

УДК 639.517:591.526

А. В. АЛЕХНОВИЧ

**ОЦЕНКА ВЫЖИВАЕМОСТИ ПРОМЫСЛОВОЙ ЧАСТИ ПОПУЛЯЦИИ
ДЛИННОПАЛОГО РАКА *ASTACUS LEPTODACTYLUS* (ESCH.)**

(Представлено членом-корреспондентом В. П. Семенченко)

НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, Минск

Поступило 28.03.2012

Введение. Важнейшими параметрами эксплуатируемых популяций является оценка их промысловой и естественной смертности. Естественная смертность – результат совместного действия абиотических и биотических факторов среды. Промысловая смертность (величина изъятия) определяется интенсивностью промысла. Суммарные значения промысловой и естественной смертности дают общую смертность. Оценка общей смертности и ее составляющих значений позволяет подойти к определению общего допустимого улова, планировать максимально возможный вылов с одновременным учетом требований по устойчивому использованию возобновляемого природного ресурса.

В Беларуси три вида речных раков, но основным промысловым видом является длиннопалый рак *Astacus leptodactylus*. Раки – ценный объект промысла, для которого одинаково неприемлемо как чрезмерное, так и недостаточное использование. Для их рационального использования, наряду с изменением численности, необходимо знать смертность отдельных возрастных групп раков промысловой части популяции.

Данные по смертности раков очень немногочисленны. Экспериментальная оценка смертности выполнена только для молодежи на первом году их роста. В естественных местах обитания для раков промысловой части популяции прямых определений смертности нет. В единственной публикации по длиннопалому раку оценка смертности проводится на основании полученных обобщенных эмпирических моделей взаимосвязи параметров роста, описываемого уравнением Бергаланфи, и смертности [1]. Те же зависимости параметров роста и смертности были использованы для определения смертности европейского вида *Austropotamobius pallipes* [2] и двух интродуцированных в Европе видов раков – *Orconectes immunis* [3] и *Procambarus clarkii* [4; 5]. В литературе не найдены работы по прямой оценке общей смертности отдельных поколений популяций речных раков.

Цель работы – оценить уровень годовой смертности разновозрастных особей промысловой части популяции длиннопалого рака.

Материал и методы исследования. Исследования проводились на озере Соминское (Брестская обл., Ивацевичский р-н). Озеро карстового типа площадью 0,41 км², мезотрофное. Максимальная глубина 33 м. До глубины 10 м дно песчаное или песчано-торфянистое, глубже выслано сапропелем. Общая минерализация 201,5 мг/л. До глубины порядка 6 м обильно заросло погруженной водной растительностью.

Раков отлавливали раколовками, которые состояли из двух мереж, соединенных между собой вставкой из дели. Раколовки не имели приманки. Продолжительность облова всегда составляла трое суток. Общее количество раколовко-суток – 93–96.

Величину мгновенной (удельной) общей смертности возрастной группы в уловах за год рассчитывали исходя из убыли численности поколения в последовательно сравниваемых уловах. Смертность определялась для особей возраста 3 и больше лет по уравнению

$$Z = (\ln N_t - \ln N_{t+n}) / \Delta t, \quad (1)$$

где Z – общая мгновенная смертность; N_t – средний улов на одну раколовку в сутки раков возраста t ; N_{t+n} – средний улов раков того же поколения ко времени $t + n$ лет. Временной интервал, для которого определялась смертность, составлял 1–3 года.

Мгновенная общая смертность в высокой степени абстрактная, но удобная для математических преобразований величина, поэтому для большей наглядности получаемых величин была рассчитана выживаемость. Выживаемость (1) определяли следующим образом [6]:

$$l = e^{-Z}, \quad (2)$$

где l – выживаемость; e – основание натурального логарифма. Выживаемость оценивали за год.

Численность раков определенного возраста определяли как средний улов на одну ловушку за одни сутки. Исследованиями были охвачены май 2008, июнь 2009 и май 2011 г.

Возраст раков определяли, анализируя кумулятивную функцию распределения размеров анализируемых особей, и сравнивали ее с теоретической функцией нормального распределения. Отклонения от теоретического распределения позволяют выделить отдельные размерные классы, которые можно интерпретировать как возрастные классы. Использовались два варианта анализа, представляемых графически данными: кумулятивная кривая размерных классов и разбросанный график нормальной вероятности модальных значений длины особей. Математическая обработка проведена с использованием программы Statistica 6.

