

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 595.384/16:639.28(476)

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-3-277-285>

Поступила в редакцию 14.02.2019

Received 14.02.2019

А. В. Алехнович

Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, Республика Беларусь

**ОБОСНОВАНИЕ ГОДОВОГО ВЫЛОВА И ПРОМЫСЛОВОЙ МЕРЫ,
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ОПТИМАЛЬНЫЙ ПРОМЫСЕЛ ДЛИННОПАЛОГО РАКА
PONTASTACUS LEPTODACTYLUS В ВОДОЕМАХ БЕЛАРУСИ**

Аннотация. Установлено, что для популяций длиннопалого рака мелководных озер и водохранилищ на юге Беларуси коэффициент Р/В (отношение продукции к биомассе) составляет 0,53, а для популяций глубоководных озер Витебской и Минской областей – 0,37 (средние значения близки к 0,5). Показатель смертности особей облавливаемой части популяции длиннопалого рака, начиная с возраста 3 года и более, колеблется в пределах от 45 до 68 % для каждого возрастного класса в течение года, что составляет примерно 50 % от уровня общей (промысловой и естественной) смертности особей каждого возрастного класса. На основании этих данных рекомендована доля ежегодного вылова раков – 45 % от промысловой части популяции. Принятая в правилах лова раков промысловая мера, равная 10,5 см и более, гарантирует участие самок длиннопалого рака в 1–2 периодах размножения. Промысловая мера соответствует средним значениям между максимальной скоростью роста особи, которая достигается у раков 5-летнего возраста, и суммарной наибольшей биомассой, которая отмечается у раков в возрасте 3 года.

Ключевые слова: длиннопалый рак *Pontastacus leptodactylus*, лимиты вылова, промысловая мера

Для цитирования: Алехнович, А. В. Обоснование годового вылова и промысловой меры, обеспечивающих оптимальный промысел длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* в водоемах Беларуси / А. В. Алехнович // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2019. – Т. 64, № 3. – С. 277–285. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-3-277-285>

A. V. Alekhnovich

*Scientific and Practical Center for Biological Resources of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

**IDENTIFICATION OF THE ANNUAL CATCH AND FISHING MEASURES THAT ENSURE
THE OPTIMAL FISHING OF NARROW-CLAWED CRAYFISH *PONTASTACUS LEPTODACTYLUS*
IN THE WATERBODIES OF BELARUS**

Abstract. An annual catch of 45 % of the commercial stock is recommended on the basis of productivity and mortality of mature individuals. Commercial stock is made up of individuals with a total length of ≥ 10.5 cm (from the tip of the rostrum to the end of the telson, TL). Female individuals of narrow-clawed crayfish participate in 1–2 reproduction periods before they reach the commercial stock value of 10.5 cm. Crayfish individuals of 12 cm TL at the age of 5 years have the maximum observed growth rate. At the age of 3 years, crayfish individuals have the maximum observed cohort biomass (a group of even-aged individuals).

Keywords: narrow-clawed crayfish, commercial stock, growth rate

For citation: Alekhnovich A. V. Identification of the annual catch and fishing measures that ensure the optimal fishing of narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* in the waterbodies of Belarus. *Vesti Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnych navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2019, vol. 64, no. 3, pp. 277–285 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-3-277-285>

Введение. Речные раки всегда считались деликатесом, пользующимся высоким спросом у населения. Однако после распространения на европейском континенте в конце XIX в. инфекционного заболевания рачьей чумы численность раков в Европе стала стремительно снижаться. В XX в. к лимитирующим численность раков факторам добавились такие, как загрязнение окружающей среды, деградация мест обитания, интенсивный вылов. Все это привело к сокращению численности раков за последние 150 лет на 95 % [1]. Сегодня спрос на продукцию речного рака превышает предложение, в связи с чем цена на нее довольно высока.

Промысел раков в Беларуси базируется на одном виде – длиннопалом раке *Potastacus leptodactylus*. В настоящее время в связи с изменением правил лова раков промысел начинает восстанавливаться. Так, в 2017 г. вылов раков составил 6,5 т, в 2018 г. – 5,8 т [2].

Вылов раков в объеме несколько тонн в год для Беларуси не является пределом, поэтому есть все основания ожидать дальнейшего его увеличения. Раки – ценный объект промысла, поэтому их вылов должен быть рациональным, обеспечивающим долговременность, эффективность и восполняемость рачьих ресурсов.

