

УДК: 595.384.12-152.6

*В. Ф. Кулеш<sup>1</sup>, А. В. Алехнович<sup>2</sup>*

### **ФОРМИРОВАНИЕ РАЗМЕРНОЙ СТРУКТУРЫ И ЧИСЛЕННОСТИ ВОСТОЧНОЙ РЕЧНОЙ КРЕВЕТКИ В ТЕПЛОВОДНОЙ ПОЛИКУЛЬТУРЕ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ**

В условиях водоема-охладителя Березовской ГРЭС весеннее вселение дополнительного количества креветок *Macrobrachium nipponense* (De Haan) в земляные пруды обеспечило более чем трехкратное увеличение их биомассы через 100 суток выращивания в поликультуре с рыбой. Удельная скорость увеличения численности в течение вегетационного периода в тепловодных прудах составляла 0,025—0,029 сут<sup>-1</sup>. Размерная структура креветок в прудах и сбросном канале водоема-охладителя существенно различалась. Продуктивность *M. nipponense* в земляных прудах, питаемых подогретой водой водоема-охладителя умеренной зоны вполне сопоставима с таковой в прудах в естественных местобитаниях этого вида — субтропиках и тропиках.

**Ключевые слова:** восточная речная креветка *Macrobrachium nipponense*, выращивание, рыбоводные пруды, поликультура, продуктивность, подогретая сбросная вода ТЭС, Беларусь.

Восточная речная креветка *Macrobrachium nipponense* (De Haan) распространена в солоноватых и пресных водоемах Юго-Восточной Азии. В практике мирового промысла и аквакультуры она занимает второе место после гигантской пресноводной креветки *M. rosenbergi*. Наибольшее промышленное значение этот вид имеет в Китае, где его добывается более 120 000 т ежегодно, причем около 50% производится в аквакультуре [16, 19, 21].

Многолетние исследования показали, что восточную речную креветку, акклиматизированную в водоеме-охладителе (ВО) Березовской ГРЭС можно выращивать в прудовой аквакультуре на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции [3, 8—15]. В конце вегетационного сезона (начало октября) в земляных прудах в поликультуре с рыбой ее численность достигает 50—60 экз/м<sup>2</sup> [15] или 60—69 кг/га [11].

Продукцию восточной речной креветки в поликультуре с рыбой можно увеличить, помещая в пруды яйценосных самок [12]. В этой связи целью нашей работы был анализ динамики численности и продукции креветок в рыбоводном пруду при их дополнительном весеннем вселении, а также сравне-

© В. Ф. Кулеш, А. В. Алехнович, 2018

ние их размерной и половой структуры в прудах и сбросном (теплом) канале.

**Материал и методика исследований.** В качестве экспериментальных были выбраны два земляных рыбоводных пруда площадью 0,2 га, расположенные в системе тепловодного рыбного хозяйства. Пруды заполнены водой из водоема-охладителя Березовской ГРЭС (Брестская обл., Беларусь) в конце апреля для образования естественной кормовой базы.

Креветки на различных стадиях жизненного цикла (молодь, повозрелые особи) попадают в пруды при их заполнении водой из сбросного канала, а также в течение всего вегетационного сезона, когда требуется поддержать необходимый объем воды. На основании многолетних наблюдений за прудовой популяцией креветок можно уверенно констатировать, что в течение вегетационного сезона во всех, даже в разных по площади, прудах наблюдаются близкие значения их численности, полового и возрастного состава.

Показатели качества воды теплого сбросного канала приведены в таблице 1.

В пруд № 1 13—14 мая было помещено пять яйценосных самок с длиной тела от острия рострума до конца тельсона  $53 \pm 6$  мм, десять самок без яиц на плеоподах ( $50 \pm 7$  мм), 20 самцов ( $62 \pm 12$  мм) и 100 ювенильных особей ( $31 \pm 5$  мм). Пруд № 2 служил контролем. С 15 мая по 10 июня в пруды были посажены растительноядные рыбы: белый амур (*Ctenopharyngodon idella*), белый толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*), карп (*Cyprinus carpio*), буффало большеротый (*Ictiobus cyprinellus*) и сом европейский (*Silurus glanis*) (табл.2). Европейский сом отнерестился и осенью были собраны сеголетки. Кроме того, в пруд № 1 дополнительно был посажен пестрый толстолобик (*Hypophthalmichthys nobilis*).

Для контроля за ростом численности креветок пруды облавливали с периодичностью 20—30 суток. Для отлова использовали ловушки размером основания  $0,8 \times 1,25$  м ( $1 \text{ м}^2$ ) и высотой бортиков 8 см. Креветок измеряли от острия рострума до конца тельсона и регистрировали пол.

Динамика температуры в сбросном канале Березовской ГРЭС в прудах показана на рисунке 1.

