

В. Ф. Кулеш,

доктор биологических наук,
профессор кафедры общей биологии и ботаники БГПУ;

А. В. Алехнович,

кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории гидробиологии
ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам»;

Н. В. Солоснюк,

студент V курса факультета естествознания БГПУ

РАЗМЕРНО-ПОЛОВАЯ СТРУКТУРА И ЧИСЛЕННОСТЬ ПОПУЛЯЦИИ ВОСТОЧНОЙ РЕЧНОЙ КРЕВЕТКИ В ТЕПЛОМ СБРОСНОМ КАНАЛЕ БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС В КОНЦЕ ВЕГЕТАЦИОННОГО СЕЗОНА

Введение. Для увеличения эффективности использования сбросного подогретого тепла, улучшения кормовой базы рыб, а также обогащения фауны водоемов-охладителей энергетических объектов было предложено целенаправленное вселение в подогреваемые водоемы субтропического вида – восточной речной креветки, *Macrobrachium nipponense* (De Haan) [1; 2]. В 1982 г. она была вселена в водоем-охладитель Березовской ГРЭС (Беларусь) и несколько позже – в водоем-охладитель Приморской ГРЭС (Россия), водоемы дельты Волги, Кучурганской ГРЭС (Молдова), где успешно натурализовалась [3; 4].

Интродукция восточной речной креветки (1,5 тыс. экз.) в водоем-охладитель Березовской ГРЭС была осуществлена весной. Осенью того же года, в местах вселения рекрутов, на отдельных участках теплого канала (в зарослях высшей водной растительности, под погруженными в воду корнями прибрежных кустарников) численность креветок составила не менее 40 тыс. экз. [5]. Креветки распространились по всей акватории водоема-охладителя, теплых отводящих каналах, «холодном» подводном канале, производственных рыбоводных прудах.

Через 2 года после интродукции (1985 г.) примерная численность популяции восточной речной креветки была оценена в 2 млн экз., а количество половозрелых особей в теплом канале на глубине 2–3 м составило 1–2 экз./м² [5].

Этот вид натурализовался в новом местобитании и вошел в пищевые цепи, заняв экологическую нишу речных раков, которые исчезли из водоема-охладителя в результате пресса повышенной температуры после начала работы теплоэлектростанции.

В последующий период времени, на протяжении более чем 30 лет после интродукции, численность восточной речной креветки по ряду причин (изменение температурного режима водоема-охладителя вследствие снижения интенсивности работы теплоэлектростанции, гидролого-мелиоративные работы по изменению акватории, неравномерность функционирования рыбного хозяйства) носила весьма изменчивый характер. За этот период получены лишь отрывочные данные по численности и структуре популяции креветок в рыбоводных прудах и теплом сбросном канале в разное время [6–10].

Для круглогодичного мониторинга популяции восточной речной креветки необходимо систематическое изучение численности и размерно-половой структуры во всей экосистеме водоема-охладителя теплоэлектростанции. Полученные сведения внесут вклад в развитие теории акклиматизации, а также позволят оценить промысловые запасы данного ресурсного вида и оптимизировать их использование.

В этой связи целью нашей работы было исследование размерно-половой структуры *M. nipponense* и относительной численности

на различной глубине теплового сбросного канала теплоэлектростанции в конце вегетационного периода, когда популяция достигает максимальной товарной массы и численности.

Материалы и методика исследований. Материал собирался в осенний период (25–27 сентября) 2014 г. в теплом сбросном канале Березовской ГРЭС (Брестская область) в районе расположения рыбоводных садков. Температура воды в этот период в теплом канале колебалась от 16 до 19 °С. Концентрация кислорода находилась в пределах 7,7–8,4 мг/л, водородный показатель рН, несколько смещенный в щелочную сторону, составил 7,7–7,8.

В сравнительном аспекте привлекались данные по сбору креветок из теплового канала в этом же месте 3–6 октября 2003 г. Гидрохимические показатели как и в 2014 г. характеризовались близкими значениями: температура составила 15–17 °С, содержание кислорода было в пределах 7,9–8,8 мг/л, величина рН – 7,3–7,5.

Для отлова и учета численности креветок были использованы ловушки размером основания 0,8 × 1,25 м (1 м²) и высотой бортиков 8 см. Ловушки устанавливались в прибрежной зоне на глубине 0,8–1 м и в центральной части русла теплового сбросного канала на глубине 3–4 м не позднее 15–17 часов предыдущего дня, а просматривались утром в 9 часов. Считалось, что ловушкой облавливается 1 м² площади дна водоема и улов адекватно отражает плотность креветок в водоеме.

