

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 597.541:591.16(262.5)

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
РЕПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА ЧЕРНОМОРСКОГО ШПРОТА
SPRATTUS SPRATTUS PHALERICUS (RISSO, 1826) (PISCES: CLUPEIDAE)
В КРЫМСКОМ РЕГИОНЕ И УСЛОВИЯ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ**

© 2019 г. Г. В. Зуев

Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: zuev-ger@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.07.2019; после доработки 01.11.2019;
принята к публикации 25.12.2019; опубликована онлайн 30.12.2019.

Черноморский шпрот *Sprattus sprattus phalericus* (Risso, 1826) — один из наиболее массовых видов рыб в Азово-Черноморском бассейне. Благодаря своей многочисленности играет исключительно важную роль в экосистеме моря, являясь промежуточным звеном между зоопланктоном и представителями высшего трофического уровня — крупными хищными рыбами, дельфинами и птицами. В то же время шпрот относится к числу важных промысловых объектов всех причерноморских стран, устойчиво занимая в последние десятилетия второе место по объёму вылова (после хамсы). Общий вылов достигает 100 тыс. тонн. Основные добывающие государства — Турция и Украина. Мониторинг и прогноз состояния популяции шпрота в условиях роста интенсивности промысла и изменения климата являются актуальными задачами. Предмет исследования данной статьи — многолетняя (2000–2016) динамика биологических (качественных) параметров, определяющих популяционную плодовитость черноморского шпрота в Крымском регионе, современное состояние репродуктивного потенциала и условия его формирования. В основу работы положены результаты собственных исследований. В числе параметров, определяющих популяционную плодовитость, изучены размерно-возрастная структура нерестового (родительского) стада, абсолютная индивидуальная плодовитость и половая структура нерестового стада (численное соотношение самок и самцов). В 2011–2016 гг. по сравнению с 2000–2004 гг. средняя длина нерестовых самок сократилась в 1,22 раза (с 7,36 до 6,03 см), что сопровождалось снижением абсолютной индивидуальной плодовитости в 2,39 раза (с 13 625 до 5690 икринок). Численное соотношение между самками и самцами уменьшилось в 1,23 раза (с 1,95 до 1,59). Одновременно величина запаса шпрота в северной половине Чёрного моря сократилась более чем в 2,5 раза (с > 500 тыс. т до < 200 тыс. т). В результате популяционная плодовитость шпрота в Крымском регионе уменьшилась более чем в 7 раз ($2,39 \times 1,23 \times 2,5$). Изучены условия промысла шпрота в северной половине Чёрного моря (от устья р. Дунай до Керченского пролива), которые показали 2-кратное снижение (с 251,9 тыс. тонн в 2000–2004 гг. до 129,1 тыс. тонн в 2011–2016 гг.) общего вылова и более чем 2,3-кратное (с 50,4 до 21,4 тыс. т) — среднегодового. На крымском шельфе, напротив, общий вылов в это время увеличился в 1,2 раза (с 76,9 до 92,2 тыс. т), а его среднегодовая величина осталась без изменения (15,4 тыс. тонн). Запас сократился в 2,5 раза, а значит, величина промысловой нагрузки на крымскую популяцию увеличилась в 2,5 раза, что даёт основание рассматривать фактор промысла в качестве главной причины её деградации. Справедливость данной версии подтверждает установленный ранее факт сопряжённости межгодовых колебаний между выловом и размерно-возрастными показателями шпрота в Крымском регионе в 2003–2013 гг.: выловы свыше 15–16 тыс. т сопровождалось уменьшением средней длины шпрота в следующем году. Необходимым условием для предотвращения дальнейшей деградации, а также для восстановления

и поддержания стабильного состояния популяции шпрота в Крымском регионе и её репродуктивного потенциала является регулирование промысла. Негативное воздействие природных (климатического и трофического) факторов на состояние популяции следует признать второстепенным. Локальный перелов косвенно указывает на структурированность промыслового запаса черноморского шпрота, его подразделённость на ряд пространственно-обособленных образований (единиц запаса), то есть на наличие внутривидовой дифференциации.

