

ГІДРОБІОЛОГІЯ

УДК 597.2/5

Е.А. ВОДЯСОВА

Институт биологии южных морей
пр. Нахимова, 2, г. Севастополь, 99011, Украина

НОВЫЙ МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА НЕОДНОРОДНЫХ СКОПЛЕНИЙ ХАМСЫ

Предложен новый морфологический критерий – угол отолита β , который характеризует открытие центральной борозды и позволяет различить две формы отолитов (эллипсоидную и веретенovidную). Этот параметр имеет ряд преимуществ по сравнению с индексом l/d . Двухфакторный анализ в системе $\beta-l/d$ позволяет дифференцировать азовскую и черноморскую популяции анчоуса.

Ключевые слова: анчоус, отолит, морфология, популяции, дифференциация

Вид *Engraulis encrasicolus* имеет сложную внутривидовую структуру, широкое распространение и является одним из основных промысловых видов в Азово-черноморском бассейне. Признано существование двух форм анчоуса, отличающиеся по многим морфологическим признакам, которые выделены в два подвида: *Engraulis encrasicolus ponticus* Aleksandrov и *Engraulis encrasicolus maeoticus* Puzanov (Световидов, 1964). Однако были проведены работы, показавшие более сложную его видовую структуру. На основе полученных результатов сделано предположение, что структура анчоуса в Черном море, представляет собой: группировки азовской популяции, черноморской популяции, азово-черноморских гибридов и черноморской популяции с механической или генетической примесью атлантического анчоуса (Калнин и Калнина, 1985). Также допускается наличие прибрежной формы по морфологическим признакам близкой к азовской популяции (Зуев, 2010).

В настоящее время для идентификации рас используется индекс отолитов l/d (Сказкина, 1965). Этот критерий позволяет оперативно и одновременно с определением возраста анчоуса по отолитам, устанавливать и популяционную принадлежность особей. Однако использование данного индекса в качестве различительного внутривидового признака имеет ряд проблем требующих критического анализа. Установлено, что с учетом погрешности расчета данного параметра его необходимо округлять до десятых, потому что ошибка метода составляет 0,1. Значения индекса отолитов для азовской и черноморской хамсы следует рассматривать в качестве интервала: для азовского анчоуса 1,9-2,1 и для черноморского 2,1-2,3. Отсюда следует, что использование только данного критерия в качестве различительного признака является недостаточным, так как значение 2,1 является характерным как для азовской, так и для черноморской популяции (Водясова, 2012).

Ранее исследователями было отмечено, что отолиты популяций анчоуса имеют различную форму: для азовской популяции характерна эллипсоидная, для черноморской популяции веретенovidная форма, но количественной оценки данный параметр не имеет.

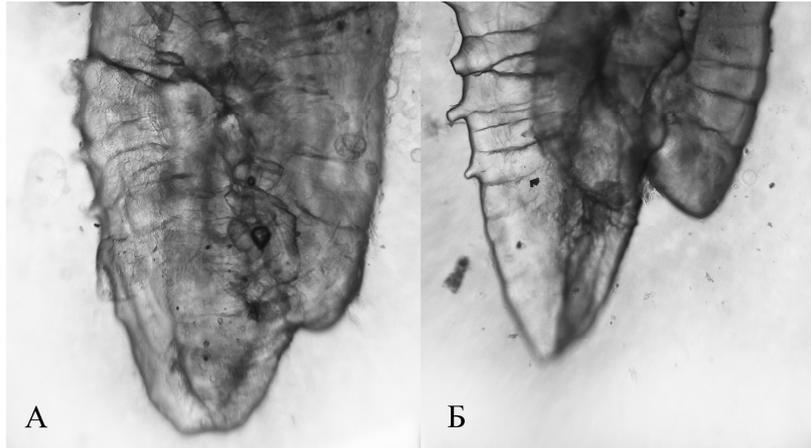


Рис. 1. Различные формы отолигов (А – эллипсоидная, Б – веретеновидная)

На рисунке 1 показано, что эти две формы отолигов отличаются открытием центральной борозды. В настоящей работе предлагается учитывать величину угла между рострумом и антирострумом, который будет косвенно свидетельствовать о различиях формы отолигов.