Размерная структура особей в канале и прудах была проанализирована на нормальность распределения значений переменных. Согласие данных по размерной структуре с нормальным распределением оценивалось по статистике хи-квадрат ( $\chi^2$ ). Если уровень значимости  $\chi^2$  был  $> 0,05$ , различия не значимы и, следовательно, нулевая гипотеза не отбрасывается, т. е. распределение рассматриваемой переменной согласуется с нормальным.

Размерные характеристики креветок сравнивали по двухвыборочному критерию Колмогорова — Смирнова, поскольку он проверяет различия не только в средних значениях, но также чувствителен к форме распределения выборки [6] и позволяет адекватным образом интерпретировать результаты.

**1. Гидрохимические показатели воды из теплого сбросного канала Березовской ГРЭС**

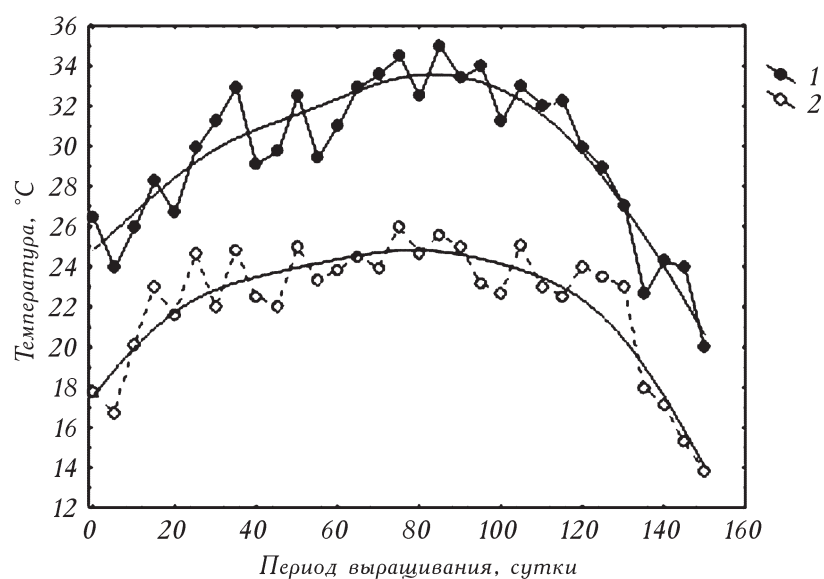
Показатели	18 июня 2007 г.	10 июня 2008 г.
рН	8,5	8,3
Содержание O <sub>2</sub> , мг/л	10,5	9,3
Общая жесткость, мг·экв./л	4,4	4,9
Железо, мг/л	0,05	0,04
NH <sub>3</sub> , ион, мг/л	0,15	0,13
NH <sub>4</sub> , ион, мг/л	0,02	0,01
Взвешенное вещество, мг/л	5,6	6,6
Сухой остаток, мг/л	333,6	303,0
Прокаленный остаток, мг/л	130,0	138,1
Окисляемость, мг O/л	21,0	20,0
БПК <sub>5</sub> , мг O/л	2,95	3,6
Кальций, мг/л	70,1	66,4
Хлориды, ион, мг/л	40,0	38,1
Карбонаты, мг/л	90,0	93,4
Сульфаты, ион, мг/л	15,7	19,8
Силикаты, мг/л	14,0	12,1
Магний, мг/л	10,9	12,8

Коэффициент вариации (*cv*, %) определяли как отношение дисперсии к среднему значению. Полученный материал обрабатывали с применением программного пакета STATISTIKA 6,0.

***Результаты исследований***

Восточная речная креветка — субтропический вид и в умеренных широтах основным фактором, определяющим период его размножения, является температура. Весной яйценосные самки появляются в ВО Березовской ГРЭС при достижении температуры воды 20°C [2]. Температура более 20°C держалась в экспериментальных прудах свыше 100 суток (см. рис. 1). Следует учитывать, что у самок развитие яиц на плеоподах продолжается и при более низкой температуре [5].

*Динамика численности.* Обычно в новых условиях обитания в период активного роста и размножения особей при плотности значительно ниже емкости среды их численность должна нарастать по экспоненте. Но если одновременно наблюдается высокая смертность особей, увеличение численно-



1. Динамика температуры в сбросном канале Березовской ГРЭС (1) и земляных прудах (2).

сти со временем может иметь линейную зависимость или вообще не изменяться.

Динамика плотности креветок в течение вегетационного периода в наших прудах характеризовалась низкими значениями коэффициентов детерминации ( $R^2$ ), которые изменялись от 0,17 до 0,57 независимо от принятой модели роста численности (экспоненциальной или линейной). Для анализа взята экспоненциальная модель роста численности креветок в прудах, поскольку в большинстве случаев  $R^2$  в данной модели был выше:

$$N = ae^{bt}, \quad (1)$$

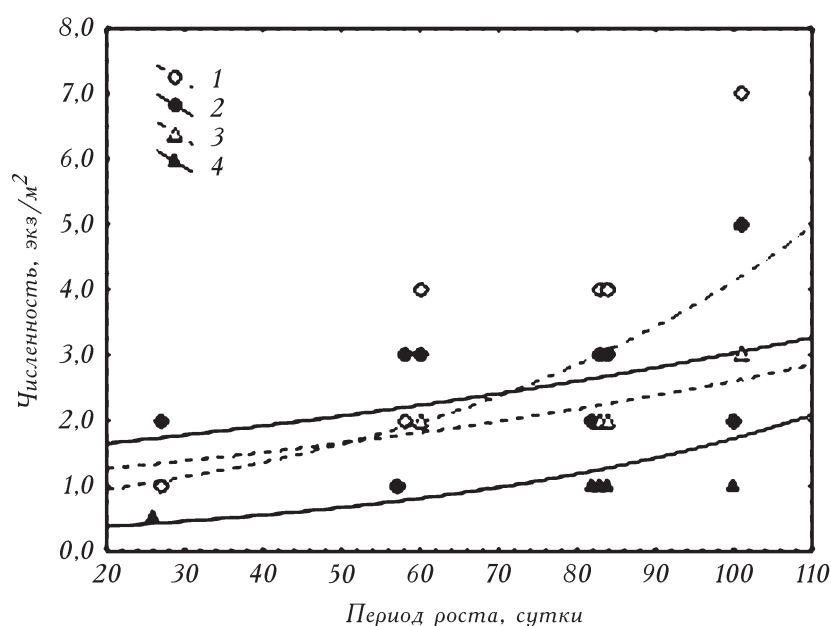
где  $N$  — численность креветок, экз /м<sup>2</sup>;  $\tau$  — продолжительность периода роста численности, сут;  $a$  и  $b$  — коэффициенты.

На рисунке 2 показан рост численности самцов и самок в прудах № 1 и 2. (Кривые увеличения общей численности всех креветок, а также ювенильных особей не отображены, поскольку это значительно ухудшило бы наглядность рисунка). Параметры экспоненциальных уравнений увеличения численности креветок в экспериментальных прудах представлены в таблице 3.

В пруд № 1 после заливки были вселены самки, самцы и молодь. Судя по параметрам уравнений, с максимальной скоростью нарастала численность молоди в экспериментальном пруду № 1, с несколько меньшей — самок и самцов из этого же пруда. Рост численности самцов в пруду № 2 статистиче-

2. Видовой состав и плотность рыб в течение вегетационного сезона в земляных прудах Березовской ГРЭС

Виды	Начальная плотность, 4.05—16.06				Конечная плотность 13.10 (118—162 сут)			
	экз/пруа	кг/пруа	экз/м <sup>2</sup>	кг/га	экз/пруа	кг/пруа	экз/м <sup>2</sup>	кг/га
Пруа № 1								
Сом европейский	2	6,0	0,001	30,0	2	7,2	0,001	36,0
Карп	100	9,5	0,050	47,5	90	40,5	0,045	202,5
Буффало большеротый	20	36,0	0,010	180,0	18	46,8	0,009	234,0
Амур белый	300	6,0	0,150	30,0	210	37,8	0,105	189,0
Толстолобик белый	400	12,0	0,200	60,0	320	102,4	0,160	512,0
Толстолобик пестрый	25	92,5	0,010	462,5	22	94,6	0,011	473,0
Сеголеток сома	—	—	—	—	~150	2,0	~0,075	10,0
Всего (без сеголетка)	847	162,0	0,424	810,0	662	329,3	0,331	1646,5
Всего	847	162,0	0,424	810,0	812	331,3	0,406	1656,5
Пруа № 2								
Сом европейский	2	6,0	0,001	30,0	2	7,4	0,001	35,0
Карп	100	9,5	0,050	47,5	87	39,2	0,044	196,0
Буффало большеротый	20	36,0	0,010	180,0	20	54,0	0,010	270,0
Амур белый	300	6,0	0,150	30,0	222	40,0	0,111	200,0
Толстолобик белый	400	12,0	0,200	60,0	340	108,8	0,170	544,0
Сеголеток сома	—	—	—	—	~170	3,4	~0,085	17,0
Всего (без сеголетка)	822	69,5	0,411	347,5	671	249,4	0,335	1247,0
Всего	822	69,5	0,411	347,5	841	252,8	0,421	1264,0



2. Динамика численности креветок в прудах в течение вегетационного сезона: 1, 2 — пруд № 1; 3, 4 — пруд № 2 (контроль); 1, 3 — самки, 2, 4 — самцы. Кривые согласно уравнениям: 1 — уравнению 3; 2 — 4; 3 — 7; 4 — 8. Точки — наблюдаемая численность креветок в период выращивания.

ски не значим, для самок коэффициент корреляции в экспоненциальном уравнении зависимости нарастания численности от времени был высоко значим ( $p = 0,0003$ ), в то время как для ювенильных особей и самцов из этого пруда он был статистически недостоверным. В то же время коэффициент корреляции между ростом численности и временем в обоих прудах был статистически значимым.