Рациональный промысел предполагает оценку запасов, установление лимитов вылова, определение разрешенных сроков лова, способов и орудий лова, установление минимальной промысловой длины разрешенных к вылову раков и решение других задач применительно к конкретным местообитаниям и популяциям.

Основой же рационального промысла является научно обоснованная оценка лимитов вылова (общего допустимого улова). Лимит вылова определяется как доля от промыслового запаса раков. Последний оценивается как часть особей в популяции, длина которых больше либо равна промысловой мере. Промысловая мера – минимальная длина раков, при достижении которой разрешается их вылов.

Цель работы – обосновать принятую промысловую меру и допустимые лимиты вылова раков из водоемов Беларуси.

Объекты и методы исследования. Индивидуальная скорость роста у раков чрезвычайно вариабельна. Поэтому для анализа общих закономерностей использовали данные по групповому росту линейных размеров особей [3], которые впоследствии можно перевести в единицы массы.

Соотношение между линейными размерами (L , см) и массой особи (W , г) представим в виде уравнения $W = aL^b$, где a и b – коэффициенты.

Для популяций длиннопалого рака водоемов Беларуси зависимость массы от длины имеет следующий вид: $W = 0,0227L^{3,1176}$ для самцов, $W = 0,0278L^{2,9758}$ для самок [4].

Для водоемов Беларуси рост длиннопалого рака описан уравнением Берталанфи: $L_t = 18,05(1 - e^{-0,2162t})$, где t – возраст, лет [3].

С учетом зависимости массы от длины особи перепишем уравнение Берталанфи в единицах массы.

Уравнения роста массы будут иметь следующий вид:

$$W_t = 187,594(1 - e^{-0,2162t}) \text{ для самцов,} \quad (1)$$

$$W_t = 152,430(1 - e^{-0,2162t}) \text{ для самок.} \quad (2)$$

Используя производную [5] уравнений (1) и (2), определим среднюю скорость роста массы.

Годовую скорость роста (dW/dt) можно описать с помощью следующих уравнений:

$$dW/dt = 187,594 \cdot 3,1176 (1 - e^{-0,2162t})^{2,1176} \cdot 0,2162 e^{-0,2162t} \text{ для самцов,}$$

$$dW/dt = 152,430 \cdot 2,9758 (1 - e^{-0,2162t})^{1,9758} \cdot 0,2162 e^{-0,2162t} \text{ для самок.}$$

Длину и возраст достижения половой зрелости самок определяли путем регистрации в популяции минимальной длины яйценосных самок. Для оценки возраста проводили анализ гистограмм частотно-размерного состава популяций речных раков, используя вероятностно-статистические методы [5].

Основой данной работы являлся анализ опубликованных материалов по закономерностям роста, размножения, динамике численности длиннопалого рака [6].

Измерение раков производили от острия рострума до конца тельсона.

Результаты исследования. Объем годовой продукции определяет лимит вылова. Очевидно, что последний не может быть больше первого.

Нами рассчитаны величины продукции популяций длиннопалого рака из мелководного оз. Олтуш, глубоководного оз. Волчин и Светлогорского водохранилища.

Скорость продуцирования, рассчитываемая по коэффициенту Р/В (отношение продукции к биомассе), в мелководном озере и водохранилище характеризуется очень близкими величинами:

для самцов они варьируются от 0,54 до 0,58, для самок – от 0,47 до 0,52. С учетом генеративной продукции самок коэффициент P/V увеличивается до 0,65. Однако полученные данные показали, что продуктивность популяции раков глубоководного стратифицированного оз. Волчин гораздо ниже, чем в высокопродуктивных мелководных озерах юга Беларуси. Коэффициент P/V соматического роста у самцов оз. Волчин составил 0,43, у самок – 0,31. Для самок учет генеративной продукции позволил увеличить коэффициент P/V до 0,39.

Значения коэффициентов P/V популяций длиннопалого рака в мелководном озере и водохранилище на юге страны оказались сопоставимы – примерно 0,53 [6]. Это дает основание принять коэффициент P/V для популяций раков водоемов Брестской и Гомельской областей равным 0,53. Для глубоководных озер Витебской и Минской областей соответствующий коэффициент P/V примем равным 0,37, как и для оз. Волчин.

В целом, коэффициент P/V у облавливаемой части популяции длиннопалого рака в наших водоемах изменяется от 0,37 до 0,58 (среднее значение – $0,50 \pm 0,08$).

