

**ХАРАКТЕРИСТИКА ОСЕННИХ ВЫБОРОК КРАБОВ
ERIOCHEIR JAPONICA DE HAAN ИЗ ЭСТУАРНОЙ ЗОНЫ
РЕКИ РАЗДОЛЬНОЙ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)**

М.В. Астахов

*Биолого-почвенный институт ДВО РАН, пр. 100-летия Владивостока, 159,
Владивосток, 690022, Россия. E-mail: mvastakhov@mail.ru*

Показано, что во время зимовальной миграции *E. japonica* в р. Раздольная (Приморский край, РФ) первыми вверх по течению проходят наиболее крупные особи, преимущественно самцы. Последними к местам зимовки продвигаются мелкоразмерные самки. По сравнению с самцами, доля травмированных особей среди самок в целом значимо ниже ($Z = 2,62$; $P = 0,009$). Более высокий уровень травматизма среди самцов обусловлен их большей локомоторной активностью и агрессивностью. Ожидаемых различий в наличии-отсутствии эпибионтов на покровах травмированных и не травмированных крабов не выявлено. Подтверждено, что темпы прироста массы у самцов значимо выше (ANCOVA $F_{1,542} = 18,6$; $P < 0,001$). Предлагается целенаправленно использовать бентосоядных рыб в качестве коллекторов мелкоразмерных *E. japonica* (и других донных беспозвоночных), которые не достаточно полно учитываются стандартными методами отбора материала.

**CHARACTERISTIC OF *ERIOCHEIR JAPONICA* DE HAAN
AUTUMNAL SAMPLES FROM THE RAZDOLNAYA RIVER
ESTUARINE ZONE (PRIMORYE TERRITORY)**

M.V. Astakhov

*Institute of Biology and Soil Science FEB RAS, 159 100-letiya Vladivostoka Avenue,
Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: mvastakhov@mail.ru*

Basing on the results of the research in the Razdolnaya River (Primorye Territory, Russian Federation) an assumption about a wintering migration peculiarity of Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* is made. The first to travel upstream the river are the largest crabs, males predominantly. The late ones to move to the wintering sites are small females. It was determined that the proportion of traumatized individuals among females is on the whole significantly lower ($Z = 2,62$, $P = 0,009$) than in male crabs. The higher level of traumatism among males is likely to result from their higher locomotor activity and aggressiveness. No differences in presence-absence of epibionts on *E. japonica* were found between the sexes or between traumatized and non-traumatized individuals. It is confirmed that the rates of weight gain relative to carapace width is significantly greater in males (ANCOVA $F_{1,542} = 18,6$; $P < 0,001$). Fish feeding on benthos are proposed to be utilized as collectors for small *E. japonica* (or other benthic invertebrates), that are not completely counted by standard procedures of material collection.

За прошедшее десятилетие в отечественной литературе появились первые существенные обобщения данных по биологии и распределению японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonica* de Naan, 1835 во внутренних водоемах Приморья (Барабанщиков, 2002; Олифиренко и др., 2004; Семенькова, 2007). Интерес к изучению *E. japonica* обусловлен тем, что этот представитель семейства Varunidae (Brachyura, Grapsoidea) входит в число промысловых объектов, служит вторым промежуточным хозяином для легочной двуустки, известен как санитар водоемов и вредитель рыбного промысла. Японский мохнаторукий краб выдерживает значительные колебания солености, имеет широчайший спектр питания (Kobayashi, 2009), способен переходить из водоема в водоем по суше. Благодаря своей высокой экологической пластичности *E. japonica* является потенциально инвазионным видом подобно близкородственному китайскому мохнаторукому крабу *Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards, 1853. Последний, вселившись в европейские и североамериканские речные бассейны, стал настоящим бедствием для нативных водных экосистем и, кроме того, наносит экономический ущерб, повреждая плотины и береговые сооружения своими норами (Dittel, Epifanio, 2009). На территории Российской Федерации *E. japonica* встречается в Приморском и Хабаровском краях, Сахалинской области. В Приморском крае самые крупные представители этого вида, достигающие 95 мм по ширине карапакса, были найдены в р. Зеркальная (Олифиренко и др., 2004).

