

БИОЛОГИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 597.08

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ, ПРИ КОТОРОЙ НАСТУПАЕТ  
ПОЛОВАЯ ЗРЕЛОСТЬ У ПИЛЕНГАСА *LIZA HAEMATOCHEILUS*  
(MUGILIFORMES: MUGILIDAE) В АЗОВСКОМ МОРЕ**

© 2016 г. А. Н. Михайлюк, Р. А. Солод\*

Южный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,  
Керчь, 298300

\* Институт рыбного хозяйства и экологии моря, Бердянск, 71118  
E-mail: a.mikhaylyuk@mail.ru

Поступила в редакцию 13.08.2015 г.

Изучено половое созревание пиленгаса *Liza haematocheilus* в Азовском море в зависимости от его длины. С использованием пробит-метода получена оценка стандартной длины, при которой 50% особей являются половозрелыми, для самцов, самок и обоих полов. Установлено заметное различие между самцами и самками в длине, при которой наступает их половая зрелость. При сравнении разрешенного для промысла пиленгаса в бассейне Азовского моря минимального размера с той длиной, при которой 50% особей являются половозрелыми, отмечено их довольно близкое соответствие для обоих полов. Однако разрешенный для промысла минимальный размер значительно меньше той длины, при которой половозрелы 50% самок.

**Ключевые слова:** пиленгас *Liza haematocheilus*, половая зрелость, Азовское море.

**ВВЕДЕНИЕ**

Длина рыб, при которой наступает их половая зрелость, является важной характеристикой популяции, имеющей как чисто научное, так и практическое значение.

Особый интерес представляет определение длины, при которой наступает половая зрелость у пиленгаса *Liza haematocheilus* в Азовском море, что обусловлено двумя причинами: 1) пиленгас стал важным промысловым объектом в Азовском море, и определение длины, при которой наступает его половая зрелость, важно для регулирования промысла; 2) пиленгас является акклиматизантом, вследствие чего возникает вопрос о возможном изменении его популяционных характеристик по сравнению с нативным ареалом.

Как правило, для характеристики зависимости наступления половой зрелости рыб от их длины используется минимальная длина, при которой встречаются зрелые особи.

Однако для этих целей предпочтительнее использовать такую характеристику, как длина, при которой 50% особей являются половозрелыми (Burd, 1962; Михайлюк, 1985). Как было показано ранее (Михайлюк, 1985), зависимость доли созревших рыб от их длины вполне удовлетворительно описывается интегралом вероятности нормального распределения. В этом случае длина, при которой 50% особей являются половозрелыми, совпадает со средней длиной, при которой наступает половая зрелость у рыб. Для статистической обработки данных по зависимости созревания рыб от их длины мы ранее использовали пробит-метод в его достаточно простой разновидности — метод Миллера—Тейнтера (Михайлюк, 1985). В пробит-методе аппроксимируется не кривая интеграла вероятности нормального распределения, а функция, обратная интегралу вероятности нормального распределения ( $\Psi$ ), или производная от нее величина — пробит ( $P$ ):  $P = \Psi + 5$ .

Достоинство такого подхода в том, что график функции, обратной интегралу вероятности нормального распределения, является прямой линией. Метод Миллера—Тейнтера является графическим, не требует множества расчетов, однако несколько субъективен вследствие того, что график в нем строится визуально. В настоящее время с развитием вычислительной техники целесообразнее использовать пробит-метод, в котором аппроксимация осуществляется путем расчетов с помощью метода максимального правдоподобия (Finney, 1971).

Цель исследования — оценка параметров зависимости наступления половой зрелости от длины для пиленгаса в Азовском море с учетом возможных различий между самцами и самками, а также для сравнения этих параметров с утвержденным для Азовского моря минимальным размером для промысла этого объекта.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал был собран в экспедиционных исследованиях собственно в Азовском море (без лиманов) с 19 июня по 19 июля 2009 г. и 17 июля 2011 г. Лов пиленгаса осуществляли разноглубинным тралом. В процессе исследований измеряли стандартную длину рыб ( $SL$ ) от вершины рыла до основания средних лучей хвостового плавника с точностью 0,5 см, определяли пол и стадию зрелости гонад по шкале Никольского в изложении Правдина (1966). Для рыб с гонадами стадии зрелости II отмечали, нерестилась ли эта особь раньше или нет (у нерестившихся ранее рыб гонады неравномерны по плотности и толщине). Общее количество подвергнутых анализу рыб составило 196 особей (таблица).

