

УДК 595.384.16: 591.134

*А. В. Алехнович*

**ОСОБЕННОСТИ ГРУППОВОГО РОСТА ОСОБЕЙ В  
ПОПУЛЯЦИЯХ ДЛИННОПАЛОГО РАКА *ASTACUS  
LEPTODACTYLUS***

В ареале вида проанализирована размерная и возрастная структура популяций длиннопалого рака. Рост раков описан уравнениями Берталанфи. Значения параметров роста Берталанфи  $L_{\infty}$  и  $k$  не являются видоспецифичными, даже в одном районе в относительно близких условиях обитания они могут варьировать в широких пределах. Между  $L_{\infty}$  и  $k$  отмечается чрезвычайно слабая обратная зависимость, что делает расчеты демографических характеристик на основе общих уравнений взаимосвязи популяционных параметров с ростовыми непродуктивными. Константа роста  $k$  оказывается более информативной, нежели дефинитивные размеры тела ( $L_{\infty}$ ).

**Ключевые слова:** длиннопалый рак, размерно-возрастная структура, рост в ареале, уравнения Берталанфи.

Длиннопалый рак *Astacus leptodactylus* — аборигенный вид Понто-Каспийского бассейна [7], который широко распространился по странам Европы и в настоящее время отсутствует только в Испании, Португалии, Норвегии и Швеции [21]. Длиннопалый рак расширял места своего обитания как естественным путем, так и в результате переселения человеком или его хозяйственной деятельности.

Большими промысловыми запасами длиннопалого рака располагает Турция, Россия, Украина, Беларусь. В конце XIX — начале XX века основными поставщиками на рынки Европы была Россия, Украина и Беларусь. Во второй половине XX века, до 1985 г. в Европу длиннопалый рак поставлялся из Турции, где его вылов доходил до 9 тыс. т в год [23].

Активная торговля живыми раками явилась одной из основных причин их широкого распространения в водоемах Западной Европы. Сейчас длиннопалый рак встречается в 27 странах, из которых в 14 он был случайно или целенаправленно интродуцирован [27].

Как и для любого другого промыслового вида, рациональный промысел длиннопалого рака базируется на оценке годового прироста промысловой части популяции, что, в свою очередь, требует оценки возраста и скорости роста особей. Для описания роста промысловых видов водных животных

© А. В. Алехнович, 2015

широко используется уравнение Бергаланфи, которое позволяет оценить параметры роста и, используя эмпирически полученные взаимосвязи параметров роста и демографических характеристик популяции, оценивать смертность и рекомендовать общий допустимый лов.

Использование уравнения Бергаланфи предполагает решение важной задачи — оценку возрастной структуры популяций раков. У раков нет регистрирующих возраст структур и его определение является чрезвычайно сложной задачей. Исследователи ищут и находят связь возраста с концентрацией липофусцина в неврологических тканях, содержанием витаминов С и Е в тканях, активностью РНК, количеством члеников на антеннах или числом фасеточных глазков, строением гастролитов. Но все эти методы не дают четкой картины. Определяемый возраст с использованием того или иного метода может значительно отличаться. Поэтому в обобщающей сводке по росту раков [24] 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.

В работе обобщены литературные и собственные данные по возрастной структуре популяций и проведено сравнение параметров группового роста длиннопалого рака.

**Материал и методика исследований.** Для описания группового линейного роста длиннопалого рака использовали уравнения Бергаланфи:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-kt}), \quad (1)$$

где  $L$  — общая длина рака, см;  $t$  — возраст, годы;  $L_\infty$ ,  $k$  — коэффициенты уравнения.

В рекуррентной форме данное уравнение имеет линейный вид:

$$L_{t+1} = a + bL_t. \quad (2)$$

Параметры уравнения Бергаланфи определяли как:  $b = e^{-k}$ ;  $L_\infty = \frac{a}{1 - e^{-k}}$  [5, 14].

Для определения возраста было сделано предположение, что общая размерная структура популяции представляет собой совокупность размерных, а следовательно, и возрастных классов, каждый из которых характеризуется нормальным распределением, а соответствующая математическая обработка данных позволяет установить границы размерного класса и места перехода от одного размерного класса к другому. По изменениям нормальности рассматриваемой переменной или, другими словами, по оценке количества отрезков кривой, в пределах которых распределение переменной следует за нормальным распределением (в нашем случае рассматривалось распределение размеров особей) можно судить о возможном количестве отно-

сительно обособленных групп внутри всей переменной. Поскольку при полимодальном нормальном распределении каждый размерный класс характеризуется своим модальным значением длины особей, то кумулятивная кривая на рисунках частотного распределения размеров особей принимает вид ломаной линии, каждый прямой отрезок которой соответствует определенному возрасту. Однако всегда существует вероятность ошибочного выделения возрастных классов при разделении кумуляты на отрезки, поэтому параллельно анализировали и рисунки, на которых ломаная кривая нормальной вероятности представлена в виде отклонений от ожидаемых величин модальных значений признака. Анализировали два вида представляемых графически данных: кумулятивная кривая частотного распределения размерных классов и разбросанный график нормальной вероятности модальных значений длины особей. Использование нескольких методов, основанных на общем принципе «вероятностной бумаги», объясняется сложностью и неоднозначностью получаемых результатов. Практически всегда остаются сомнения в правильности расшифровки размерной структуры популяции и выделенных на этой основе возрастных классов. Для большей уверенности, помимо использования вероятностно-статистических методов, приходится учитывать всю совокупность знаний об особенностях роста длиннопалого рака в условиях, близких к тем, которые могут быть в данном водоеме.