Ключевые слова: шпрот, многолетняя динамика, плодовитость, популяционная структура, промысел, запас

Черноморский шпрот *Sprattus sprattus phalericus* (Risso, 1826) — один из наиболее массовых видов рыб, населяющих Азово-Черноморский бассейн, и важный промысловый объект для всех причерноморских стран. В 2000–2016 гг. ежегодный вылов варьировал от 27 327 т (2013) до 120 709 т (2011); среднегодовой составил 66 073 т [13]. Основными добывающими странами были Украина и Турция (77,2 %).

До 2007 г. доминирующее положение занимала Украина: её доля в общем вылове в разные годы составляла от 45,9 до 77,0 % (в среднем — 58,8 %). Основной промысловый район — крымский шельф от мыса Тарханкут до мыса Меганом и Феодосийский залив. Объёмы вылова колебались от 18,0 до 48,9 тыс. т, при среднем значении 33,0 тыс. т. Доля турецких уловов в среднем не превышала 10,2 %, варьируя в пределах 1,6–30,4 %. Абсолютные объёмы составляли 1,0–11,9 тыс. т, средний многолетний — 5,68 тыс. т.

Ситуация заметно изменилась в 2008 г., когда турецкий вылов достиг 39,3 тыс. т, что составило 54 % от общего вылова шпрота. Основной промысловый район — зона шельфа на участке Самсун — Синоп. В последующие годы доля турецкого вылова сохранялась довольно высокой, варьируя от 34,9 до 80,6 %, при среднем значении 59,0 %. Объёмы вылова колебались от 9,76 до 87,14 тыс. т, при среднем значении 47,5 тыс. т. Таким образом, в рассматриваемый период по сравнению с предыдущим доля турецкого вылова возросла почти в 6 раз, а величина среднегодового вылова — более чем в 8 раз. Резкий рост турецкого вылова шпрота был напрямую связан с интенсификацией национального промысла в результате увеличения количества добывающих судов и технического перевооружения средств поиска и добычи.

Доля Украины в промысле уменьшилась до 30,5 % (данные 2008–2013 гг.), варьируя в разные годы от 17,0 до 47,1 %. Одновременно имело место снижение абсолютных объёмов вылова с 12,9 до 24 тыс. т, при среднем значении 20,6 тыс. т. В целом доля Украины в этот период сократилась почти вдвое, а величина среднегодового вылова уменьшилась в 1,6 раза. Одновременно с ухудшением количественных показателей промысла произошли существенные изменения в качественном составе популяции шпрота. На примере Крымского региона была установлена последовательно прогрессирующая деградация её состояния, нашедшая отражение в многолетних отрицательных трендах средней длины и среднего возраста особей, что при наличии прямой зависимости индивидуальной плодовитости рыб от их размеров (и возраста) не могло не сопровождаться соответствующими изменениями репродуктивного потенциала шпрота.

Цель настоящей работы — на основе изучения многолетней (2000–2016) динамики качественных (биологических) и количественных (величины запаса) параметров, определяющих популяционную плодовитость, провести оценку современного состояния репродуктивного потенциала черноморского шпрота и условий его формирования в Крымском регионе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования послужил шпрот, отловленный на западном и южном шельфе Крымского полуострова, между м. Тарханкут и м. Меганом. Сбор производили на промысловых судах с помощью разноглубинных тралов, не нарушающих естественное состояние размерно-возрастной

