

## Влияние промыслового лова на размерную и возрастную структуру популяций длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus*

А. В. Алехнович

Научно-практический центр Национальной академии наук (НАН) Беларуси по биоресурсам,  
г. Минск, Республика Беларусь;  
e-mail: [alekhnovichav@gmail.com](mailto:alekhnovichav@gmail.com)

### Информация о статье Реферат

Поступила  
в редакцию  
01.03.2023;

получена  
после доработки  
06.04.2023;

принята к публикации  
20.04.2023

### Ключевые слова:

длиннопалый рак,  
водохранилище,  
промысел,  
биомасса популяций,  
выживаемость особей

Промысел оказывает влияние на популяцию раков, при этом он изменяет их размерные и возрастные характеристики. Проведено сравнение размерных и возрастных показателей двух популяций длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* в водохранилищах Локтыши Брестской области и Краснослободское Минской области (Республика Беларусь). Краснослободское водохранилище интенсивно эксплуатируется с ежегодным выловом 3–4 т раков. На водохранилище Локтыши промысловый лов отсутствует. Исследования показывают, что средние размеры особей в интенсивно эксплуатируемой популяции оказываются меньшими в сравнении с популяцией, где промыслового лова раков нет. Поскольку промысел раков регулируется среди прочего также и промысловой мерой (10,5 см общей длины), то в интенсивно эксплуатируемых популяциях средние размеры особей близки к этим граничным значениям. Продолжительность жизни раков несколько выше в вдхр. Локтыши, где отмечен только любительский лов раков. Интенсивный промысел увеличивает смертность самок, годовая выживаемость которых составляет 37 %, в то время как в отсутствие промысла выживаемость самок увеличивается до 57 %. Годовая выживаемость самцов составляет 41–49 %. Промысловый пресс ведет к снижению выживаемости особей и исчезновению из популяции раков возраста 9–10 лет.

### Для цитирования

Алехнович А. В. Влияние промыслового лова на размерную и возрастную структуру популяций длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus*. Вестник МГТУ. 2023. Т. 26, № 2. С. 93–98. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-2-93-98>.

## Populations of long-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus*: Effect of commercial fishing on the size and age structure

Anatoly V. Alekhnovich

Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources,  
Minsk, Belarus; e-mail: [alekhnovichav@gmail.com](mailto:alekhnovichav@gmail.com)

### Article info

Received  
01.03.2023;

received  
in revised form  
06.04.2023;

accepted  
20.04.2023

### Key words:

narrow-clawed crayfish,  
reservoir,  
crayfishing,  
population size,  
survival rate

### Abstract

Fishing affects the population of crayfish, while it changes the size and age characteristics. The size and age parameters of two populations of the narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* in the Loktyshi (Brest Region) and Krasnoslobodskoe (Minsk Region) reservoirs in Belarus have been compared. The Krasnoslobodskoye reservoir is intensively exploited with an annual catch of 3–4 tons of crayfish. There is no commercial fishing in the Loktyshi reservoir. Studies show that the average size of individuals in an intensively exploited population is smaller in comparison with a population where there is no commercial fishing for crayfish. Since crayfish fishing is regulated by a commercial measure (10.5 cm of total length) in intensively exploited populations, the average sizes of individuals are close to these limiting values. The life expectancy of crayfish is somewhat higher in the Loktyshi reservoir, where only amateur crayfish fishing is noted. Intensive fishing increases the mortality of females, whose annual survival rate is 37 %, while in the absence of fishing, the survival of females increases up to 57 %. The annual survival rate of males is 41–49 %. The fishing pressure leads to decrease in the survival rate of individuals and disappearance of crayfish aged 9–10 years from the population.

### For citation

Alekhnovich, A. V. 2023. Populations of long-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus*: Effect of commercial fishing on the size and age structure. *Vestnik of MSTU*, 26(2), pp. 93–98. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-2-93-98>.

## Введение

Промысел является мощным фактором прямого воздействия на эксплуатируемые популяции раков. Он оказывает огромное влияние на популяции, при этом существенно изменяя их характеристики (Momot, 1991; 1993; Skurdal et al., 2002; Tulonen et al., 2008).

Цель работы – определить эффекты воздействия промысла на размерные и возрастные показатели эксплуатируемых популяций длиннопалого рака.

