

Щуров И.Л., Широков В.А., Лукин А.А., Ивантер Д.Э., 2008б. Другие лососевые // Биоресурсы Онежского озера. Петрозаводск. С. 115–121.

Эсаулов В., 1878. Список позвоночных животных, водящихся и встречающихся в Торопецком и Холмском уездах Псковской губернии // Труды СПб. об-ва естествоиспытателей. Т. 9. С. 223–240.

Geist J., 2005. Conservation genetics and ecology of European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) genehmigten Dissertation. München: Technischen Universität München. 121 p.

Punane Raamat. Tallinn: «Valgus». 1982. 234 p.

Rudzīte M., 2004. Distribution of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus 1758) in Latvia in relation to water quality // Acta Universitatis Latviensis. V. 676. P. 79–85.

Zajac K., 2007. Perspektywy restytucji perłorodki rzecznej w Polsce – action plan // Konferencja Ochrona Przyrody w Polsce. 2 – Restytucje i reintrodukcyjne. 13 listopada 2007. P. 12.

THE EUROPEAN FRESHWATER PEARL MUSSEL (*MARGARITIFERA MARGARITIFERA*) AND HOST FISH OF ITS LARVAE IN WATER SYSTEMS ALONG THE WATERSHED OF BALTIC AND CASPIAN DRAINAGES

A. A. Makhrov

Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russia
e-mail: makhrov12@mail.ru

Pearl used to be harvested in the Zapadnaya Dvina basin in the 18th century. In the Narva River basin, the distribution of *M. margaritifera* was limited. Pearls were harvested in many rivers of the Lake P'men' basin in the 18th and 19th centuries; *M. margaritifera* was also found there in the 20th and 21st centuries. In the 19th and early 20th centuries, pearls were harvested in the Svir River basin and in some rivers on the southern shore of Lake Onega. Reports on recent findings of *M. margaritifera* in the Volga basin (in the late 20th and the 21st centuries) are of special interest; however, they are yet to be confirmed.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ УРАВНЕНИЯ РОСТА БЕРТАЛАНФИ ПРИ ОТСУТСТВИИ РЕГУЛЯРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Е.Б. Мельникова

Институт биологии южных морей НАН Украины, г. Севастополь
e-mail: vfjuck@mail.ru

Количественным показателем развития рыб является их рост. Поэтому математическая оценка количественных параметров роста в естественных условиях имеет первостепенное значение при изучении динамики рыбных ресурсов и разработке мероприятий по их рациональному использованию.

Для количественной оценки параметров роста рыб чаще всего используют уравнение линейного роста Берталанфи (Bertalanffy L., 1964; Рикер У., 1979):

$$l(t) = L(1 - e^{-K(t-t_0)}), \quad (1)$$

где $l(t)$ – длина рыбы в момент времени t ;

L – средняя предельная длины рыбы исследуемой популяции;

K – константа, характеризующая скорость изменения длины;

t_0 – константа, указывающая момент времени, в который длины рыбы в принятой модели роста (1) была равна нулю;

$(t - t_0)$ – время, прошедшее от рождения рыбы (возраст рыбы).

Уравнение (1) позволяет для заданного возраста рыбы определить ее длину или прирост длины за фиксированный отрезок времени (год, сезон и т.д.), оно используется для нахождения индивидуального и популяционного роста особей промыслового стада, расчете продукционных характеристик и т.д.

В уравнении (1) содержится три неизвестных коэффициента L , K и t_0 , которые должны быть определены на основе экспериментальных измерений. Существуют разные методы нахождения этих коэффициентов (Hohendorf К.; 1966, Рикер У.Е., 1979; Барыбина А.И., 1978 и др.). Однако не-

достатком всех этих методов является то, что для определения неизвестных коэффициентов длина рыбы должна быть известна через равные интервалы времени. Если интервалы времени, для которых определена длина, не являются постоянными (то есть отсутствуют регулярные измерения), то для этих случаев известные методы не применимы.

Целью данной работы является разработка методики определения коэффициентов уравнения линейного роста Берталанфи на основе экспериментальных измерений длины, проведенных через неравные интервалы времени.

Если продифференцировать уравнение (1) и провести несложные преобразования, то можно получить следующее выражение для скорости роста рыбы:

$$\frac{d}{dt}[l(t)] = KL - Kl(t) \quad (2)$$

где $\frac{d}{dt}[l(t)]$ – скорость роста рыбы.

Из уравнения (1) видно, что скорость роста зависит от длины рыбы. Анализ показывает, что выражение (2) является уравнением линейной функции в декартовой системе координат, по оси абсцисс которой откладывают длину рыбы $l(t)$ в некоторый момент времени t , а по оси ординат ско-

рость роста рыбы $\frac{d}{dt}[l(t)]$ в этот момент. В момент времени t_k , когда длина рыбы достигнет предельной длины $l(t_k) = L$, скорость ее роста становится равной нулю. И наоборот, в момент времени

t_0 , когда длина рыбы равна нулю, скорость ее роста максимальна и равна $\frac{d}{dt}[l(t)] = KL$. Это можно использовать для нахождения неизвестных коэффициентов уравнения Берталанфи.