и половой структуры популяции. Материал собирали в нерестовые, зимние сезоны 2000/01–2016/17 гг. (исключение представляет сезон 2012/13 гг. из-за отсутствия проб). Их продолжительность, а также сроки начала и окончания определяли по состоянию гонад представителей обоих полов (стадии зрелости IV–V, V и VI–IV). Степень зрелости гонад определяли с помощью специально разработанной шкалы [2]. Во всех расчётах использовали стандартную длину (SL) тела рыб (от начала рыла до конца позвоночника); точность — до 0,1 см. При изучении размерной структуры результаты индивидуальных измерений группировали по классам вариационного ряда с интервалом длины 0,5 см. Индивидуальный возраст определяли по отолитам. Для оценки возрастной структуры использовали размерно-возрастной ключ (табл. 1). Среднюю длину и средний популяционный возраст определяли как среднее взвешенное значение размерных (возрастных) групп. Общее количество исследованных особей — 87 215.

Сведения о вылове шпрота в Крымском регионе приведены по данным Восточно-Крымского государственного управления рыбоохраны (ныне Крымский отдел государственного контроля, надзора и охраны водных биологических ресурсов Азово-Черноморского территориального управления Федерального агентства по рыболовству) г. Севастополя.

Таблица 1. Размерно-возрастной ключ черноморского шпрота

Table 1. Length-age structure key of Black Sea sprat

Размерный класс, см	Возраст, %		
	годовики	двухгодовики	трёхгодовики
4,0–4,4	100		
4,5–4,9	100		
5,0–5,4	100	–	
5,5–5,9	100	–	
6,0–6,4	100	–	
6,5–6,9	94	6	
7,0–7,4	72	28	
7,5–7,9	25	75	–
8,0–8,4	–	100	–
8,5–8,9	–	75	25
9,0–9,4		28	72
9,5–9,9		6	94
10,0–10,4		–	100
10,5–10,9		–	100

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Под репродуктивным потенциалом в настоящей работе понимается популяционная плодовитость шпрота, то есть количество икры, которое может отложить популяция за один нерестовый сезон. Это количество определяется такими параметрами, как размерно-возрастная структура нерестовой части популяции, абсолютная индивидуальная плодовитость, половая структура нерестовой популяции (соотношение самок и самцов) и общая численность нерестовой популяции.

Размерная структура. В исследованный период (2000–2016) репродуктивная часть популяции (особи с гонадами IV–V, V, VI–IV стадий зрелости) была представлена рыбами длиной 4,0–11,2 см. Её основу составляли особи длиной от 6,0 до 8,0 см (69,1 %). Доли представителей более мелких и более крупных размерных классов — 18,6 и 12,3 % соответственно. Средняя длина — 6,88 см.

Для описания размерной структуры использованы такие показатели, как средняя и предельная длина тела, модальный размерный класс, численное соотношение мелких (< 7,5 см) и крупных (> 7,5 см) особей. Разделение шпрота на мелких и крупных особей принято не случайно.

Оно довольно точно отражает принадлежность представителей этих размерных групп к разным возрастным классам: категория мелких особей включает 80–95 % (в среднем — 86 %) годовиков; категория крупных состоит из двухгодовиков и очень немногочисленных трёхгодовиков.

При изучении многолетней динамики размерной структуры использовали усреднённые за три года показатели. Соответствующие вариационные кривые распределения шпрота по длине в 2000–2016 гг. представлены на рис. 1. Как видно, на протяжении исследованного периода размерная структура не оставалась постоянной: происходило последовательное перераспределение численного соотношения между мелкими (< 7,5 см) и крупными (> 7,5 см) особями в пользу преобладания доли представителей первой группы, сопровождавшегося уменьшением средней и предельной длины, а также модальных размеров шпрота. Так, относительная численность крупных особей в 2013–2016 гг. по отношению к 2000–2002 гг. сократилась в 32 раза (с 64,0 до 2,0 %) (табл. 2). Средняя длина уменьшилась с 7,68 до 5,93 см, предельная — с 11,2 до 9,5 см, модальный класс — с 7,5–8,0 до 5,5–6,0 см. Одновременно доля мелких особей увеличилась почти в 3 раза (с 36,0 до 98,0 %), то есть произошло заметное измельчение шпрота.