В основу работы легли исследования, выполненные по оценке запасов и определению лимитов вылова длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* в Краснослободском водохранилище (Минская область) и водохранилище Локтыши (Брестская область) на территории Беларуси. Ранее исследования популяций длиннопалого рака данных водохранилищ не проводились.

## Материалы и методы

*Краткая характеристика мест исследований.* Для сравнения размерных и возрастных характеристик были взяты популяции длиннопалого рака Краснослободского водохранилища и водохранилища Локтыши.

Краснослободское водохранилище (52.829055 с. ш., 26.980748 в. д.) расположено на реке Морочь. Площадь водного зеркала 23,7 км<sup>2</sup>. Средняя глубина 3,0 м. Водоохранилище Локтыши (52.799758 с. ш., 26.742396 в. д.) находится на реке Лань. Площадь водного зеркала составляет 15,9 км<sup>2</sup>, максимальная глубина 4,9 м. Берега водохранилищ – облесенные, заболоченные. Мелководья обильно заросли тростником, рогозом, камышом. Погруженная водная растительность развита слабо.

На водохранилище Локтыши до 2021 г. велся только любительский лов раков, на Краснослободском в течение последних 6 лет наряду с любительским был организован промысловый лов раков.

Работы по оценке численности раков проводились с использованием промысловых раколовки типа вентерь. В качестве наживки применялась свежая рыба или куриные шеи. В раколовках использовалась дель<sup>1</sup> 16–22 мм (расстояние от узелка до узелка).

Для анализа размерной и возрастной структуры популяций анализировались данные, собранные в октябре 2004 г. и ноябре 2020 г. в вдхр. Локтыши и в октябре 2016 г. и ноябре 2020 г. в Краснослободском вдхр.

На вдхр. Локтыши в октябре 2004 г. использовалось 14 ловушек, в ноябре 2020 г. – 44 ловушки. На Краснослободском вдхр. в октябре 2016 г. применялось 24 раколовки, в 2020 г. – 38. Пойманных раков просчитывали и измеряли. Количество пойманных раков показано в табл. 1. В период исследований минимальные размеры особей в уловах в водохранилище Локтыши были 8,9 см, максимальные – 18,1 см, в Краснослободском вдхр. минимальные – 8,5 см, максимальные – 16,7 см.

Расчет численности проведен с использованием данных о суточной активности раков и возможной облавливаемой площади одной раколовки. Суточные перемещения раков колеблются в широких пределах, но в среднем составляют несколько метров (Цукерзис, 1989). Я. М. Цукерзис отмечает, что за сутки раки редко удаляются от своего убежища на расстояние больше 25 м.

С учетом этих данных было принято, что раколовки облавливают площадь круга с радиусом 5 м. Площадь, облавливаемая одной раколовкой, составляет в среднем 80 м<sup>2</sup>.

Коэффициент уловистости раколовки был принят равным 1. Принятый коэффициент уловистости и площадь облова одной раколовкой проверены в работах по оценке численности и определению лимитов вылова раков. Оценка запасов раков в более 15 водоемах показала реалистичность таких допущений. Полученные величины адекватно отражают запасы раков и обеспечивают их рациональный промысел.

Оценка численности и плотности раков в водоеме произведена только для облавливаемой части популяции. Раки возраста 1–2, а иногда и 3 года из-за селективности орудий лова не облавливались в полном объеме. Поэтому размерная структура уловов имела колоколообразную кривую распределения с восходящей левой ветвью и нисходящей правой. Анализировалась убыль особей в правой нисходящей ветви размерного ряда, в которой численность особей убывала с увеличением их возраста, что рассматривалось как отражение реальной убыли особей с увеличением размеров и возраста раков. Особи правой части кривой размерно-возрастного распределения имели возраст 4 и более лет для водохранилища Локтыши и 3 года для раков, обитающих в Краснослободском водохранилище (табл. 2 и 3).

У раков нет регистрирующих возраст структур, поэтому возрастные группы выделялись на основе вероятностно-статистического анализа: предполагается, что каждый возрастной класс характеризуется нормальным распределением (Алимов, 1989).