Показатель степени  $b$  в уравнениях характеризует удельную скорость роста численности рассматриваемой группы особей. В прудах она была выше у молодежи, чем у половозрелых особей. В целом же для всех особей в пруду № 1 этот показатель (уравнение 5) был ниже, чем в пруду № 2 (уравнение 9).

Основываясь на полученных уравнениях (5 и 9) численность креветок за 100 дней их выращивания в пруду № 1 достигнет  $19,0 \text{ экз./м}^2$ , в пруду № 2 —  $7,2 \text{ экз./м}^2$ . Для оценки биомассы возьмем средние размеры особей в экспериментальных прудах из табл. 4 (см. ниже) и с помощью уравнения связи сухой массы тела ( $W$ , мг) с длиной особи ( $L$ , мм) вида  $W = 0,0048 L^{2,776}$  [13], определим сухую массу одной креветки средних размеров. Для пруда № 1 она равна 348 мг, пруда № 2 — 264 мг. Считая, что сухая масса составляет 20% сырой, сырая масса креветки средних размеров в прудах № 1 и 2 будет соответственно 1,7 и 1,3 г. Следовательно, общая биомасса креветок в пруду № 1 через 100 дней выращивания составит  $32,3 \text{ г/м}^2$ , в пруду № 2 —  $9,4 \text{ г/м}^2$ .

**3. Параметры уравнений вида  $N = ae^{bt}$  взаимосвязи численности ( $N$ ) креветок с продолжительностью выращивания в прудах ( $t$ , сутки) в поликультуре с рыбой**

Пруд	Группы	$a$	$b$	$r^* (p)^{**}$	Количество измерений	№ уравнения
№ 1	Молодь	1,287	0,022	0,66 (0,05)	10	2
	Самки	0,650	0,019	0,67 (0,05)	9	3
	Самцы	1,413	0,008	0,37 (0,33)	9	4
	Все особи	1,529	0,025	0,64 (0,05)	10	5
№ 2	Молодь	1,061	0,016	0,50 (0,38)	6	6
	Самки	1,053	0,009	0,99 (0,00)	4	7
	Самцы	0,258	0,019	0,63 (0,18)	6	8
	Все особи	0,388	0,029	0,68 (0,04)	8	9

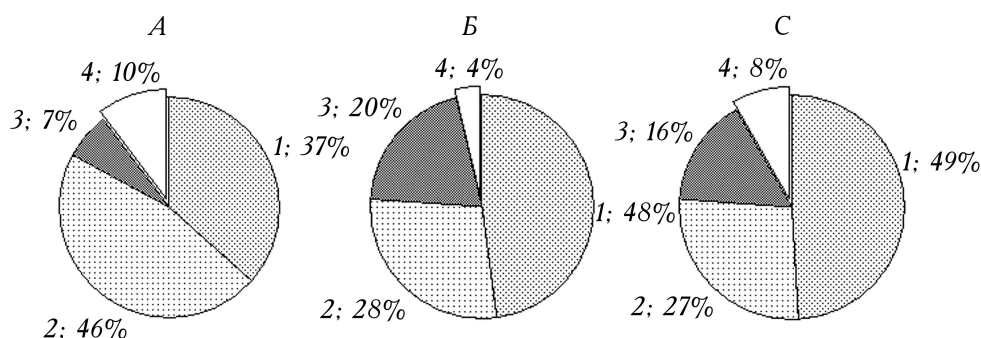
\* Коэффициент корреляции рассчитан между натуральным логарифмом численности и натуральным логарифмом соответствующего времени отбора проб, при этом численность особей, равная 1,0 экз/м<sup>2</sup>, была заменена на 1,001; \*\* уровень значимости.

Таким образом, несмотря на бóльшую плотность рыб в пруду № 1 (см. табл. 2), дополнительное вселение креветок в начале вегетационного сезона целесообразно, поскольку обеспечивает их бóльшую численность на единицу прудовой площади.

*Половая структура.* На рис. 3 показана половая структура креветок в экспериментальных прудах и сбросном канале в конце вегетационного сезона. Для прудов характерны близкие количества самцов и самок, в то время как в теплом канале доля самцов была меньше, что, возможно, является результатом различий в элиминации самцов и самок в этих биотопах. Количество яйценосных самок в прудах было более чем вдвое выше, чем в сбросном канале. В это время самки канала уже почти не размножаются, а в прудах, где температура воды ниже (см. рис. 1) длительность эмбрионального развития яиц дольше и самки присутствуют в большем количестве.

Таким образом, в октябре в сбросном канале доля самцов и яйценосных самок меньше, а ювенильных особей — больше, чем в прудах. Эти различия в структуре популяций креветок отражают особенности их жизнедеятельности в прудах при относительно низкой температуре и более высокой плотности хищников.

*Размерная структура.* Размерная структура особей в канале и прудах в конце вегетационного сезона (табл. 4) была проанализирована на нормальность распределения значений переменных. Выборки ювенильных особей были небольшими, поскольку невозможно обловить все размерные группы из-за их малых размеров и селективности орудий лова, поэтому размерную структуру молоди не анализировали.



