

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 595.384.16:591.9 (282.247.28)

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2022-67-1-75-83>

Поступила в редакцию 24.06.2021

Received 24.06.2021

А. В. Алехнович*Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, Республика Беларусь***ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА И ПЛОДОВИТОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ ШИРОКОПАЛОГО РАКА (*ASTACUS ASTACUS*) В ВОДОЕМАХ ЗАБРОШЕННЫХ КАРЬЕРОВ**

Аннотация. Изучение популяций широкопалого рака *Astacus astacus* в существующих с 1950–1960-х годов водоемах карьеров старого кирпичного завода Молодечненского района Минской области показало его наличие в 10 из них. Присутствие раков только в замкнутых, не связанных с водотоками карьеров указывает на прямое участие человека по созданию этих популяций. Популяции широкопалого рака в карьерах характеризуются высокой численностью. Средний улов угреловушками составил $1,31 \pm 0,77$ особи на 1 лов.-сут. На первом-втором году жизни раки в карьерах росли быстрее, чем в других местах обитания, но в последующем средние размеры особей в карьере были ниже, чем в целом по Беларуси. Раки старше 6 лет в карьерах не встречались, что указывает на наличие факторов, влияющих на высокую смертность особей старших возрастных групп. В то же время наличие благоприятных условий для роста молоди позволяет популяциям поддерживать их численность на высоком уровне. Причины такого явления неизвестны. Размеры широкопалого рака при достижении им половой зрелости и его плодовитость сопоставимы с таковыми в других местах обитания. В карьере минимальная длина яйценосной самки была 7,2 см. В размерном классе 7,0–7,9 см яйценосных самок было 16,7 %, в размерном классе 8,0–8,9 см – 38,8, в размерном классе 9,0–9,9 см – 70,6 %, в размерном классе 10,0–10,9 см все самки были яйценосными.

Популяции широкопалого рака в водоемах карьеров Молодечненского района следует рассматривать как донорские при проведении работ по интродукции в водоемы бассейна р. Неман.

Ключевые слова: широкопалый рак, рост, плодовитость, замкнутые карьеры, продолжительность жизни

Для цитирования: Алехнович, А. В. Возрастная структура и плодовитость популяций широкопалого рака (*Astacus astacus*) в водоемах заброшенных карьеров / А. В. Алехнович // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2022. – Т. 67, № 1. – С. 75–83. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2022-67-1-75-83>

Anatoly V. Alekhnovich*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Republic of Belarus***AGE STRUCTURE AND FECUNDITY OF THE NOBLE CRAYFISH POPULATIONS IN ABANDONED QUARRIES**

Abstract. The population of noble crayfish (*Astacus astacus*) was researched in quarries of an old brick plant in Molodechno district of Minsk region. Rare disappearing noble crayfish was found in 10 closed quarries. The presence of crayfish in closed quarries that are not connected with watercourses indicates that these populations were created by man. The population of noble crayfish in the quarries of an old brick factory is characterized by a high number. The average catch by eel traps was 1.31 ± 0.77 individuals/trap/day. Crayfish in the first and second year of life grew faster in quarries than in other habitats, but subsequently the average size of individuals in the quarry was smaller in comparison with the general model of noble crayfish growth in Belarus. Individuals that were older than 6 years have not been found in quarries. This indicates that there are factors that determine high mortality rate in older age groups. However, favorable conditions for the growth of juveniles allow the population to maintain their numbers at a high level. The reason for this phenomenon remains unknown. The size of noble crayfish individuals reaching puberty and the fertility is comparable to those from other habitats. In the quarry, the minimum length of an oviparous female was 7.2 cm. Egg-laying females in the 7.0–7.9 cm size class were 16.7 %, in the 8.0–8.9 cm size class – 38.8, in the 9.0–9.9 cm size class – 70.6 %, in the size class of 10.0–10.9 cm all the females were oviparous.

The population of noble crayfish from the quarries of Molodechno district should be considered as donor population for carrying out resettlement into the water bodies of the river Neman.

Keywords: noble crayfish, growth, fecundity, closed quarries, lifespan

For citation: Alekhnovich A. V. Age structure and fecundity of the noble crayfish populations in abandoned quarries. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2022, vol. 67, no. 1, pp. 75–83 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2022-67-1-75-83>

Введение. В Беларуси широкопалый рак *Astacus astacus* был внесен в первое (1981 г.), второе (1993 г.), третье (2004 г.) и четвертое (2015 г.) издания Красной книги Республики Беларусь [1]. В первом издании этот вид имел I категорию, во втором и последующих изданиях – III категорию национальной природоохранной значимости. Оценка риска вымирания этого вида была снижена в первую очередь из-за расширения наших знаний о численности и распространении этого вида в Беларуси. В настоящее время широкопалый рак в Беларуси характеризуется как уязвимый вид.