На рис. 1 изображены и отмечены кружками значения скорости роста рыбы в зависимости от длины, найденные на основе измерений длины в некоторые моменты времени t . В соответствии с выражением (2) значения скорости роста, могут быть аппроксимированы прямой линией, проходящей через эти точки. Аналитическое выражение этой прямой, позволяет найти неизвестные коэффициенты уравнений (2) и (1).

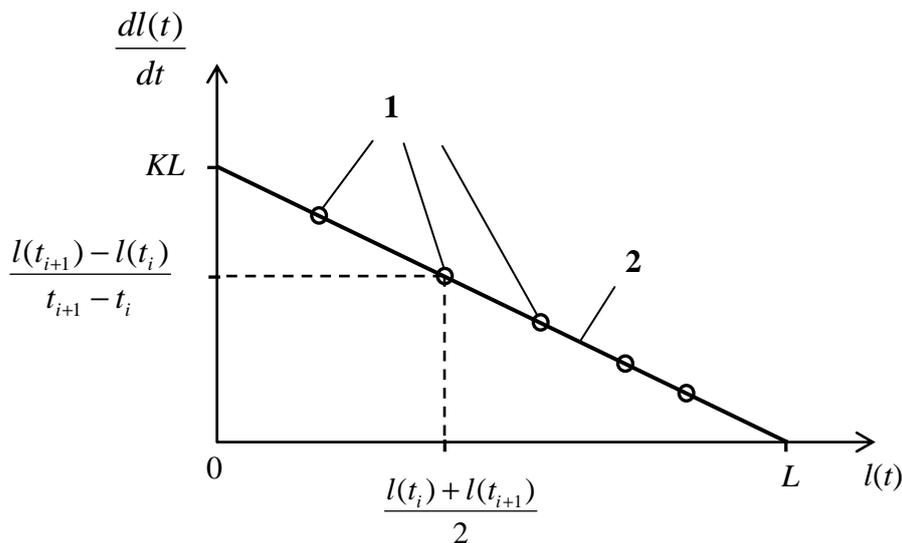


Рис. 1. Зависимость скорости роста рыбы от длины

1 – Значения скорости роста, найденные на основе измерений длины и возраста; 2 – Линейная зависимость в соответствии с уравнением (2)

В соответствии с изложенным выше, определение коэффициентов уравнения роста Берталанфи можно проводить в следующей последовательности.

1). Для некоторых возрастов рыбы t_i производят измерения ее длины $l(t_i)$. Количество измерений должно быть не менее трех.

2). Затем для нескольких последовательных пар значений изменения возраста находят среднюю длину рыбы на j -ом интервале изменения возраста

$$l_j = \frac{l(t_{i+1}) + l(t_i)}{2},$$

где l_j – средняя длина рыбы на j -ом интервале изменения возраста;

$l(t_i)$ и $l(t_{i+1})$ – длина рыбы соответственно в возрасте t_i и t_{i+1} ;

3). На каждом j -ом интервале изменения возраста рыбы определяют скорость ее роста:

$$\left(\frac{dl}{dt}\right)_j = \frac{l(t_{i+1}) - l(t_i)}{t_{i+1} - t_i}, \quad (3)$$

где j – интервал возраста, для которого определяется скорость роста;

$\left(\frac{dl}{dt}\right)_j$ – скорость роста на j -ом интервале изменения возраста;

$l(t_{i+1})$ и $l(t_i)$ – длина рыбы соответственно в возрасте t_{i+1} и t_i .

4). Строят таблицу, в которой приводят экспериментальные данные скорости роста рыбы на j -ом интервале изменения возраста и соответствующую этому интервалу среднюю длину.

5). Затем методом регрессионного анализа с использованием стандартных компьютерных программ, предназначенных для обработки статистических данных (например, *Excel*, *Statistica* или др.), находят аналитическое выражение уравнения прямой линии ($y = ax + b$), аппроксимирующей экспериментальные точки зависимости скорости роста от длины рыбы. Численные значения коэффициентов a и b найденного регрессионного уравнения, позволяют найти значения средней предельной длины рыбы

$$L = -\frac{b}{a},$$

и константу, характеризующей скорость изменения длины

$$K = -a$$

уравнения Бергаланфи (1).

б). Нахождение коэффициента t_0 уравнения Бергаланфи (1) осуществляется в два этапа.

а). Для каждого из измеренных значений длины рыбы $l(t_i)$, соответствующей возрасту t_i и найденным коэффициентам K и L находим значение $(t_0)_i$ по формуле

$$(t_0)_i = t_i + \frac{1}{K} \ln\left(1 - \frac{l(t_i)}{L}\right), \quad (4)$$

б). Находим коэффициент t_0 как среднее всех значений, рассчитанных по формуле (4).