Цель настоящего сообщения – дополнение имеющейся в литературе информации об этом крабе данными, полученными автором осенью 2004 г. в эстуарной зоне р. Раздольная (Приморский край).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал (615 особей *E. japonica*) был отобран в октябре-ноябре 2004 года в эстуарной зоне р. Раздольная. Река Раздольная является главным водотоком юга Приморского края; берет начало на территории КНР и впадает в Амурский залив Японского моря несколькими рукавами, образуя Тавричанский лиман (примерно 43°18' N, 131°46–49' E). Общая протяженность реки 245 км, площадь водосбора 16830 км², из них на территории РФ 191 км и 6820 км², соответственно (Ресурсы..., 1964). Крупнейшим притоками реки в её эстуарной зоне являются рр. Кипарисовка (43°21'30 N, 131°47'30 E) и Вторая речка (43°23'30 N, 131°47'30 E).

Крабов отлавливали посредством специализированных конических ловушек (ячея 30 мм), объединенных в порядки по 6–8 штук. Порядки устанавливали ниже впадения в р. Раздольная реки Вторая речка, на глубине 2–5 м, на расстоянии 2–3 м от берегов, вдоль по течению. Приманку не использовали. Проверку ловушек осуществляли ежедневно. Каждые 5 дней проводили промеры и взвешивание не менее чем 120 живых особей, отобранных из улова случайным образом (точность измерения ширины карапакса (ШК) 1 мм, точность взвешивания 1 г). Определяли пол (Kobayashi, Matsuura, 1992; Kobayashi, 2002), личную стадию (Слизкин, Сафронов, 2000), наличие травм и эпибионтов (а именно усоногих раков *Amphibalanus improvisus* Darwin и *Chthamalus dalli* Pilsbri). В настоящей работе анализируются данные, полученные 29 X, 3 XI, 8 XI, 13 XI и 18 XI 2004 г. Дополнительно была изучена небольшая выборка мелкогабаритных особей *E. japonica*, извлеченных из

желудков керчаков *Myoxocephalus stelleri* Tilesius, отлавливавшихся местными рыбаками в 6 км ниже места выставления ловушечных порядков. Мелкоразмерных крабов (ШК < 30мм) взвешивали с точностью до 0,5 г.

Статистическую обработку данных проводили по руководствам Г.Ф. Лакина (1990) и J.H. Zar (2010). Перед сравнением выборок по частоте встречаемости того или иного признака, доли, с учетом поправки на непрерывность, преобразовывали в углы φ (Лакин, 1990). Такое преобразование (угловая трансформация) сглаживает резкую асимметрию, характерную для распределений с малыми (< 0,3) и большими (> 0,7) долями, при этом распределение величин φ является асимптотически нормальным (т. е. приближается к стандартному нормальному распределению Z по мере увеличения числа наблюдений до ∞). Нулевую гипотезу о равенстве долей оценивали по отношению разности преобразованных долей к её ошибке (Лакин, 1990) с учетом того, что для уровня значимости 0,05 критическое значение Z равно 1,96 (Zar, 2010).