Возрастная структура. В качестве показателей возрастной структуры использовали число возрастных классов (поколений), относительную численность разных возрастных классов и средний возраст. В исследованный период возрастной состав популяции был представлен тремя возрастными (годовыми) классами — годовиками, двух- и трёхгодовиками. Наиболее многочисленный возрастной класс — годовики. В многолетнем плане их доля составляла 71,9 %, изменяясь от 32,3 до 98,6 %. Второй по численности возрастной класс — двухгодовики: их доля в составе популяции превышала $\frac{1}{4}$ (26,7 %), варьируя от 1,4 до 64,3 %. И лишь 1,4 % общей численности составляли трёхгодовики. Средний возраст — 1,30 года.

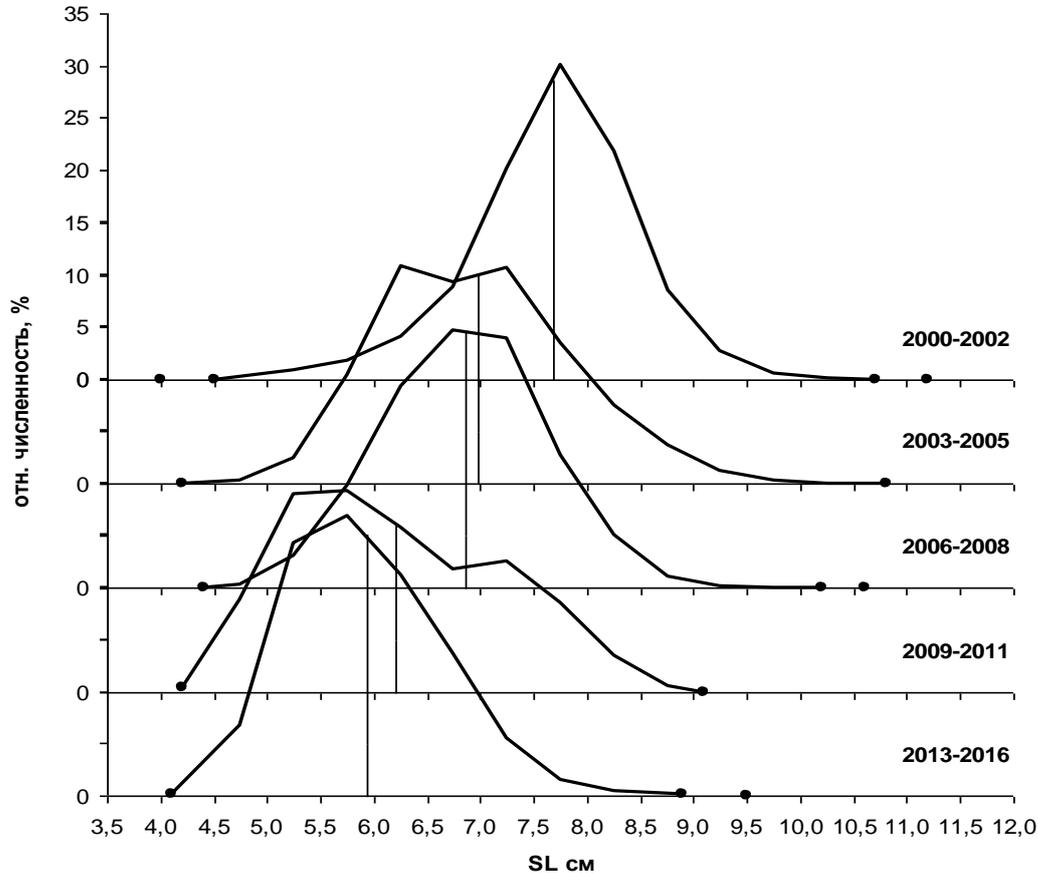


Рис. 1. Многолетняя динамика размерной структуры шпрота (объяснения см. в тексте)