Материал и методы исследований

Объектом для исследования являлись особи анчоуса (*Engraulis encrasicolus*), собранные у побережья Крыма в ноябре-декабре 2011 г. Возраст рыб определяли по сагиттальным отолигам. В дальнейшем их анализировали в возрасте от года и выше (всего было проанализировано 260 отолигов).

Отолиги доставали из свежемороженой рыбы, просветляли в глицерине и анализировали при помощи окуляра микрометра (МБС-10). У каждой особи измеряли длину (l) и ширину (d) отолига с точностью до 0,025 мм. По этим данным рассчитывали индекс отолигов, как отношение длины отолига к его ширине (округление индекса проводилось до десятых).

В качестве нового морфологического критерия, отличающего эллипсоидную и веретеновидную формы, был выбран угол, характеризующий открытие центральной борозды отолигов. Для его измерения проводили фотографирование отолигов с помощью камеры Olympus C-5060 wide zoom при помощи адаптера RT5248 и светового микроскопа Biolar.

Измерение угла проводилось двумя способами, которые показаны на рисунке 2. Угол α измерялся в основании открытия центральной борозды строго вдоль краев отолига, угол β проводился через вершину рострума, основание центральной борозды и вершину антерострума. Углы между антерострумом и рострумом отолига измерялись в программе Photoshop с помощью инструмента Ruler Tool.

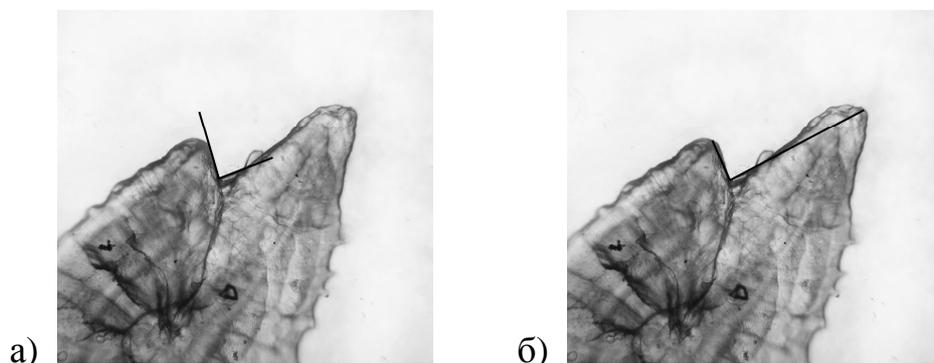


Рис. 2. Измерение углов отолига: а) измерение α ; б) измерение β .

Статистическая обработка и графическое оформление полученных результатов проведены с применением стандартного пакета Microsoft Excel 2007. Достоверность различий оценивали при помощи t-критерия Стьюдента. Проверка нормального закона распределения

проводилась методом хи-квадрат, теоретические частоты рассчитывались с помощью функции Лапласа. Погрешность измерения угла рассчитывалась стандартными методами для прямых измерений. Симметричность нового морфологического параметра для левого и правого отолита оценивалась с помощью критерия Манна-Уитни.

Результаты исследований и их обсуждения

Предлагаемые методы измерения углов отолитов требуют проверки надежности. Для расчета величины погрешности измерений были проанализированы отолиты анчоуса, собранные в Черном море в районе Евпатории в ноябре 2011 года. Каждый угол (α и β) измерялся в десятикратной повторности. Случайная погрешность измерений для доверительной вероятности $\alpha=0,95$ была рассчитана с помощью метода Стьюдента. Так как углы измерялись в программе Photoshop с помощью инструмента Ruler Tool, где цена деления равна $0,1^\circ$, это значение и было принято за инструментальную погрешность, погрешность отсчета равна 0 (согласно правилам для цифровых приборов). Все рассчитанные значения представлены в таблице 1 и приведены в соответствии с правилами округления.

Таблица 1

Расчет абсолютной погрешности измерения углов отолита

Показатель	Определение случайной погрешности			Определение инструментальной погрешности			ΔF
	\bar{F}	$\sigma(F)$	$\Delta F_{случ}$	$\Delta F_{приб}$	$\Delta F_{отсч}$	$\Delta F_{инстр}$	
α , град	70,7	1,9	4,3	0,1	0	0,1	4
β , град	121,9	0,8	1,9	0,1	0	0,1	2

Расчеты показывают, что измерения углов необходимо проводить с точностью до градуса. Так как случайная погрешность в разы больше инструментальной, то она является определяющей и измерение необходимо проводить более одного раза. Для того чтобы определить оптимально число повторов, были проведены расчеты по нахождению случайной погрешности для различного числа измерений. Все полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Погрешность углов в зависимости от числа измерений