В Международной красной книге [2] *A. astacus* классифицируется как уязвимый вид, а в европейских странах рассматривается как самый важный вид раков с точки зрения сохранения его естественных местообитаний и запасов, а также использования в аквакультуре.

Численность широкопалого рака снижается как во всех странах Европы, так и в Беларуси. Причинами этого являются разрушение местообитаний и загрязнение водоемов, а также интродукция американских видов раков, которые угрожают аборигенному широкопалому раку через межвидовую конкуренцию и распространение инфекционных заболеваний [3].

В водоемах Беларуси уже не обнаруживаются популяции широкопалого рака в бассейне р. Припять, очень редок этот вид и для бассейна р. Неман. В то же время он все еще встречается в водоемах бассейнов рек Западная Двина и Днепр.

На фоне общего снижения численности вида наличие многочисленных популяций широкопалого рака в карьерах Молодечненского района Минской области является уникальным явлением. Карьеры были образованы в результате добычи глины во время работы кирпичного завода в 1950–1960-е годы, но уже в 1970-е годы завод прекратил свое существование и карьеры естественным путем были заполнены водой.

Широкопалый рак, очевидно, был вселен в карьеры человеком. В настоящее время в водных объектах Молодечненского района широкопалый рак встречается исключительно в техногенных карьерах и не обнаружен в естественных водных объектах.

Цель работы – проанализировать размерно-возрастную структуру, оценить плодовитость широкопалого рака в водоемах карьеров Молодечненского района Минской области.

Материалы и методы исследования. Работы проводились в карьерах Молодечненского района Минской области.

Общая характеристика карьеров. В районе исследований было установлено 18 карьеров возраста порядка 50–70 лет. Всего обследовано 10 карьеров (рис. 1), площадь которых составляла от 0,278 до 18,275 га. В каждом из них обнаружен широкопалый рак. Основные сборы полевого материала проведены на карьере № 1.

В период работы завода карьеры соединялись трубами в единое целое. Но в настоящее время проходящая асфальтированная дорога делит карьеры на две неравные части, в которых карьеры соединены между собой трубами. В период высокой воды раки могут перемещаться из одного водоема в другой.

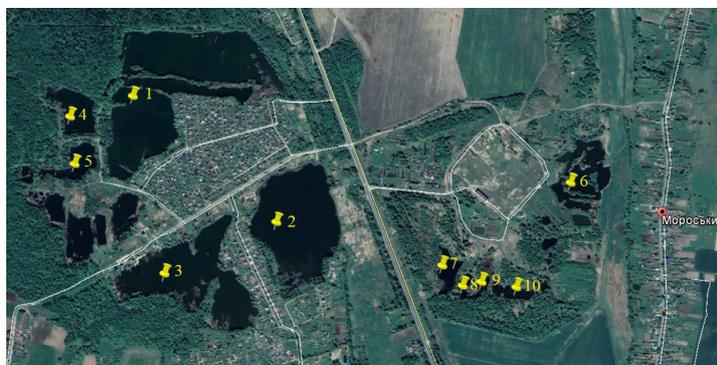


Рис. 1. Места сбора проб по изучению широкопалого рака в карьерах старого кирпичного завода у д. Мороськи Молодечненского района Минской области

Fig. 1. Sampling sites for the spread of noble crayfish in the quarries of an old brick factory near the village of Moroski, Molodechno district

Карьеры характеризуются различной глубиной, преимущественная глубина – 3–4 м, но есть и глубиной до 20 м. В силу специфики береговой линии в большинстве карьеров нет мелководий, но несколько больших водоемов, в том числе и карьер №1, имеют достаточно обширные мелководья. По берегам карьеров и особенно карьеров № 1–5 расположены дачные кооперативы.

Химический состав воды карьера № 1 по результатам ноябрьских проб 2012 г.: Р – 0,24 мг/л, NO_3 – 1,3, Fe – 0,11, NH_4 – 0,62, своб. Cl – 0,07, Ca – 111,0, Mg – 23,0 мг/л.

Содержание биогенов в карьере находится в пределах нормы, характеризующей слабоэвтрофный водоем. На жизнедеятельность раков положительно влияют высокое содержание кальция [4], а также гидрохимические параметры воды в целом.

Карьеры обильно заросли погруженной водной растительностью – рдестами, элодеей, урутью и др. Но надводная растительность в виде тростника, рогоза представлена только в отдельных местах и преимущественно узкой полоской вдоль берегов.

Температура воды в период исследований имела следующие значения: 03–04.XI.2012 – 4–5 °С, 24.IV.2018 – 8–9, 15–16.V.2019 – 12, 16–17.X.2019 – 9–10, 23–25.VIII.2020 – 18–19 °С.