Fig. 1. Long-term dynamics of sprat length structure (see the text for explanations)

Таблица 2. Показатели размерной структуры шпрота в Крымском регионе в 2000–2016 гг.**Table 2.** Length structure indicators of sprat in Crimean region in 2000–2016

Годы	Средняя длина, см	Предельная длина, см	Модальный класс, см	Размерная группа, %		Кол-во экз.
				< 7,5 см	> 7,5 см	
2000–2002	7,68	11,2	7,5–8,0	36,0	64,0	11 176
2003–2005	6,97	10,8	6,5–7,0	73,8	26,2	42 468
2006–2008	6,86	10,6	6,5–7,0	80,8	19,2	17 557
2009–2011	6,21	9,1	5,5–6,0	87,6	12,4	11 700
2013–2016	5,93	9,5	5,5–6,0	98,0	2,0	4 314

При изучении многолетней динамики возрастной структуры использовали усреднённые за три года значения относительной численности представителей разных возрастных классов и среднего возраста (табл. 3). Как видно, в период 2000–2016 гг. возрастная структура претерпела весьма существенные изменения, которые характеризовались в общей сложности 46-кратным сокращением относительной численности трёхгодовиков и почти 9-кратным — двухгодовиков. Так, в 2000–2002 гг. доля первых составляла 4,6 %, тогда как в 2013–2016 гг. — только 0,1 % (более того, в 2015 и 2016 гг. они отсутствовали полностью). Доля двухгодовиков за это время сократилась более чем в 8,5 раза (с 56,6 до 6,6 %). В результате абсолютное доминирование в популяции получили годовики: их доля увеличилась в 2,4 раза (с 38,8 до 93,3 %). При этом средний возраст шпрота сократился более чем в 1,5 раза (с 1,66 до 1,07 года), то есть произошло весьма существенное омоложение популяции.

Таблица 3. Показатели возрастной структуры шпрота в Крымском регионе в 2000–2016 гг.**Table 3.** Age structure indicators of sprat in Crimean region in 2000–2016

Годы	Возрастные классы, %			Средний возраст, годы	Кол-во экз.
	годовики	двухгодовики	трёхгодовики		
2000–2002	38,8	56,6	4,6	1,66	11 176
	32,3–48,5	47,9–64,3	3,4–6,7	1,55–1,71	
2003–2005	68,1	30,2	1,7	1,34	42 468
	62,5–74,8	21,8–36,9	0,6–3,4	1,29–1,38	
2006–2008	75,3	24,2	0,5	1,25	17 557
	70,3–78,6	21,0–29,1	0,4–0,6	1,22–1,30	
2009–2011	83,8	16,0	0,2	1,16	11 700
	76,3–98,0	1,9–23,3	0,1–0,4	1,02–1,24	
2013–2016	93,3	6,6	0,1	1,07	4 314
	87,4–98,6	1,4–12,3	0,0–0,3	1,01–1,13	

Примечание: числитель — средняя доля; знаменатель — минимальная и максимальная доля

Note: numerator – average share; denominator – minimum and maximum share

В качестве репродуктивного показателя, отражающего эффективность размножения популяции, изучена абсолютная индивидуальная плодовитость (далее — АИП) — общее количество икринок, вымётываемое самкой в течение нерестового периода. Для её оценки использовали ранее установленные нами зависимости порционной плодовитости (далее — ПП) от стандартной длины тела самок и среднее значение общего количества индивидуальных икротетаний [2]. Зависимость ПП от стандартной длины тела самок находили отдельно для более благоприятных и менее благоприятных условий размножения. В первом случае $ПП = 0,1793 \cdot SL^{3,92}$, во втором $ПП = 0,0101 \cdot SL^{5,16}$. Общее количество индивидуальных икротетаний было принято постоянным, равным 36,4. В наших расчётах для оценки АИП использовали средние значения ПП, полученные

для менее благоприятных и более благоприятных условий размножения (табл. 4). В многолетнем плане величина АИП имеет, как и следовало ожидать, отрицательный тренд. Её значение в 2013–2016 гг. более чем в три раза ниже, чем в 2000–2002 гг.

