

**НОВЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ЧЕРНОМОРСКОГО
ШПРОТА (*SPRATUS SPRATTUS PHALERICUS*) (PISCES, CLUPEIDAE)**

© Г. В. Зуев, Л. П. Салехова, Н. Ф. Шевченко, Е. Б. Мельникова, Н. И. Пустоварова, 2002

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной Академии наук Украины,
Севастополь, Украина

Поступила 18 июня 2002 г.

На основе концептуальной модели нормального распределения признаков в биологически однородных совокупностях предлагается новый подход к изучению возрастной структуры черноморского шпрота, позволяющий оперативно получать необходимую информацию в реальном масштабе времени. Для расчета средних размеров и относительной численности разных возрастных (годовых) классов шпрота были использованы нормальные вариационные кривые распределения по размерам двухгодовиков, как наиболее многочисленного и полностью представленного в уловах возрастного класса. Рассчитывали достоверность разницы между попарными значениями средних размеров двухгодовиков и их относительной численности, полученных с помощью предлагаемого подхода и традиционным способом (изучение возраста особей по отолитам). По обоим показателям разница недостоверна для уровня значимости больше 0.05.

Ключевые слова: шпрот, популяция, возрастной класс, средний размер, вариационная кривая, относительная численность, распределение.

The new approach to study of age structure of the Black Sea sprat is offered, which allow to get operatively the necessary information in real time. For calculation of the average sizes and relative number of different age (annual) classes of the sprat the normal distributions in sizes of two years old specimens, as most numerous and completely submitted in catches, were used. Expected reliability of the difference between values of the average sizes of the two years specimens and their relative number, received with the help of the offered approach and a traditional one (study of specimens age with otoliths), were calculated. The difference was doubtful on both parameters for a significance level more than 0.05.

Key words: sprat, annual class, average size, variational curve, relative number, distribution.

Возрастная структура популяции (вида), характеризующая соотношения различных возрастных групп (поколений) внутри нее, является одной из основных биологических структур, отражающей, наряду с половой, размерной пространственной и другими,

такие важные процессы жизнедеятельности как интенсивность воспроизводства, уровень смертности, скорость смены поколений и т.д. [8]. Возрастная структура зависит как от генетических особенностей вида, так и от конкретных условий его существования, чутко

реагируя на их изменения и тем самым позволяя ему адаптироваться и успешно выживать в новых условиях. При кратковременном нарушении возрастной структуры под влиянием условий среды она вновь стремится к восстановлению своего прежнего состояния, тогда как устойчивые изменения среды приводят к установлению нового стабильного распределения возрастов в популяции.

Благодаря этим свойствам возрастную структуру следует рассматривать в качестве экологического индикатора состояния популяции, на основе вектора и скорости изменения которого возможно прогнозирование путей ее дальнейших изменений и, соответственно, заблаговременное определение и применение мер по ее управлению. Отсюда понятно, сколь важное значение имеет знание возрастного состава и почему разработке и совершенствованию методов определения возраста особей в экологических исследованиях всегда уделялось огромное внимание.

Особенно важное значение изучение возрастных характеристик имеет для хозяйственно-ценных видов организмов, составляя необходимую основу для моделирования и разработки принципов долгосрочной рациональной эксплуатации. Чаще всего изучение возраста в отношении многих видов является довольно сложным (прежде всего методически) процессом, требующим значительных временных затрат и нередко именно по этой причине оценка возрастной структуры оказывается ретроспективной, т.е. производится с

запозданием, вследствие чего во многом утрачивает свою информационную ценность как экологического индикатора.

В данной работе предлагается новый методический подход к изучению возрастной структуры популяции черноморского шпрота – одного из наиболее массовых промысловых видов рыб в Азово-Черноморском бассейне, в отношении которого экологические мониторинговые исследования, учитывая резко возросший объем вылова, представляются крайне необходимыми. Данный подход призван обеспечить возможность получения в реальном масштабе времени оперативной информации о биологическом состоянии популяции шпрота и тенденциях изменения.

Материал и методы. Массовые выборки (пробы) шпрота получены в осенне-зимний период (ноябрь - март) 1998 - 1999, 1999 - 2000, 2000 - 2001 и 2001 - 2002 гг. из траловых уловов промысловых судов с юго-западного шельфа Крыма от м. Сарыч до м. Лукулл. Облавливались нерестовые скопления шпрота. Лов проводился в дневное время в придонных горизонтах в диапазоне глубин 40 - 100 м. Предполагая биологическую неоднородность шпрота в пределах этой акватории [2, 3], анализ возрастной структуры производили отдельно для двух районов - восточнее м. Херсонес и к северу от него. Всего проанализировано 63 пробы, включающие 15769 экз. (табл. 1). В работе приводится стандартная длина рыб. Для перехода к абсолютной длине следует использовать коэффициент 1.17.