Длина креветок измерялась от начала рострума и до окончания тельсона. Изменчи-

вость размерных показателей оценивали, используя стандартное отклонение (*s.d.*) и коэффициент вариации (*c.v.*, %). Полученный материал обрабатывали с применением программного пакета «Статистика–7,0».

Результаты. В таблице 1 приведены данные по размерной структуре молоди восточной речной креветки, отловленной в прибрежной зоне (до 1 м) и в русле (3–4 м) теплового сбросного канала Березовской ГРЭС в конце вегетационного периода 2014 г. в сравнении с данными 2003 г. Как видно из таблицы 1, в прибрежной зоне теплового канала средняя длина молоди в пробах 2003 г. была ниже, чем в 2014 г. Эта разница статистически достоверна ($t = 2,274$; $p = 0,025$) (рисунок 1). При этом коэффициенты вариации для данных 2003 и 2014 гг. имеют близкое значение, то есть диапазон изменчивости размеров длины тела у молоди в прибрежной зоне теплового канала был примерно одинаков. Об этом также свидетельствует и одинаковый размерный спектр молоди литорали (рисунок 2). Однако подавляющее количество молоди 2014 г. было больших размеров (2,6–3,2 см), в то время как для 2003 г. характерно приблизительно равное количество особей в пределах всего размерного диапазона.

На глубине 3–4 м средняя длина ювенильных особей, так как и для прибрежной зоны, была выше в 2014 г., и эта разница статистически достоверна (таблица 1, рисунок 1). Отмечается, что и в 2014 г. средняя длина молоди в русловой части достоверна выше, чем в литорали, в то время как для 2003 г. эта разница в размерах недостоверна ($t = 1,110$; $p = 0,272$) (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Размерная структура молоди восточной речной креветки в теплом сбросном канале Березовской ГРЭС

Место отбора проб, глубина	Длина тела, см			с.в., % **	n, количество измерений
	средняя ± s.d.*	минимальная	максимальная		
Октябрь 2003 г.					
до 1 м	2,30 ± 0,55	1,40	3,20	23,9	26
3–4 м	2,45 ± 0,35	1,70	3,20	13,8	24
Сентябрь 2014 г.					
до 1 м	2,57 ± 0,54	1,10	3,20	20,8	95
3–4 м	2,95 ± 0,30	2,20	3,20	3,4	12

Примечание: * – стандартное отклонение; ** – коэффициент вариации.

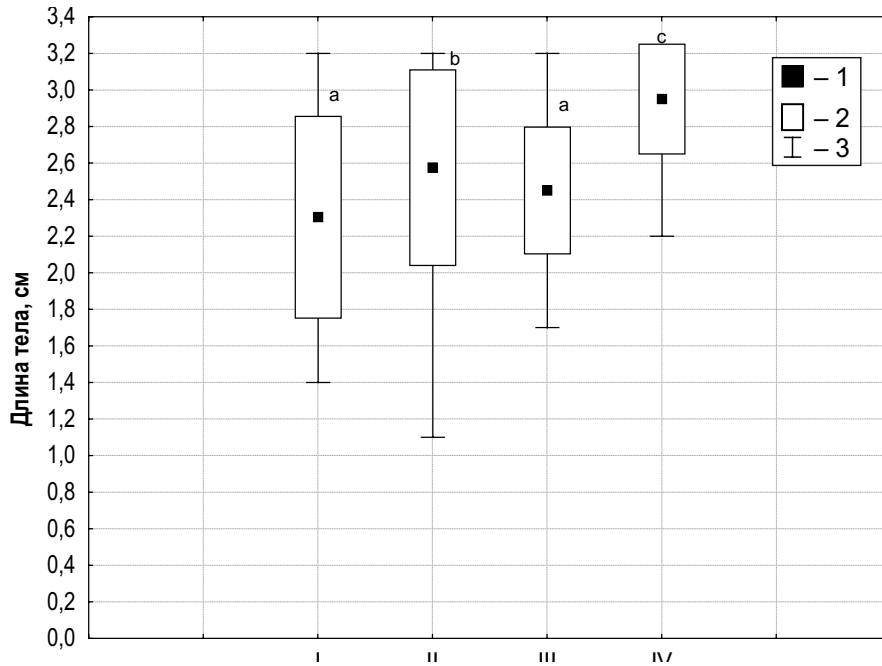


Рисунок 1 – Длина тела ювенильных особей из теплого канала Березовской ГРЭС: 1 – среднее значение, 2 – стандартное отклонение, 3 – минимальное и максимальное значение; I (2003 г.), II (2014 г.) – прибрежная зона, глубина до 1 м; III (2003 г.), IV (2014 г. – русло, глубина 3–4 м; различные буквы указывают на статистически значимые различия

