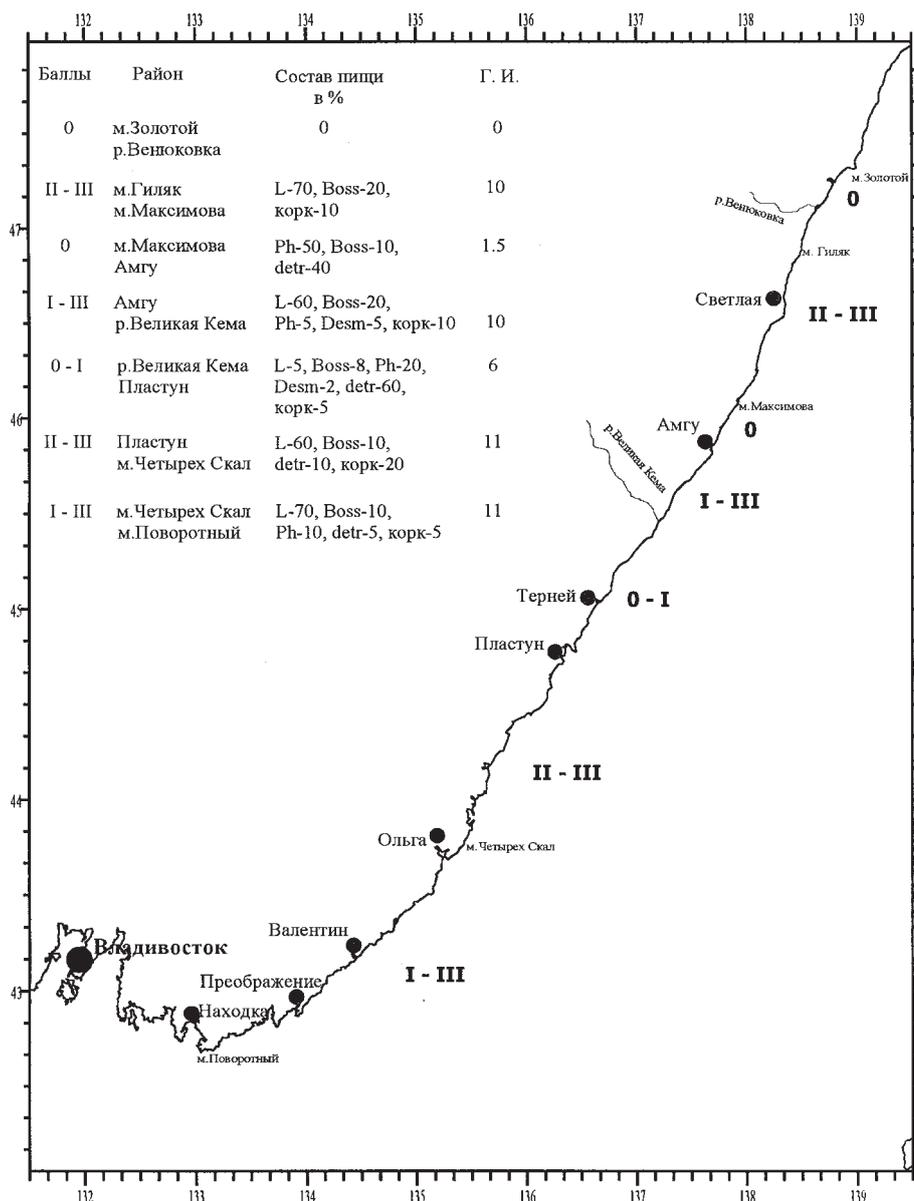


Рис. 5. Характеристика зон обитания серого морского ежа в зависимости от состояния кормовой базы весной 1998 г. Обозначения как на рис. 1, *Desm* – десмарестия, *Г.И.* – гонадный индекс

Fig. 5. The character of zones of habitat of urchins depending on the feeding condition in spring of 1998. Conventional signs as in fig. 1, *Desm* – Desmarestia, *Г.И.* – gonadny index

К трофическим особенностям серых ежей можно отнести и то, что их пищеварительные тракты постоянно наполнены пищей независимо от ее качества. Животные с пустыми желудками практически не встречаются. Также было отмечено, что активно питаются особи всех возрастных групп. У старых особей с диаметром панциря более 80 мм, имеющих характерную «угольную» форму, индексы наполнения пищеварительных трактов обычно составляли 800–900 ‰, т.е. были максимально заполнены пищей. Как правило, гонады старых ежей практически не продуцируют половых клеток, а эти ежи относятся к непродуктивной

части популяции. Однако их высокую пищевую активность необходимо брать в расчет при создании полей ламинарии для питания ежей.