Таблица 4. Средняя длина (SL), порционная (ПП) и абсолютная индивидуальная плодовитость (АИП), соотношение между самками и самцами шпрота в Крымском регионе в 2000–2016 гг.

Table 4. Average length (SL), portion fecundity (ПП), absolute individual fecundity (АИП), and ratio between sprat females and males in Crimean region in 2000–2016

Годы	SL, см	ПП, экз.	АИП, экз.	♀ / ♂
2000–2002	7,68	452	16 452	2,09
2003–2005	6,97	294	10 701	1,71
2006–2008	6,86	274	9 973	1,70
2009–2011	6,21	177	6 442	2,01
2013–2016	5,93	145	5 277	1,40

Половая структура. Наряду с АИП изучены половая структура нерестовой части популяции и её многолетняя динамика — численное соотношение между половозрелыми самками и самцами (стадии зрелости гонад IV–V, V и VI–IV). Усреднённые за три года значения показателя приведены в табл. 4. Как видно, в многолетнем плане прослеживается изменение величины этого соотношения в направлении уменьшения доли самок. Если в 2000–2002 гг. соотношение самок и самцов составляло 2,09 : 1, то в 2013–2016 гг. значение снизилось до 1,40 : 1, то есть за это время доля самок в составе нерестового (родительского) стада сократилась в 1,5 раза. В соответствии с концепцией В. А. Геодакяна [1] об эволюционном значении дифференциации полов, наблюдаемый сдвиг соотношения численности между самками и самцами в пользу последних следует рассматривать как экологический механизм адаптационного преобразования популяции, направленный на сохранение её устойчивости в неблагоприятных условиях. Согласно этой концепции, «во всех экстремальных условиях должны усиливаться патриархальные тенденции, и наоборот, в оптимальных условиях — матриархальные». Другими словами, в неблагоприятные периоды для регуляции численности популяции и поддержания оптимального соотношения между количественным и качественным аспектами процесса воспроизводства требуется больше самцов, обладающих большей фенотипической изменчивостью по сравнению с самками. Обращает на себя внимание широкий разброс значений соотношения полов между самками и самцами в разные отрезки времени, нарушающий строго последовательный характер его снижения. Это связано с наличием в составе трёхгодных кластеров представителей разных поколений, которые отличаются по численности, скорости роста и, соответственно, размерам особей.

На основе полученных результатов и имеющихся в литературе сведений о состоянии запаса шпрота в северной половине Чёрного моря (от устья р. Дунай до Керченского пролива) в 2000–2013 гг. были выполнены расчёты его популяционной плодовитости на крымском шельфе. По [11], запас шпрота в этот отрезок времени не оставался постоянным. Выделены три периода его состояния. Первый (2000–2004) характеризовался высоким уровнем запаса (свыше 500 тыс. т), второй (2005–2010) — средним (250–500 тыс. т), третий (2011–2013) — низким (менее 200 тыс. т). В последующие три года (2014–2016), в соответствии с условием «сообразности изменения вылова шпрота изменениям запасов и их доступности» [11], величина запаса в регионе оставалась на прежнем, низком уровне. Из этого следует, что в продолжение всего исследованного периода запас шпрота демонстрировал отрицательный тренд, и в результате его абсолютная величина сократилась примерно в 2,5 раза. В табл. 5 представлены соответствующие значения средней длины, ПП и АИП, а также численное соотношение нерестовых самок и самцов и величина запаса для каждого из трёх периодов. Видно, что в многолетнем плане величина каждого из параметров заметно уменьшилась.