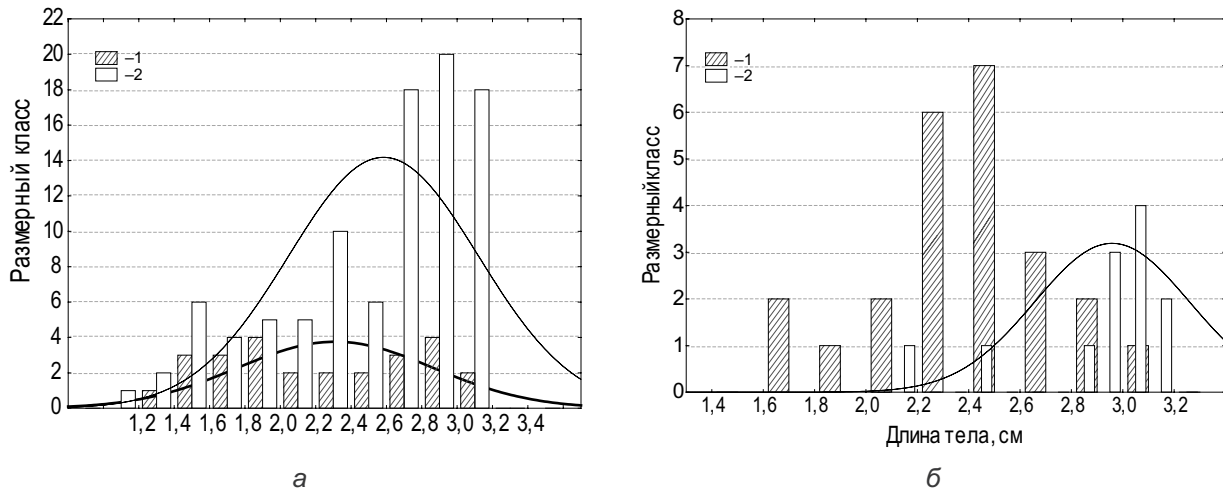


Рисунок 2 – Диапазон длины молоди восточной речной креветки в теплом сбросном канале Березовской ГРЭС (а – прибрежная зона, б – русло): 1 – 2003 г., 2 – 2014 г.

На рисунке 2б представлены размерные классы молоди креветок на глубине 3–4 м. Видно, что длина максимального количества ювенильных особей 2014 г., также как и для прибрежной зоны, составляет 2,8–3,2 см. Размерный спектр довольно узкий и находится в пределах от 2,2 до 3,2 см, то есть равен 1 см. Для молоди 2003 г. характерен более широкий размерный диапазон и четко выраженное распределение длины тела с максимумом в середине размерного диапазона (2,2–2,4 см).

В таблице 2 приведены данные по размерной структуре половозрелых особей *M. nipponense*. Максимальные значения коэффициентов вариации характерны для самцов и самок, отловленных на глубине 3–4 м в 2003 г., что позволяет сделать вывод о более широкой изменчивости длины тела креветок в это время. Однако средняя длина креветок в литоральной зоне и русловой части теплого канала изменяется незначительно, находясь в пределах 4,16–5,54 см.

Таблица 2 – Размерная структура половозрелых особей восточной речной креветки в теплом сбросном канале Березовской ГРЭС

Место отбора проб, глубина	Пол	Длина тела, см			с. в., %	n, количество измерений
		средняя \pm s.d.	минимальная	максимальная		
Октябрь 2003 г.						
до 1 м	самки	5,05 \pm 0,93	3,30	7,20	18,3	34
	самки яйценосные	4,60 \pm 0,67	3,60	5,30	14,6	8
	самцы	5,54 \pm 1,09	3,30	7,90	19,8	113
3–4 м	самки	4,67 \pm 0,98	2,70	7,20	20,9	103
	самки яйценосные	5,13 \pm 0,73	4,40	6,40	14,5	9
	самцы	5,24 \pm 1,20	3,20	7,60	22,7	141
Сентябрь 2014 г.						
до 1 м	самки	4,50 \pm 0,66	3,50	6,70	14,6	64
	самцы	4,16 \pm 0,57	3,40	6,30	13,8	51
3–4 м	самки	4,52 \pm 0,42	4,0	5,50	9,6	17
	самцы	4,85 \pm 0,73	3,60	6,30	15,1	32