Для оценки возраста мы брали выборки из популяций в количестве 300 и более особей. Соотношение полов в них было близко к 1 : 1. Математическую обработку результатов проводили с использованием пакета программ Statistica 6.

### *Результаты исследований и их обсуждение*

В таблицах 1 и 2 собраны собственные и литературные данные по размерно-возрастной структуре популяций длиннопалого рака из разных мест обитания, на основе которых можно рассчитать параметры уравнения Берталанфи. Большинство авторов приводит средние размеры раков без разделения на самцов и самок, поэтому там, где были данные по росту самцов и самок, мы определяли среднюю арифметическую между длиной одновозрастных самцов и самок и вносили в таблицы.

Данные по размерно-возрастной структуре были сведены в две группы. Группировку проводили по основному критерию — размерам годовиков. В «южных популяциях» (ЮП) — юг России, Украина, Турция длина годовиков длиннопалого рака везде была больше 5 см, в «северных популяциях» (СП) — Беларусь, северо-западная Польша, Армения — меньше 5 см. В предложенном разделении на ЮП и СП популяция длиннопалого рака оз. Севан вошла в северную группу, что не должно вызывать возражений, поскольку специально проведенное сравнение экологических характеристик популяций оз. Севан и озер Беларуси показала их принципиальную схожесть [2]. Жизнедеятельность популяций длиннопалого рака из южных частей ареала, в числе прочих различий, протекает при температуре, в среднем на 4—5°C более высокой, чем в северных популяциях.

1. Средняя длина тела (см) в зависимости от возраста длиннопалого рака из южных частей ареала (ЮП)

Районы исследований	Возраст раков, годы							Литературные источники
	1	2	3	4	5	6	7	
Оз. Катлабух, бассейн Дуная	6,75	8,75	11,25	12,75	13,25	—	—	[9]
Днестровский лиман	6,30	8,80	10,70	12,50	13,70	—	—	[9]
Каховское водохранилище, Днепр	5,81	8,61	9,36	11,25	12,35	13,61	—	[9]
Болдыр-Куль, дельта Волги	5,30	8,50	11,20	13,50	15,40	16,60	—	[16]
Старая Ахтуба, дельта Волги	7,29	10,48	12,80	14,30	—	—	—	[15]
Волгоградское водохранилище, Волга	5,29	8,77	11,67	13,99	15,73	16,89	17,47	[13]
Водоёмы Нижнего Дона	6,12	8,21	9,53	10,52	11,46	12,52	13,40	[17]
Европейская часть Турции	5,74	9,42	12,35	13,83	14,82	15,49	15,92	[20]
Общая средняя ± s. d.	6,08 ± 0,70	8,94 ± 0,71	11,11 ± 1,22	12,93 ± 1,36	13,82 ± 1,59	15,02 ± 1,90	15,60 ± 2,06	

Как правило, используемые орудия лова эффективны для отлова раков с возраста 2+ лет. Поэтому размеры и возраст раков в возрасте 1—2 года во многих случаях остаются неизвестными. По этой причине сравнение роста раков в зависимости от мест обитания начнем с возраста 3 года, считая, что репрезентативность собранных данных с этого возраста выше.

В зависимости от мест обитания, средняя длина особей длиннопалого рака в возрасте 3 года изменялась от 8,0 см до 12,80 см. Наибольшими размерами характеризовались трехлетние раки из дельты Волги, далее, в порядке убывания — из водоемов европейской части Турции и бассейна Дуная.

Средние размеры раков в возрасте 3 года из озер Беларуси были вполне сопоставимы с размерами особей из оз. Севан и водоемов север-западной Польши. Сопоставимость размеров белорусских и польских раков объясняется схожестью климатических условий, а севанских раков — тем, что оз. Севан находится высоко над уровнем моря, и условия обитания раков там, прежде всего по температурному режиму, вполне сопоставимы с белорусскими озерами. В то же время размеры одновозрастных особей могут значительно различаться в рядом расположенных озерах. На-

пример, в Беларуси в полесском озере Олтуш средние размеры раков в возрасте 3 года были 8,0 см, а в тех же местах в оз. Соминское — 9,35 см. В период исследований на оз. Олтуш работали промысловые бригады и вылов раков составлял около 10 т в год, в то время как в оз. Соминское был только любительский лов.