Расшифровка размерной структуры и определение возрастов начинались с определения модальных значений размеров раков в отдельных возрастных классах с использованием уравнения роста Берталанфи (Алехнович, 2015), далее корректировку возрастных классов проводили с учетом того, что в пределах каждого

<sup>1</sup> Дель – разновидность сетеполотна, применяемого для производства отцеживающих орудий лова, изготовленных из нитей, диаметр которых в соотношении к размеру ячеи больше 0,01 ( $d/a > 0,01$ ).

возрастного класса размеры особей определены в соответствии с законом нормального распределения. Распределение частот встречаемости всех особей на общем рабочем графике будет представлено ломаной кривой, состоящей из отдельных прямых отрезков, между которыми будет наблюдаться сравнительно плавный переход. Подсчет этих прямых отрезков на полимодальном частотно-размерном распределении особей позволяет выделить возрастные классы. Расшифровка размерно-возрастной структуры как самцов, так и самок в водохранилищах проводилась по массовым сборам ноября 2020 г.

Общая численность самцов и самок затем перераспределялась в соответствии с общей площадью облова и долей отдельных возрастных классов в общей размерной структуре облавливаемой части популяции.

Для определения значений общей мгновенной смертности ( $Z$ ) использовалась линейная зависимость между натуральным логарифмом плотности самок как зависимой переменной и соответствующим возрастом – независимой переменной, коэффициент наклона (угловой коэффициент) дает значение мгновенной смертности (Полищук, 1986).

Выживаемость ( $S$ ) определяли как  $e^{-Z}$ , где  $e$  – основание натурального логарифма.

Раков измеряли от острия рострума до конца тельсона с точностью до 1 мм.

### Результаты и обсуждение

На водохранилище Локтыши в 2015–2020 гг. существовал только любительский лов длиннопалого рака. Ежегодный вылов оценивается нами весьма приблизительно в объеме несколько сотен килограммов. В течение вегетационного периода ежедневно на водохранилище Локтыши присутствовало 1–2 любителя (иногда больше, иногда их не было вообще), которые вылавливали примерно 4 кг раков в день.

На Краснослободском водохранилище в этот период наряду с любительским ловом раков активно велся промышленный лов. Ежегодный вылов раков в Краснослободском водохранилище в течение 2016–2020 гг. с учетом любительского и промыслового лова составлял 3–4 т<sup>2</sup>.

В 2020 г. нами выполнены работы по оценке численности и определению лимитов вылова раков в вдхр. Локтыши. Численность раков облавливаемой части популяции в вдхр. Локтыши в 2020 г. составила 377 000 особей, общая биомасса раков в водохранилище была 17 т, лимит на заготовку определен в 6,7 т.

Численность раков облавливаемой части популяции в Краснослободском вдхр. в 2020 г. оценена в 577 000 особей, общая биомасса раков в водохранилище составляла 19,9 т, лимит на заготовку составил 6,8 т.

В табл. 1 приведены средние размеры самцов и самок облавливаемой части популяций длиннопалого рака в водохранилищах в разное время сбора проб.

Таблица 1. Средние размеры раков облавливаемой части популяции, собранных на вдхр. Локтыши и Краснослободском  
Table 1. The average size of crayfish in the fished part of the population collected in the Loktyshi and Krasnoslobodskoye reservoirs

Пол / время	К-во особей	Средняя ± s.d.	Пол / время	К-во особей	Средняя ± s.d.
Вдхр. Локтыши			Краснослободское вдхр.		
Самцы, октябрь 2004 г.	89	13,4 ± 2,2	Самцы, октябрь 2004 г.	229	10,8 ± 1,4
Самцы, ноябрь 2020 г.	130	11,5 ± 1,6	Самцы, ноябрь 2020 г.	247	10,6 ± 1,1
Самки, октябрь 2004 г.	50	12,6 ± 1,4	Самки, октябрь 2004 г.	149	10,7 ± 1,0
Самки, ноябрь 2020 г.	71	11,4 ± 1,3	Самки, ноябрь 2020 г.	182	11,0 ± 1,2

Для вдхр. Локтыши средняя длина особей за период наблюдений статистически значимо снизилась. В Краснослободском вдхр. этот показатель остался без изменений.

В 2020 г. доля промысловых раков, т. е. раков общей длиной  $\geq 10,5$  см, в вдхр. Локтыши составляла 76 %, в Краснослободском – 64 %.