Возможную квоту вылова можно определить и путем оценки смертности особей. Для этих целей необходимо проследить изменение численности отдельных возрастных групп раков в течение их жизненного цикла. Проведенные нами на протяжении 5 лет исследования по динамике численности раков в возрасте 3–6 лет на оз. Соминское позволили определить общую годовую смертность особей половозрелой части популяции.

Оцененная нами общая годовая смертность промысловой части популяции длиннопалого рака складывается из естественной и промысловой смертности и описывается уравнением $Z = M + F$, где Z – общая годовая смертность, M – естественная смертность, F – промысловая смертность [7].

Для самцов в возрасте от 3 до 6 лет средние значения общей мгновенной смертности равны $0,699 \pm 0,265 \text{ год}^{-1}$, для самок (без учета отрицательных значений) – $0,579 \pm 0,252 \text{ год}^{-1}$. Соответственно, средняя годовая выживаемость самцов в возрасте 3–6 лет составляет 49,7 %, самок – 56,0 %. Различия в значениях мгновенной смертности между самцами и самками не достоверны ($t = 0,692$, $p = 0,503$). Общая мгновенная смертность для облавливаемой части популяции длиннопалого рака оз. Соминское равна $0,672 \pm 0,257 \text{ год}^{-1}$, что соответствует выживаемости за год, равной 51,1 % [7].

Таким образом, доля продукции, создаваемый популяцией длиннопалого рака за год, составляет 50 % от биомассы облавливаемой части популяции, при этом ежегодно, начиная с 3-летнего возраста, каждый возрастной класс как самцов, так и самок теряет половину особей. На основании этих данных становится возможной оценка годовых лимитов вылова.

Среди ограничений, регулирующих промысел, кроме лимитов вылова важным является установление промысловой меры. Она может определяться на основе оценки индивидуальной скорости роста особей, динамики биомассы и возраста достижения половой зрелости.

Возраст достижения половой зрелости. В водоемах Беларуси минимальная длина половозрелых самок длиннопалого рака изменяется в зависимости от мест их обитания и составляет 7,2–9,2 см от общей длины (TL) (в среднем – $8,2 \pm 0,6$ см). В действующих правилах лова раков минимальный размер вылавливаемых особей длиннопалого рака составляет 10,5 см от TL. Следовательно, установленный в правилах минимальный промысловый размер гарантирует участие половозрелых самок до начала промыслового изъятия в 1–2 периодах размножения.

При определении минимальной промысловой меры следует учитывать как особенности индивидуального роста раков, так и увеличение биомассы всей одновозрастной группы, а также скорость роста и показатель смертности особей, что позволяет подойти к промысловой мере с позиций получения максимального улова.

Индивидуальная скорость роста. Если в основу промысловой меры положить максимальную скорость роста особей, то до тех пор, пока годовой прирост особей увеличится, целесообразно оставлять их в популяции, а начинать вылов следует при достижении ими размеров, при которых отмечается снижение годового прироста. В таблице приведены размерно-возрастная структура и средние значения годовой скорости роста массы тела в популяциях длиннопалого

рака, полученные с помощью дифференцирования уравнения группового роста. Зависимость массы тела от длины особей у длиннопалого рака для самцов и самок описывается разными уравнениями, поэтому годовая скорость роста оценена отдельно для самцов и самок.

Средние значения годовых индивидуальных приростов массы как у самцов, так и у самок увеличиваются при достижении особями 5-летнего возраста и при их длине, равной 12 см (см. таблицу).

**Размерно-возрастная структура и средние значения годовой скорости роста массы тела
в популяциях длиннопалого рака водных объектов Беларуси**

**Size-age structure and average values of annual body mass growth rate
of narrow-clawed crayfish populations in water bodies of Belarus**

Показатель	Возраст, лет					
	2	3	4	5	6	7
Средняя длина особей, см	7,00 ± 0,71	8,85 ± 0,59	10,53 ± 0,09	12,03 ± 0,51	13,09 ± 0,67	14,28 ± 1,05
Прирост массы тела, г·год ⁻¹ :						
самцы	8,94	13,80	16,73	17,84	17,58	16,44
самки	8,04	11,89	14,02	14,67	14,26	13,21

Динамика биомассы одновозрастных особей. Биомасса промысловой части популяции формируется за счет роста особей и их убыли в результате смертности. Проведенные расчеты показывают, что максимальная биомасса особей отмечается в возрасте 3 года, а затем постепенно снижается. С учетом динамики биомассы одновозрастных особей промысел следует начинать с 3-летнего возраста, когда средняя длина раков составляет 9 см.