Средняя продолжительность жизни раков в большинстве рассматриваемых популяциях составляет 6—7 лет. Для водоемов нижнего Дона указывается возраст 10 лет [17].

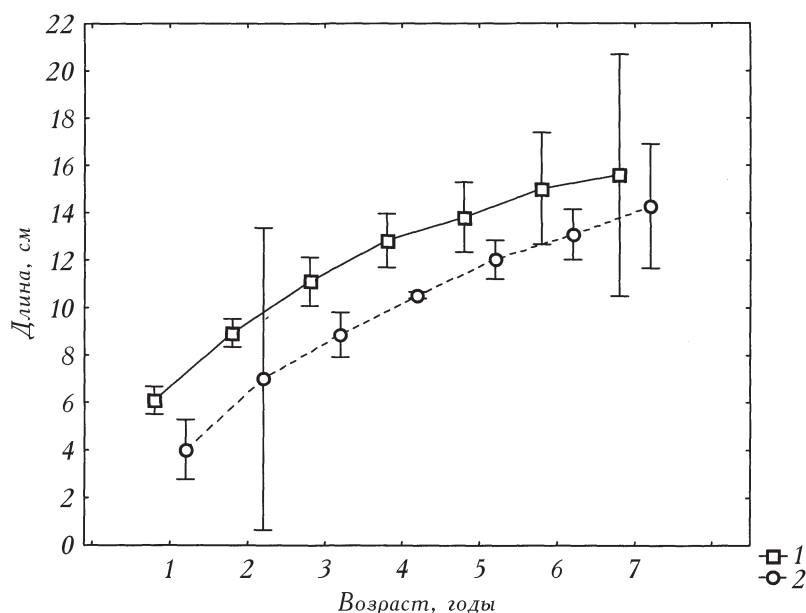
На рисунке 1 представлены обобщенные данные по линейному росту длиннопалого рака из южных и северных мест обитания с 0,95 вероятностным доверительным интервалом изменения средних размеров. Средние линейные размеры особей характеризуются высокой дисперсией, что приводит к перекрыванию границ доверительных вероятностей смежных возрастных групп и, следовательно, к отсутствию различий в средних значениях длины особей выделенных групп. Например, в возрасте двух лет высокой изменчивостью характеризуются раки северных районов обитания. Для этого возраста средние размеры особей ЮП и СП полностью перекрываются, но необходимо учитывать, что этот вывод в большей степени был определен малым количеством анализируемых популяций. В целом же отметим, что доверительные интервалы средних размеров раков старших возрастных групп характеризуются большей сходимостью. Между линейными размерами раков старших возрастных групп нет статистически достоверных различий.

В пределах ареала возраст одноразмерных раков может различаться до трех лет. Это объясняется многообразием и большими различиями биотических и абиотических факторов среды

2. Средняя длина тела (см) в зависимости от возраста длиннопалого рака из северных районов обитания (СП)

Районы исследований	Возраст, годы							Литературные источники
	1	2	3	4	5	6	7	
Северо-западная Польша	4,50	—	9,0*	10,6*	12,0*	12,9*	14,0*	[26]
Оз. Севан, Армения	4,06	7,5	9,10	10,4*	11,6*	12,5*	13,4*	[6]
Оз. Олтуш, Беларусь	—	—	8,0	10,55	12,75	14,05	15,45	[4]
Оз. Соминское, Беларусь	3,50	6,50	9,35	10,55	11,75	12,9	—	Наши данные
Общая средняя ± s. d.	4,02 ± 0,50	7,00 ± 0,71	8,85 ± 0,59	10,53 ± 0,09	12,03 ± 0,51	13,09 ± 0,67	14,28 ± 1,05	

\* Данные сняты с графического рисунка.



1. Групповой линейный рост длиннопалого рака с 0,95 доверительным вероятностным интервалом: 1 — южные районы (ЮП): Нижняя Волга, Дон, Днепр, озера нижнего Дуная, Турция; 2 — северные районы (СП): Полесский регион Беларуси, северо-западная Польша, оз. Севан (Армения).

обитания отдельных популяций. Совокупное влияние разнообразных факторов на рост раков, накапливаясь с возрастом последних, приводит к снижению или даже исчезновению зависимости средних размеров особей от их возраста.

Очевидно, на начальных этапах развития рост раков в большой степени определяется абиотическими факторами, прежде всего температурой, которая в течение вегетационного периода для ЮП в среднем составляет 23—25°C, для СП — 19—20°C. Средняя годовая температура в южных районах обитания раков близка к 16°C, как это имеет место для Турции [20], в северных районах — к 10°C, как отмечается для озер центральной Беларуси [11]. Температурные особенности мест обитания определяют скорость роста раков. На юге особи длиннопалого рака растут быстрее, что особенно заметно у раков в возрасте 1—4 года, для которых различия в размерах одно-возрастных особей составляли 1,94—2,4 см. У раков в возрасте 5—7 лет эти различия несколько снижались и составляли 1,93—1,32 см.