Таблица 1. Общий объем исследованного материала
Table 1. Total size of studied materials

Годы	м. Херсонес – м. Сарыч		м. Херсонес – м. Лукулл	
	Количество проб	Количество экземпляров	Количество проб	Количество экземпляров
1998 – 1999	5	777	15	3298
1999 – 2000	4	882	9	2077
2000 – 2001	6	1643	7	1763
2001 – 2002	5	1809	12	3520

Результаты и обсуждение. На юго-западном шельфе Крыма шпрот является основным промысловым видом, добываемым здесь круглогодично. В последние несколько лет величина годового улова, согласно официальной статистике, составляла 10 – 12 тыс. т. Возрастной состав уловов включает представителей трех возрастных классов – годовиков, двух- и трехгодовиков. Основу промыслового стада составляют двухгодовики, относительная численность которых в последние годы варьирует от 50 до 90 %.

Традиционно для определения возраста черноморского шпрота используют главным образом отолиды [1, 6]. Отолиды шпрота очень мелкие и отличаются весьма сложным строением, в связи с чем их массовая обработка технологически, включая в этот процесс препарирование и микроскопирование, связана со значительными затратами времени. По мнению специалистов, имеющих опыт изучения возраста шпрота, затраты времени на обработку отолидов одного экземпляра в общей сложности могут составлять десятки минут.

В качестве концептуальной основы предлагаемого подхода априори было принято условие нормального распределения признаков в биологически однородных совокупностях [7]. В соответствии с этим условием распределение по размерам представителей каждого возрастного класса шпрота должно иметь вид симметричной (нормальной) кривой. Для проверки справедливости принятого условия было изучено относительное распределение (частота встречаемости) выделенных по отолидам представителей разных классов черноморского шпрота (рис. 1). Как видно, кривая распределения двухгодовиков, которые в данном случае полностью представлены в выборке, имеет очень близкую к симметричной форму, характерную для нормального распределения, тем самым подтверждая правильность выбора теоретической модели. К сожалению, относительно характера распределения трехгодовиков, также полностью представленных в промысловых уловах, ничего определенного сказать нельзя в силу их крайней малочисленности. Что же касается