Так, в третьем периоде (2011–2016) по сравнению с первым (2000–2004) средняя длина самок сократилась в 1,22 раза. Соответствующие изменения в отношении показателей абсолютной индивидуальной плодовитости, доли самок и величины запаса составляли 2,39; 1,23; 2,5 раза. Из этого следует, что величина популяционной плодовитости шпрота в исследуемый период (2000–2016) (рис. 2) сократилась более чем в 7 раз ($2,39 \times 1,23 \times 2,5 = 7,35$).

Таблица 5. Многолетняя (2000–2016) динамика популяционных параметров шпрота в Крымском регионе, определяющих величину репродуктивного потенциала

Table 5. Long-term (2000–2016) dynamics of sprat population parameters in Crimean region, determining sprat reproductive potential value

Период	SL, см	ПП, экз.	АИП, экз.	♀ / ♂	Запас, тыс. т
2000–2004	7,36	374	13 625	1,95	> 500
2005–2010	6,89	280	10 188	1,74	250–500
2011–2016	6,03	156	5 690	1,59	< 200

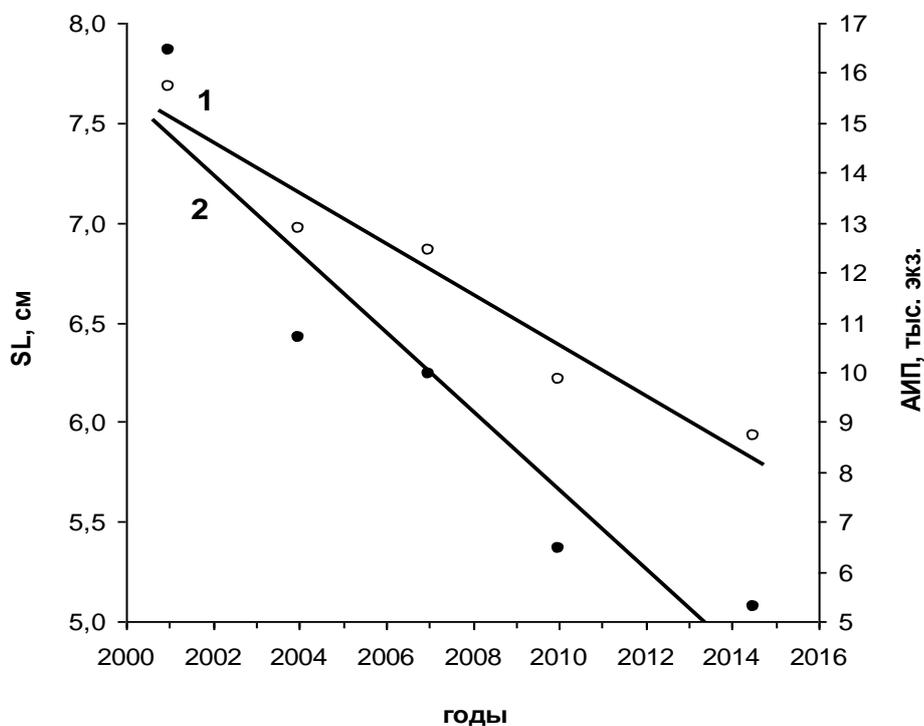


Рис. 2. Многолетняя динамика средней длины (SL) (1) и средней абсолютной индивидуальной плодовитости (АИП) (2) шпрота в Крымском регионе

Fig. 2. Long-term dynamics of average length (SL) (1) and average absolute individual fecundity (АИП) (2) of sprat in Crimean region

Относительно причин произошедших в последние полтора-два десятилетия изменений размерно-возрастных характеристик крымского шпрота в сторону уменьшения их значений существуют разные точки зрения. Ряд авторов [3, 4, 8, 12] связывает этот процесс напрямую с нарушением условий питания вида, которые сложились в конце 1990-х гг. в северной половине Чёрного моря в результате глобального потепления, повлёкшего общее повышение температуры воды в регионе, что создало неблагоприятные условия жизни для комплекса холодолюбивых видов в целом и для шпрота, бореального по своему происхождению, в частности. По другой версии, причиной измельчания шпрота в Крымском регионе послужило перераспределение промысловой