3. Половая структура восточной речной креветки (13—15 октября) в сбросном канале (а) Березовской ГРЭС; пруду № 1 (б) и пруду № 2 (в): 1 — самцы, 2 — самки, 3 — яйценосные самки, 4 — молодь.

За исключением самок пруда № 1 ( $Ch^2 = 11,6, p = 0,2$ ) распределение самцов и самок в прудах в целом соответствует нормальному (пруд № 1 самцы —  $Ch^2 = 10,0, p = 0,6$ ; пруд № 2 самцы —  $Ch^2 = 7,0, p = 0,17$ ; пруд № 2 самки —  $Ch^2 = 13,3, p = 0,06$ ). Нормальному распределению соответствуют случаи сравнения, когда различия статистически не значимы ( $Ch^2 > 0,05$ ). Однако, как видим, уровень значимости близок к пороговому значению 0,05. Распределение самцов и самок в канале не соответствует нормальному, поскольку у самцов  $Ch^2 = 25,6, p = 0,0001$ , самок —  $Ch^2 = 10,9, p = 0,004$ .

Размерная структура суммарной выборки всех особей (самцов, самок, ювенильных особей) как из экспериментальных прудов, так и из сбросного канала не соответствует нормальному распределению (в канале  $Ch^2 = 28,9, p = 0,00006$ , в пруду № 1 —  $Ch^2 = 16,6, p = 0,02$ , № 2 —  $Ch^2 = 13,3, p = 0,04$ ). Если в суммарной выборке не учитывать ювенильных особей, то значения  $Ch^2$  еще больше возрастают и вероятность соответствия рассматриваемых распределений нормальному становится еще меньше.

В связи с тем, что размерная структура креветок во многих случаях не подчинена закону нормального распределения, для обработки данных применялась непараметрическая статистика. По критерию Колмогорова — Смирнова размерная структура самок из пруда № 2 и канала не имела достоверных различий ( $KS = 0,16, p > 0,1$ ). Во всех остальных случаях выборки различаются статистически значимо. Наименьший уровень значимости был при сравнения размерной структуры самцов из канала и из пруда № 2 ( $KS = 0,09, p < 0,025$ ), в других вариантах сравнения уровни значимости были меньше 0,001. Размерная структура популяции креветок (самцы, самки и молодь) канала достоверно отличалась от размерной структуры креветок пруда № 1 ( $KS = 0,30, p < 0,001$ ) и № 2 ( $KS = 0,19, p < 0,005$ ). Также достоверно различалась размерная структура креветок из прудов ( $KS = 0,22, p < 0,001$ ).

Максимальными коэффициентами вариации характеризуются самцы из сбросного канала. Во всех местообитаниях  $cv$  самцов был выше, чем самок. Значения этого показателя для самцов сопоставимы с общим  $cv$  для всей выборки креветок.



#### 4. Размерно-половая структура популяции восточной речной креветки из сбросного канала Березовской ГРЭС и земляных прудов

Группы	Длина тела, см			cv, %	Асимметрия	Количество измерений
	средняя $\pm$ sd	минимальная	максимальная			
Пруд № 1						
Самцы	6,02 $\pm$ 1,04	3,90	8,00	16,7	-0,1	90
Самки	5,19 $\pm$ 0,85	3,90	8,30	15,1	0,3	91
Молодь	3,27 $\pm$ 0,35	2,70	3,60	12,1	-0,8	7
Все особи	5,57 $\pm$ 1,09	2,70	8,30	19,6	0,1	188
Пруд № 2						
Самцы	5,49 $\pm$ 0,93	3,90	8,10	16,4	0,3	107
Самки	5,03 $\pm$ 0,71	3,80	7,00	12,2	0,9	93
Молодь	3,08 $\pm$ 0,41	2,40	3,80	12,9	0,1	18
Все особи	5,06 $\pm$ 1,02	2,40	8,10	29,6	0,02	218
Сбросной канал						
Самцы	5,23 $\pm$ 1,26	3,80	8,20	25,0	1,0	64
Самки	4,80 $\pm$ 0,72	3,80	7,30	14,6	1,4	93
Молодь	3,36 $\pm$ 0,33	2,70	3,80	8,8	-0,6	18
Все особи	4,81 $\pm$ 1,06	2,70	8,20	22,9	1,1	175

Особенности симметрии вариационного ряда размерной структуры также рассматривались только для половозрелых особей. Размерная структура самцов и самок характеризуется умеренной асимметрией, коэффициент практически во всех выборках самцов и самок, за исключением самцов из пруда № 1, имеет правостороннюю (положительную) асимметрию.

#### Обсуждение результатов

*Динамика численности.* В течение первых 100 сут численность креветок постоянно возрастала, т. е. пополнение превышало элиминацию и прудовые популяции не достигали максимальной емкости среды.