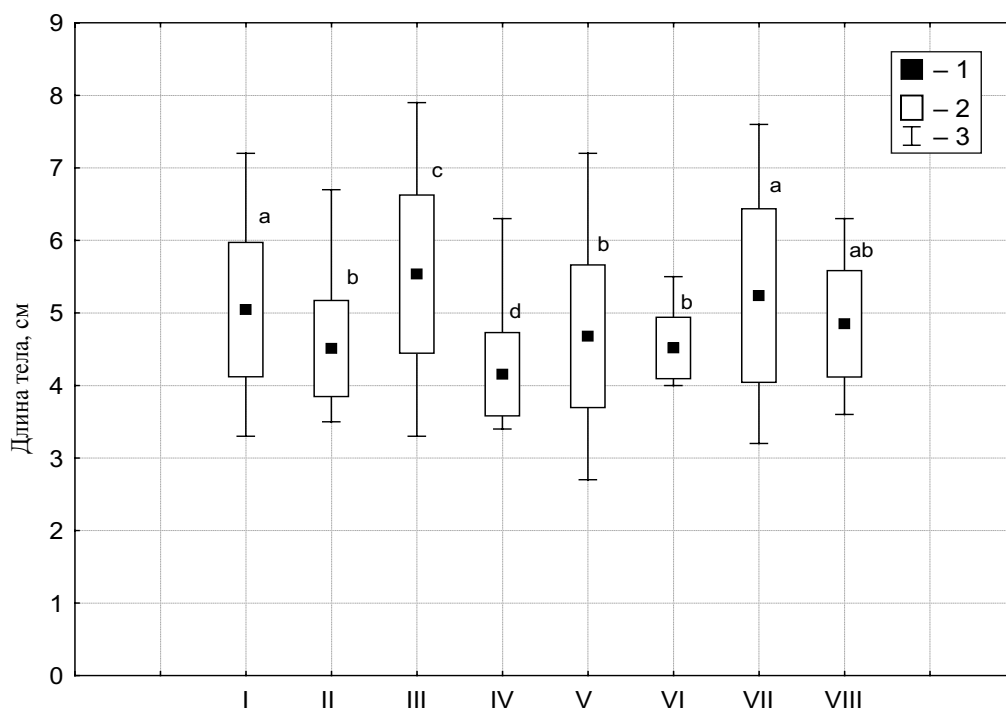


Рисунок 3 – Длина тела половозрелых креветок из теплого канала Березовской ГРЭС:

1 – среднее значение, 2 – стандартное отклонение, 3 – минимальное и максимальное значение; I–IV – глубина до 1 м (I, III – 2003 г.; II, IV – 2014 г.); V–VIII – глубина 3–4 м (V, VII – 2003 г.; VI, VIII – 2014 г.); I, II, V, VI – самки; III, IV, VII, VIII – самцы; различные буквы указывают на статистически значимые различия (ab – нет различий между вариантами a и b)

Результаты анализа размерной структуры половозрелых особей восточной речной креветки приведены на рисунке 3. Статистически достоверная, минимальная длина тела, отличающаяся от всех других особей, характерна для самцов, отловленных в литорали теплого канала в 2014 г. Самые высокие показатели размерной структуры отмечены

также для самцов из литорали теплого канала, но в 2003 г. Недостоверные различия в средней длине тела зарегистрированы для самок из литорали и русла 2014 г. и русла 2003 г., а также между ними и самцами из русла 2014 г. (таблица 2, рисунок 3).

Размерная структура популяции восточной речной креветки на различной глубине

теплого сбросного канала показана на рисунке 4. Во всех вариантах длина тела креветок варьировала в примерно одинаковом диапазоне от 3,3 до 7,9 см за исключением самок, отловленных на глубине 3–4 м в 2003 г. (минимальный размер тела был равен 2,7 см). Обращает на себя внимание очень узкий диапазон длины тела самок из русла теплого канала в 2014 г., который изменялся от всего от 4,0 до 5,5 см (рисунок 4). Почти такой же размерный спектр отмечается и для самцов, отловленных на глубине 3–4 м в 2014 г. В отличие от 2014 г. размерная структура популяции креветок 2003 г. в литорали и русле теплого канала представлена практически равномерным соотношением различных размерных классов (рисунок 4).

Наряду с разногодичной размерной структурой популяции креветок был прове-

ден сравнительный анализ их относительной численности (количество экземпляров на ловушку) в сбросном канале. Как видно из рисунка 5, в прибрежной зоне численность молоди в 2003 г. была очень низкой – 1,7 экз./м², а на глубине этот показатель снизился до 0,3 экз./м². Близкие данные по численности молоди восточной речной креветки в теплом сбросном канале в этот же год в конце вегетационного сезона приведены в работе В. В. Никитинского и др., 2007 [9]. На мелководье этот показатель составил 0,9 экз./м², в русле на глубине 4,0–4,5 м – 0,6 экз./м². По сравнению с этими данными в 2014 г. численность молоди на мелководье и на глубине 3–4 м увеличилась во много раз и достигла 52,5 экз./м² и 6 экз./м² соответственно.