Анализ уловов и оценка смертности проводилась таким образом: всех пойманных раков промеряли, затем выделяли размерно-возрастные классы и определяли средний улов конкретного возрастного класса одной раколовкой в сутки. После чего анализировалась динамика изменения среднего улова одного поколения за смежные годы или как среднегодовая величина за 2–3 года.

У раков измеряли общую длину (TL) – от острия рострума до конца тельсона.

Результаты и их обсуждение. Средняя длина раков отдельных возрастных классов не остается постоянной и меняется от года к году (рис. 1, 2). Так, в весенних сборах разных лет общая длина самцов раков в возрасте 3 лет изменялась от 82 до 105 мм, в возрасте 4 лет – от 103 до 115 мм, 5 лет – от 107 до 130 мм, 6 лет – 123–144 мм. Длина самок в 3 года составляла 84–101 мм, в 4 года – 96–112 мм, в 5 лет – 107–122 мм, в 6 лет – 122–132 мм. В наших сборах раки старше 6 лет не регистрировались.

Зная размерно-возрастную структуру популяции длиннопалого рака оз. Соминское можно было проследить динамику численности раков конкретного возрастного класса и оценить мгновенную смертность (таблица).

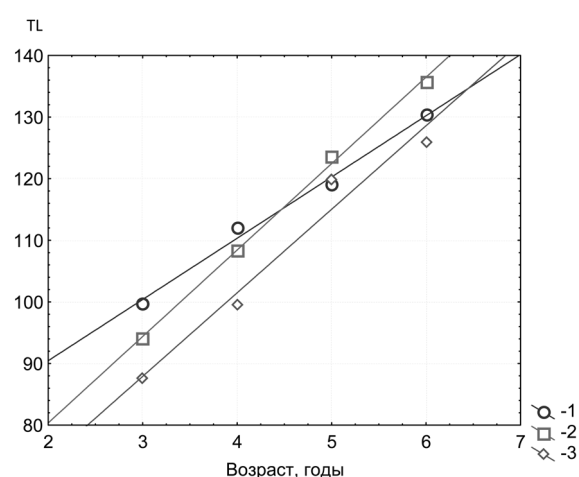


Рис. 1. Изменчивость средних размеров самцов длиннопалого рака оз. Соминское (общая длина TL, мм) в зависимости от возраста в разные годы исследований: 1 – май 2008 г., 2 – июнь 2009 г., 3 – май 2011 г.

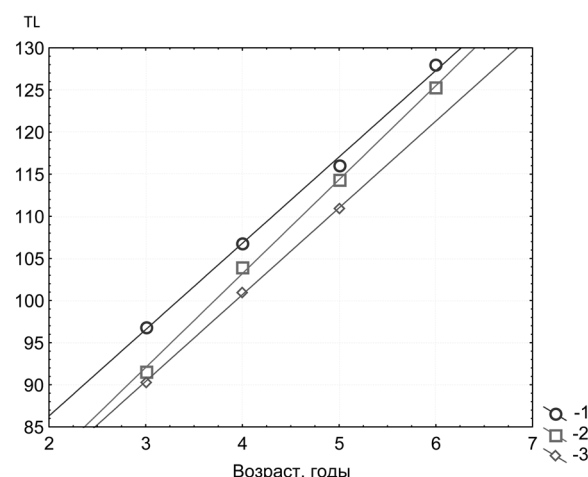


Рис. 2. Изменчивость средних размеров самок длиннопалого рака оз. Соминское (общая длина TL, мм) в зависимости от возраста в разные годы исследований: 1 – май 2008 г., 2 – июнь 2009 г., 3 – май 2011 г.

Общая мгновенная смертность и выживаемость длиннопалого рака оз. Соминское

Возраст, годы	Мгновенная смертность, год ⁻¹			Выживаемость, год ⁻¹		
	С 2008 по 2009 г.	С 2009 по 2011 г.	С 2008 по 2011 г.	С 2008 по 2009 г.	С 2009 по 2011 г.	С 2008 по 2011 г.
	<i>Самцы</i>					
3–4	0,907	0,384*	0,855***	0,404	0,681*	0,425***
4–5	0,201	0,384*	0,855***	0,818	0,681*	0,425***
		0,829**			0,436**	
5–6	0,894	0,829**	0,855***	0,409	0,436**	0,425***
	<i>Самки</i>					
3–4	-0,993	0,725*	–	2,699	0,484*	–
4–5	-0,043	0,725*	–	1,044	0,484*	–
5–6	0,288	–	–	0,750	–	–

Примечания: * – значения параметров определены как средние за год для возрастов от 3 до 5 лет, с 2009 по 2011 г.; ** – значения параметров определены как средние за год для возрастов от 4 до 6 лет, с 2009 по 2011 г.; *** – значения параметров определены как средние за год для возрастов от 3 до 6 лет, с 2008 по 2011 г.