Ранее, до вселения креветок в ВО Березовской ГРЭС, была экспериментально оценена скорость увеличения их численности [7, 14]. В эксперименте отсутствовали хищники и ни пространство, ни обеспеченность пищей не являлись лимитирующими факторами. Полученные значения удельной скорости роста, рассчитанные за весь вегетационный период, были равны 0,03 сут<sup>-1</sup>. Этот показатель следует рассматривать как максимально возможный для этого вида креветок в условиях ВО Березовской ГРЭС.

Удельная скорость роста численности креветок (показатель степени в уравнениях экспоненциального роста) в прудах № 1 и 2 оказалась близкой к таковой в течение первого вегетационного периода после их вселения в ВО. В экспериментальном пруду численность креветок возрастала с несколько меньшей, но достаточно высокой удельной скоростью (см. табл. 3).

В прудах была высокая плотность рыб различных видов (см. табл. 2), несмотря на это удельная скорость роста численности креветок была близка к максимально возможной для данного местообитания. Для объяснения этого феномена следует принять во внимание, что количество креветок возросло не только благодаря размножению половозрелых особей непосредственно в прудах, но и при пополнении с током воды из сбросного канала.

В пруд № 1 на начальном этапе эксперимента дополнительно были запущены креветки, пополнение экспериментальной группы шло более интенсивно. В уравнениях 2—5 коэффициент  $a$  линейного увеличения численности был примерно в четыре раза большим, чем в уравнениях 5—8 (пруд № 2), то есть плотность креветок за равные промежутки времени в пруду № 1 увеличивалась бы примерно в четыре раза быстрее, чем в пруду № 2. Однако и смертность в пруду № 1 была выше, что в целом проявилось в несколько более низких значениях удельной скорости роста. Объяснения этих особенностей роста численности следует искать в видовом составе рыб и их плотности. Такие виды рыб, как сом европейский, карп, буффало большеротый, амур белый, белый толстолобик были в прудах примерно в равных количествах, а пестрый толстолобик — лишь в пруду № 1. Можно предположить, что различия в удельной скорости роста численности креветок в прудах определяются наличием в пруду № 1 пестрого толстолобика, который относится к зоо-фитопланктофагам, и активно потреблял их планктонных личинок. На остальных стадиях жизненного цикла креветки в прудах испытывали примерно одинаковый пресс хищников.

Роль рыб в регуляции численности креветок достаточно четко просматривается и в предыдущих исследованиях [15]. В прудах, где выращивалась молодь пестрого толстолобика с начальной плотностью  $6,3 \text{ экз/м}^2$ , численность креветок росла до первой декады августа (до  $58,0 \text{ экз/м}^2$ ), а затем начала постепенно снижаться и к началу октября составляла  $38,0 \text{ экз/м}^2$ . При этом средняя масса одной креветки в выборке увеличивалась в течение всего периода наблюдений. Очевидно, молодь пестрого толстолобика, подрастая, становится эффективным потребителем личинок креветок, определяя динамику их численности.

Ранее в трех земляных прудах, питающихся сбросной подогретой водой Березовской ГРЭС, нами были оценены производственные возможности креветок в поликультуре с карпом, белым амуром, белым и пестрым толстолобиком [3, 9, 10]. Установлено, что в конце августа плотность креветок достигала  $24,9 \text{ экз/м}^2$  и чем крупнее рыба, особенно карп, тем уязвимей креветки. Динамика их численности в отдельных рыбоводных прудах всегда характеризуется своеобразием и интерпретация получаемых результатов чрезвычайно сложна. Она определяется как видовым составом и общей массой рыб

в прудах, так и поступлением креветок на различных стадиях жизненного цикла с водой из теплого канала в течение вегетационного сезона.

Наличие пестрого толстолобика в пруду № 1 безусловно увеличило элиминацию креветок, но, несмотря на это, как показывают результаты наших расчетов, через 100 сут их биомасса составит 32,3 г/м<sup>2</sup>, в то время как в пруду № 2 — лишь 9,4 г/м<sup>2</sup>. Более высокая скорость увеличения численности креветок в пруду № 1 явилась результатом вселения в него дополнительного количества особей. Эффект от этого отмечался в течение всего периода наблюдения и обеспечил более чем трехкратное увеличение биомассы через 100 сут выращивания. Таким образом, одним из эффективных путей повышения численности креветок в поликультуре с рыбой в условиях ВО теплоэлектростанции является их вселение сразу же после весеннего заполнения прудов.

При выращивании *M. nipponense* в земляных прудах Вьетнама в течение 135—140 суток конечная биомасса составляла 24,0—44,4 г/м<sup>2</sup> [17], что вполне сопоставимо с нашими данными. Начальная средняя масса ювенильных особей в этих прудах составляла 0,18—0,28 г. В конце периода выращивания средняя масса одной креветки в прудах Вьетнама была выше (2,5—3,5 г) в сравнении с нашими данными (1,3—1,7 г), но во Вьетнаме креветок выращивали в монокультуре. Таким образом, креветки в прудах, питаемых подогретой водой ВО, в умеренной зоне создает биомассу вполне сопоставимую с таковой в прудах в пределах естественного ареала, хотя в первом случае креветки характеризуются меньшими средними размерами.