Распространение, размерно-возрастную структуру и плодовитость раков оценивали с помощью угреловушек. Описание ловушек приведено в работе [5].

Ловушки устанавливали в водоемах на глубине от 1 до 5 м, ежедневно просматривали, изымали раков и переставляли на новое место.

Численность раков, пойманных с помощью ловушек, рассчитывали как количество раков на ловушку за сутки.

Для определения возраста раков анализировали кумулятивную функцию распределения размеров выловленных особей и сравнивали ее с показателями нормального распределения, отклонение от которых позволяло выделить отдельные размерные классы и интерпретировать их как возрастные.

Сбор проб по определению плодовитости проводили в середине мая, т. е. в конце периода эмбрионального развития яиц перед выходом личинок (E_{pl}). Снятые с отловленных самок яйца подсчитывали и взвешивали.

Раков измеряли от острия роострума до конца тельсона (TL) и взвешивали с точностью до 0,01 г. Анализ полученных результатов проводили отдельно для самцов и самок.

Для математической обработки использовали программу Statistica 6.0.

Результаты исследования. Уловы раколовочек в обследованных карьерах колебались в широких границах – от 0,1 до 6,0 экз/лов.-сут. Для карьера № 1 среднесуточные уловы раколовочек для разных лет сбора представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Средние суточные уловы широкопалого рака (инд. \pm среднеквадр. отклонение) раколовочками разной конструкции в карьере № 1

Table 1. Average daily catches of crayfish (ind. \pm standard deviation) from quarry No. 1, caught by traps of different designs

Дата отбора проб	Самцы		Самки	
	Вентеря	Угре-ловушки	Вентеря	Угреловушки
03–04.XI.2012	0,51 \pm 0,23	1,06 \pm 0,29	0,20 \pm 0,05	0,33 \pm 0,13
24.IV.2018	–	2,33	–	0,78
15–16.V.2019	6,94 \pm 8,57	1,96 \pm 0,02	1,33 \pm 1,63	0,95 \pm 0,12
16–17.X.2019	0,68 \pm 0,06	1,93 \pm 0,30	0,14 \pm 0,11	0,50 \pm 0,11
23–25.VIII.2020	1,44 \pm 0,51	1,77 \pm 0,27	2,17 \pm 1,30	2,25 \pm 0,78

Средние уловы, рассчитанные для одной ловушки, характеризовались высокой изменчивостью. В смежные дни наблюдений в разных местах карьера уловы могли различаться в 2 раза, вследствие чего в отдельных случаях дисперсия оказывалась выше среднего значения. Для всех периодов наблюдений средний улов угреловушками составил $1,31 \pm 0,77$ особи на 1 лов.-сут.

Во всех случаях наблюдений, за исключением августа, средние уловы самцов превышали средние уловы самок и только в августе уловы самок были выше уловов самцов.

Длина самцов в уловах изменялась от 3,6 до 13,5 см и колебалась в среднем от 9,14 до 11,30 см (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Средние размеры самцов, отловленных в разное время в карьере № 1

T a b l e 2. Average size of males from quarry No. 1, caught in different times

Дата отбора проб	К-во самцов	Длина самцов, см			Дисперсия
		средняя	минимальная	максимальная	
03–04. XI.2012	144	9,21	3,6	12,7	1,53
24.04.2018	84	9,15	6,3	12,4	1,10
15–16.V.2019	181	9,14	6,8	11,8	0,94
16–17.X.2019	138	9,33	6,4	11,3	0,98
23–25.VIII.2020	217	10,14	5,4	12,8	1,10

Длина самок в уловах раколовков изменялась от 5,0 до 10,9 см и колебалась в среднем от 7,72 до 9,35 см (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Средние размеры самок, отловленных в разное время в карьере № 1

T a b l e 3. Average size of females caught in different times in quarry No. 1

Дата отбора проб	К-во самок	Длина самок, см			Дисперсия
		средняя	минимальная	максимальная	
03–04. XI.2012	54	7,72	5,0	10,9	1,35
24.04.2018	28	8,60	7,4	10,7	0,96
15–16.V. 2019	71	8,59	6,9	10,7	0,80
16–17.X.2019	36	8,15	5,2	9,7	0,98
23–25.VIII.2020	282	9,35	7,2	10,9	0,63

Средние размеры как самцов, так и самок, отловленных в 2020 г., достоверно отличались от средних размеров самцов и самок ($p = 0,00$), собранных в другие годы. Во всех остальных случаях сбора материала различий либо не установлено, либо уровень их значимости был низким.

Анализ сборов, проведенных в августе 2020 г., показал достоверное увеличение средних размеров особей в карьере № 1, но в целом размеры особей в карьере были невысокими.