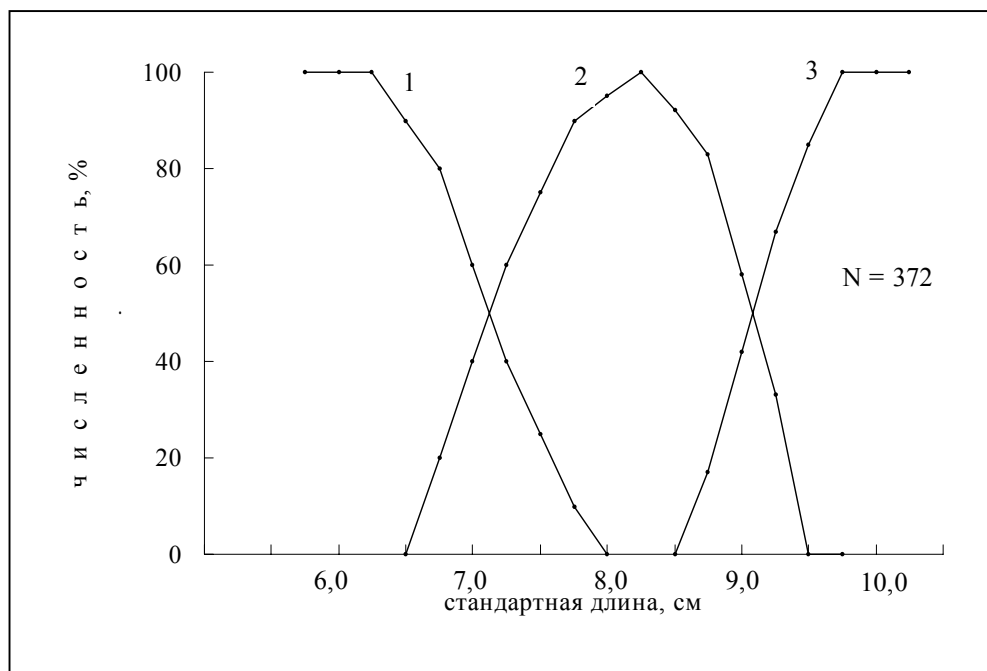


Рис. 1. Распределение разных возрастных классов шпрота по размерам:
 1 - годовики, 2 - двухгодовики, 3 - трехгодовики (зима 2000 – 2001 гг., р-н Балаклавы)
 Fig. 1. Distribution of different age classes of sprat accordingly to fish sizes:
 1 - one-year old, 2 - two-year old, 3 - three-year old (winter 2000 - 2001, Balaklava, the Black Sea)

годовиков, то, в результате селективности трала, они представлены здесь только крупными экземплярами и потому также не могут быть использованы для анализа.

В соответствии с концепцией нормального распределения признаков в биологически однородных совокупностях, мы поставили своей целью на основе изучения соответствия разных типов распределения шпрота по размерам и их возрастного состава разработать «размерный ключ» для изучения возрастной структуры популяции. Для этого изучали эмпирические вариационные кривые распределения шпрота по размерам и их возрастной состав.

Несмотря на кажущееся разнообразие эмпирических кривых, все они были объеди-

нены в три основные группы (типа). Первый тип – одновершинные асимметричные (с правосторонней асимметрией) кривые с широким основанием и не резко выраженной вершиной. Их амплитуда чаще всего не превышает 20 - 25 %. Модальная размерная группа представлена особями 8.1 – 8.5 см, (рис. 2, кривая 1). Второй тип – двухвершинные кривые с относительно слабо выраженным первым и хорошо развитым вторым пиком численности, их амплитуды составляют 5 – 10 и 25 – 30 % соответственно, значения модальных размерных групп – 6.1-7.0 и 8.1 – 8.5 см (рис. 2, кривая 2). Третий тип – одновершинные, очень близкие по форме к симметричным, остроконечные (пикообразные) с узким основанием кривые, амплитуда которых может

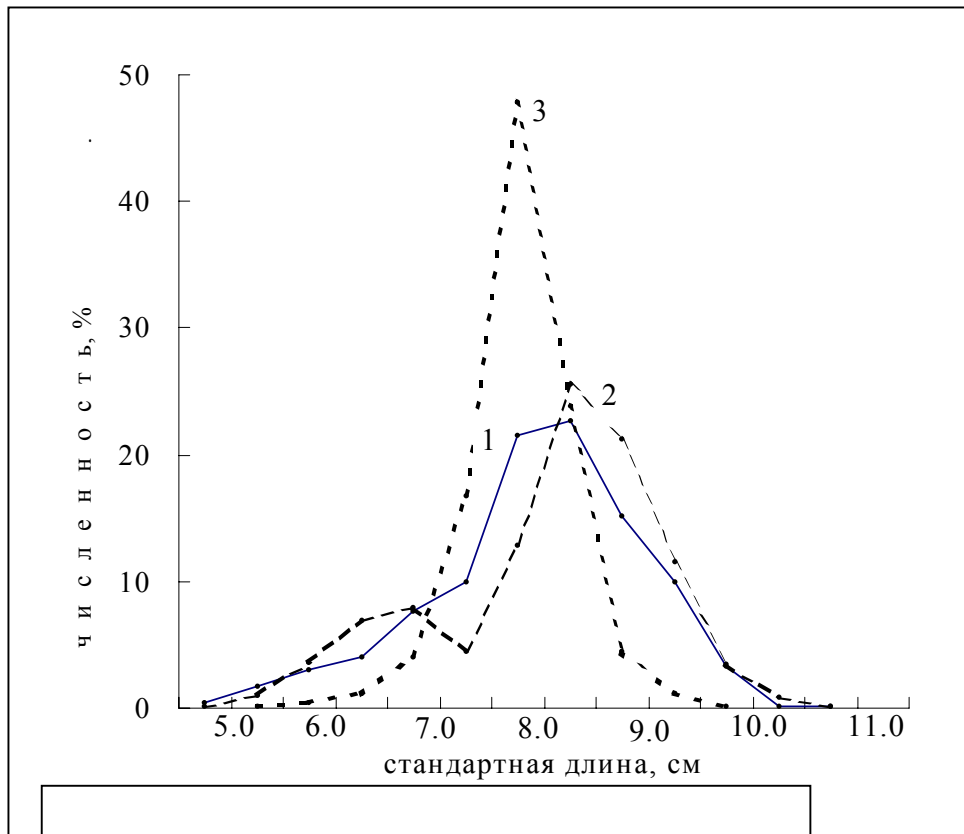


Рис. 2. Типы кривых распределения численности шпрота по размерам
Fig. 2. Curve types of distribution of sprat number accordingly to fish sizes