Максимальная продолжительность жизни раков составила 10 лет в вдхр. Локтыши, в Краснослободском вдхр. – 8 лет. Наибольшего возраста достигали самцы, но их численность в возрасте 9–10 лет была низкой (табл. 2).

В табл. 3 показана возрастная структура облавливаемой части популяции длиннопалого рака Краснослободского вдхр.

<sup>2</sup> Государственный кадастр животного мира [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://belfauna.by>. Дата обращения : 01.07.2016.

Таблица 2. Возрастная структура облавливаемой части популяции длиннопалого рака вдхр. Локтыши  
Table 2. Size – age structure of populations of narrow-clawed crayfish in the Loktyshi reservoir

Возраст, годы	3	4	5	6	7	8	9	10
Самцы								
Диапазон длины, см	9,0–10,0	10,2–11,2	11,3–12,2	12,3–13,3	13,4–14,2	14,4–14,8	15,3–15,7	16,3
Средние значения, см	9,7	10,8	11,7	12,7	13,7	14,6	15,5	16,3
Плотность, инд./м <sup>2</sup>	0,003	0,018	0,006	0,003	0,003	0,001	0,0004	0,0002
Самки								
Диапазон длины, см	9,0–9,9	10,2–10,9	11,0–11,9	12,1–12,7	13,0–13,7	14,1–14,5	15,0	–
Средние значения, см	9,6	10,2	11,5	12,4	13,1	14,3	15,0	–
Плотность, инд./м <sup>2</sup>	0,004	0,010	0,006	0,004	0,004	0,001	0,0004	–

Таблица 3. Возрастная структура облавливаемой части популяции длиннопалого рака Краснослободского вдхр.

Table 3. Size – age structure of populations of narrow-clawed crayfish in the Krasnoslobodskoe reservoir

Возраст, годы	3	4	5	6	7	8
Самцы						
Диапазон длины, см	9,2–10,4	10,5–11,2	11,3–12,0	12,2–13,0	13,2–13,9	14,1
Средние значения, см	9,9	10,9	11,7	12,6	13,7	14,1
Плотность, инд./м <sup>2</sup>	0,037	0,025	0,009	0,007	0,003	0,0003
Самки						
Диапазон длины, см	8,9–10,0	10,1–11,2	11,3–12,3	12,4–13,1	13,5–13,7	14,2–14,3
Средние значения, см	9,6	10,7	11,8	12,7	13,6	14,2
Плотность, инд./м <sup>2</sup>	0,021	0,029	0,024	0,011	0,001	0,001

Для обоих исследуемых водоемов численность раков предыдущего возрастного класса выше последующего, начиная с возраста 4 года. Снижение численности особей с увеличением возраста отражает уровень общей смертности.

На рис. показана зависимость натурального логарифма плотности особей от их возраста. Эти зависимости хорошо аппроксимируются прямой линией, корреляционная связь сильная и значимая (уравнения 1, 2, 3, 4). Угловой коэффициент уравнений линейных зависимостей показывает общую мгновенную смертность.

$$\text{Вдхр. Локтыши, самцы} \quad D = -1,28 - 0,71t; r = -0,99; p = 0,00 \quad (1),$$

$$\text{Вдхр. Локтыши, самки} \quad D = -2,16 - 0,57t; r = -0,96; p = 0,00 \quad (2),$$

$$\text{Краснослободское вдхр., самцы} \quad D = -0,27 - 0,88t; r = -0,95; p = 0,00 \quad (3),$$

$$\text{Краснослободское вдхр., самки} \quad D = 0,83 - 0,99t; r = -0,937; p = 0,02 \quad (4),$$

где  $D$  – натуральный логарифм ( $\ln$ ) плотности раков;  $t$  – возраст, годы;  $r$  – коэффициент корреляции;  $p$  – уровень значимости.

Средние значения общей мгновенной смертности половозрелых самцов определены как  $-0,71$ ,  $-0,27$  в вдхр. Локтыши и Краснослободское соответственно. Средние значения общей мгновенной смертности половозрелых самок –  $-0,57$ ,  $-0,99$  в вдхр. Локтыши и Краснослободское соответственно. Полученные зависимости воспринимаются наглядней, если выразить их в величинах выживаемости: самцы в популяции вдхр. Локтыши характеризуются выживаемостью  $e^{-0,71} = 0,49$ , выживаемость самцов Краснослободского

вдхр. – 0,41. Данный показатель у самок составляет 0,57 и 0,37 для Локтышей и Краснослободского водохранилища соответственно.