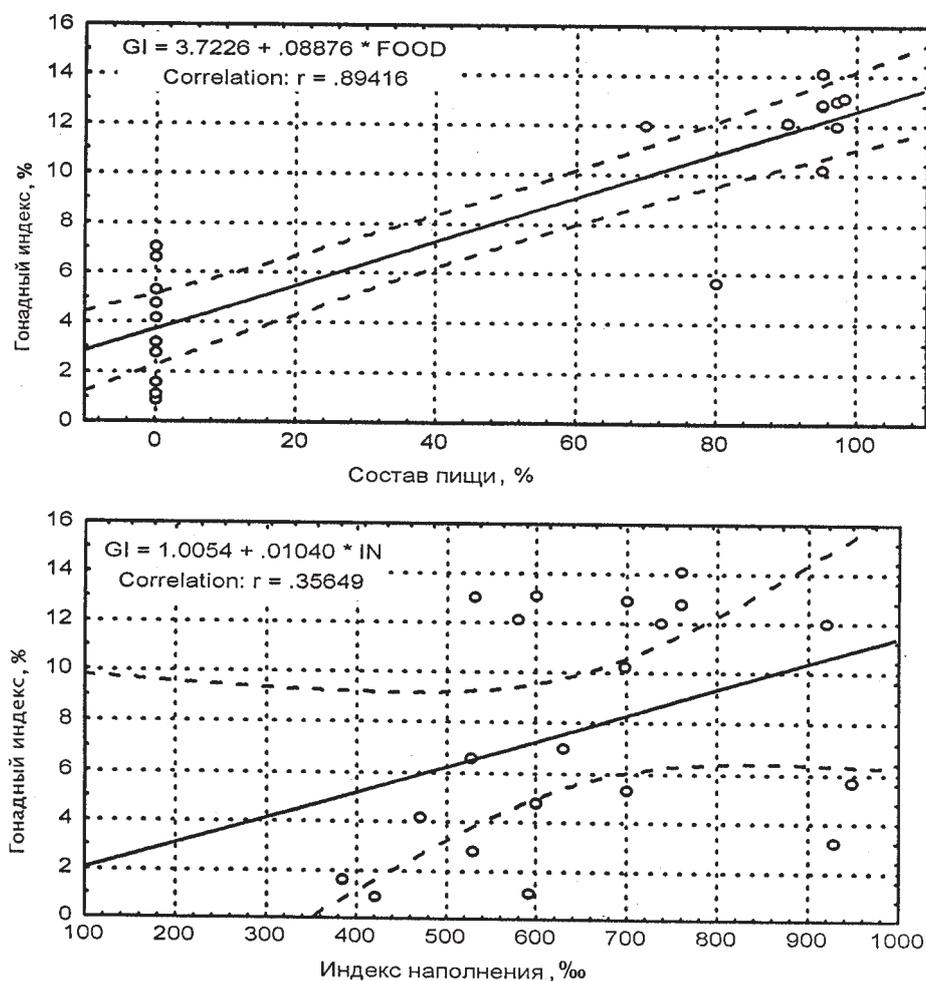


Рис. 6. График зависимости гонадного индекса от состава съеденной пищи с преобладанием ламинарии и от индекса наполнения пищеварительного тракта
 Fig. 6. Graphical relation between gonad index, composition of used food with the prevalence of Laminaria and index of fullness of digestive tracts

Без знания суточных пищевых рационов (СПР) морских ежей невозможно дать оценку достаточности кормовой базы и рассчитать площадные значения рекультивируемых полей ламинарии для питания ежей на конкретном участке. С этой целью была выполнена суточная станция для определения скорости переваривания пищи ежами и выяснения кратности потребления корма. 13 ноября 1998 г. у мыса Мраморного на ламинариевом поле с 10 %-ным проективным покрытием субстрата через каждые 4 ч, начиная с 12 ч в течение суток отбирались пробы по 10 экз. половозрелых ежей диаметром 50–70 мм. Ежи взвешивались, после вскрытия взвешивались гонады, пищевой комок и определялся процентный состав пищи с выделением доли свежей заглоченной пищи. Вычислялись ГСИ и индекс наполнения пищеварительных трактов.