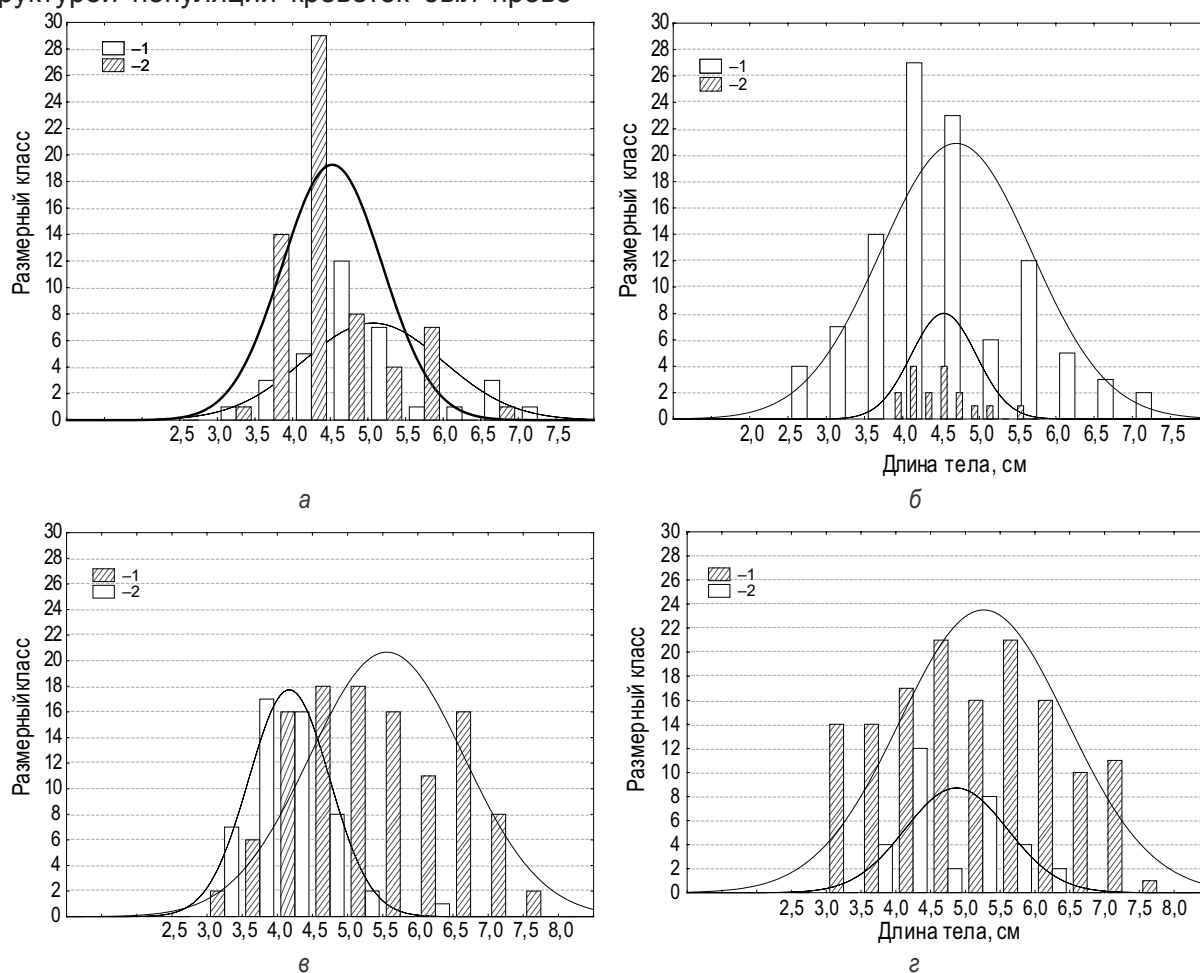


Рисунок 4 – Диапазон длины самок (а, б) и самцов (в, г) восточной речной креветки в теплом сбросном канале Березовской ГРЭС (а, в – прибрежная зона, б, г – русло): 1 – 2003 г., 2 – 2014 г.

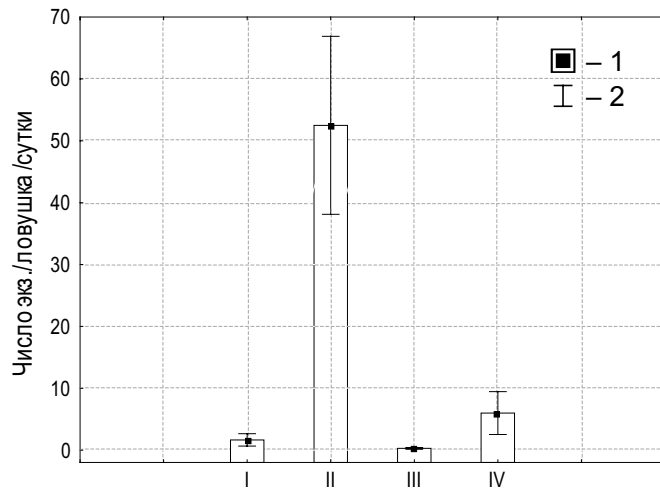


Рисунок 5 – Относительная численность ювенильных особей в теплом канале Березовской ГРЭС:

1 – среднее значение;
2 – стандартное отклонение;
I (2003 г.), II (2014 г.) – глубина до 1 м;
III (2003 г.), IV (2014 г.) – глубина 3–4 м;

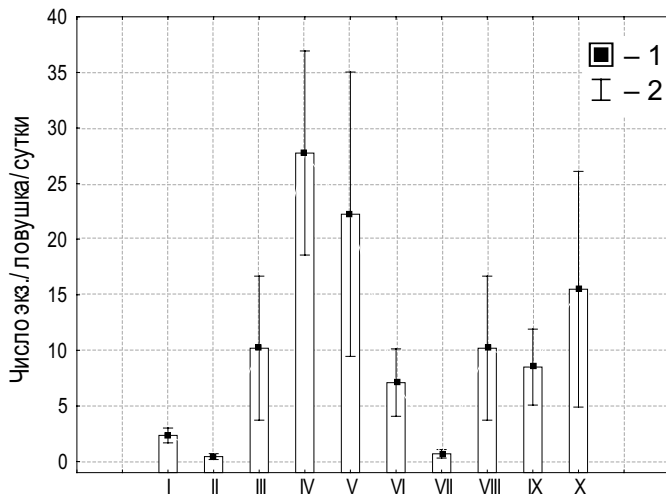


Рисунок 6 – Относительная численность половозрелых особей в теплом канале Березовской ГРЭС:

1 – среднее значение;
2 – стандартное отклонение;
I–V – глубина до 1 м
(I–III – 2003 г.; IV, V – 2014 г.);
VI–X – глубина 3–4 м
(VI–VII – 2003 г.; IX, X – 2014 г.);
IV, VI, IX – самки;
II, VII – самки яйценосные;
III, V, VIII, X – самцы

Аналогичная картина наблюдается и для половозрелых особей в литорали (рисунок 6). Численность самцов и самок в 2014 г. более чем в два раза превышает данный показатель для 2003 г., причем здесь количество самок (27,8 экз./м²) превысило численность самцов, которая составила 22,3 экз./м². В русле теплого канала численность самцов в 1,5 раза выше, чем в 2003 г. В отличие от мелководья количество самок на этой глубине значительно меньше, чем самцов, и имеет близкие значения для разных лет (рисунок 6). Аналогичная тенденция отмечается и в другом исследовании распределения половозрелых особей восточной речной креветки в русле теплого сбросного канала в конце вегетационного периода 2003 г. [9]. Численность самцов и самок на глубине 4–4,5 м составила 7,7 и 2,9 экз./м², что близко к нашим данным 2003 г. (рисунок 6).

Возрастная и половая структура популяции восточной речной креветки в конце вегетационного периода приведена на рисунках 7 и 8. В отличие от 2014 г. в начале октября

2003 г. в популяции креветок еще встречались яйценосные самки. В мелководной зоне и русле теплого канала они составили 5 % и 3 % соответственно от общей численности. Обращает на себя внимание и очень низкая численность ювенильных особей по сравнению с половозрелыми в этот период. Подавляющее количество в литоральной зоне составили самцы. В русле их численность несколько снизилась от 65 до 53 %, зато общее количество самок, наоборот, увеличилось почти в два раза (с 20 до 38 %) (рисунок 7). В работе [7] приводятся данные по возрастной и половой структуре восточной речной креветки в теплом канале 13 октября 2009 г. без разделения на литораль и русло теплого канала. При сравнении этих данных можно сделать вывод, что количество яйценосных самок было совершенно одинаковым, характерны близкие значения количества молодежи. Однако в отличие от данных 2003 г. в 2009 г. наблюдалось почти одинаковое соотношение самцов и самок – 46 и 37 % соответственно.