Таким образом, если в основу определения минимальной промысловой меры положить максимальную скорость роста особи, вылов раков следует начинать, когда они достигают 5-летнего возраста и их длина составляет 12 см. Если опираться на максимальную биомассу одновозрастных особей, то начинать вылов следует с 3-летнего возраста раков, а промысловая мера должна составлять 9 см.

Исходя из промысловой меры, вылов раков разрешен с 4-летнего возраста. Следовательно, промысел раков начинается, когда индивидуальная скорость роста особи еще не достигла максимальных значений, а биомасса одновозрастных особей уже стала снижаться.

Обсуждение. Для устойчивого промысла необходим рациональный, т. е. максимально возможный по объему, вылов, который, однако, позволяет сохранять численность популяции на стабильном уровне.

Величина продукции дает представление о возможных объемах изъятия. Однако вылов может быть равен продукции раков за вычетом продукции элиминированных особей.

Известно [8–10], что в ответ на изменение интенсивности промысла у холодноводных видов раков Северной Америки отмечаются очень небольшие изменения скорости роста и плодовитости. Экспериментальные исследования по моделированию различных условий существования раков, проводимые на небольших озерах Канады, показывают, что в случае устойчивого и неизменного сохранения условий обитания раков допустимо изъятие до 50 % взрослых особей без риска нарушить баланс между ростом, пополнением и запасами раков. В устойчивых популяциях (там, где численность особей не подвержена резким колебаниям) возможен вылов раков без учета ограничений по полу и размерам особей.

Таким образом, согласно литературным данным, из половозрелой части популяции речных раков канадских водоемов можно изымать до 50 %, не опасаясь истощения запасов. Отметим, что популяция *Orconectes virilis* может выдержать промысловую нагрузку, равную 60 %, если изымать особей в возрасте от 1 года и более [11]. Этот необычно высокий процент изъятия не ведет к общему снижению продукции популяции благодаря значительному снижению внутривидовой конкуренции между сеголетками и особями старше 1 года [12].

В Турции в водохранилище Кебан промысловые запасы раков (особей длиной более 10 см) сопоставимы с объемами вылова. Так, в разрешаемый сезон вылавливается 60 % от промысловой части популяции, что считается сбалансированной нагрузкой, позволяющей вести рациональный промысел [13].

В русскоязычной литературе сложилось устойчивое представление, что при рациональной эксплуатации изъятие должно составлять порядка 25 % [14, 15], или 20–40 % от промыслового запаса [16]. Для днестровской популяции длиннопалого рака допустимый вылов находится в пределах 20–40 % от количества особей длиной больше 10 см [17]. Превышение этого вылова на 25 % в 1964 г. привело к перелову. Однако в оз. Котлабух вылов в объеме 60 % не нарушает структуру популяции промысловых раков [17]. Отметим, что авторы данных работ не приводят каких-либо доказательств и расчетов, подтверждающих правильность рекомендуемых объемов вылова.

Таким образом, рекомендованная, согласно литературным данным, величина вылова речных раков может составлять от 25 до 60 % от промысловой части популяций, а для американских речных раков – 50 % [8–10]. Для длиннопалого рака рекомендуемый средний вылов – 25 % от промысловой части популяции [14–16].

Для длиннопалого рака наших водоемов вылов 50 % от промысловой части популяции близок к объему его продукции, в которую входит и биомасса элиминированных особей, поэтому такой объем изъятия биомассы теоретически может вести к перелову. Изъятие, равное 50 % от промысловой части популяции, можно рассматривать как верхний предел, к которому следует стремиться, не достигая, однако, этой величины.

Другой подход основан на оценке уровня смертности особей промысловой части популяции. Оценка промысловой смертности предполагает наличие данных о естественной смертности особей. Однако применительно к рачьим популяциям сведений о естественной смертности половозрелых особей практически нет. Так, в работе по моделированию динамики численности популяции широкопалого рака норвежского оз. Стеинфиорд годовая естественная смертность промысловой части популяции принята равной 5 % [18]. В то же время Н. Я. Черкашина [16] отмечает, что в стабильной экологической ситуации естественная смертность половозрелых особей составляет 2,5 %. Принимая во внимание эти данные, оценим естественную смертность в 5 %. В таком случае промысловая смертность популяции длиннопалого рака составит 45 % от промысловой части популяции. Промысловая и естественная смертность – величины достаточно взаимосвязанные, и с увеличением промысловой смертности естественная должна снижаться, поскольку часть раков будет выловлена до того, как они погибнут от естественных причин. Следовательно, если в основу расчетов положить данные о смертности особей облавливаемой части популяции, можно рекомендовать вылов в объеме 45 % от численности промысловой части популяции.