Собранный материал позволяет определить коэффициенты вариации (CV) средних размеров особей в зависимости от их возраста в целом для всех рассматриваемых мест обитания (табл. 3). Значения CV максимальны у раков в возрасте одного года и постепенно снижается к 7 годам, то есть с возрастом размеры раков становятся более однородными и менее изменчивыми.

### 3. Размерно-возрастная структура популяций длиннопалого рака, оцененная по средним значениям для всех рассматриваемых мест обитания

Длина, см	Возраст, годы						
	1	2	3	4	5	6	7
Среднее	5,51 ±	8,55 ±	10,36 ±	12,06 ±	13,16 ±	14,16 ±	14,94 ±
± s. d., см	1,14	1,06	1,51	1,57	1,55	1,74	1,63
CV*	20,7	12,4	14,6	13,0	11,8	12,3	10,9

\* CV — коэффициент вариации.

Представленные в таблицах 1 и 2 данные послужили основой для оценки параметров уравнений роста Бергаланфи. На рабочих рисунках длина раков в возрасте  $L_{t+1}$  в зависимости от  $L_t$  хорошо ложится вдоль прямой, угол наклона которой значим для всех рассматриваемых местообитаний. Параметры линейных уравнений (1) и (2) позволили определить  $L_\infty$  и  $k$  (см. методику) и описать рост длиннопалого рака уравнением Бергаланфи вида  $L_t = L_\infty(1 - e^{-kt})$  (табл. 4, 5).

Для европейской части Турции параметры уравнения роста Бергаланфи  $L_\infty = 80,8 CL$  (длины карапакса) или  $158,71 TL$  (общей длины), считая по зависимости  $TL$  от  $CL$  (длина выражена в мм), и  $k = 0,45 \text{год}^{-1}$  определены в работе [20]. В таблице 4 эти же параметры определены по исходным данным о размерно-возрастной структуре популяции (см. табл. 1).

Значения асимптотической длины  $L_\infty$  в рассматриваемых местообитаниях популяций длиннопалого рака изменяется от 14,50 см в оз. Севан до 22,82 см в лиманах дельты Волги. Каких-либо закономерностей в изменениях  $L_\infty$  не просматривается. Так, в ильменах дельты Волги в одних случаях параметр  $L_\infty$ , равен максимальному из рассматриваемых значений, по другим данным для тех же мест — близок к среднему для вида. Значения  $L_\infty$ , рассчитанные по средним значениям длины раков возрастных групп ЮП, оказались примерно такими же, как и для СП, различия статистически не достоверны ( $t$ -тест для независимых переменных равен 0,70,  $p = 0,50$ ).

Максимальные размеры выловленных раков ( $L_{max}$ ) также изменяются независимо от значений  $L_\infty$  — в одних случаях максимальная длина пойманных раков была больше асимптотической длины, в других — нет. Между совокупностью значений  $L_{max}$  и  $L_\infty$  нет статистически значимых различий ( $t$ -тест для зависимых переменных равен -0,57,  $p = 0,59$ ).

Максимальную общую длину длиннопалого рака можно принять равной 20 см, как это отмечается для раков Днестровского лимана [9]. Только в водоемах Ирана [22] был пойман рак близкой длины — 19,6 см. Во всех остальных местах  $L_{max}$  была меньшей и наиболее часто встречались раки максимальной длины 17—18 см.

В направлении с юга на север максимальные размеры особей изменяются незакономерно. Максимальные размеры выловленных особей могут и,

**4. Параметры уравнений группового линейного роста и максимальная длина пойманных особей длиннопалого рака южных районов обитания**

Местообитания	$L_{\infty}$ , см	$k$ , год <sup>-1</sup>	Максимальная длина пойманных особей, см
Оз. Катлабух, бассейн Дуная	16,07	-0,3045	18,6
Днестровский лиман	19,05	-0,2170	19,75
Каховское водохранилище, бассейн Днепра	16,67	-0,2447	16,75
Болдыр-Куль, дельта Волги	22,82	-0,2076	17,5
Старая Ахтуба, дельта Волги	17,86	-0,3634	17,5
Волгоградское водохранилище, Волга	20,45	-0,2769	—
Водоемы Нижнего Дона	16,65	-0,1926	16,9
Европейская часть Турции	16,70	-0,4475	18,47
Средние значения по исходным данным о росте*	17,66	-0,2877	

\* Средние значения определены путем объединения исходных данных о размерно-возрастной структуре раков из всех южных мест обитания и затем проведена оценка параметров уравнения Берталанфи.