Зависимость массы крабов от ширины их карапаксов аппроксимировали степенной функцией вида $Y = aX^b$, которая при логарифмировании превращается в линейное уравнение $\log Y = \log a + b \log X$ (Zar, 2010). В последнем случае коэффициент сдвига a , позволяет определить положение линии регрессии на графике, а угловой коэффициент b (коэффициент наклона) отражает скорость нарастания массы при увеличении линейного параметра на единицу меры. Оценку значимости полученных уравнений регрессии проводили с помощью дисперсионного анализа (ANOVA), а их сравнение на основе ковариационного (ANCOVA). В первом случае нулевая гипотеза состояла в утверждении, что коэффициенты наклона уравнений равны нулю, а во втором, что они равны между собой (Zar, 2010). Все статистические тесты проводили для уровня значимости 0,05. По завершении тестов линейные уравнения переводили в степенную форму путём потенцирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно ловушечным сборам ($N = 605$) в эстуарной зоне р. Раздольная среди *E. japonica*, мигрировавших к местам зимовки, по численности в конце октября и в первых числах ноября преобладали самцы, а с конца первой декады ноября самки (рис. 1А). Размер самцов по ширине карапакса варьировал от 41 до 84 мм ($59,4 \pm 0,46^*$ мм), а масса от 22 до 340 г ($120,1 \pm 2,90$ г). У самок ШК изменялась от 37 до 74 мм ($58,4 \pm 0,32$ мм), масса от 22 до 197 г ($98,6 \pm 1,44$ г). Средняя ШК крабов, попадавших в ловушки, составила $59 \pm 0,28$ мм, а средняя масса $109 \pm 1,66$ г. Если место постановки ловушечных порядков рассматривать как фиксированный пункт наблюдений, то при анализе рисунка 1 можно видеть, что зимовальная миграция *E. japonica* сопряжена с естественным разделением крабов на группы сообразно размерам и половой принадлежности. Очевидно, что первыми вверх по течению проходят наиболее крупные особи, прежде всего самцы (рис. 1 Б-Е). Мелкоразмерные самки продвигаются последними (рис. 1 Г-Е). Напомним, что для популяций мохнаторуких крабов вообще свойственно пространственное разобщение представителей разных размерных классов. При этом самые мелкие особи чаще встречаются в нижних частях эстуариев (Dittel, Epifanio, 2009).