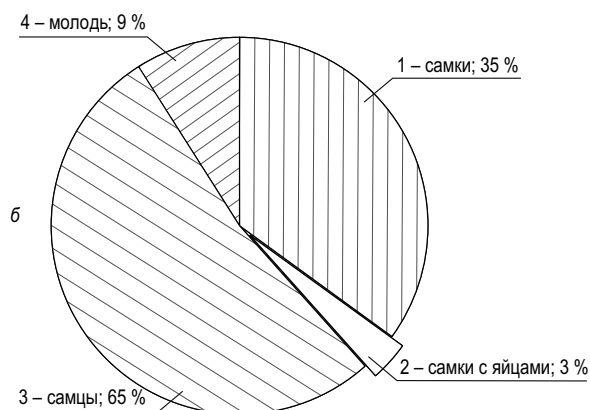
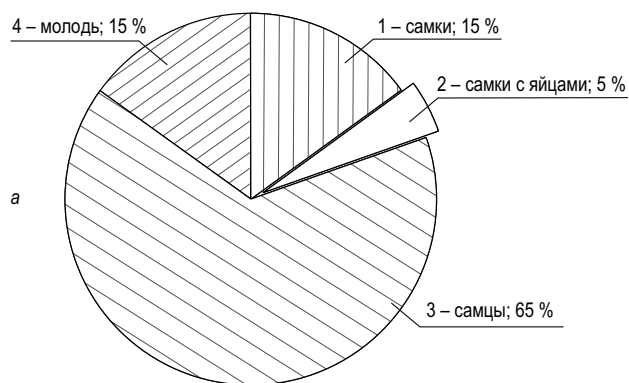


Рисунок 7 – Половая и возрастная структура восточной речной креветки (с выделением яйценосных самок) из теплого сбросного канала Березовской ГРЭС (3–6 октября 2003 г.):

а – прибрежная зона (глубина до 1 м),
б – русло канала (глубина 3–4 м)

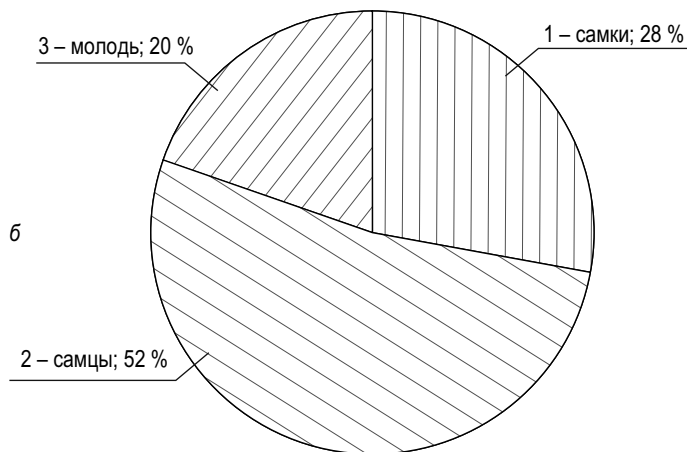
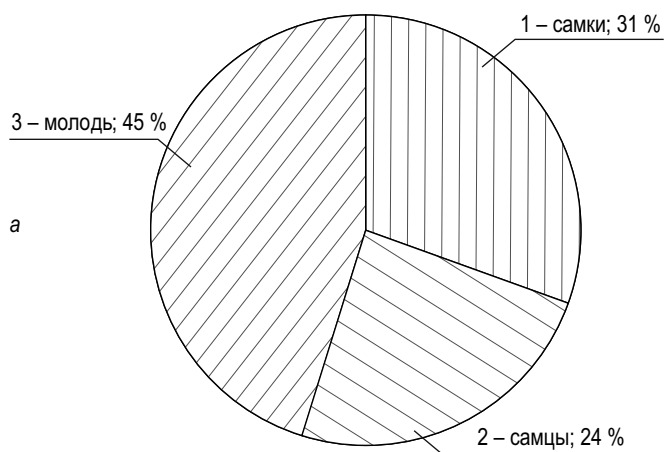


Рисунок 8 – Половая и возрастная структура восточной речной креветки из теплого сбросного канала Березовской ГРЭС (25–27 сентября 2014 г.):

а – прибрежная зона (глубина до 1 м),
б – русло канала (глубина 3–4 м)

Совершенно другая возрастная и половая структура популяции креветок зарегистрирована в 2014 г. Сразу же обращает на себя внимание отсутствие яйценосных самок. В течение нескольких суток ни один экземпляр не попал ни в одну ловушку. Еще одна отличительная особенность – большое количество молоди в мелководной зоне теплого канала, которое составляет 45 % от численности всех креветок литорали, в то время как количество самцов и самок было равным 24 и 31 % соответственно. На глубине 3–4 м численность ювенильных особей снижается до 20 %, незначительно снижается численность самок, но возрастает количество самцов до 52 %, сравниваясь с аналогичным показателем 2003 г. (рисунок 8).