Таким образом, предлагаемая методика позволяет достаточно просто рассчитать коэффициенты уравнения роста Бергаланфи по измеренным значениям длины рыбы и ее возрасту. Достоинством методики является то, что измерения длины не обязательно должны производиться через равные интервалы времени.

Литература

Барыбина А. И., 1978. Некоторые способы определения параметров уравнений роста Бергаланфи // Применение математических способов оценки состояния промысловых объектов мирового океана: Тр. ВНИРО. Т. СХХVIII. С. 67 – 71.

Рикер У. Е., 1979. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб. М.: Пищ. пром-сть. 408 с.

Bertalanffy L., 1964. Basic concepts in quantitative biology of metabolism // Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. V. 9. № 1 – 4. P. 5 – 37.

Hohendorf K., 1966. Eine Diskussion der Bertalanffy – Funktionen und ihre Anwendung zur Charakterisierung des Wachstums von Fischen // Kieler Meeresforschungen. V. XXII. № 1. P. 70 – 97.

DEFINITION OF COEFFICIENTS OF THE BERTALANFFY GROWTH EQUATION WHEN REGULAR MEASUREMENTS ARE LACKING

Е.В. Мельникова

Institute of biology of the southern seas of NAS of Ukraine, Sevastopol, Ukraine
e-mail: vfjuck@mail.ru

Transformation of Bertalanffy linear growth equation has been conducted and dependence of fish growth rate on its length has been found. On the base of the expression obtain ell and also experimental measurement of length and age of fish, the method of calculation of coefficients of the Bertalanffy growth equation is has been developed. The amount of measurements must be no less than three. With increase of amount of measurements due to the statistical data processing the error of definition of coefficients of growth equation diminishes. Fish length measurements can be carried out in unequal time intervals and this is an advantage of the methodic developed. It allows to find the parameters of individual and population grows of the food fish shoal when regular measurements are lacking.

СОСТОЯНИЕ НЕКОТОРЫХ БЕЛОМОРСКИХ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ ПРОМЫСЛОВЫХ БУРЫХ ВОДРОСЛЕЙ *FUCUS DISTICHUS* и *F. SERRATUS*

Т. М. Михайлова

Учреждение Российской академии наук Ботанический институт
им. В.Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: mikhaylovat@mail.ru

Среди промысловых бурых водорослей, фукусовые имеют немаловажное значение: они широко используются в медицинской и косметологической практике, применяются в качестве удобрения, корма для скота и других домашних животных. Наиболее хорошо изучена биология массовых фукоидов *Fucus vesiculosus* L. и *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis (Кузнецов, 1960; Коренников, 1975; Возжинская, 1986; Михайлова, Мохова, 2001; Пронина, 2002; Мохова, Михайлова: 2005; Полетаева, Пронина; 2007). Однако кроме них в Белом море произрастает также еще 2 промысловых вида, по которым наблюдается дефицит сведений по распространению, биологии и структуре локальных популяций. Настоящие исследования были направлены на изучение характеристик обилия локальных ценопопуляций фукусовых водорослей *F. distichus* L и *F. serratus* L.

Материал и методика

Полевые исследовательские работы проводились в июле-августе 2007 г. в Кандалакшском заливе Белого моря и на Соловецких о-вах. Изучались 2 ценопопуляции *F. distichus*: в р-не м. Киндо губы Ругозерской (Кандалакшский зал.) [N 66°32' E 33°11'] и в районе п. Реболда (северо-восточное побережье о-ва Б. Соловецкий) [N 65°08' E 35°52'] и 1 ценопопуляция *F. serratus*: – в районе м. Батарейный (юго-западное побережье о-ва Б. Соловецкий) [N 65°00' E 35°42']. Пробы отбирались рамками 0,09 и 0,25 м² в 3–5-кратной повторности, в сублиторальной зоне водолазным способом, в литоральной – на берегу. Измерялись морфометрические и весовые характеристики отдельных растений, определялись значения биомассы видов, проективное покрытие грунта водорослями, плотность поселения растений, изучалась возрастная и размерная структура ценопопуляций. Методика определения возраста у фукусовых окончательно не разработана. Большинство исследователей склоняется к тому, что на слоевище фукусов за один год в среднем образуется по 2 дихотомических ветвления. В нашей работе возраст определялся условно – по числу дихотомических ветвлений (или дихотомий) (Малавенда, 2008). Кроме собственных данных к анализу были привлечены имеющиеся в литературе сведения по распределению исследуемых видов по беломорским берегам и глубинам.

Результаты и обсуждение

Вид *F. distichus* обитает, главным образом в среднем и нижнем горизонтах литорали. В Белом море редко встречаются самостоятельные ассоциации вида, здесь он не образует промысловых скоплений. Как правило, это – сопутствующий вид в ассоциациях *F. vesiculosus* и *A. nodosum*. Его распределение по бере-