**5. Параметры уравнений группового линейного роста и максимальная длина пойманных особей длиннопалого рака северных районов обитания**

Местообитания	$L_{\infty}$ , см	$k$ , год <sup>-1</sup>	Максимальная длина пойманных особей, см
Северо-западная Польша	18,93	-0,1746	
Оз. Севан, Армения	14,50	-0,3470	16,5
Оз. Олтуш, Беларусь	19,86	-0,2463	
Оз. Соминское, Беларусь	15,34	-0,3120	17,8
Средние значения по исходным данным о росте*	18,05	-0,2162	

\* Средние значения определены путем объединения исходных данных о размерно-возрастной структуре раков из всех северных мест обитания и затем проведена оценка параметров уравнения Берталанфи.

очевидно, определяются интенсивностью промысла, поскольку крупным особям всегда отдается предпочтение и более крупные особи всегда доминируют в раколовках, в которых используется приманка [28]. Эти рассуждения относятся к выловленным ракам и их максимальным размерам. Теоретическая же максимальная длина будет и должна определяться особенностями роста особей в конкретных популяциях. Однако каких-либо закономерностей в изменении максимальных теоретических размеров у длиннопалого рака не найдено.



Размерная структура популяций длиннопалого рака определяется не только скоростью роста особей, но интенсивностью вылова раков. В интенсивно эксплуатируемых популяциях средние размеры особей будут снижаться. За исключением европейской части Турции [20], где специально отмечается отсутствие лова раков, в других местах обитания раков ловят и оценить интенсивность промысла не представляется возможным. Взаимосвязь между параметрами уравнений Бергаланфи  $k$  и  $L_\infty$  показана на рисунке 2.

Уравнение зависимости  $L_\infty$  от  $k$  имеет вид:

$$L_\infty = 21,65 - 13,69 k \quad (r = -0,47, p = 0,09). \quad (3)$$

Уровень значимости  $p = 0,1$  (10%) в современной статистике считается неприемлемым для достоверных суждений, поскольку в своих выводах о взаимосвязи  $L_\infty$  и  $k$  мы можем ошибиться не менее, чем в одном случае из десяти. Отсутствие статистически значимой связи между параметрами роста Бергаланфи указывает на высокую вариабельность параметров, разнонаправленное влияние на них факторов среды и, как следствие, на независимую изменчивость  $L_\infty$  и  $k$ . Для интенсивно эксплуатируемых популяций в перечне факторов, очевидно, первостепенное значение будут иметь факторы, связанные с интенсивностью и объемами промысла.

Объективно существующая зависимость  $L_\infty$  и  $k$ , которая доказана для многих видов [14], у длиннопалого рака модифицируется многими факторами окружающей среды, в результате чего эта зависимость может не проявляться. Константа роста  $k$ , как вторая переменная сравниваемых параметров, у пойкилотермных животных определяется температурой, но кроме этого на скорость роста оказывают влияние частота линек и прирост за линьку, внутри- и межвидовая конкуренция, а также промысловая нагрузка на популяцию. В совокупности разнонаправленность влияния факторов среды обитания и приводит к тому, что взаимосвязь  $L_\infty$  и  $k$  имеет низкую достоверность.

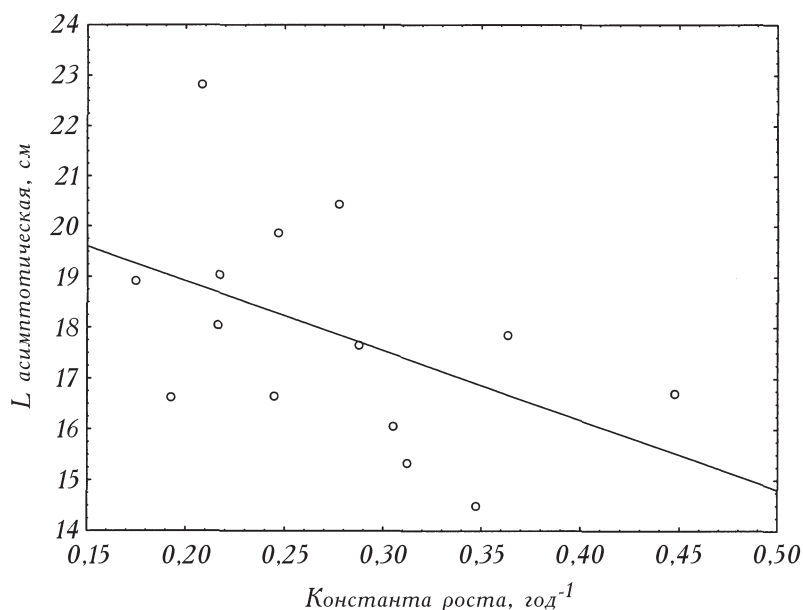
С другой стороны,  $p = 0,1$  — это такой уровень значимости, который можно учитывать и, используя обобщенную зависимость демографических характеристик с параметрами роста, находить значения естественной смертности, средней продолжительности жизни, индекса роста, как это представлено в работах [19, 20, 25]. Так, расчеты естественной смертности проводили на основе общего уравнения связи  $M$  с  $L_\infty$  и  $k$  (Pauly, 1980, цит. по [20]):

$$\ln M = -0,0066 - 0,279 \ln L_\infty + 0,6543 \ln k + 0,463 \ln T, \quad (4)$$

где  $M$  — естественная смертность;  $T$  — средняя годовая температура.