Размерно-весовое соотношение самцов и самок по сборам октября 2019 г. показано на рис. 2, 3.

Зависимость массы самца от длины определяли с помощью уравнения $W = 0,0116TL^{3,4608}$ ($R^2 = 0,9519$).

Зависимость массы самки от длины определяли с помощью уравнения $W = 0,0193TL^{3,1969}$ ($R^2 = 0,9218$).

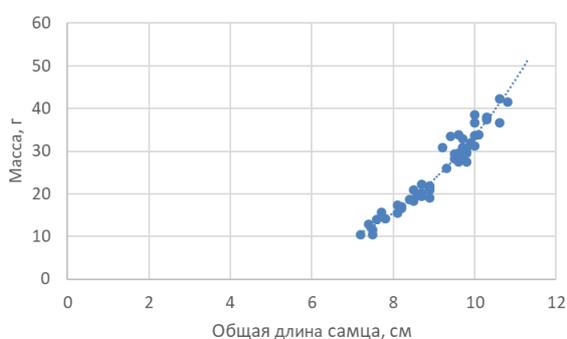


Рис. 2. Зависимость массы самца (W , г) от длины (TL , см) (октябрь 2019 г.)

Fig. 2. Dependence of the mass of males (W , g) on the length (TL , cm) (October 2019)

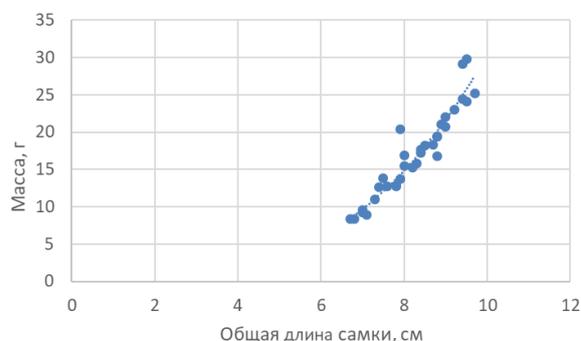


Рис. 3. Зависимость массы самок (W , г) от длины (TL , см) (октябрь 2019 г.)

Fig. 3. Dependence of the mass of females (W , g) on the length (TL , cm) (October 2019)

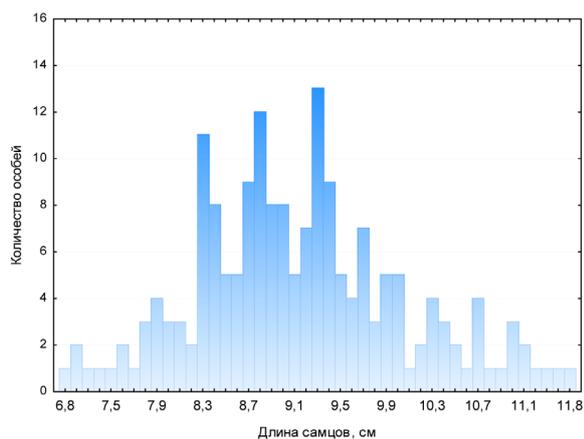


Рис. 4. Размерная структура самцов карьера № 1, собранных 15–16 мая 2019 г.

Fig. 4. Size structure of males from quarry No. 1, collected on May 15–16, 2019

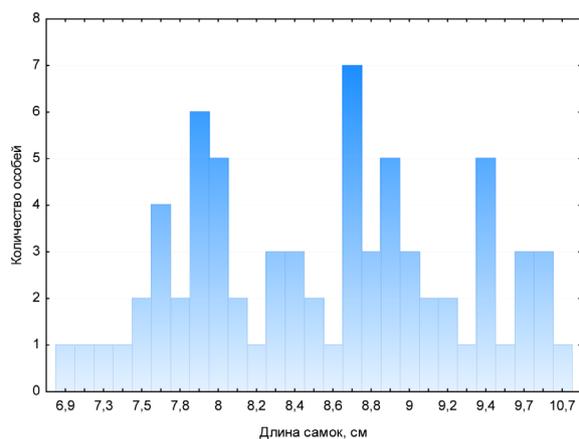


Рис. 5. Размерная структура самок карьера № 1, собранных 15–16 мая 2019 г.

Fig. 5. Size structure of females from quarry No. 1, collected on May 15–16, 2019

У самцов скорость увеличения массы с увеличением длины выше, чем у самок. У самцов с TL 10 см в сравнении с самцами с TL 9 см масса увеличивается на 13,1 г, а у самок таких же размеров – только на 10,8 г.

Для выделения возрастных групп были проанализированы сборы мая 2019 г. (рис. 4, 5) как наиболее многочисленные.