Таким образом, максимально возможный вылов из ракопродуктивных популяций длиннопалого рака водоемов Беларуси стремится к 50 % от промысловой части популяции. Этот результат получен путем использования двух независимых подходов: по оценке продукции и динамики численности облавливаемой части популяции.

Предложенные способы расчетов общего допустимого улова по оценке продукции и определению общей смертности показывают сопоставимые результаты и для многочисленных популяций юга страны позволяют рекомендовать годовой вылов в объеме не менее 45 % от промысловой части популяции. Такую степень эксплуатации ракопродуктивных популяций можно считать оптимальной, позволяющей получать максимальный и в то же время устойчивый улов.

В доступной нам научной литературе мы не нашли общих подходов к определению минимальных размеров разрешаемых к вылову раков. Однако подчеркивается, что минимальная промысловая мера – общий принцип управления популяциями широкопалого рака [19]. В Норвегии минимальная промысловая длина составляет 95 мм, что гарантирует участие самок широкопалого рака в размножении хотя бы 1 раз [1]. Однако моделирование динамики численности раков на основе анализа длительного ряда наблюдений (29 лет) показывает, что вне зависимости от

минимальной промысловой меры (будь она 95 или 135 мм) конечная численность популяции практически одинаковая [20]. Даже если снять все ограничения на вылов самцов и отказаться от промысловой меры, то численность популяции не будет снижаться, т. е. будет вполне сопоставима с той, которая была бы в популяции при регуляции минимальных размеров [20].

Предложение использовать промысловую меру представляется разумным и логически оправданным. Однако многолетние экспериментальные исследования, проведенные на небольшом финском озере, показывают, что вне зависимости от промысловой меры ($TL = 9$ см или $TL = 10$ см) в экспериментальных популяциях раков снижаются средние размеры особей, уменьшается доля крупных коммерчески ценных особей, снижается репродуктивный потенциал (доля половозрелых особей в общей выборке) [21]. Результаты данного эксперимента дают основание утверждать, что наличие различных промысловых мер с течением времени (7 лет) приводит к схожим ответам популяции на различную стратегию вылова раков. Все это свидетельствует о сложности и неоднозначности ответной реакции популяции на промысел и, возможно, о наличии не учитываемых нами важных факторов, регулирующих рост, размножение и смертность особей. Как уже указывалось, ряд авторов утверждают, что любая промысловая мера ведет к измельчанию раков в популяции. Отметим, что постоянное изъятие быстрорастущих крупных особей в результате промысла можно рассматривать как эффективный искусственный отбор, который ведет к снижению скорости роста особей в популяции. Исследования, проведенные на рыбах, подтверждают гипотезу о генетических изменениях роста в популяции в ответ на размерно-селективное изъятие особей [22]. Это обстоятельство указывает на необходимость управления режимом эксплуатации с учетом эволюционных последствий длительного промыслового воздействия и условий обитания популяций.

Несмотря на ряд критических замечаний относительно установления промысловой меры, следует согласиться с тем, что минимальная промысловая мера должна гарантировать участие самки в размножении по крайней мере 1 раз. Это позволит популяции поддерживать численность на относительно стабильном уровне, несмотря на высокий промысловый пресс [23].

Если самки длиннопалого рака в условиях Беларуси до начала промыслового изъятия смогут участвовать в 1–2 периодах размножения, то промысловая мера установлена верно. В отношении получения максимального годового прироста наши исследования показывают, что биомасса когорты (особей одного возраста) наибольшая в возрасте 3 лет, а максимальная индивидуальная скорость роста особи отмечается в возрасте 5 лет. В первом случае промысловая мера должна составлять 9 см, во втором – 12 см. Промысловая мера, прописанная в правилах лова раков, составляет 10,5 см (т. е. находится в интервале между 9 и 12 см) и отчасти учитывает оценочный подход по определению как максимального прироста биомассы, так и максимального индивидуального роста особи.