Естественная смертность связана с общей смертностью зависимостью:

$$Z = M + F,$$



2. Связь константы роста с асимптотической длиной особей длиннопалого рака в уравнениях Бергаланфи.

где  $Z$ ,  $M$  и  $F$  — соответственно общая, естественная и промысловая смертность.

Для популяции длиннопалого рака оз. Соминского ранее [1] были определены значения общей мгновенной смертности особей ( $Z$ ), начиная с возраста трех и более лет, которые колебались в пределах  $0,631—0,672 \text{ год}^{-1}$ , что соответствует примерно 50%-ной смертности особей каждого возрастного класса в течение года. Значения естественной смертности облавливаемой части популяции не оценивались. Определим естественную смертность длиннопалого рака оз. Соминского по уравнению (4), взяв значения  $L_{\infty}$  и  $k$  из таблицы 5 и приняв среднюю температуру воды в озере близкой к  $10^{\circ}\text{C}$ . Расчеты показывают, что для популяции оз. Соминского естественная смертность равна  $0,6285$ , что соответствует выживаемости  $l = e^{-M}$  или 53,3%.

Таким образом, естественная смертность, оцененная по уравнению (4), сопоставима с общей смертностью, которая была определена путем анализа динамики численности отдельных возрастных классов в последовательном ряду лет [1]. Популяция длиннопалого рака оз. Соминского достаточно интенсивно эксплуатируется, поэтому промысловую смертность нельзя приравнять к нулю, следовательно естественная смертность должна быть гораздо меньше общей. Но, определив ее по уравнению (4), мы получаем примерное равенство  $Z$  и  $M$ , что и доказывает непригодность уравнения (4) для оценки естественной смертности длиннопалого рака.

В озерах Турции популяции длиннопалого рака характеризуются средними значениями  $k$  от 0,45 до 0,58 год<sup>-1</sup>. Наименьшим это значение было для самок оз. Изник — 0,41, наибольшим — для самцов этого же озера — 0,68 [19]. Это максимальные значения константы роста для длиннопалого рака. Для других видов семейства Astacidae константа роста изменяется от 0,23 у *A. astacus* до 0,47 — у *Pacifastacus leniusculus* [25].

В данной работе групповой рост популяций длиннопалого рака сравнивается в местообитаниях от 41° до 54° с. ш. На рисунке 3 показана зависимость константы роста от широты мест обитания популяций длиннопалого рака.

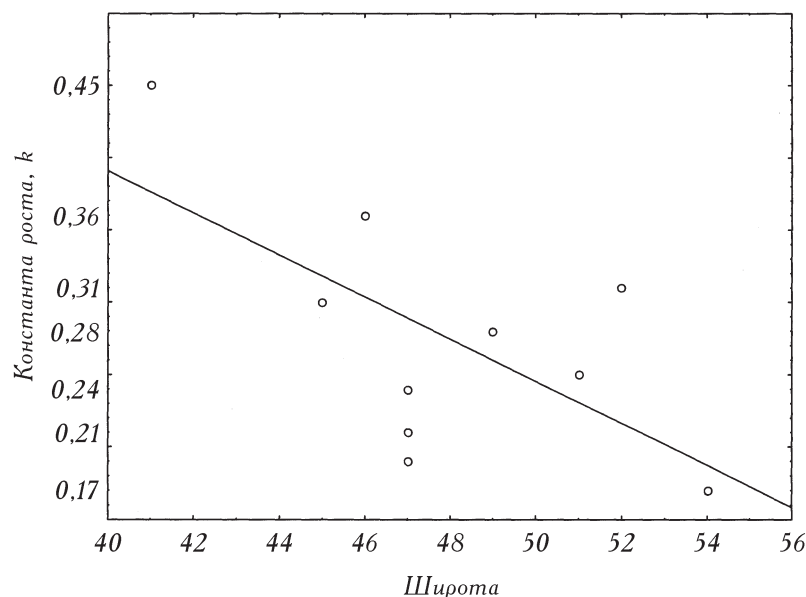
Константа роста ( $k$ ) длиннопалого рака находится в статистически достоверной связи с широтой мест обитания ( $L$ ) и описывается уравнением:

$$k = 0,9720 - 0,0145L, r = -0,647, p = 0,043. \quad (5)$$

Среднее значение  $k$  увеличивается с уменьшением широты. В работе [25] данная зависимость показана для *Austropotamobius pallipes*. Очевидно, с уменьшением широты повышается температура мест обитания раков и увеличивается скорость роста. Константа роста указывает на скорость, с которой кривая линейного роста достигает асимптоты, то есть верхнего предела. Для южных популяций среднее значение  $k$  выше по сравнению с северными популяциями (см. табл. 4, 5), что является отражением, в первую очередь, температурных условий обитания популяций длиннопалого рака.