* SE – ошибка среднего значения

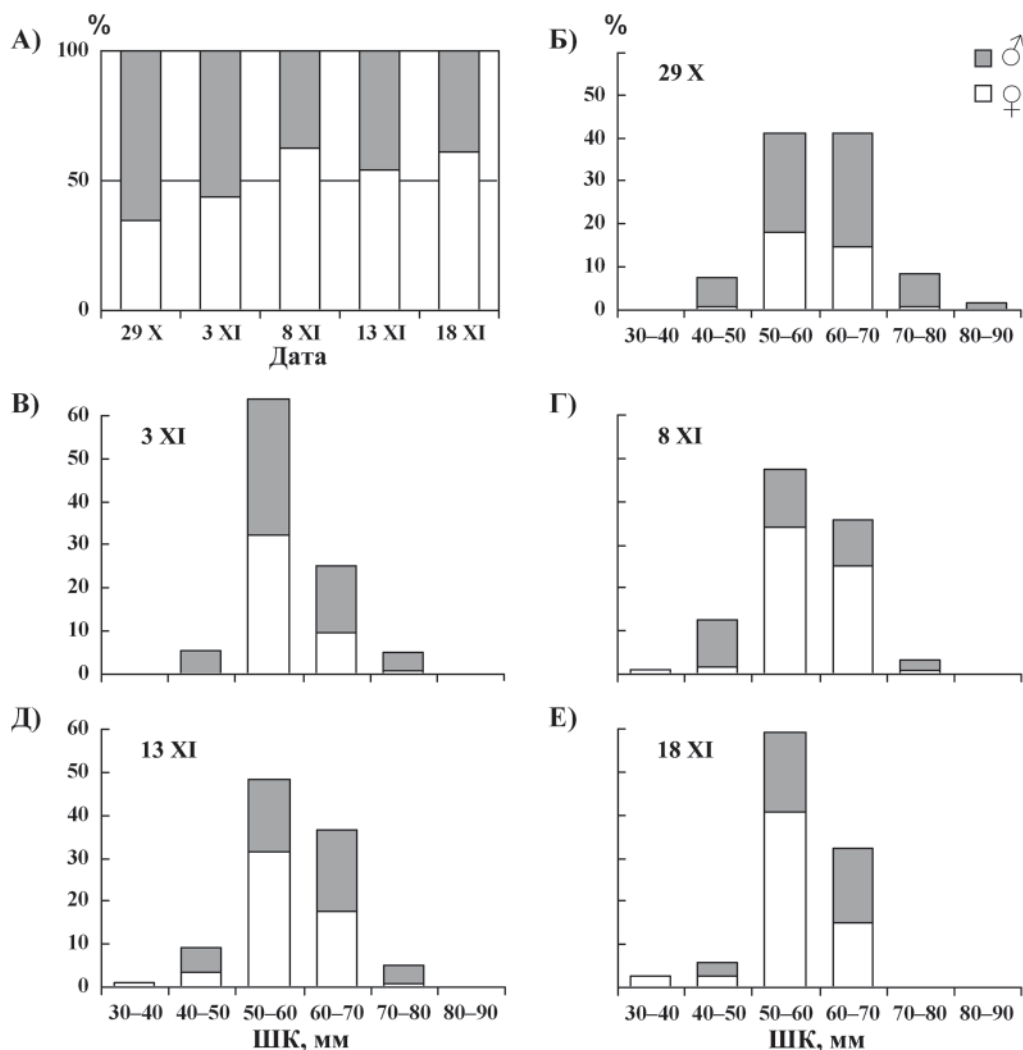


Рис. 1. Размерно-половая структура выборок *E. japonica* из эстуарной зоны р. Раздольная осенью 2004 г.

А – соотношение полов в разные даты сборов.

Б-Е – структура выборок в разные даты сборов; по оси абсцисс – ширина карапаксов, мм; по оси ординат – доля от общего, %

Все изученные нами крабы имели твердый панцирь без темных пятен на брюшной стороне, следовательно, находились в III линочной стадии (Слизкин, Сафронов, 2000). Отметим, что линька является чрезвычайно ответственным моментом в онтогенезе ракообразных, поэтому разбиение их линочного цикла на несколько стадий используется при описании физиологического состояния этих животных. Индикаторами физиологического состояния краба могут служить поселившиеся на нем обрастатели (Семенькова, 2007), поскольку степень развития таковых определяется давностью его последней линьки (Слизкин, Сафронов, 2000). Важной характеристикой состояния всей популяции является уровень травматизма среди особей. Можно ожидать, что на травмированных крабах в силу их мень-

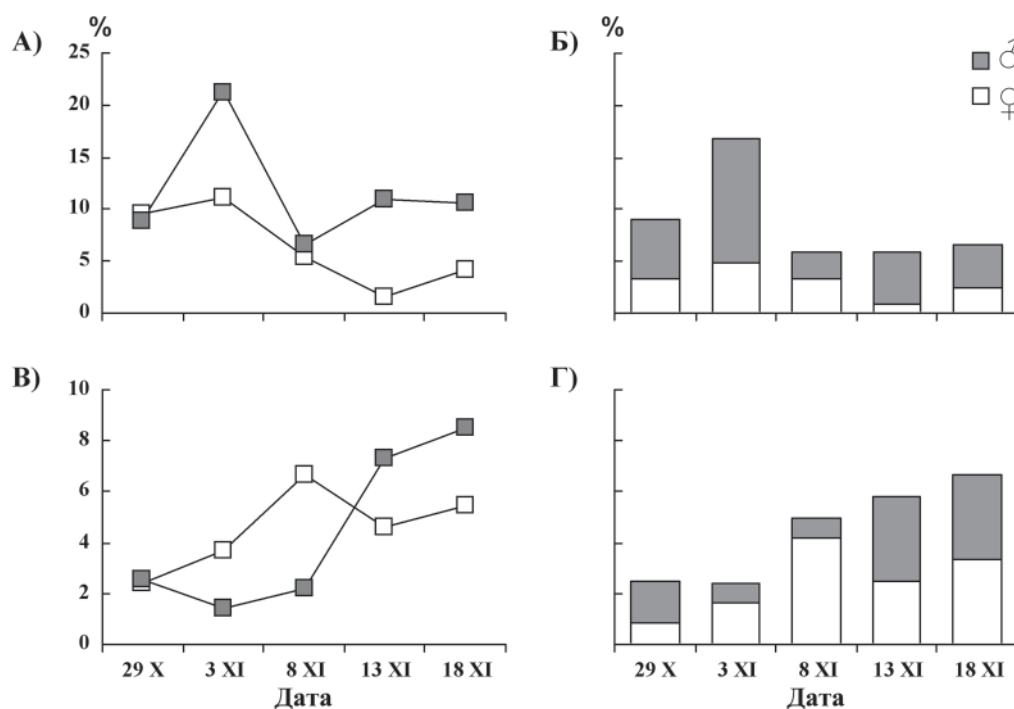


Рис. 2. Доли травмированных *E. japonica* (А, Б) и *E. japonica* с усоногими раками на покровах (В,Г).