Анализ размерной структуры раков карьера № 1 по выборке мая 2019 г. с использованием вероятностно-статистических методов позволил выделить возрастные группы (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Размерно-возрастная структура широкопалого рака карьера № 1 (май 2019)

T a b l e 4. Size and age structure of noble crayfish career No. 1 (May 2019)

Показатель	Возраст, лет				
	2	3	4	5	6
Длина, см:					
самцы	6,8–7,2	7,4– 8,5	8,6–10,0	10,1–11,2	11,2–11,8
самки	6,9–7,3	7,4– 8,2	8,3–9,0	9,1–9,7	10,3–10,7

С возраста 4 года и больше самки начинают отставать в росте от самцов.

В карьере № 1 минимальная длина яйценосной самки была 7,2 см. В размерном классе 7,0–7,9 см яйценосных самок было 16,7 %, в размерном классе 8,0–8,9 см – 38,8, в размерном классе 9,0–9,9 см – 70,6 %, размерном классе 10,0–10,9 см все самки были яйценосными.

Таким образом, в карьерах половое созревание у широкопалого рака начинается в возрасте 3 года, в возрасте 4 года 2/3 самок несут яйца на плеоподах. Самки в возрасте 5 лет все являются половозрелыми и участвуют в размножении.

Размножение и откладка яиц на плеоподы у самок широкопалого рака в карьерах начинаются с первых чисел ноября, выклев личинок – в начале июня. Самки вынашивают яйца 6–7 мес. В период вынашивания яиц часть их неизбежно по тем или иным причинам теряется. В связи с этим различают овариальную плодовитость – количество яиц, которые отложила самка на плеоподы осенью, и плодовитость перед выходом личинок из яиц.

Плодовитость самок перед выклевом личинок показана на рис. 6.

Зависимость плодовитости самок перед выклевом личинок (F_{pl}) от общей длины самки (TL , см) описывается линейным уравнением $F_{pl} = 26,156TL - 126,08$ ($r = 0,61$, $p = 0,0359$).

Средняя сырая масса одного яйца составила $0,0157 \pm 0,0018$ г. Масса одного яйца увеличивается с увеличением общей длины самки ($t = 0,631$, $p = 0,037$).

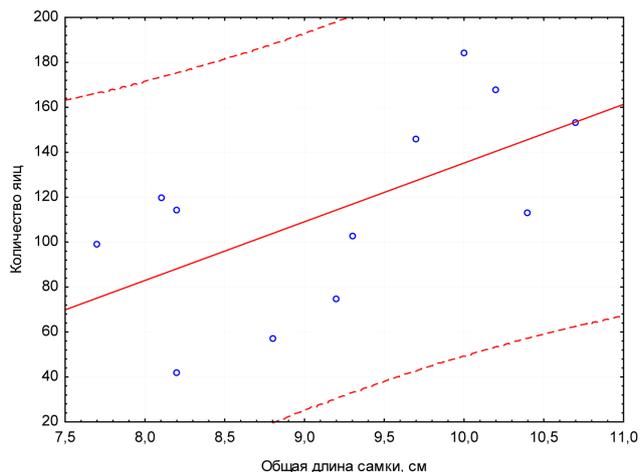


Рис. 6. Плодовитость самок перед выклевом личинок широкопалого рака карьера № 1 в зависимости от их длины (0,95 %-ный доверительный интервал)

Fig. 6. Fertility of noble crayfish female individuals before hatching of larvae from quarry No. 1, depending on their length (0.95 % confidence intervals)

берег карьера № 1 плотно застроен дачными домиками, карьер во все поры года активно используется рыбаками. Широкопалый рак – краснокнижный вид, но, тем не менее, нет сомнений, что люди участвуют в его отлове. Однако ни загрязнения, поступающие в карьер с дачных участков, ни прямой вылов не сказываются катастрофически на популяции раков. За период с 2012 по 2020 г. численность раков даже несколько увеличилась.

Определение возраста раков представляет собой чрезвычайно сложную задачу. В обобщающей сводке по росту раков [6] отмечено, что выделение возрастных групп на основе вероятностно-статистических методов анализа размерной структуры популяции либо путем прямых экспериментальных работ по выращиванию раков известного возраста следует отнести к одним из основных методов. Опыт исследователя, его знания биологии вида в этом отношении играют не последнюю роль.

В карьере № 1 не обнаружено особей старше 6 лет. В работе [7] приводятся значения параметров роста широкопалого рака без учета пола особей (табл. 5).

Т а б л и ц а 5. Размерно-возрастная структура популяции широкопалого рака, полученная по средним для водоемов Беларуси значениям [7]

Table 5. Size-age structure of the population of noble crayfish, obtained from the average values for water bodies of Belarus [7]

Показатель	Возраст, лет							
	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина, см	6,34	8,46	10,08	11,33	12,28	13,02	13,58	14,01

В сравнении с обобщенными данными по возрастной структуре широкопалого рака продолжительность жизни раков в карьере № 1 не превышала 6 лет. Очевидно, существуют какие-то факторы, которые увеличивают смертность старших возрастных групп до 100 %.