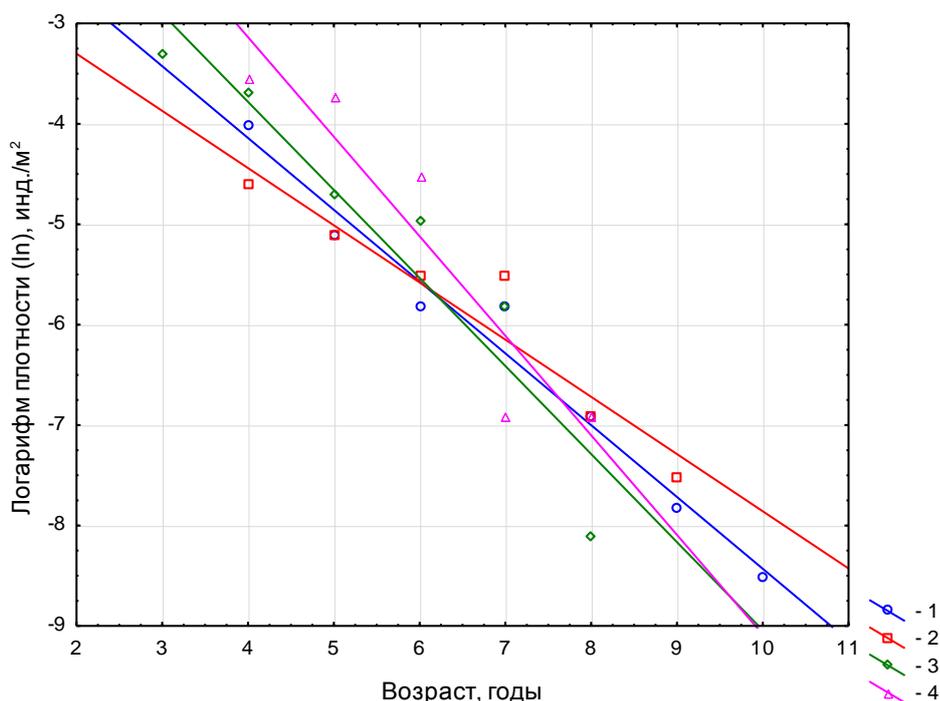


Рис. Изменения логарифма плотности особей в водохранилищах Локтыши и Краснослободское в зависимости от возраста раков: 1 – самцы, 2 – самки (вдхр. Локтыши); 3 – самцы, 4 – самки (Краснослободское вдхр.)

Fig. Natural logarithm of density of males and females depending on age in the Loktyshi and Krasnoslobodskoe reservoirs: 1 – males, 2 – females (Loktyshi); 3 – males, 4 – females (Krasnoslobodskoe)

Таким образом, выживаемость раков в интенсивно эксплуатируемой Краснослободской популяции ниже. Эксплуатационный пресс сильнее сказывается на самках, значительно снижая их выживаемость.

Исследования показывают, что средние размеры особей в интенсивно эксплуатируемой популяции оказываются меньшими в сравнении с популяцией, где промыслового лова раков нет. Поскольку промысел раков регулируется в том числе и промысловой мерой (10,5 см общей длины от острия рострума до конца тельсона), то в интенсивно эксплуатируемых популяциях средние размеры особей близки к этим граничным значениям.

Продолжительность жизни раков в вдхр. Локтыши, где отмечен только любительский лов, составляет 10 лет, в Краснослободском вдхр., где ведется промысловый лов, – 8 лет.

Интенсивный промысел увеличивает смертность самок, выживаемость которых составляет 37 %, в то время как в отсутствие промысла выживаемость самок увеличивается до 57 %.

### Заключение

Проведенные исследования доказывают, что выживаемость и продолжительность жизни длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* увеличиваются в популяциях с низкой промысловой нагрузкой. Промысловый пресс ведет к снижению выживаемости особей длиннопалого рака. Возрастная структура неэксплуатируемой популяции длиннопалого рака представлена 10 годовыми возрастными классами, эксплуатируемая популяция – только 8.