Поскольку количество проанализированных рыб оказалось небольшим, они были распределены по размерным группам по пяти значениям в каждой: например, в группу 30,5–32,5 см попали особи длиной 30,5, 31,0, 31,5, 32,0 и 32,5 см, а их средняя длина составила 31,5 см. Достижими половой зрелости считались рыбы с гонадами

на стадии зрелости более II. Для определения длины, при которой 50% особей являются половозрелыми, использовали пробит-метод, в котором аппроксимация осуществляется методом максимального правдоподобия по алгоритму, детально описанному Финнеем (Finney, 1971). Процедура расчетов включала несколько циклов итераций. В качестве первого приближения использовали построенные вручную графики зависимостей значений пробитов от длины рыб. Значения пробитов определяли с помощью таблиц, исходя из значений доли половозрелых особей для каждой размерной группы.

Указанный алгоритм предусматривает определение соответствия эмпирического распределения нормальному с помощью критерия  $\chi^2$ , а также расчет доверительных интервалов (использована формула для точных, а не приближенных расчетов). Расчеты выполняли отдельно для самцов и самок. Для сравнения длины, при которой 50% особей являются половозрелыми, с установленными правилами рыболовства минимальным размером пиленгаса, разрешенным для промысла, выполнен также расчет для всей совокупности проанализированных рыб в целом. При проведении расчетов значения длины не логарифмировались, поскольку ранее было показано, что нормальное распределение созревших рыб характерно именно для их длины (Михайлюк, 1985), а не ее логарифма.

Для расчетов использовали данные размерных групп, в которых имелись как половозрелые, так и неполовозрелые особи, а также по одной группе, в которых количество половозрелых рыб было равно 0 и 100%. Однако для самцов длиной 35,0 см и менее данные не использовали, поскольку среди рыб такой длины было значительное количество особей с недифференцированным полом (таблица).

Для расчета доли созревших рыб при определенной длине использовали полученные уравнения регрессии, аппроксимирующие значения пробитов в зависимости от длины рыб. Сами значения интеграла вероятности (в нашем случае — доли половозрелых рыб) находили из таблиц.

Состояние гонад у пиленгаса *Liza haematocheilus* в период исследований и объем собранного материала, экз

Стадия зрелости гонад	Длина особей (SL), см										Всего
	≤27,5	28,0–30,0	30,5–32,5	33,0–35,0	35,5–37,5	38,0–40,0	40,5–42,5	43,0–45,0	45,5–47,5	≥48,0	
Пол не дифференцирован											
I	3	0	3	3	0	0	0	0	0	0	9
Самцы											
II, не нерестились	0	0	1	2	3	1	1	0	0	0	8
II, нерестились	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1	6
от III до V	0	0	0	1	0	0	2	1	3	3	10
VI–II	0	0	0	0	4	3	8	7	7	23	52
Всего	0	0	1	3	7	4	12	11	11	27	76
Самки											
II, не нерестились	0	2	2	7	6	8	2	1	0	0	28
II, нерестились	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4
от III до V	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	5
VI–II	0	0	0	0	0	3	6	6	14	45	74
Всего	0	2	2	7	6	11	8	9	16	50	111
Всего рыб	3	2	6	13	13	15	20	20	27	77	196

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Основная масса половозрелых рыб в период исследований имела гонады на стадии зрелости VI–II: у самцов особи на этой стадии составляли 43% от всех половозрелых самцов, а у самок — 47%; 52% самцов (от всех половозрелых) имели гонады на стадии зрелости III, IV и V, аналогично таких самок было 50%. Среди ранее нерестившихся самцов 5% имели незрелые гонады (стадия II), а таких самок было всего 3%; при этом не было установлено, когда происходил последний нерест у этих рыб: в начале текущего сезона или в предшествующие годы.

Дифференциация пола отмечена для диапазона длин рыб около 5 см: минимальный размер особи с определившимся полом составил 29,0 см, а максимальный размер особи с неопределенным полом был

34,0 см. Минимальный размер половозрелых самцов и самок составил соответственно 33,5 и 38,0 см. Максимальный размер половозрелых самцов был 41,5 см, а самок — 45,0 см.