А, В – от общего количества особей соответствующего пола, %.

Б, Г – от общего количества крабов, %

шей двигательной активности будут чаще поселяться эпибионты. В наших сборах общая доля травмированных *E. japonica* (отсутствие ног, клешней; повреждения абдомена) составила 9 %, а на покровах 4,5 % крабов были найдены усоногие раки. Соответствующие данные по каждой выборке представлены в виде рисунка 2. Визуальный анализ этого рисунка не позволяет дать определенное заключение, хотя можно предположить, что в отдельных выборках доли травмированных самцов выше (рис. 2А, Б), а на самках чаще поселяются эпибионты (рис. 2В, Г). Кроме того, на рисунке 2 прослеживается некая тенденция к увеличению доли крабов с усоногими раками на покровах в период с 29 X по 18 XI. Такую тенденцию можно было бы объяснить тем, что крабы, идущие на зимовку последними, провели больше времени в море, поэтому оседавшие на них личинки усоногих раков оказались в более благоприятных условиях для своего развития. Однако статистическая проверка не подтвердила всех этих предположений. Во всех случаях вероятность справедливости нулевой гипотезы оказалась выше пороговой ($P > 0,05$). Ожидаемая разница в наличии-отсутствии эпибионтов на покровах травмированных и не травмированных *E. japonica* также оказалась статистически не значимой. Тем не менее, после объединения пяти выборок в две общие (самки vs. самцы), стало очевидно, что у самцов в целом значимо выше ($Z = 2,62$; $P = 0,009$) уровень травматизма. Возможной причиной этого является более высокая локомоторная активность и более агрессивное поведение мужских особей в сравнении с самками (Семенькова, 2007; Kobayashi, 2002; собственные наблюдения). К числу наиболее

часто встречающихся у *E. japonica* травм можно отнести потерю одной или двух ходильных ног. Случающаяся крайне редко утрата обеих клешненосных конечностей, по нашему мнению, мало сказывается на жизнеспособности мохнаторуких крабов, поскольку в захвате пищевых частиц большее значение для этих всеядных животных имеют ногочелюсти. Клешни используются главным образом при нападении/обороне и, если это самец, для удерживания самок при спаривании. Можно полагать, что лишившиеся клешней самцы *E. japonica* по существу ограничены только в возможности участия в размножении. Напомним, что у крабов очень высока способность к регенерации и факты полного восстановления утраченных конечностей описаны в литературе (Жизнь животных, 1968).

Интересно отметить, что средняя масса не травмированных самцов с ШК равной 59 мм (среднее значение ШК в объединенной выборке) оказалась значительно выше, чем средняя масса не травмированных самок того же размера ($125,8 \pm 5,6^{**}$ г и $96,4 \pm 7,9$ г, соответственно). Это обстоятельство указывает на вероятность различий в характере роста особей разного пола. Для оценки такой вероятности были построены регрессионные модели изменения массы *E. japonica* при изменении ШК и проведен ковариационный анализ. При этом использовали данные измерения и взвешивания только не травмированных крабов; кроме того, из анализа были исключены особи с ШК < 40 мм (встречались только среди самок) и особи с ШК > 80 мм (встречались только среди самцов). Как известно зависимость массы от линейных размеров хорошо аппроксимируется степенной функцией, правомерность использования которой устанавливают после логарифмического преобразования исходных данных. Если на диаграмме рассеяния с логарифмическими координатами точки укладываются вдоль одной прямой, то условие правильности последующего применения уравнения степенной функции считается выполненным (Лакин, 1990). Как видно из рис. 3, в нашем случае это условие выполнено. Статистическая проверка значимости полученных уравнений регрессии (рис. 3), проведенная на основе оценки их главных параметров (т.е., коэффициентов наклона), показала, что выявленные зависимости не случайны (ANOVA $F_{1,286} = 2019,9$; $P < 0,001$, самки и $F_{1,256} = 3032,1$; $P < 0,001$, самцы). Что касается качества подгонки регрессий