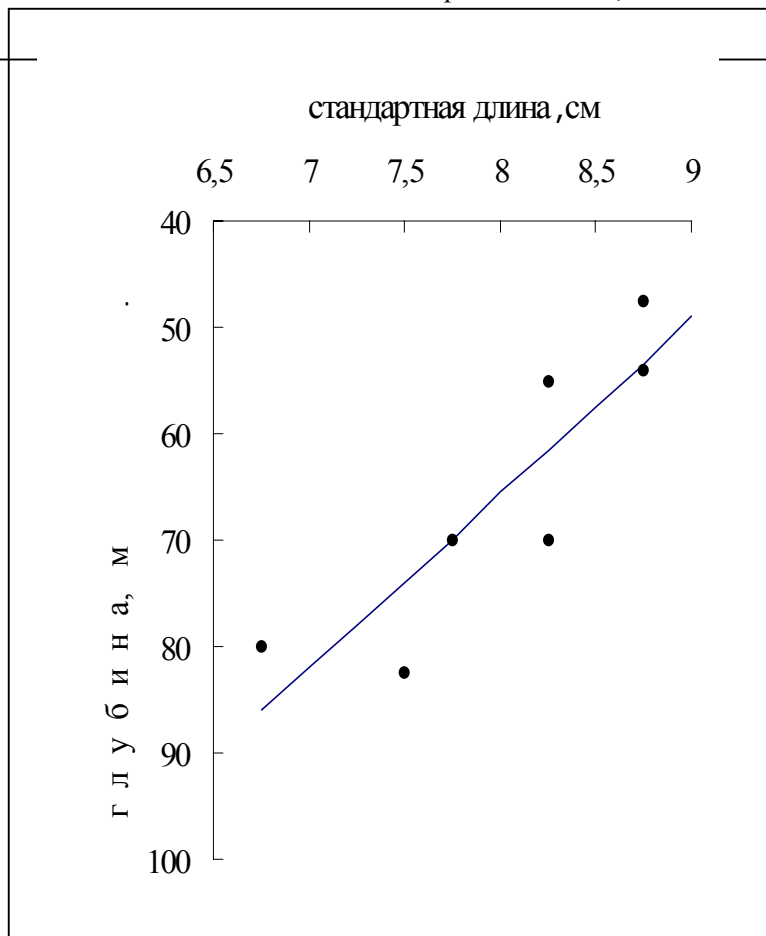


Рис. 3. Зависимость между средними размерами шпрота и глубиной (м. Лукулл, зима 2001 - 2002 гг.)
Fig. 3. Relations between sprat mean size and the depth (Cape Lukull, the Black Sea, winter 2001 - 2002)

достигать 40 – 50 %, и модальной размерной группой – 7.6 – 8.0 см (рис. 2, кривая 3).

Изучение возрастного состава шпрота разных типов вариационных кривых обнаруживает вполне определенные различия между ними. Так, возрастной состав кривых первого типа включает все три возрастных класса, среди которых явно преобладают двухгодовики, относительная численность которых составляет 70 – 75 %, тогда как доли годовиков и трехгодовиков примерно одинаковы – не более 10 – 15 % каждая. Возрастной состав шпрота кривых распределения второго типа также включает представителей всех трех возрастных классов. Его единственным отличием является увеличение доли годовиков до 20 – 25 %, что соответственно и обуславливает появление первой (дополнительной) вершины. Фактически, двухвершинные кривые – это видоизмененные кривые первого типа, представляющие их крайние варианты. Возрастной состав шпрота кривых третьего типа резко отличается от первых двух. Практически он представлен лишь одним возрастным классом – двухгодовиками, которые составляют не менее 90 – 95 % общей численности. Из этого можно сделать вывод, что распределение двухгодовиков, действительно, соответствует нормальному.

Зная параметры вариационной кривой распределения двухгодовиков, нетрудно рассчитать их средний размер и относительную численность, т. е. использовать данную кривую в качестве «размерного ключа». Для этого

следует абсолютные значения параметров кривой выразить в относительных величинах, приняв численность двухгодовиков модальной размерной группы (7.6 – 8.0 см) за единицу, а значения численности всех остальных размерных классов – либо в соответствующих долях этой величины, либо в процентах.