При расчетах для самок оказалось достаточным выполнение трех итераций, а для самцов и для всех рыб вместе — всего по две итерации. Таким образом, расчеты, выполнявшиеся с использованием электронных таблиц, не были слишком трудоемкими. Значения критерия  $\chi^2$  составили: для самцов — 0,25 при двух степенях свободы, для самок — 1,00 при трех степенях свободы, для всех рыб вместе — 1,94 при пяти степенях свободы, что указывает на очень хорошее соответствие эмпирического распределения нормальному и, следовательно, корректность использования пробит-метода.

Длина, при которой 50% самцов являются половозрелыми, составила 36,1 см, а ее 95%-ный доверительный интервал — 22,4–38,4 см. Длина, при которой 50% самок являются половозрелыми, составила 40,5 см, а ее 95%-ный доверительный интервал — 39,1–41,8 см. Таким образом, самцы созревают при заметно меньшей длине, чем самки. Расчет, выполненный для всей совокупности проанализированных рыб, показал, что длина, при которой 50% всех особей являются половозрелыми, у пиленгаса составляет 38,7 см, а ее 95%-ный доверительный интервал — 37,5–39,7 см.

Уравнения регрессии, аппроксимирующие значения пробитов  $P$  в зависимости от длины рыб  $x$ , имеют следующий вид:

$P = 0,284x - 5,26$  — для самцов;  $P = 0,448x - 13,15$  — для самок;  $P = 0,323x - 7,51$  — для всех рыб.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализа состояния гонад показывают, что сбор полевых материалов происходил при завершении нерестового периода. Это подтверждается данными Прягина и др. (2002) о том, что нерест пиленгаса в Азовском море может начинаться в начале мая и продолжаться до второй половины июля. Период, включающий вторую половину июня—первую половину июля, представляется оптимальным для сбора данных о наступлении половой зрелости, поскольку в это время количество рыб, которые имеют стадию зрелости гонад II, но еще будут нереститься в текущем году, по-видимому, пренебрежимо мало.

По литературным данным, в Азово-Черноморском бассейне половая зрелость у самцов наступает при длине более 26 см, а у самок — более 32 см (Чесалина, Пустоварова, 2011). Это несколько меньше, чем определено по нашим данным (33,5 и 38 см соответственно). Различие может быть обусловлено большим объемом собранных этими авторами материалов. Прягин и др. (2002)

сообщают о нахождении в бассейне Азовского моря нерестящихся самцов пиленгаса длиной около 15 см. Такие находки были единичны и составляют очень малую долю от всех обследованных этими авторами рыб. Отличие этих данных от наших, да и от данных Чесалиной и Пустоварова (2011) также может быть объяснено большим объемом собранных Прягиным и др. (2002) материалов. Все это демонстрирует неудовлетворительность использования минимальных значений длины для характеристики полового созревания рыб, поскольку эти значения существенно зависят от объема исследованного материала.

В Черном море у берегов Турции минимальная длина (общая) половозрелых самцов составляла 37,5 см, а самок — 43 см (Okumus, Bascinar, 1997). Разница между общей длиной и длиной тела составляет 4,4 см в два года, постепенно увеличиваясь до 5,9 см в пять лет (Мирошниченко, 2004); в среднем ее можно принять за 5 см. В пересчете на стандартную длину минимальная длина половозрелых самцов у берегов Турции в Черном море составит около 32,5 см, а самок — 38 см, что вполне соответствует нашим данным для Азовского моря.

Для нативного ареала указывается, что половая зрелость у пиленгаса в Амурском заливе наступает при достижении длины 28–30 см (Мизюркина, Марковцев, 1981). К сожалению, в этих данных не учитываются различия в длине между самцами и самками при наступлении половой зрелости, тем не менее можно заключить, что относительно самцов эти данные довольно близки к таковым для Азовского моря. Однако для более определенных выводов требуется сравнение оценок длин, при которых 50% особей являются половозрелыми, у самцов и самок из Амурского залива и Азовского моря.