Продуктивность восточной речной креветки в прудовой поликультуре с рыбой сопоставима с аналогичными показателями гигантской тропической креветки, которая является основным объектом культивирования среди пресноводных креветок. Например, поликультура с рыбой золотой шайнер (*Notemigonus chrysoleucas*) в прудах Луизианы (США) позволяет получить 64,0 г/м<sup>2</sup> [22], а с тилапией (*Oreochromis niloticus*) — от 13,4 до 16,3 г/м<sup>2</sup> товарной креветки [23].

*Размерная структура.* Размерная структура — одна из важнейших характеристик, которая определяет особенности функционирования как особи, так и популяции [1, 4, 18]. В отдельных местообитаниях она статистически значимо различалась, за исключением размерной структуры самок из сбросного канала и пруда № 2. Можно предполагать, что из-за более высокой температуры (см. рис. 1), рост и развитие креветок в теплом канале интенсивнее, чем в прудах, и, следовательно, размерная структура также должна различаться. Однако полученные результаты свидетельствуют о том, что схожесть размерных структур самок в пруду № 2 и канале следует рассматривать как результат не внутривидовой, а межвидовой конкуренции и, прежде всего, зависимость от размеров жертвы потребления креветок рыбами. Положительная асимметрия в размерной структуре указывает на активное пополнение самок и самцов (за исключением пруда № 1) ювенильными особями.

Следует отметить определенные различия в изменениях дисперсии, средних размеров креветок и рассчитываемых на этой основе коэффициентов вариации. В целом *cv* как самок, так и самцов в прудах и сбросном канале были невысокими. Максимальными значениями (25%) характеризовались самцы из канала. В популяции восточной речной креветки из ВО Березовской ГРЭС самцы в целом характеризуются более широким размерным спектром [9]. У них ниже скорость увеличения численности, выше *cv*, чаще отмечаются исключения из общих закономерностей в изменении размерной структуры, чем у самок.

### Заключение

Субтропическая восточная речная креветка в рыбоводных прудах на водоеме-охладителе Березовской ГРЭС характеризуется высокой скоростью роста, создает значительную биомассу и должна рассматриваться как ценный промысловый вид, ростовые потенциалы которого в полной мере реализуются в водоеме-охладителе электростанции умеренных широт. В поликультуре с рыбами весеннее вселение дополнительного количества креветок обеспечило более чем трехкратное увеличение биомассы за 100 сут выращивания. В рыбоводных прудах на водоеме-охладителе умеренной зоны продуктивность восточной речной креветки вполне сопоставима с таковой в прудах, расположенных в естественном местообитании этого вида.

\*\*

*В умовах водойми-охолоджувача Березівської ДРЕС весняне вселення додаткової кількості креветок *Macrobrachium nipponense* (De Haan) у земляні ставки забезпечило більш ніж трикратне зростання їх біомаси через 100 діб вирощування у полікультурі з рибами. Питома швидкість зростання чисельності впродовж вегетаційного періода в у ставках становила 0,025—0,029 діб<sup>-1</sup>. Продуктивність креветок у земляних ставках в умовах водойми-охолоджувача помірної зони співставна з такою у ставках у природному ареалі цього виду — субтропіках і тропіках.*

\*\*

*Under conditions of cooling pond of the Berezovskaya Power Plant spring inoculation of shrimps of *Macrobrachium nipponense* (De Haan) in the earth ponds provided increase of their biomass more than trice after 100 days of cultivation in polyculture with fishes. The specific velocity of numbers increase over the growing season in warm-water ponds amounted to 0,025—0,029 day<sup>-1</sup>. The productivity of shrimps in the earth cooling pond of the temperate zone is comparable with productivity in the ponds in the natural habitats of this species — subtropics and tropics.*

\*\*

1. Алехнович А.В. Закономерности изменчивости количественных признаков у креветок // Докл. АН Беларуси. — 1996. — Т. 40, № 6. — С. 84—87.
2. Алехнович А.В. Кулеш В.Ф. Элементы экологии пресноводной креветки *Macrobrachium nipponense* (de Haan) при выращивании на сбросной воде Березовской ГРЭС // Животный мир Белорусского Полесья, охрана и рациональное использование: Тез. докл. област. научно-практ. конф, Гомель, окт. 1982 г. — Гомель: Гомельский гос. ун-т, 1982. — С. 167—170.