Измеряемый угол		Число повторов								
		10	9	8	7	6	5	4	3	2
α	$\bar{\alpha}$, град	70,7	70,3	70,4	69,3	69,1	66,8	68,0	67,1	64,9
	$\sigma(\alpha)$	1,9	2,1	2,4	2,4	2,8	2,1	2,2	2,8	3,1
	$\Delta\alpha_{случ}$, град	4,3	4,9	5,7	5,9	7,3	5,8	7,0	12,1	39,4
β	$\bar{\beta}$, град	121,9	121,7	121,6	121,7	121,4	121,8	121,5	119,9	120,6
	$\sigma(\beta)$	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	1,7	2,6
	$\Delta\beta_{случ}$, град	1,9	2,1	2,4	2,9	3,5	4,4	6,3	7,2	33,0

Для того, чтобы измерения углов можно было проводить с точностью до градуса, угол α необходимо измерять четыре раза, угол β – три. В этом случае погрешность измерений составит 7° для обоих углов.

Для того, чтобы в дальнейшем при определении угла можно было брать среднюю для его значений у левого и правого отолита, необходимо проверить их симметричность. Она

підтверджена с помощью критерия Манна-Уитни. U-критерий составил 776 и 716 (для α и β соответственно) при $U_{крит}=559$ ($p=0,05$). С учетом величины погрешности и U-критерия для дальнейшего анализа в качестве морфологического отличительного критерия форм отолитов был выбран угол β .

Проверка на нормальность проводилась для однородной группировки хамсы из района Керчи. Значения критерия Пирсона (χ^2) составили: $\chi^2_{эмпир.}=16,99$; $\chi^2_{крит.}=33,4$ ($p=0,05$, $N=72$).

Таким образом, угол β имеет нормальное распределение и симметричен для пар отолитов, что позволяет использовать данный морфологический параметр в качестве отличительного критерия. Для дальнейшего анализа у каждой особи замерялся угол у левого и правого отолита, затем рассчитывалось среднее значение угла с округлением до единиц.

Всего было измерено 260 отолитов. Исследована зависимость параметра l/d и угла β , которая представлена на рисунке 3. Коэффициент детерминации $R^2=0,9484$.

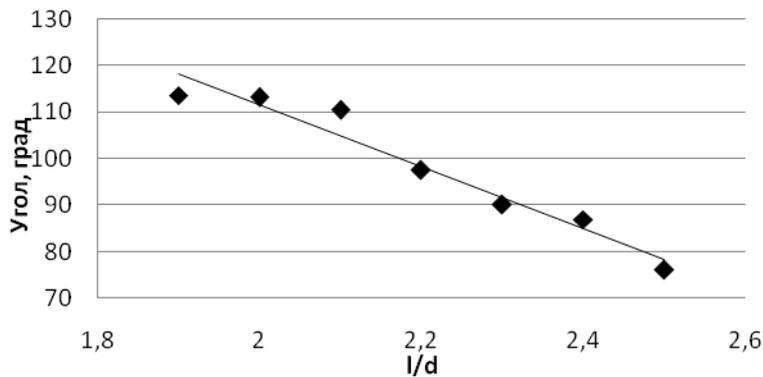


Рис. 3. Зависимость между углом и индексом отолита

С увеличением значений l/d величина угла уменьшается, что подтверждается данными из литературы о том, что веретеновидная форма характерна для отолитов с большим значением параметра l/d . Данная зависимость между двумя отличительными морфологическими критериями позволяет проводить двухфакторный анализ для скоплений анчоуса.

Выводы

В результате проведенных исследований предложен новый морфологический отличительный критерий – угол отолита β , характеризующий эллипсоидную и веретеновидную формы отолита. Использование данного параметра имеет ряд преимуществ по сравнению с индексом l/d . Во-первых малая погрешность измерения (относительная погрешность составляет 6 %), которая позволяет проводить измерения до градуса. Во-вторых угол β дает широкий диапазон распределения значений признака, что более информативно при анализе смешанных скоплений анчоуса. В-третьих двухфакторный анализ в системе β – l/d позволяет обнаруживать другие формы анчоуса, что при использовании одного индекса отолитов было невозможно.