Вторая особенность роста раков в карьере – это высокая скорость роста молоди. В возрасте 2 года средние размеры раков в карьере выше обобщенной модели, но средние размеры особей в возрасте 3–6 лет уже меньше.

Важной характеристикой жизненного цикла рака являются его возраст и размер при достижении половозрелости. Самки широкопалого рака становятся половозрелыми при длине 70–85 мм [8]. В условиях Литвы самцы достигают половой зрелости на третьем году жизни при длине 70 мм, самки – на четвертом году жизни при длине 80 мм [4]. В водоемах Скандинавии самки

Обсуждение. В карьере № 1 в сравнении с другими местами обитания этого вида в Беларуси численность широкопалого рака одна из наибольших. Уловы на 1 лов.-сут составляют 1,39–4,02 особи. Высокие уловы дают основание рекомендовать популяцию широкопалого рака карьеров как донорскую для расселения и создания новых популяций. Карьеры относятся к бассейну р. Неман, где встречаемость широкопалого рака чрезвычайно низкая [5]. Это многократно повышает значимость популяции широкопалого рака в водоемах карьеров как единственного многочисленного резервата раков в данном бассейне.

Высокая численность раков в карьере указывает на благоприятные условия обитания, несмотря на техногенные изменения ландшафта и высокую антропогенную нагрузку на данный район. Южный и юго-западный

созревают на четвертое лето, самцы – на третье [9]. Минимальная длина половозрелых самок не остается постоянной и варьируется от года к году. Например, в оз. Steinfiord в 1981 г. минимальные размеры половозрелых самок были 78 мм, в 1982 г. – 75, в 1983 г. – 70 мм [10]. Размеры и возраст половозрелости самок широкопалого рака широко варьируются как внутри одной популяции, так и между популяциями. В Норвегии в оз. Вэлерен минимальные размеры половозрелой самки были 62 мм, в реке Глоба – 80 мм [11]. В Финляндии половозрелая самка с яйцами в пруду была длиной 59 мм и массой 7,8 г. Большинство самок больше 70 мм были половозрелыми [12]. Если в Скандинавии широкопалый рак созревает на 4–6-е лето и имеет размеры 60–80 мм, то в экспериментальных условиях при выращивании в аквариумах и температуре 20 ° две самки после 13 мес. выращивания отложили неоплодотворенные яйца. Длина карапакса яйценосных самок – 28,7 и 32,2 мм [13], что соответствует 58 и 65 мм общей длины. Но в целом в естественных местообитаниях (озерах и реках) половозрелыми самки широкопалого рака становятся при длине тела от 62 до 85 мм [15].

В белорусском оз. Каравайно (северная часть Беларуси) минимальные размеры яйценосных самок были 79 мм, в карьере – 72 мм.

Таким образом, учитывая возрастную структуру популяции, можно утверждать, что в карьере № 1 самки начинают созревать в возрасте 2+. В возрасте 3 года доля половозрелых самок составляет 39 %, и только в возрасте 5 лет все самки становятся половозрелыми и ежегодно участвуют в вынашивании яиц. Отметим, что в оз. Каравайно самки в возрасте 3+ все становятся половозрелыми и 95,6 % из них вынашивают яйца на плеоподах [15]. В Финляндии от 54 до 95 % половозрелых самок могут не участвовать ежегодно в размножении [16], в Норвегии этот показатель изменяется в пределах от 8 до 74 % [11]. В условиях Беларуси все половозрелые самки широкопалого рака ежегодно участвуют в размножении и несут яйца на плеоподах.

Весной (перед выклевом личинок) плодовитость одноразмерных самок может колебаться в широких пределах. Так, плодовитость особей длиной 90 мм из озер Финляндии, Норвегии, Дании варьируется от 87 до 154 яиц [14]. В оз. Каравайно плодовитость самок длиной 9,0 см составляет 93 яйца, в карьере № 1 – 109 яиц, т. е. плодовитость примерно одинаковая. В норвежском оз. Steinfiord самки длиной 9,0 см весной имеют плодовитость 120 яиц. В то же время в большинстве случаев различия в плодовитости одноразмерных групп самок широкопалого рака из разных популяций статистически недостоверны [16].

Для анализа возможной зависимости массы одного яйца от размеров или массы самки следует брать яйца в период их откладки на плеоподы. Поскольку в процессе эмбрионального развития сырая масса одного яйца становится больше из-за увеличения процентного содержания воды в яйце, увеличение сырой массы одного яйца с увеличением размеров особи указывает на то, что крупные самки раньше приступают к откладке яиц и, следовательно, их яйца находятся на более поздних стадиях эмбрионального развития.