Удалось обнаружить определенное соответствие между разными типами кривых распределения и особенностями пространственной структуры популяции шпрота. Для этого в качестве показателя разных типов кривых распределения использовали соответствующие им значения средних размеров. Оказалось, что с увеличением глубины средние размеры шпрота последовательно снижаются (рис. 3). Учитывая наличие прямой зависимости между размерами рыб и их возрастом это должно свидетельствовать о том, что представители разных возрастных классов в силу каких-то экологических причин пространственно разобщены (обособлены) друг от друга. Рассматривая вертикальную зональность распределения разных возрастных классов шпрота как результат стайного образа их жизни, когда в основу формирования стаи заложен размерно-возрастной принцип, пространственное положение годовиков и трехгодовиков на краях ареала следует, по нашему мнению, считать, скорее всего, вынужденным, которое произошло в результате их вытеснения многочисленными двухгодовиками за пределы более оптимальной по экологическим условиям центральной части видového ареала.

Знание особенностей вертикального распределения разных возрастных классов и, в частности, приуроченность двухгодовиков к промежуточным глубинам шельфа, может оказаться весьма полезным при выборе тактики планирования и проведения мониторинговых исследований популяции шпрота с тем, чтобы избежать непроизводительных затрат времени и усилий, связанных с обследованием всего диапазона глубин.

С целью верификации предлагаемого метода мы проводили параллельное определение средних размеров двухгодовиков и возрастной структуры популяции шпрота на основе изучения возраста особей по отолитам.

Сравнительные результаты, полученные с помощью предлагаемого нами метода и на основе изучения отолитов, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Средние размеры двухгодовиков шпрота и их относительная численность
Table 2. Mean sizes of two-year old sprat and their relative number

Годы	м. Херсонес – м. Сарыч		м. Херсонес – м. Лукулл	
	средняя длина, см	численность, %	средняя длина, см	численность, %
1998 – 1999	7.96*/8.20	52.8/58.0	8.28/8.14	64.3/56.2
1999 – 2000	7.69/7.94	66.1/67.4	7.53/7.69	66.4/65.0
2000 – 2001	7.87/7.95	90.5/83.5	7.75/7.82	82.5/71.1
2001 - 2002	7.80/7.87	78.4/76.0	7.98/8.10	67.2/63.0

*В числителе – расчетные значения, полученные с помощью «размерного ключа»;
в знаменателе – значения, полученные в результате изучения возраста по отолитам

Для оценки степени полученных различий по каждому из этих показателей была рассчитана достоверность разницы между ними путем попарного сравнения [5]. Согласно полученным значениям критерия значимости t , по обоим показателям (средний размер двухгодовиков и их относительная численность) они составляли 0.95 и 1.51 соответственно, т.е. разница в обоих случаях оказалась статистически недостоверной для уровня значимости больше 0.05. Это дает основание считать вполне корректным использование данного «размерного ключа» для изучения возрастной структуры шпрота.

Как было отмечено выше, исследования возрастной структуры шпрота выполнялись отдельно в западном (точнее северном) и восточном районах юго-западного шельфа. Это связано с тем, что, согласно нашим прежним представлениям [2, 3], основанным на изучении ряда структурно-функциональных характеристик шпрота и особенностей мезомасштабной циркуляции вод в этом районе, в пределах юго-западного шельфа Крыма существуют две пространственно обособленные группировки шпрота - «западнокрымская» и «южнокрымская», предположительно имеющие популяционный

статус, граница между которыми проходит вблизи м. Херсонес. Однако полученные в настоящей работе данные о синхронном характере многолетней динамики величины относительной численности двухгодовиков из этих районов (рис. 4) заставляют серьезно усомниться в этом. Согласно им, запас шпрота в пределах всего юго-западного шельфа

Крыма между м. Сарыч и м. Лукулл представлен единым образованием, и если это действительно так, то делать окончательный вывод о популяционном уровне различий между западно- и южнокрымской группировками шпрота преждевременно. Только дальнейшие исследования смогут внести дополнительную ясность в решение этого вопроса.