### Благодарности

Работа выполнена в рамках задания "Комплекс мероприятий по увеличению промысла длиннопалого рака (увеличение объема вылова раков)" государственной научно-технической программы (ГНТП) "Зеленые технологии ресурсопользования и экобезопасности", 2021–2025 гг., подпрограмма "Устойчивое природопользование и инновационные технологии переработки, охраны и воспроизводства природных ресурсов".

Автор выражает благодарность неизменному участнику экспедиций Д. В. Молоткову за действенную помощь при сборе материала.

### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

### Библиографический список

- Алехнович А. В. Особенности группового роста особей в популяциях длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* // Гидробиологический журнал. 2015. Т. 51, № 5. С. 3–16.
- Алимов А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию. Л. : Гидрометеоиздат, 1989. 151 с.
- Полищук Л. В. Динамические характеристики популяций планктонных животных // Труды Всесоюзного гидробиологического общества / отв. ред. Г. Г. Винберг ; Акад. наук СССР, Всесоюз. гидробиол. о-во. Москва : Наука, 1986. Т. 26. 126 с.
- Цукерзис Я. М. Речные раки. Вильнюс : Мокслас, 1989. 142 с.
- Momot W. T. Potential for exploitation of freshwater crayfish in coolwater systems: Management guidelines and issues // Fisheries. 1991. Vol. 16, № 5. P. 14–21. DOI: [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(1991\)016<0014:PFE OFC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(1991)016<0014:PFE OFC>2.0.CO;2).
- Momot W. T. The role of exploitation in altering the processes regulation crayfish populations // Freshwater Crayfish. 1993. Vol. 9. P. 101–117.
- Skurdal J., Garnas E., Taugbøl T. Management strategies, yield and population development of the noble crayfish *Astacus astacus* in Lake Steinsfjorden // Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture. 2002. Vol. 367. P. 845–860.
- Tulonen J., Erkamo E., Jussila J., Mannonen A. The effects of minimum size regulations and exploitation on population dynamics of the noble crayfish (*Astacus astacus* (Linnaeus)) in a small lake in central Finland: A seven year study // Freshwater Crayfish. 2008. Vol. 16. P. 7–14. DOI: 10.5869/fc.2008.v16.7.

### References

- Alekhovich, A. V. 2015. Peculiarities of growth of individuals in populations of narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus*. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 51(5), pp. 3–16. (In Russ.)
- Alimov, A. F. 1989. Introduction to production hydrobiology. Leningrad. (In Russ.)
- Polishchuk, L. V. 1986. Dynamic characteristics of populations of planktonic animals. In *Proceedings of the All-Union Hydrobiological Society*. Ed. G. G. Vinberg. Moscow. (In Russ.)
- Tsukerzys, Ya. M. 1989. Freshwater crayfish. Vilnius. (In Russ.)
- Momot, W. T. 1991. Potential for exploitation of freshwater crayfish in coolwater systems: Management guidelines and issues. *Fisheries*, 16(5), pp. 14–21. DOI: [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(1991\)016<0014:PFE OFC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(1991)016<0014:PFE OFC>2.0.CO;2).
- Momot, W. T. 1993. The role of exploitation in altering the processes regulation crayfish populations. *Freshwater Crayfish*, 9, pp. 101–117.
- Skurdal, J., Garnas, E., Taugbøl, T. 2002. Management strategies, yield and population development of the noble crayfish *Astacus astacus* in Lake Steinsfjorden. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 367, pp. 845–860.
- Tulonen, J., Erkamo, E., Jussila, J., Mannonen, A. 2008. The effects of minimum size regulations and exploitation on population dynamics of the noble crayfish (*Astacus astacus* (Linnaeus)) in a small lake in central Finland: A seven year study. *Freshwater Crayfish*, 16, pp. 7–14. DOI: 10.5869/fc.2008.v16.7.

### Сведения об авторе

**Алехнович Анатолий Васильевич** – ул. Академическая, 27, г. Минск, Республика Беларусь, 220072; Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник; e-mail: [Alekhnovichav@gmail.com](mailto:Alekhnovichav@gmail.com)

**Anatoly V. Alekhnovich** – 27 Akademicheskaya Str., Minsk, Republic of Belarus, 220072; Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher; e-mail: [Alekhnovichav@gmail.com](mailto:Alekhnovichav@gmail.com)