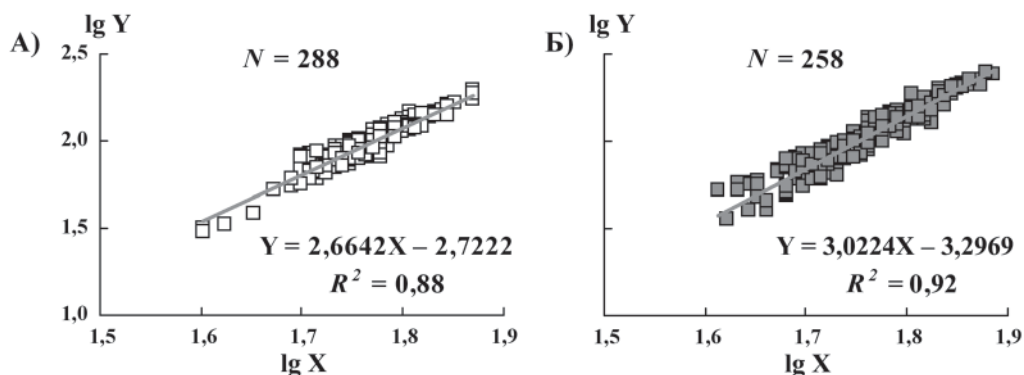


Рис. 3. Зависимость логарифмов массы (Y) от логарифмов ширины карапакса (X) у *E. japonica* из эстуарной зоны р. Раздольная.

А – самки, Б – самцы

** SD – стандартное отклонение

к эмпирическим данным, то можно сказать, что уравнение, полученное для самок (коэффициент детерминации R^2 равен 0,88) объясняет 88 % разброса значений результативного признака (масса особи) относительно его среднего. Модель для самцов аппроксимирует исходные данные с большей точностью ($R^2 = 0,92$), в этом случае при варьировании включенного в модель объясняющего фактора (ширина карапакса) изменяется 92 %, а при варьировании неучтенных факторов лишь 8 % результативной переменной.

Обращает на себя внимание разница в величинах угловых коэффициентов: 2,6642 в модели для самок и 3,0224 в модели для самцов (рис. 3). Эта разница говорит о том, что с возрастом, по мере линейного роста, у самцов *E. japonica* из района исследования происходит более быстрое увеличение массы тела. Аналогичные результаты были получены при исследованиях на других водоемах (Барабанщиков, 2002; Олифиренко и др., 2004; Семенькова, 2007). В то же время расхождение моделей может быть случайным, поэтому требует статистической проверки. При проведении ковариационного анализа значимое различие между моделями было выявлено уже на этапе сравнения коэффициентов наклона (ANCOVA $F_{1,542} = 18,6$; $P < 0,001$), поэтому проверка была прекращена без сравнения коэффициентов сдвига. Таким образом, самцы японского мохнаторукого краба из р. Раздольная имеют статистически значимо большую массу, чем самки того же размера, иначе говоря, темпы прироста массы у самцов значимо выше. Сравнительно большая масса самцов объясняется большей относительной скоростью роста их конечностей. По мнению S. Kobayashi (2002) более крупные клешни и более длинные ноги у самцов *E. japonica* имеют значение при спаривании: до тех пор пока самка не отложит яйца на плеоподы, самец удерживает её и защищает от других представителей мужского пола. Завершая рассмотрение построенных моделей, преобразуем полученные линейные уравнения (Рис. 3) в степенную форму посредством потенцирования:

$$Y = 10^{-2,7222} X^{2,6642} = 0,0019 X^{2,6642} \text{ для самок;}$$

$$Y = 10^{-3,2969} X^{3,0224} = 0,0005 X^{3,0224} \text{ для самцов,}$$

где Y – масса, X – ширина карапакса, 10 – основание логарифма.