Заключение. Таким образом, широкопалый рак из карьера № 1 характеризуется высокой численностью и ранним половым созреванием. Плодовитость самок перед выклевом личинок в карьерах сопоставима с плодовитостью вида в других местах обитания. Максимальная продолжительность жизни особей широкопалого рака в карьере составляет всего 6 лет, что указывает на наличие факторов, влияющих на высокую смертность старших возрастных групп. В то же время благоприятные условия роста молоди позволяют популяции поддерживать свою численность на высоком уровне. Популяции широкопалого рака в водоемах карьеров Молодечненского района следует рассматривать как донорские при проведении работ по интродукции в другие водоемы бассейна р. Неман.

Благодарности. Работы по изучению широкопалого рака проведены при поддержке проекта ПРООН-ГЭФ «Устойчивое управление лесными и водно-болотными экосистемами для достижения многоценных преимуществ» («Ветландс»).

Acknowledgements. Works on the study of noble crayfish were carried out with the support of supported by the project UNDP/GEF entitled “Conservation-Oriented Management of Forests and Wetlands to Achieve Multiple Benefits” (“Wetlands”).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алехнович, А. В. Широкопалый рак / А. В. Алехнович // Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / под ред. И. М. Качановского. – Минск, 2015. – С. 259–260.
2. *Astacus astacus*, Noble Crayfish / L. Edsman [et al.]. // The IUCN Red List of Threatened Species 2010, art. e.T2191A9338388. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T2191A9338388.en>
3. Алехнович, А. В. Речные раки Беларуси в современных условиях: распространение, динамика численности, продукционно-промысловый потенциал / А. В. Алехнович. – Минск : Беларус. навука, 2016. – 303 с.
4. Цукерзис, Я. М. Речные раки / Я. М. Цукерзис ; ред. В. Л. Контримавичюс. – Вильнюс : Моксклас, 1989. – 142 с.
5. Алехнович, А. В. Современное распространение речных раков (Decapoda: Astacidae, Cambaridae) в водоемах бассейна реки Неман на территории Беларуси / А. В. Алехнович, Д. В. Молотков, К. Сливинска // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2020. – Т. 65, № 2. – С. 182–190.
6. Reynolds, J. D. Growth and reproduction / J. D. Reynolds // *Biology of freshwater crayfish* / ed. D. M. Holdich. – Oxford, 2002. – P. 152–191.
7. Алехнович, А. В. Параметры уравнений группового роста в популяциях широкопалого рака *Astacus astacus* / А. В. Алехнович // Вестн. БГУ. Сер. 2: Химия. Биология. География. – 2016. – № 1. – С. 20–25.
8. Skurdal, J. Size and sex composition of noble crayfish *Astacus astacus* L. in trap catches in lake Steinsfjorden / J. Skurdal, T. Qvenild, T. Taugbol // *Freshwater Crayfish*. – 1995. – Vol. 8. – P. 249–256.
9. Ackefors, H. Observations on the yearly life cycle of *Astacus astacus* in a small lake in Sweden / H. Ackefors // *Freshwater Crayfish*. – 1999. – Vol. 12. – P. 413–429.
10. Skurdal, J. Growth, maturity and fecundity of *Astacus astacus* in Lake Steinsfjorden, S. E. Norway / J. Skurdal, T. Qvenild // *Freshwater Crayfish*. – 1986. – Vol. 6. – P. 182–186.
11. Taugbol, T. Maturity and fecundity of *Astacus astacus* females in Norway / T. Taugbol, J. Skurdal, E. Fjeld // *Freshwater Crayfish*. – 1988. – Vol. 7. – P. 107–114.
12. Tulonen, J. Growth rate, survival and reproduction of noble crayfish (*Astacus astacus* (L.)) and signal (*Pacifastacus leniusculus* (Dana)) under similar rearing conditions / J. Tulonen, E. Erkamo, J. Kirjavainen // *Freshwater Crayfish*. – 1995. – Vol. 10. – P. 623–629.
13. Moulting, growth, survival and color of crayfish *Astacus astacus* (L.) juveniles fed diets with and without green plant material and maintained in individual cages and communal tanks / P. Henttonen [et al.]. // *Freshwater Crayfish*. – 1993. – Vol. 9. – P. 426–441.
14. Skurdal, J. Do we need harvest regulations for European crayfish? / J. Skurdal, T. Taugbøl // *Rev. Fish Biol. Fish.* – 1994. – Vol. 4. – P. 461–485. <https://doi.org/10.1007/bf00042890>
15. Алехнович, А. В. Мониторинг популяции широкопалого рака *Astacus astacus* (L.) в озере Каравайно, Беларусь / А. В. Алехнович, В. М. Байчоров, В. Ф. Кулеш // Вес. БДПУ. Сер. 3. Фізика. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2011. – № 1. – С. 17–25.
16. Savolainen, R. Fecundity of finnish noble crayfish, *Astacus astacus* L., and signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, in various natural habitats and in culture / R. Savolainen, K. Westman, M. Pursiainen // *Freshwater Crayfish*. – 1996. – Vol. 11. – P. 319–338.