Следует отметить, что не все данные по росту особей длиннопалого рака удовлетворительно описывались уравнением роста Берталанфи. Из анализа были исключены данные по размерно-возрастной структуре популяций Днепро-Бугского лимана [9], Азово-Черноморского бассейна [10], притоков Средней Волги [12], Светлогорского водохранилища Белорусского Полесья [3], водоемов Белорусского Поозерья [8, 18]. Некоторые значения  $L_{\infty}$  и  $k$ , рассчитанные по этим данным, оказывались либо неправдоподобно большими, либо малыми и были лишены биологического смысла.

У раков нет четких регистрирующих возраст структур. Выделение возрастных групп проводится в большинстве случаев путем анализа частоты встречаемости отдельных размерных групп. Раки размножаются раз в году, благодаря чему размерная структура популяции представлена рядом относительно дискретных размерных классов, что позволяет использовать вероятностно-статистические методы анализа и выделять возрастные классы. Но в то же время раки характеризуются чрезвычайно высокой разнокачественностью роста. Длина быстро растущих особей предыдущего возрастного класса может соответствовать размерам раков следующего возрастного класса (см. рис. 1), тем самым возможны несоответствия размеров и выделенных на этой основе возрастов. Ошибки при выделении отдельных возрастных классов приводят к отклонениям  $L_{\infty}$  и  $k$  от биологически допустимых значений. Особенно неправильное определение возраста на начальных и конечных этапах оттогенеза будет сказываться на значениях параметров



3. Зависимость константы роста от широты мест обитания популяций длиннопалого рака.

роста Берталанфи. Малый числовой ряд и небольшое количество анализируемых возрастных классов также может быть причиной возможных несоответствий параметров роста.

### Заключение

Таким образом, у длиннопалого рака значения параметров роста Берталанфи  $L_{\infty}$  и  $k$  не являются видоспецифичными, даже в одном районе в относительно близких условиях обитания они могут варьировать в широких пределах. Между  $L_{\infty}$  и  $k$  отмечается чрезвычайно слабая обратная зависимость ( $r = 0,1$ ), что делает расчеты демографических характеристик на основе общих уравнений взаимосвязи популяционных параметров с ростовыми непродуктивными. Константа роста  $k$  оказывается более информативной, нежели дефинитивные размеры тела ( $L_{\infty}$ ), поскольку последние определяются не только биологическими закономерностями, но и антропогенными факторами.

\*\*

*Середні розміри особин довгопалого рака змінюються від  $6,08 \pm 0,70$  см у віці одного року до  $15,60 \pm 2,06$  см у віці семи років у південних районах та від  $4,02 \pm 0,50$  см до  $14,28 \pm 1,05$  см — у північних районах ареала виду. Значення параметрів росту Берталанфі  $L_{\infty}$  і  $k$  не є видоспецифічними, навіть в одному районі у відносно близьких умовах існування вони можуть варіювати в широких межах. Між  $L_{\infty}$  і  $k$  відмічається надзвичайно слабкий зворотний зв'язок ( $r = 0,1$ ), що робить розрахунки демографічних характеристик на підставі загальних рівнянь взаємозв'язку популяційних параметрів із ростовими непродуктивними.*

\*\*

The average size of narrow-clawed crayfish from southern habitats vary from  $6,08 \pm 0,70$  cm at the age of 1 year to  $15,60 \pm 2,06$  cm at the age of 7; and  $4,02 \pm 0,50$  cm at the age of 1 year to  $14,28 \pm 1,05$  cm at the age of 7 for northern habitats. The Bertalanffy parameters of growth  $L_{\infty}$  and  $k$  are not species-specific, they can vary greatly even in the same area in relatively similar habitat. There is an extremely weak inverse correlation ( $p = 0,1$ ) between  $L_{\infty}$  and  $k$ , that makes calculations of demographic characteristics based on general equations of the interrelation between population parameters and growth parameters not productive.