Желудки керчаков на предмет наличия в пищевом комке мелкоразмерных *E. japonica* начали осматривать с 3 XI. Общая выборка оказалась немногочисленной ($N = 10$). В этом отношении наиболее «урожайным» стало 8 ноября, когда из 6 желудков было извлечено 9 экз. *E. japonica* с ШК от 15 до 29 мм и массой от 1,5 до 10 г (1 самец и 6 самок, половую принадлежность 2 особей установить не удалось). Тринадцатого ноября крабы в желудках керчаков (3 желудка) не были обнаружены, что могло быть связано как с сезонным снижением пищевой активности рыб, так и с перемещением основной массы мелкоразмерных крабов выше по течению. Восемнадцатого ноября при осмотре 4 желудков была найдена единственная особь *E. japonica*, самка с ШК 28 мм (масса 10 г). Интересно отметить, что у данной особи (как и у самой крупной из полученных 8 XI) оказались хорошо различимы лопасти лобного края карапакса. Этот факт не согласуется с многолетними наблюдениями Е.И. Барабанщикова (2002), заключившего, что у *E. japonica* с ШК < 40 мм лобные лопасти отсутствуют. Таким образом, наш опыт использования керчаков как «орудий лова» позволил установить факт, корректирующий представление о морфологии молоди японского мохнаторукого краба. В этой связи

следует обратить внимание на возможность дальнейшего использования бентоядных рыб в качестве коллекторов мелкоразмерных *E. japonica*, результативность учета которых с помощью ловушек и сетей оставляет желать лучшего. В качестве дополнения к стандартным методам сбора материала такой подход мог бы давать больше информации о развитии *E. japonica* в постличиночный период, повысить эффективность учета и других донных беспозвоночных. В условиях крупных водных объектов это особенно актуально при наличии «сложного грунта», т.е. грунта, в силу своих физических характеристик снижающего эффективность работы драг и дночерпателей.

ЛИТЕРАТУРА

- Барабанщиков Е.И. 2002.** Японский мохнаторукий краб (*Eriocheir japonicus* de Naan) эстуарно-прибрежных систем Приморского края // Изв. ТИНРО. Т. 131. С. 228–248.
- Жизнь животных. 1968.** Т. 2. М.: Просвещение. 564 с.
- Лакин Г.Ф. 1990.** Биометрия. М.: Высшая школа. 352 с.
- Олифиренко А.Б., Семенькова Е.Г., Пущина О.И., Шаповалов М.Е., Братищев В.С. 2004.** Некоторые данные о сезонных миграциях японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonicus* в водоемах Приморья // Изв. ТИНРО. Т. 136. С. 137–147.
- Ресурсы поверхностных вод СССР (Гидрологическая изученность). 1964.** Т. 18. Вып. 2. Л.: Гидрометеиздат. 84 с.
- Семенькова Е.Г. 2007.** Биология и перспективы промысла японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonica* в водоемах Приморья: дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 235 с.
- Слизкин А.Г., Сафронов С.Г. 2000.** Промысловые крабы прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: Северная Пацифика. 180 с.
- Dittel A.I., Epifanio C.E. 2009.** Invasion biology of the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*: A brief review // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. V. 374. P. 79–92.
- Kobayashi S., Matsuura S. 1992.** Morphological changes of the exoskeleton of the female Japanese mitten crab, according to growth and maturity // Researches on Crustacea. V. 21. P. 159–168.
- Kobayashi S. 2002.** Relative growth pattern of walking legs of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* // Journal of Crustacean Biology. V. 22 (3). P. 601–606.
- Kobayashi S. 2009.** Dietary preferences of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* in a river and adjacent seacoast in north Kyushu, Japan // Plankton and Benthos Research. V. 4 (2). P. 77–87.
- Zar J.H. 2010.** Biostatistical analysis, 5th ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall. 944 pp.