Таким образом, по сборам, проведенным в конце весны – начале лета, выживаемость самцов за год в возрасте от 3 до 6 лет колеблется в пределах 40–82 %. Для самок возраста 3–5 лет в сборах 2008–2009 гг. мы получаем отрицательную мгновенную смертность и соответственно выживаемость больше 100 %, поэтому эти данные не учитывались. Причины отклонений остались не выясненными. Без учета данных по отклоняющимся значениям, выживаемость самок облавливаемой части популяции за год составила 43–75 %.

Для самцов в возрасте от 3 до 6 лет средние значения общей мгновенной смертности равны $0,699 \pm 0,265$ год⁻¹, для самок (без учета отрицательных значений) – $0,579 \pm 0,252$ 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 $0,672 \pm 0,257$ год⁻¹, что соответствует выживаемости за год, равной 51,1 %.

Таким образом, ежегодно, начиная с возраста 3 года, каждый возрастной класс, как самцов, так и самок, теряет половину особей.

Средние значения мгновенной смертности можно определить, найдя зависимость уловов, выраженных в натуральных логарифмах, от возраста раков. При прямолинейной зависимости между средним уловом одной ловушкой и соответствующим возрастом особей угловой коэффициент уравнения,

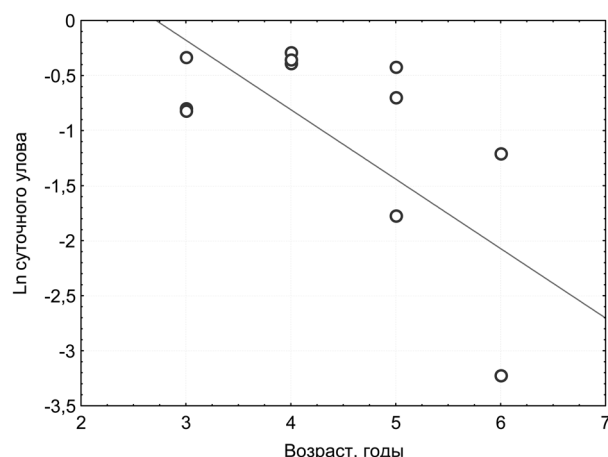


Рис. 3. Зависимость логарифмов средних уловов, собранных в мае–июне 2008–2011 гг., от возраста особей популяции длиннопалого рака оз. Соминское

описывающего зависимость, будет соответствовать средней мгновенной смертности раков. На рис. 3 без учета пола особей показана зависимость средних уловов от возраста раков.

Представленная на рис. 3 зависимость описывается линейным уравнением

$$C = 1,714 - 0,631\tau, r = -0,690, p = 0,013, \quad (3)$$

где C – натуральный логарифм среднего суточного улова; τ – возраст; r – коэффициент корреляции; p – уровень значимости.

Как видим, наблюдается хорошее соответствие значений мгновенной смертности, полученных путем анализа изменений средних уловов отдельных поколений ($Z = 0,672$) и общим изменением среднего улова раков в зависимости от их возраста ($Z = 0,631$).

По (3) получаем среднее значение Z промысловой части популяции раков без учета пола. Рассчитанные отдельно для самцов и самок значения Z будут иметь вид:

$$C_{\sigma} = 1,168 - 0,668\tau, r = -0,826, p = 0,000, \quad (4)$$

$$C_{\text{♀}} = 0,139 - 0,353\tau, r = -0,385, p = 0,242. \quad (5)$$

Обозначения те же, что и в (3).

Если для самцов полученные значения мгновенной смертности можно считать значимыми, то для самок предложенный способ расчета Z не дал достоверного результата.