1. Зуев Г.В. Внутривидовая морфо-экологическая и биологическая изменчивость азово-черноморской хамсы *Engraulis encrasicolus* (pisces: Engraulidae), зимующей у побережья Крыма / Г.В. Зуев [и др.] // Морський екологічний журнал. — 2011. — Т.10, №1. — С. 5—18.
2. Зуев Г.В. К вопросу о внутривидовой неоднородности зимующей у побережья Крыма хамсы / Г.В. Зуев [и др.] // Материалы III междунар. конф. «Современные проблемы экологии Азово-черноморского региона». — Керчь. — 2007. — С. 15—23.
3. Зуев Г.В. Применение графического метода вероятностной бумаги для изучения внутривидовой неоднородности азово-черноморской хамсы / Г.В. Зуев, Ю.Л. Мурзин // Материалы II междунар. ихтиолог. научно-практ. конф. «Современные проблемы теоретической и прикладной ихтиологии — 2009». — Севастополь. — 2009. — С. 57—59.
4. Калнин В.В. Интрогрессивная гибридизация рас и популяционная структура анчоуса Черного моря / В.В. Калнин, О.В. Калнина // Генетика. — 1985. — Т. 21, № 8. — С. 1352—1360.
5. Мельникова Е.Б. Определение внутривидовой неоднородности хамсы с помощью метода дискриминантного анализа / Е.Б. Мельникова // Рибе господарство України. — 2011. — №6. — С. 55—60.

6. Световидов А.Н. Рыбы Черного моря. Определитель по фауне СССР. Вып. 86. / Под ред. Световидова А.Н. — Москва: Наука, 1964. — 550 с.
7. Сказкина Е.П. Различие азовской и черноморской хамсы (*Engraulis encrasicolus maeoticus* Puzanov, *Engraulis encrasicolus ponticus* Aleks.) по отолитам / Е.П. Сказкина // Вопросы ихтиологии. — 1965. — Т. 5, № 4. — С. 600—605.

Е.А. Водясова

Институт біології південних морів, Севастополь, Україна

НОВИЙ МОРФОЛОГІЧНИЙ КРИТЕРІЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ НЕОДНОРІДНИХ СКУПЧЕНЬ АНЧОУСІВ

Запропоновано новий морфологічний критерій – кут отоліту β , який характеризує відкриття центральної борозни і дозволяє розрізнити дві форми отолітів (еліпсоїдну і веретеноподібну). Цей параметр має ряд переваг порівняно з індексом l/d . Двофакторний аналіз у системі β - l/d дозволяє диференціювати азовську і чорноморську популяції анчоуса.

Ключові слова: анчоус, отоліт, морфологія, популяції, диференціація

Е.А. Vodiasova

Institute of Biology of Southern Seas, Sevastopol, Ukraine

NEW MORPHOLOGICAL CRITERION FOR THE ANALYSIS OF HETEROGENEITY OF ANCHOVY

A new morphological criterion was proposed - the otolith angle β , which characterizes the opening of the central sulcus and permits distinguishing two otolith forms of anchovy (ellipsoid and fusiform). This parameter has more advantages than index l/d . Two-factor analysis conducted in the system « l/d – β » allowed us to establish reliable differences between the Black Sea and the Azov populations.

Keywords: anchovy, otolith morphology, population, differentiation

Рекомендує до друку

Надійшла 14.06.2013

В.В. Грубінко

УДК (581.526.323:574.3)(285.3)

О.А. ДАВИДОВ, Д.П. ЛАРІОНОВА

Институт гідробіології НАН України

пр. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210

СЕЗОННА ДИНАМІКА КІЛЬКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ VACILLARIOPHYTA МІКРОФІТОБЕНТОСУ УРБАНІЗОВАНОЇ ВОДОЙМИ

Досліджено сезонну динаміку кількісних показників Vacillariophyta мікрофітобентосу урбанізованої водойми. Встановлено їх роль у формуванні видового багатства, чисельності та біомаси мікрофітобентосу.

Ключові слова: мікрофітобентос, Vacillariophyta, видове багатство, чисельність, біомаса, урбанізована водойма

Діатомові водорості є важливою складовою мікрофітобентосу, їм належить основна роль в утворенні донних альгоценозів [4, 7]. Вони проявляють високу чутливість до зміни екологічних факторів середовища та реагують на різні антропогенні впливи [1, 2, 5, 8, 12].