References

1. Alekhovich A. V. The noble crayfish. Red Book of the Republic of Belarus. Rare and endangered species of wild animals. Minsk, 2015, pp. 259–260 (in Russian).
2. Edsman L., Füreder L., Gherard, F., Souty-Grosset C. *Astacus astacus*. Noble Crayfish. The IUCN Red List of Threatened Species 2010, art. e.T2191A9338388. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T2191A9338388.en>
3. Alekhovich A. V. Freshwater crayfish in Belarus in modern conditions: distribution, population dynamics, production and fishing potential. Minsk, Belaruskaya nauka Publ., 2016. 303 p. (in Russian).
4. Tsukerzys Ya. M. *River crayfish*. Vilnius, Moksklas Publ., 1989. 142 p. (in Russian).
5. Alekhovich A. V., Molotkov D. V., Slivinska K. The current distribution of the freshwater crayfish (Decapoda: Astacidae, Cambaridae) in the Neman River basin in Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalyagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, vol. 65, no. 2, pp. 182–190 (in Russian).
6. Reynolds J. D. Growth and reproduction. *Biology of Freshwater crayfish*. Oxford, 2002, pp. 152–191.
7. Alekhovich A. V. Parameters of group growth equations in populations of noble crayfish *Astacus astacus*. *Vestnik BGU. Seriya 2: Khimiya. Biologiya. Geografiya* [BSU Bulletin. Series 2: Chemistry. Biology. Geography], 2016, no. 1, pp. 20–25 (in Russian).
8. Skurdal J., Qvenild T., Taugbol T. Size and sex composition of noble crayfish *Astacus astacus* L. in trap catches in lake Steinsfjorden. S. E. Norway: effect of exploitation. *Freshwater Crayfish*, 1995, vol. 8, pp. 249–256.
9. Ackefors H. Observations on the yearly life cycle of *Astacus astacus* in a small lake in Sweden. *Freshwater Crayfish*, 1999, vol. 12, pp. 413–429.
10. Skurdal J., Qvenild T. Growth, maturity and fecundity of *Astacus astacus* in Lake Steinsfjorden. S. E. *Freshwater Crayfish*, 1986, vol. 6, pp. 182–186.

11. Taugbol T., Skurdal J., Fjeld E. Maturity and fecundity of *Astacus astacus* females in Norway. *Freshwater Crayfish*, 1988, vol. 7, pp. 107–114.
12. Tulonen J., Erkamo E., Kirjavainen J. Growth rate, survival and reproduction of noble crayfish (*Astacus astacus* (L.)) and signal (*Pacifastacus leniusculus* (Dana)) under similar rearing conditions. *Freshwater Crayfish*, 1995, vol. 10, pp. 623–629.
13. Henttonen P., Huner J. V., Lindqvist O. V., Henttonen L., Pitkanien J. Moulting, growth, survival and color of crayfish *Astacus astacus* (L.) juveniles fed diets with and without green plant material and maintained in individual cages and communal tanks. *Freshwater Crayfish*, 1993, vol. 9, pp. 426–441.
14. Skurdal J., Taugbøl T. Do we need harvest regulations for European crayfish? *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1994, vol. 4, pp. 461–485. <https://doi.org/10.1007/bf00042890>
15. Alekhovich A. V., Baytchorov V. M., Kulesh V. F. Monitoring the population of noble crayfish *Astacus astacus* (L.) in Lake Karavaino, Belarus. *Vesti BDPU. Seriya 3. Fizika. Matematika. Infarmatyka. Biyalogiya. Geografiya* [Proceedings of BSPU. Series 3. Physics. Mathematics. Informatics. Biology. Geography.], 2011, no. 1, pp. 17–25 (in Russian).
16. Savolainen R., Westman K., Pursiainen M. Fecundity of finnish noble crayfish, *Astacus astacus* L., and signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, in various natural habitats and in culture. *Freshwater Crayfish*, 1996, vol. 11, pp. 319–338.

Информация об авторе

Алехнович Анатолий Васильевич – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: Alekhovichav@gmail.com

Information about the author

Anatoly V. Alekhovich – Ph. D. (Biol.), Leading Researcher. Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Alekhovichav@gmail.com