Совпадение общей мгновенной смертности промысловой части популяции раков оз. Соминское, полученной разными способами, возможно лишь в том случае, когда в течение ряда исследуемых лет пополнение популяции остается на постоянном уровне. Это происходит, если факторы среды из года в год меняются одинаковым образом, а популяция находится в стационарном состоянии. Следует также предположить, что промысловый пресс на популяцию сохранялся в разные годы примерно на одном уровне. На основании полученных результатов можно считать, что данные предположения в 2008–2011 гг. для популяции длиннопалого рака оз. Соминское выполнялись, но это в большей степени исключение, чем правило. Скорее всего, пополнение будет меняться от года к году и достаточно простой способ оценки общей смертности путем анализа зависимости уловов от возраста особей следует использовать с определенной осторожностью. Например, общая мгновенная смертность неэксплуатируемых популяций длиннопалого рака водоемов европейской части Турции, определенная по обобщенной модели зависимости смертности и параметров роста Бергаланфии, составляла $0,589 \text{ год}^{-1}$, а оценка по динамике численности уловов в зависимости от возраста раков – $2,11\text{--}2,21 \text{ год}^{-1}$ [1]. В первом случае выживаемость особей будет 55 %, во втором – примерно 11 %. Данные, полученные по обобщающей модели, кажутся ближе к истине, поскольку дают более реальные величины выживаемости особей.

Для других немногочисленных видов раков общая смертность рассчитана только с использованием обобщенной модели связи роста гидробионтов и их смертности. Так для *O. immunis* Z для самцов и самок составляет 3,68 и 3,95 соответственно [3]. В таком случае выживаемость следует ожидать в пределах 2–2,5 %. Для самцов и самок *P. clarkii* Z равно 2,26 и 2,79 соответственно [5], что эквивалентно 6–10 % выживаемости. Для этого же вида по данным [4] Z колеблется от 2,99 до 5,16, а это значит, выживаемость составит 0,5–5 %. Таким образом, если значения Z , которые у авторов называются индексами мгновенной смертности, перевести в выживаемость, получаем значения настолько низкие, что они кажутся маловероятными. Только для *A. pallipes* – европейского аборигенного вида сведения о смертности [2] позволяют рассчитать выживаемость, равную 29–46 %.

Таким образом, вопросы оценки мгновенной смертности популяций раков совершенно не разработаны, использование обобщающей модели для определения Z не дает уверенности в правильности получаемых результатов.

Заключение. Предложенный в данной работе способ оценки мгновенной смертности по анализу межгодовой динамики численности отдельных поколений является более перспективным. Использование большого количества раколовов, которые устанавливаются в течение ряда лет в одно и то же время года (предпочтительно в начале вегетационного периода) и на одних и тех же местах, позволяет проанализировать динамику численности отдельного поколения и на этой основе оценить смертность раков. Отметим, что идентичность размерной структуры раков в уловах и размерной структуры облавливаемой части популяции возможно только в случае использования ловушек без приманки. Поскольку наличие приманки предполагает конкуренцию за пищу и доминирование более крупных особей в уловах.

Таким образом, средние значения общей мгновенной смертности облавливаемой части популяции длиннопалого рака оз. Соминское, начиная с возраста 3 и более лет, колеблются в пределах $0,631\text{--}0,672 \text{ год}^{-1}$, что соответствует примерно 50 % выживаемости особей каждого возрастного класса в течение года. Эти же значения выживаемости характерны и для самцов, но для са-

мок методы анализа динамики отдельных возрастных классов иногда давали искаженные результаты, что указывает на наличие каких-то факторов, влияющих либо на численность, либо на уловы самок. Тем не менее, результаты работы в целом позволяют утверждать, что общая выживаемость самок примерно такая же, как и самцов.

Литература

1. Deval M. C., Bok T., Ates C., Tosunoglu Z. // *Crustaceana*. 2007. Vol. 80, part 6. P. 655–666.
2. Scalici M., Belluscio A., Gibertini G. // *J. of Zoology*. 2008. Vol. 275. P. 160–171.
3. Chucholl C. // *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 2012. Vol. 404. DOI 10.10551/kmae/2011082.
4. Scalici M., Gherardi F. // *Hydrobiologia* 2007. Vol. 583. P. 309–319.
5. Chucholl C. // *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 2011. Vol. 401. DOI 10.1051/kmae/2011053.
6. Полищук Л. В. Динамические характеристики популяций планктонных животных. М., 1986.

A. V. ALEKHNOVICH

alekhnovich@biobel.bas-net.by

ESTIMATION OF MORTALITY RATES FOR NARROW-CLAWED CRAYFISH *ASTACUS LEPTODACTYLUS* (ESCH.) IN COMMERCIAL PART OF POPULATION

Summary

Dynamic of abundance various generations of *Astacus leptodactylus* has been analyzed in Sominskoe Lake. The average instantaneous rate of total mortality for population, beginning with the age 3 and more, was 0.672 year⁻¹, the annual survival was 51 %.