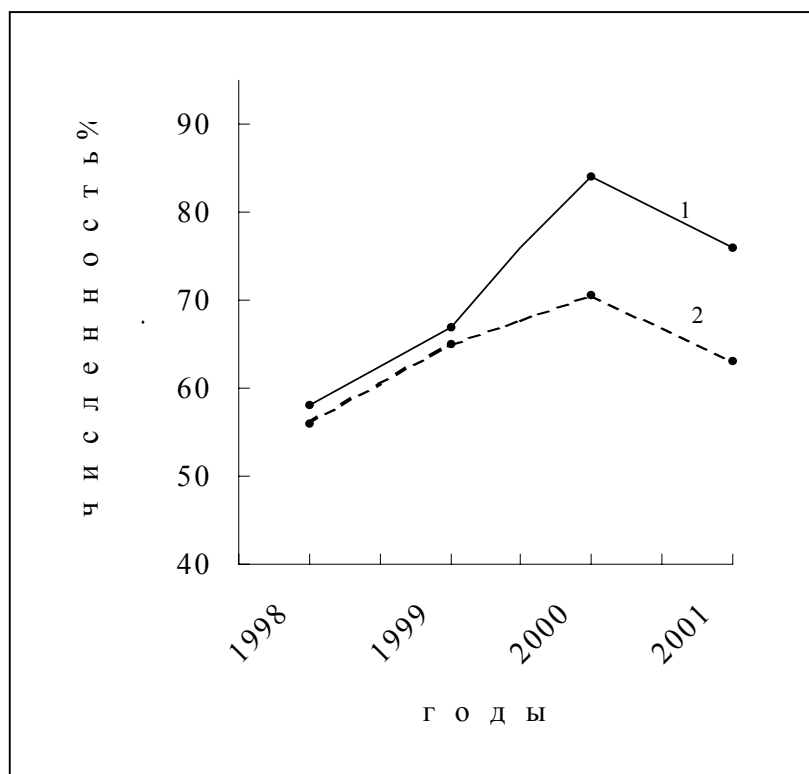


Рис. 4. Межгодовые изменения относительной численности двухгодовиков шпрота на юго-западном шельфе Крыма: 1 - м. Херсонес – м. Лукулл; 2 - м. Херсонес – м. Сарыч
Fig. 4. Inter-annual changes of relative number of two-year old sprat from south-western shelf of Crimea: 1 - Cape Kheroneses - Cape Lukkul; 2 - Cape Kheroneses - Cape Sarych

Выводы. В заключение хотелось бы выразить надежду, что, благодаря своей методической простоте, а также минимальным, по сравнению с ныне используемыми методами изучения возрастной структуры популяций, затратам времени, предлагаемый подход ока-

жется полезным при проведении рыбохозяйственных исследований для оперативной оценки биологического состояния шпрота в том или ином районе и принятия своевременных мер по обеспечению условий его долгосрочной и рациональной эксплуатации.

Вместе с тем, не следует думать, что в связи с предлагаемым методом изучения отолитов окажется не актуальным, и тем более совершенно ненужным занятием. Изучение возраста отдельных особей решает много других самостоятельных задач, таких,

например, как выяснение закономерностей роста отдельных организмов, роста представителей разных полов, характера зависимости показателей роста от различных факторов и др. [4].

1. Алеев Ю. Г. О строении отолитов и темпе роста черноморского шпрота *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) // Докл. АН СССР. – 1953. – 93, № 5. – С. 919 – 923.
2. Зуев Г. В., Болтачев А. Р., Гуцал Д. К. Эколого-географический подход к изучению внутривидовой структуры шпрота (*Sprattus sprattus phalericus*) в северо-западной части Черного моря // Экология моря. – 2000. – Вып. 50. – С. 8 – 14.
3. Зуев Г. В., Гаевская А. В., Корнийчук Ю. М., Болтачев А. Р. О внутривидовой дифференциации черноморского шпрота (*Sprattus sprattus phalericus*) у побережья Крыма (предварительное сообщение) // Экология моря. – 1999. – Вып. 49. – С. 10 – 16.
4. Мина М. В., Клевезаль Г. А. Рост животных. – М.: Наука. – 1976. – 291с.
5. Рокицкий П. Ф. Основы вариационной статистики для биологов. – Минск, 1961. – 221 с.
6. Стоянов С. А. Черноморский шпрот *Sprattus sprattus sulinus* (Antipa) // Българска Академия на науките: Тр. на Ин-та по зоол. – 1953. – № 3. – 90 с.
7. Урбах Ю. В. Биометрические методы. – М.: Наука. – 1964. – 416 с.
8. Яблоков А. В. Популяционная биология. – М.: Высшая школа, 1987. – 303 с.