Российско-украинской комиссией по вопросам рыболовства в Азовском море согласован минимальный размер пиленгаса для ведения промысла — 38 см (Михайлюк, 2009), такой же минимальный размер для

пиленгаса в Азовском море указан и в Правилах рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна № 293, утвержденных приказом Минсельхоза России от 1 августа 2013 г. Эта величина довольно близка к оценке длины, при которой 50% всех особей пиленгаса являются половозрелыми, — 38,7 см, однако она заметно меньше той длины, при которой являются половозрелыми 50% самок (40,5 см). Используя уравнение значений пробитов от длины всех рыб и таблицу соответствия значений пробитов долям, получаем, что при длине 38 см половозрелыми являются 40% всех особей пиленгаса. При этом у самок при достижении 38 см созревает лишь 13% особей, в то время как у самцов при такой длине 70% особей оказываются половозрелыми. Низкая доля созревших самок при длине, соответствующей величине установленной промысловой меры на пиленгаса в Азовском море, является серьезным основанием задуматься над целесообразностью увеличения этой промысловой меры.

### ВЫВОДЫ

Для характеристики полового созревания рыб целесообразно использовать такую статистику, как длина, при которой 50% особей являются половозрелыми. Соответствующие оценки, полученные с использованием пробит-метода для пиленгаса в Азовском море, составили: для самцов — 36,1 см, самок — 40,5 см, для обоих полов — 38,7 см. У самцов пиленгаса половая зрелость наступает при заметно меньшей длине, чем у самок.

Установленный для промысла пиленгаса в Азовском море минимальный размер находится в близком соответствии с длиной, при которой 50% всех особей являются половозрелыми. Однако низкая доля созревших самок при длине, соответствующей установленному минимальному размеру, вызывает необходимость во всестороннем исследовании целесообразности увеличения этой промысловой меры.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Мизюркина А.В., Марковцев В.Г. Рост пиленгаса в Амурском заливе // *Вопр. ихтиологии*. 1981. Т. 21. № 4. С. 745–748.
- Мирошниченко Е.И. Динамика возрастного и размерного состава нерестовой части популяции пиленгаса (*Mugil soiuu* Basilewsky, 1855) в Молочном лимане // *Рыбне хозяйство*. 2004. Вип. 63. С. 163–170.
- Михайлюк А.Н. Применение пробит-метода для изучения зависимости полового созревания рыб от их длины // *Вопр. ихтиологии*. 1985. Т. 25. № 2. С. 237–241.
- Михайлюк А.Н. О согласованных мерах регулирования промыслового рыболовства в бассейне Азовского моря // *Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане*. Керчь: Изд-во ЮгНИРО, 2009. С. 61–84.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
- Пряхин Ю.В., Воловик С.П., Чепурная Т.А. Естественное воспроизводство и состояние производителей азовской популяции пиленгаса // *Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: Сб. науч. тр. (2000–2001 гг.)*. М.: Б. и., 2002. С. 316–321.
- Чесалина Т.Л., Пустоварова Н.И. Жизненный цикл, особенности размножения и роста пиленгаса *Liza haematocheilus* (сем. Mugilidae) в Азово-Черноморском бассейне // *Промысловые биоресурсы Черного и Азовского морей*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. С. 85–100.
- Burd A. C. Growth and recruitment in the herring of the southern North Sea // *Fish. Invest. Ser. 2*. 1962. V. 23. № 5. P. 1–71.
- Finney D. J. Probit analysis. Cambridge: Univer. Press, 1971. I–XV + 333 p.
- Okumus I., Bascinar N. Population structure, growth and reproduction of introduced Pacific mullet, *Mugil so-iuu*, in the Black Sea // *Fish. Res.* 1997. V. 33. P. 131–137.

**DETERMINATION OF THE LENGTH BY WHICH THE REDLIP MULLET  
*LIZA HAEMATOCHEILUS* (MUGILIFORMES: MUGILIDAE)  
REACHES SEXUAL MATURITY IN THE SEA OF AZOV**

© 2016 г. **A.N. Mikhaylyuk, R. A. Solod\***

*Southern Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Kerch, 298300*

*\*Institute of Fisheries and Marine Ecology, Berdyansk, 71118*

Sexual maturation of redblip mullet *Liza haematocheilus* in relation to its length was studied for the Sea of Azov. Using the probit analysis, the standard length, which 50% of individuals are mature at, was estimated for males, females and both genders altogether. Significant difference in length, which males and females mature at, was identified. The comparison of minimum landing size of redblip mullet in the Sea of Azov with the length, which 50% individuals are mature at, estimated these values to be quite close to each other for two genders taken altogether. However, minimum landing size is significantly lower than the length, which 50% females are mature at.

*Keywords:* redblip mullet, *Liza haematocheilus*, sexual maturity, the Sea of Azov.