Отметим, что в основу наших расчетов скорости роста положено общее для всех популяций длиннопалого рака Беларуси уравнение роста Берталанфи, но, если воспользоваться уравнениями роста для отдельных популяций, выводы по обоснованию промысловой меры могут быть несколько иными. Так, в оз. Соминское наибольшая скорость роста характерна для 4-летних особей длиной 10,5 см [24].

В правилах лова раков промысловая мера должна быть унифицирована и применяться если не для всех, то для большинства водоемов страны. В целом принятая промысловая мера ($\geq 10,5$ см) правильно отражает возраст и размеры раков, разрешенных к вылову. К этому возрасту раки успевают поучаствовать в 1–2 периодах размножения и в целом характеризуются максимальной скоростью роста.

Заключение. Для популяций длиннопалого рака мелководных озер и водохранилищ на юге страны коэффициент R/W составил 0,53, для популяций глубоководных озер Витебской и Минской областей – 0,37 (средние значения близки к 0,5). Показатель смертности особей облавливаемой части популяции длиннопалого рака, начиная с 3-летнего возраста и более, колебался в пределах от 45 до 68 % для каждого возрастного класса в течение года, что составило примерно 50 % от уровня общей (промысловой и естественной) смертности особей каждого возрастного класса

в течение года. Общий допустимый вылов оценивали по объему продукции и показателю общей смертности промысловой части популяции (результаты сопоставимы).

Для популяций длиннопалого рака водоемов Беларуси годовой вылов можно рекомендовать в объеме 45 % от промысловой части популяции. Такую степень эксплуатации ракопродуктивных популяций следует считать оптимальной, поскольку она позволяет получать максимальный и в то же время устойчивый улов.

Скорость роста особи, определенная по обобщенному для всех популяций Беларуси уравнению группового роста Бергаланфи, увеличивается до возраста 5 лет. В этом возрасте длина раков составляет 12 см. Биомасса одновозрастных особей, рассчитанная по скорости роста и показателю смертности особей, максимальна в возрасте 3 года. В этом возрасте длина раков составляет 9 см. В правилах вылова раков принята промысловая мера, равная 10,5 см, которая характерна для раков 4-летнего возраста. Установленная промысловая мера предполагает участие раков в 1–2 периодах размножения и соответствует средним значениям между максимальной скоростью роста особи и суммарной наибольшей биомассой одновозрастных особей.