Заключение. Результаты наших исследований размерно-половой структуры и численности, а также литературные данные показывают, что популяция восточной речной креветки в теплом канале претерпевает значительные изменения структуры и численности в конце вегетационного периода в 2003–2014 гг. Возможно, это связано с рядом причин: изменение температурного режима водоема-охладителя вследствие снижения интенсивности работы теплоэлектростанции, гидролого-мелиоративные работы в акватории водоема-охладителя теплоэлектростанции, неравномерность функционирования рыбного хозяйства. Сравнительный анализ результатов разногодичных исследований и литературных данных дают основание сделать вывод, что популяция креветок в сбросном теплом канале Березовской ГРЭС (2014 г.) увеличивает или же восстанавливает свою численность после неблагоприятных воздействий. Для выяснения полноценной динамики численности и структуры популяции необходимо провести еже-сезонные наблюдения за состоянием креветок в теплых сбросных каналах, водоем-охладителе (озеро Белое) и рыбоводных прудах, входящих в данную экосистему.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологическое обоснование вселения субтропических пресноводных креветок *Macrobrachium nipponense* в водоем-охладитель Березовской ГРЭС / Н. Н. Хмелева [и др.]; Институт зоологии АН БССР. – Минск, 1982. – 33 с. Деп. в ВИНТИ 30.09.82, № 5014-82 // Весті АН БССР, сер. біял. навук. – 1983. – № 2. – С. 119.
2. Экология пресноводных креветок / Н. Н. Хмелева [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 1997. – 254 с.
3. *Владимиров, М. З.* Восточная речная креветка (*Macrobrachium nipponense* De Haan) – новый элемент гидробиофауны Кучурганского водохранилища / М. З. Владимиров, И. К. Тодераш, Ф. П. Чорик // Известия АН МССР, сер. биол. наук. – 1989. – № 1. – С. 77–78.
4. *Свирский, В. Г.* Результаты вселения пресноводной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan) в водоем-охладитель Приморской ГРЭС / В. Г. Свирский, Е. И. Рачек, И. Н. Андреева // Изв. Тихоок. НИИ рыбн. х-ва и океаногр. – 1994. – № 113. – С. 151–153.
5. *Гигиняк, Ю. Г.* Результаты интродукции субтропической пресноводной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan) в водоем-охладитель Березовской ГРЭС (Беларусь) / Ю. Г. Гигиняк, А. В. Алехнович, В. Ф. Кулеш // VII Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным (памяти Б. Г. Иванова): тезисы докл., Мурманск, 9–13 октября 2006 г. / ВНИРО; редкол.: В. И. Соколов, Д. О. Алексеев (отв. ред.). – М., 2006. – С. 276–277.
6. *Алехнович, А. В.* Продукционные возможности пресноводных креветок в составе макрозообентоса рыбоводных прудов на водоеме-охладителе Березовской ГРЭС / А. В. Алехнович, В. Ф. Кулеш // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы II Международ. научн. конф., Минск-Нарочь, 22–26 сент. 2003 г. / Бел. гос. университет; редкол.: Т. М. Михеева (общ. ред.) [и др.]. – Минск, 2003. – С. 393–396.
7. *Кулеш, В. Ф.* Биология культивирования промысловых видов пресноводных креветок и речных раков на теплых водах / В. Ф. Кулеш. – М.: Новое знание, 2012. – 328 с.
8. *Кулеш, В. Ф.* Потенциальные возможности получения товарной продукции пресноводных креветок при ведении тепловодной поликультуры с прудовыми видами рыб / В. Ф. Кулеш, А. В. Алехнович, Д. А. Молотков // Междунар. научно-практ. конф., посвященная 100-летию МТУ им. А.А. Кулешова: материалы конф., Могилев, 20–22 февраля 2013 г.; редкол., Т. Ю. Герасимова, Д. В. Киселева. – Могилев, 2013. – С. 492–495.
9. *Никитинский, В. В.* Годовая динамика популяции восточной креветки в теплом сбросном канале Березовской ГРЭС / В. В. Никитинский, А. В. Алехнович, В. Ф. Кулеш // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы III Междунар. научн. конф.; Минск-Нарочь, 17–22 сент. 2007 г. / Бел. гос. университет; редкол.: Т. М. Михеева (общ. ред.) [и др.]. – Минск, 2007. – С. 241.
10. *Alekhnovich, A. V.* The production of oriental river prawn *Macrobrachium nipponense* (De Haan) in fish-farm ponds of the cooling reservoir of the Bereza electric power station (Belarus) / A. V. Alekhnovich, V. F. Kulesh // Pond Aquaculture in Central and Eastern Europe in the 21 th. Century: collected transaction (International Workshop), Vodnany, Czech Republic, 2–4 May 2001 / European Aquacult. Soc. Spec. Publ.; Z. Adamek (ed.). – Vodnany, Czech Republic, 2002. – No 33. – P. 102–104.

SUMMARY

The size and sex structure of the *Macrobrachium nipponense* (De Haan) shrimp was analyzed at the end of the growing season in 2003 and 2014 in the warm discharge channel of Bereza power

plant. The number of males, females and juvenile shrimp individuals in shallow water and a depth of 3–4 m was set. It is concluded that the population of shrimp increased in 2014.

Поступила в редакцію 31.03.2015 г.