3. Алехнович А.В., Кулеш В.Ф. Продукционные возможности пресноводных креветок в составе макрозообентоса рыбоводных прудов на водоеме-охладителе Березовской ГРЭС // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы II междунар. науч. конф., Минск — Нарочь, 22—26 сент. 2003 г. — Минск: Белорус. гос. ун-т, 2003.— С. 393—396.
4. Алимов А.Ф. Масса животных и их функциональные и популяционные характеристики // Докл. РАН. — 2003. — Т. 390. № 1.— С. 132—135.
5. Аляхнович А.В. Уплыў тэмпературы на эмбрыянальнае развіццё прэснаводнай крэветкі // Весці АН БССР, сер. біял. навук. — 1983. — № 1. — С. 96—97.
6. Боровиков В. Искусство анализа данных на компьютере. — М.: Питер, 2003.— 686 с.
7. Гигиняк Ю.Г., Алехнович А., Кулеш В.Ф. Оценка скорости естественного увеличения популяции субтропической речной креветки в водоеме-охладителе Березовской ГРЭС // Животный мир Белорусского Полесья, охрана и рациональное использование: Тез. докл. III област. итог. науч. конф., Гомель, окт. 1983 г. — Гомель: Гомельский гос. университет, 1983. — С. 76—77.
8. Кулеш В.Ф. Перспективы прудовой поликультуры пресноводной креветки (*Macrobrachium nipponense* (De Naan)) с рыбой на сбросной воде теплоэлектростанции умеренной зоны // VII Всерос. конф. по промысл. беспозв.: Тез. докл., Мурманск, 9—13 окт. 2006 г.— Москва: ВНИРО, 2006. — С. 289—291.
9. Кулеш В.Ф. Биология культивирования промысловых видов пресноводных креветок и речных раков на теплых водах. — М.: Новое знание, 2012. — 328 с.
10. Кулеш В.Ф., Алехнович А.В. Товарная продукция пресноводных креветок при выращивании в тепловодной поликультуре с прудовыми видами рыб // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы II междунар. науч. конф., Минск — Нарочь, 22—26 сент. 2003 г. — Минск: Белорус. гос. ун-т, 2003.— С. 451—455.
11. Кулеш В.Ф., Алехнович А.В., Молотков Д.В. Потенциальные возможности получения товарной продукции пресноводных креветок при ведении тепловодной поликультуры с прудовыми видами рыб // Междунар. научно-практ. конф., посвященная 100-летию МТУ им. А. А. Кулешова: Материалы конф., Могилев, 20—22 февр. 2013 г. — Могилев: МТУ, 2013. — С. 492—495.
12. Патент 11303 ВУ, Способ выращивания товарной пресноводной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Naan) в умеренной климатической зоне / В. Ф. Кулеш, А. В. Алехнович // Официальный бюл. «Изобретения. Полезные модели. Промышленные образцы». — 2008. — № 5. — С. 44.
13. Хмелева Н.Н., Гигиняк Ю.Г., Кулеш В.Ф. Пресноводные креветки. — М.: Агропромиздат, 1988. — 128 с.

- 14 Хмелева Н.Н., Кулеш В.Ф., Алехнович А.В., Гигиняк Ю.Г. Экология пресноводных креветок. — Минск: Беларуская навука, 1997. — 253 с.
15. Alekhnovich A.V., Kulesh V.F. Production potential of oriental river prawn *Macrobrachium nipponense* (De Haan) in fish-farm ponds of the cooling reservoir of the Bereza electric power station (Belarus) // Pond Aquaculture in Central and Eastern Europe in the 21 th. Century, collected transaction (Internat. Workshop). — Vodnany, Czech Republic, 2002. — N 33. — P. 102—104.
16. Li J., Nie S., Feng J. et al. Dongwuxue zazhi // J. Shanghai Fish. Univ. — 2005. — Vol. 14, N 3. — P. 258—262.
17. Nguyen Q.A., Phan D.Ph., Phan Th.L.A. et al. Experiments on seed production and commercial culture of the freshwater prawn (*Macrobrachium nipponense*) // Proc. 6th Techn. Symp. on Mekong Fisheries, Pakse, Laos, 26—28 Nov. 2003. — Pakse: Mekong River Commission, 2003. — P. 105—113.
18. Demetrius L., Legendre S., Harremöes P. Evolutionary entropy: a predictor of body size, metabolic rate and maximal life span // Bull. Mathemat. Biol. — 2009. — Vol. 71. — P. 800 —818.
19. Miao W., Ge X. Freshwater prawn culture in China: an overview // Aquaculture Asia. — 2002. — Vol.VII, N 1. — P. 9 —12.
20. New M.B. Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). — Rome: FAO fisheries technical paper. — 2002. — N 428. — 215 p.
21. New M.B. Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future // Aquacult. Res. — 2005. — Vol. 36. — P. 210—230.
22. Perry W.G., Tarver J. Polyculture of *Macrobrachium rosenbergii* and *Notemigonus crysoleucas* // J. World Aquacult. Soc. — 1987. — Vol. 18, N 1. — P. 1—5.
23. Uddin M S., Rahman S. M., Azim M. E. et al. Effects of stocking density on production and economics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture in periphyton-based systems // Aquacult. Res. —2007. — Vol. 38. — P. 1759 —1769.

<sup>1</sup> Белорусский государственный педагогический университет, Минск, Беларусь

<sup>2</sup> Научно-практический центр Национальной Академии наук Беларуси по биоресурсам», Минск, Беларусь

Поступила 28.09.16