Список использованных источников

1. Skurdal, J. Management strategies, yield and population development of the noble crayfish *Astacus astacus* in Lake Steinsfjorden / J. Skurdal, E. Garnas, T. Taugbøl // Bull. Fr. Pêche Piscic. – 2002. – Vol. 367. – P. 845–860. <https://doi.org/10.1051/kmae:2002072>
2. Государственный кадастр животного мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://belfauna.by>. – Дата доступа : 01.07.2016.
3. Алехнович, А. В. Особенности группового роста особей в популяциях длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* / А. В. Алехнович // Гидробиол. журн. – 2015. – Т. 51, № 5. – С. 3–16.
4. Алехнович, А. В. Изменение живой массы длиннопалого рака в зависимости от длины тела / А. В. Алехнович, Д. В. Молотков // Природ. ресурсы. – 2016. – № 2. – С. 52–56.
5. Алимов, А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию / А. Ф. Алимов. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 150 с.
6. Алехнович, А. В. Речные раки Беларуси в современных условиях: распространение, динамика численности, продукционно-промысловый потенциал / А. В. Алехнович. – Минск : Беларус. навука, 2016. – 303 с.
7. Алехнович, А. В. Оценка выживаемости промысловой части популяции длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* (Esch.) / А. В. Алехнович // Докл. НАН Беларуси. – 2012. – Т. 56, № 5. – С. 82–86.
8. Momot, W. T. Annual production and production biomass ratios of the crayfish *Orconectes virilis* in two northern Ontario lakes / W. T. Momot // Trans. Am. Fish. Soc. – 1978. – Vol. 107, N 6. – P. 776–784. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1978\)107<776:apabro>2.0.co;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1978)107<776:apabro>2.0.co;2)
9. Momot, W. T. *Orconectes* in North America and elsewhere / W. T. Momot // Freshwater crayfish: biology, management and exploitation / ed. : D. M. Holdich, R. S. Lowery. – London, 1988. – P. 262–282.
10. Momot, W. T. Potential for exploitation of freshwater crayfish in coolwater systems: management guidelines and issues / W. T. Momot // Fisheries. – 1991. – Vol. 16, N 5. – P. 14–21. [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(1991\)016<0014:pfeofc>2.0.co;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(1991)016<0014:pfeofc>2.0.co;2)
11. Momot, W. T. The role of exploitation in altering the processes regulation crayfish populations / W. T. Momot // Freshwater Crayfish. – 1993. – Vol. 9, N 1. – P. 101–117.
12. Holdich, D. M. A review of possible method for controlling alien crayfish populations / D. M. Holdich, R. Gydemo, W. D. Rogers // Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation? / ed. : F. Gherardi, D. M. Holdich. – Rotterdam, 1999. – P. 245–270.
13. Yüksel, F. Leslie population estimation for turkish crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823) in the Keban Dam Lake, Turkey / F. Yüksel, F. Demiroglu, F. Gündüz // Turk. J. Fish. Aquat. Sci. – 2013. – Vol. 13, N 5. – P. 835–839. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v13_5_07
14. Румянцев, В. Д. Речные раки Волго-Каспия : (Биология и промысел) / В. Д. Румянцев. – М. : Пищ. пром-сть, 1974. – 86 с.
15. Цукерзис, Я. М. Речные раки / Я. М. Цукерзис. – Вильнюс : Мокслас, 1989. – 140 с.
16. Черкашина, Н. Я. Динамика популяций раков родов *Pontastacus* и *Caspastacus* (Crustacea, Decapoda, Astacidae) и пути их увеличения / Н. Я. Черкашина. – М. : ФГУИП Нацрыбресурс, 2002. – 257 с.
17. Фауна Украины : в 40 т. / редкол. : В. А. Топачевский (пред.) [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1981. – Т. 26. Высшие раки. Вып. 3. Речные раки / С. Я. Бродский. – 210 с.
18. Modelling crayfish population dynamics using catch data: a size-structured model / D. Sadykova [et al.] // Ecol. Modelling. – 2009. – Vol. 220, N 20. – P. 2727–2733. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.07.002>
19. Skurdal, J. *Astacus* / J. Skurdal, T. Taugbøl // Biology of freshwater crayfish / ed. D. M. Holdich. – Oxford, 2002. – P. 467–510.

20. Saving the largest makes a difference: exploring effects of harvest regulations by model simulations for noble crayfish, *Astacus astacus* / D. Sadykova [et al.] // Fisheries Management and Ecology, 2011. – Vol. 18, N 4. – P. 307–313. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2011.00784.x>

21. The effects of minimum regulations and exploitation on population dynamics on noble crayfish (*Astacus astacus* (Linnaeus)) in a Small Lake in Central Finland: a seven year study / J. Tulonen [et al.] // Freshwater Crayfish. – 2008. – Vol. 16. – P. 7–14.

22. Swain, D. P. Evolutionary response to size-selective mortality in an exploited fish population / D. P. Swain, A. F. Sinclair, J. M. Hanson // Proc. Royal Soc. B. Biol. Sci. – 2007. – Vol. 274, N 1613. – P. 1015–1022. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.0275>

23. Long term study of exploitation, yield and stock structure of noble crayfish *Astacus astacus* in Lake Steinfjorden, S. E. Norway / J. Skurdal [et al.] // Freshwater Crayfish. – 1993. – Vol. 9. – P. 118–133.

24. Алехнович, А. В. Сравнительный анализ роста длиннопалого рака белорусского оз. Соминское и армянского оз. Севан / А. В. Алехнович, Э. Х. Гукасян // Докл. НАН Беларуси. – 2016. – Т. 60, № 3. – С. 105–107.

References

1. 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, pp. 845–860. <https://doi.org/10.1051/kmae:2002072>

2. State Cadastre of the Animal World [Electronic resource]. Available at: <http://belfauna.by> (accessed 07.01.2016) (in Russian).

3. Alekhnovich A. V. Peculiarities of group growth of specimens in populations of the narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus*. *Hydrobiological Journal*, 2015, vol. 52, no. 1, pp. 3–16. <https://doi.org/10.1615/hydrobj.v52.i1.10>

4. Alekhnovich A. V., Molotkov D. V. Changes in the live weight of narrow-clawed crayfish depending on the length of the body. *Prirodnyye resursy* [Natural resources], 2016, no. 2, pp. 52–56 (in Russian).

5. Alimov A. F. *Introduction to productive hydrobiology*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1989. 150 p. (in Russian).