В результате наблюдения отмечено, что интервалы в приеме пищи ежами неравномерны, а новый прием пищи наступает раньше, чем пере-

варилась ее предыдущая порция. Однако некоторая ритмика в течение суток все же прослеживается: минимальное наполнение пищеварительных трактов и минимальное отношение их массы к общей массе ежей наблюдалось между 16 и 19 ч, максимальное – между 8 и 12 ч. Обращает на себя внимание и тот факт, что ежи активно питаются в ночное время. СПР рассчитывался по методу А.В.Коган (1963) и составил 2 % массы тела ежей, что превышает аналогичную величину у таких рыб, как макрурусы (Чучукало, 1996), и у камчатского краба (Надточий и др., 1998), равную 0,8 %. При таком питании об образовании фекальных пеллет не может быть и речи. Вероятно, пища переваривается в незначительных количествах и выделяется из ежей в полупереваренном виде.

Полученные цифры в первом приближении позволяют оценить суточные рационы морских ежей в природных условиях. Для получения более точных данных необходим сбор материалов на многосуточных станциях и проведение их в разные сезоны.

Большую помощь в работе оказал к.б.н. В.И.Чучукало, зав. лаб. планктона ТИНРО-центра, за что авторы выражают ему чрезвычайную признательность.

ЛИТЕРАТУРА

Боруцкий Е.В. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. – М.: Наука, 1974. – 254 с.

Коган А.В. О суточном рационе и режиме питания леща *Abramis brama* (L.) Цимлянского водохранилища // *Вопр. ихтиол.* – 1963. – Т. 3, вып. 2. – С. 319–325.

Надточий В.В., Чучукало В.И., Кобликов В.Н. Характеристика питания камчатского (*Paralithodes camtsyctica*) и равношипного (*Lithodes algispina*) крабов на юге западнокамчатского шельфа в летний период // *Изв. ТИНРО.* – 1998. – Т. 124. – С. 113–117.

Паймеева Л.Г., Гусарова И.С. Состояние зарослей *Laminaria japonica* Aresch. f. *Longipes* (Miabe et Tokida) Ju. Petr. в северном Приморье // *Комаровские чтения.* – Вып. 38. – Владивосток: Дальнаука, 1993. – С. 20–36.

Чучукало В.И. К методике расчетов суточных пищевых рационов рыб // *Изв. ТИНРО.* – 1996. – Т. 119. – С. 289–305.

Agatsuma Y., Matsuyama K., Nakata A. Seasonal changes in Feeding Activity of the Sea Urchin *Strongylocentrotus nudus* in Ochoro Bay // *South-Western Hokkaido, Nippon jursan takkaishi.* – 1996. – Vol. 62 (4). – P. 592–597.

Agatsuma Y. and Kawai T. Seasonal Migration on the Sea Uchin *Strongylocentrotus nudus* in Ochoro Bay // *South-Western Hokkaido, Nippon jursan takkaishi.* – 1997. – Vol. 63 (4). – P. 557–562.

Fuji A. and Kawamura K. Studies on the Biology of the Sea Urchin – VII. Bioeconomics of the population of *Strongylocentrotus intermedius* on a Rocky shore of Southern Hokkaido // *Bull. of the Jap. Soc. of Sci. Fish.* – 1970. – Vol. 36, № 8. – P. 763–775.

Hoshikawa H., Takahashi K., Sugimoto T. The effects of fish meal tecting on the gonad quality of cultivated sea urchin *Strongylocentrotus nudus* (A. Agassiz.) // *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.* – 1998. – Vol. 52. – P. 17–24.

Krupnova T. Some Reasons for Resource Reduation of *Laminaria japonica* (Primorye Region) // *PICES Scientific Report.* – 1996. – № 6. – P. 341–344.

Masaki T., Fujita D., Akioka H. Observation on Spore Germination of *Laminaria japonica* on *Lithophyllum yessoense* (Rhodophyta, Corallinaceae) in culture // *Bull. Fac. Fish. Hokk. Univ.* – 1981. – Vol. 32, № 4. – P. 349–356.

Minor M.A., Scheibling R.E. Effects of food ration and feeding regime on growth and reproduction of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* // *Marine Biology.* – 1997. – Vol. 129. – P. 139–167.

Nabata S. and Sakai P. Animal net production of the second year frond of *Laminaria diabolica* // *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.* – 1996. – Vol. 49. – P. 1–5.