\*\*

1. Алехнович А.В. Оценка выживаемости промысловой части популяции длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* (Esch.) // Докл. НАН Беларуси. — 2012. — № 5. — С. 82—86.
2. Алехнович А.В., Гукасян Э.Х. Размерная структура, динамика полового созревания и плодовитость длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* водоемов Беларуси и Армении // Гидробиол. журн. — 2013. — Т. 49, № 5. — С. 54—66.
3. Алехнович А.В., Кулеш В.Ф. Продукция промысловой части популяции длиннопалого рака Светлогорского водохранилища // Природ. ресурсы. — 2005. — № 3. — С. 29—37.
4. Алехнович А.В., Кулеш В.Ф., Бакулин А.М. Продукция промысловой части популяции длиннопалого рака (*Astacus leptodactylus* Esch.) озера Олуш // Весці НАН Беларусі, сер. біял. навук. — 2004. — № 4. — С. 22—31.
5. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. — Л.: Гидрометеоиздат, 1989. — 151 с.
6. Багалян Н.С. Характеристика длиннопалого рака (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) озера Севан в условиях повышения его уровня: Автореф дис. ... канд. биол. наук. — Ереван, 2012. — 25 с.
7. Бириштейн Я. А., Виноградов Л.Г. Пресноводные Decapoda СССР и их географическое распространение. // Зоол. журн. — 1934. — Т. 13, вып. 1. — С. 39—70.
8. Бонадысенко А.П. Линька и рост длиннопалого рака // Лимнология северо-запада СССР. — Таллин, 1973. — Ч. I. — С. 71—72.
9. Бродский С.Я. Фауна Украины. Т. 26. Вып. 3. Речные раки. — Киев: Наук. думка, 1981. — 212 с.
10. Будников К.Н., Третьяков Ф.Ф. Речные раки и их промысел. — М.: Пищепромиздат, 1952. — 95с.
11. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (2000 год) / Под общ. ред. А. П. Остапени. — Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 2003. — 63с.
12. Егерова И.В., Изосимов В.В. Длиннопалый рак (*Potamobius leptodactylus* Esch.) в Татарской Республике // Тр. Татар. науч. рыбохоз. станции. — 1933. — Вып. 1. — С. 35—76.
13. Ермолин В.П. Определение общего допустимого улова речного рака при разной периодичности лова // VII Всерос. конф. по промысловым беспозвоночным (памяти Б. Г. Иванова): Тез. докл., Мурманск, 9—13 окт. 2006 г. — М., 2006. — С. 175—177.

14. Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. — М.: Наука, 1976. — 291 с.
15. Нефедов В.Н., Колесникова Г.В. Особенности роста и методы определения возраста у речных раков // Сб. науч. тр. НИИ озер. и речн. рыб. хоз-ва. — 1984. — Вып. 215. — С. 76—104.
16. Румянцев В.Д. Речные раки Волго-Каспия (биология и промысел). — М.: Пищ. пром-сть», 1974. — 86 с.
17. Черкашина Н.Я. Динамика популяций раков родов *Pontastacus Caspiastacus* (Crustacea, Decapoda, Astacidae) и пути их увеличения. — М: Нацрыбресурс, 2002. — 257 с.
18. Штейнфельд А.А. Биология и промысел речных раков в БССР // Тр. Белорус. отд. Всесоюз. НИИ озер. и речн. рыб. хоз-ва. — 1957. — Т. 1. — С. 118—137.
19. Berber S., Mazlum Y., Demerci A., Türel S. Structure, growth, mortality and size at sexual maturity of various populations *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 (Crustacea: Decapoda) in Turkey // Mar. Sci. Tech. Bull. — 2012. — N 1. — P. 21—27.
20. Deval M.C., Bok T., Ates C., Tosunoglu Z. Length-based estimates of growth parameters, mortality rates, and recruitment of *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) (Decapoda, Astacidae) in unexploited inland waters of the northern Marmara region, European Turkey // Crustaceana. — 2007. — Vol. 80, Part 6. — P. 655—666.
21. Holdich D.M., Haffner P., Noel P. et al. Species files. Atlas of crayfish in Europe / Museum national d'Histoire naturelle. — Paris, 2006. — P. 49—129.
22. Karimpour M., Harlioglu M.M., Aksu O. Status of freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus*) in Iran // Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst. — 2011. — Vol. 401. — 18 p.
23. Koksal G. *Astacus leptodactylus* in Europe // Freshwater crayfish: biology, management and exploitation / Ed. by D. M. Holdich, R. S. Lowery. — London: Chapman and Hall, 1988. — P. 365—400.
24. Reynolds J.D. Growth and reproduction / Biology of freshwater Crayfish. — Oxford: Blackwell Science LTD, 2002. — P. 152—191.
25. Scalici M., Ballucio A., Gibertini G. Understanding population structure and dynamics in threatened crayfish // J. of Zoology. — 2008. — Vol. 275. — P. 160—171.
26. Schulz R., Smietana P. Occurrence of native and introduced crayfish in Northeastern Germany and Northwestern Poland // Bull. Fr. Peche Piscic. — 2001. — Vol. 361. — P. 629—641.
27. Skurdal J., Taugbøl T. *Astacus* / Biology of Freshwater Crayfish. — Oxford: Blackwell Science LTD, 2002. — P. 467—510.
28. Smietana P., Krzywosz T. Determination of the rate of growth of *Pacifastacus leniusculus* in Lake Pobledzie, using polymodal length-frequency distribution analysis // Bull. Fr. Peche Piscic. — 2006. — Vol. 380—381. — P. 1229—1243.

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

Поступила 13.02.15