6. Alekhnovich A. V. *The river crayfishes of Belarus nowadays: distribution, population dynamics and production-trade potential*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2016. 303 p. (in Russian).

7. Alekhnovich A. V. Estimation of the survival rate of the commercial part of narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus* (Esch.) population. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi* [Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus], 2012, vol. 56, no. 5, pp. 82–86 (in Russian).

8. Momot W. T. Annual production and production biomass ratios of the crayfish *Orconectes virilis* in two northern Ontario lakes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1978, vol. 107, no. 6, pp. 776–784. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1978\)107<776:apabro>2.0.co;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1978)107<776:apabro>2.0.co;2)

9. Momot W. T. *Orconectes in North America and elsewhere. Freshwater crayfish: biology, management and exploitation*. London, 1988, pp. 262–282.

10. Momot W. T. Potential for exploitation of freshwater crayfish in coolwater systems: management guidelines and issues. *Fisheries*, 1991, vol. 16, no. 5, pp. 14–21. [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(1991\)016<0014:pfeofc>2.0.co;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(1991)016<0014:pfeofc>2.0.co;2)

11. Momot W. T. The role of exploitation in altering the processes regulation crayfish populations. *Freshwater Crayfish*, 1993, vol. 9, no. 1, pp. 101–117.

12. Holdich D. M., Gydemo R., Rogers W. D. A review of possible method for controlling alien crayfish populations. *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?* Rotterdam, 1999, pp. 245–270.

13. Yüksel F., Demiroglu F., Gündüz F. Leslie population estimation for turkish crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823) in the Keban Dam Lake, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2013, vol. 13, no. 5, pp. 835–839. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v13_5_07

14. Romyantsev V. D. *River crayfish of the Volga-Caspian Sea: (biology and fishing)*. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1974. 86 p. (in Russian).

15. Tsukerzis Ya. M. *River crayfish*. Vilnius, Mokslas Publ., 1989. 140 p. (in Russian).

16. Cherkashina N. Ya. *Dynamics of crayfish populations of the genera Pontastacus and Caspastacus (Crustacea, Decapoda, Astacidae) and ways to increase them*. Moscow, Publisher of the Federal State Unitary Enterprise “National Fish Resources”, 2002. 257 p. (in Russian).

17. Brodskii S. Ya. *Fauna of Ukraine. Higher crayfish. River crayfish. Vol. 26. Iss. 3*. Kiev, Naukova dumka Publ., 1981, 209 p. (in Russian).

18. Sadykova D., Skurdal J., Sadykov A., Taugbol T., Hessen D. O. Modelling crayfish population dynamics using catch data: a size-structured model. *Ecological Modelling*, 2009, vol. 220, no. 20, pp. 2727–2733. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.07.002>

19. Skurdal J., Taugbøl T. *Astacus. Biology of Freshwater Crayfish*. Oxford, 2002, pp. 467–510.

20. Sadykova D., Skurdal J., Hessen D. O., Schweder T. Saving the largest makes a difference: exploring effects of harvest regulations by model simulations for noble crayfish, *Astacus astacus*. *Fisheries Management and Ecology*, 2011, vol. 18, no. 4, pp. 307–313. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2011.00784.x>

21. Tulonen J., Erkamo E., Jussila J., Mannonen A. The effects of minimum regulations and exploitation on population dynamics on noble crayfish (*Astacus astacus* (Linnaeus)) in a small lake in Central Finland: a seven year study. *Freshwater Crayfish*, 2008, vol. 16, pp. 7–14.

22. Swain D. P., Sinclair A. F., Hanson J. M. Evolutionary response to size-selective mortality in an exploited fish population. *Proceedings of the Royal Society B. Biological Sciences*, 2007, vol. 274, no. 1613, pp. 1015–1022. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.0275>

23. Skurdal J., Qvenild T., Taugbol T., Gamas E. Long term study of exploitation, yield and stock structure of noble crayfish *Astacus astacus* in Lake Steinfjorden, S. E. Norway. *Freshwater Crayfish*, 1993, vol. 9, pp. 118–133.

24. Alekhovich A. V., Gukasyan E. Kh. Comparative analysis of narrow-clawed crayfish growth in Belarusian Lake Sominskoe and Armenian Lake Sevan. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi* [Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus], 2016, vol. 60, no. 3, pp. 105–107 (in Russian).

Інфармацыя аб аўторе

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 for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Alekhovichav@gmail.com