нагрузки на популяцию между внешним глубоководным и прибрежным мелководным шельфом в пользу последнего, где преобладает мелкий шпрот, после изменения в 1998 г. украинского таможенного законодательства, согласно которому выловленные за пределами территориальных вод Украины (12-мильной прибрежной зоны) живые ресурсы стали приравниваться к импортируемым продуктам [10]. По результатам наших исследований, главным фактором, определившим угнетённое состояние популяции шпрота в Крымском регионе в последние два десятилетия, послужила слишком высокая степень эксплуатации, то есть перелов. Этот вывод получен на основании изучения многолетней (2003–2013) динамики размерно-возрастного состава и условий промысла шпрота из двух близких по климатическим и экологическим условиям регионов Чёрного моря — Крымского и Западного (воды Болгарии и Румынии). Оба региона находятся под воздействием Северо-Атлантического колебания и Атлантического мультидекадного колебания, определяющих долгие периодические изменения температуры воздуха и воды в северо-западной части Чёрного моря и у западного побережья Крыма [9]. Это не исключает локальных и, как правило, кратковременных отклонений или погодных аномалий. Между тем определяющее воздействие последних на формирование постоянных региональных различий возрастной структуры кажется весьма сомнительным, особенно с учётом того, что в 2000–2016 гг. климатические аномалии в этих регионах не зарегистрированы. Кроме того, установлено наличие тесной отрицательной корреляционной связи между объёмом вылова и средней длиной шпрота, смещённой на год вперёд, в Крымском регионе [коэффициент корреляции $-0,81$ ($p < 0,01$)], а также отсутствие корреляции между соответствующими показателями в Западном регионе [5].

Рассмотрим условия промысла шпрота на шельфе северной половины Чёрного моря от Керченского пролива до устья р. Дунай и их возможную связь с изменением размерно-возрастной структуры его популяции на крымском шельфе. Промысел шпрота в этом обширном регионе осуществляют исключительно Украина и Российская Федерация. В 2000–2013 гг. соотношение вылова между ними составляло почти 3,2 : 1 в пользу Украины (табл. 6). По [11], суммарные среднегодовые выловы шпрота в водах Крыма и Кавказа распределялись следующим образом: в 2000–2004 гг. — 39 тыс. т, в 2005–2010 гг. — 23, в 2011–2013 гг. — 19. Согласно нашим данным (см. «Материал и методы»), суммарные ежегодные выловы шпрота Украины и России в эти периоды распределялись так: 50,4; 32,6; 21,5 тыс. т. Как видно (рис. 3), представленные объёмы вылова вполне сопоставимы между собой, а темпы их снижения пропорциональны темпам сокращения запаса, что не даёт основания рассматривать чрезмерный вылов в качестве фактора, который мог оказать негативное воздействие на биологическую структуру популяции шпрота. Это противоречит полученному нами ранее выводу о том, что причиной угнетённого состояния шпрота у Крымского побережья в нулевые годы послужила слишком высокая интенсивность промысла [5].

Какой же из этих выводов является справедливым и каковы возможные причины разночтений? Попробуем ответить. Никакого противоречия в полученных результатах и в заключениях, сделанных на их основе, нет. Как ни парадоксально это выглядит, оба они справедливы. Положительный вывод (негативное воздействие промысла) получен после изучения многолетней динамики размерно-возрастной структуры и вылова шпрота исключительно в прибрежной (шельфовой) зоне Крымского полуострова на пространстве от м. Казантип до м. Меганом. Отрицательный вывод (отсутствие негативного воздействия промысла), представленный выше, основан на анализе данных о суммарном вылове шпрота на шельфе северной половины Чёрного моря от устья р. Дунай до Кавказского побережья, включая обширную мелководную северо-западную часть и крымский шельф.

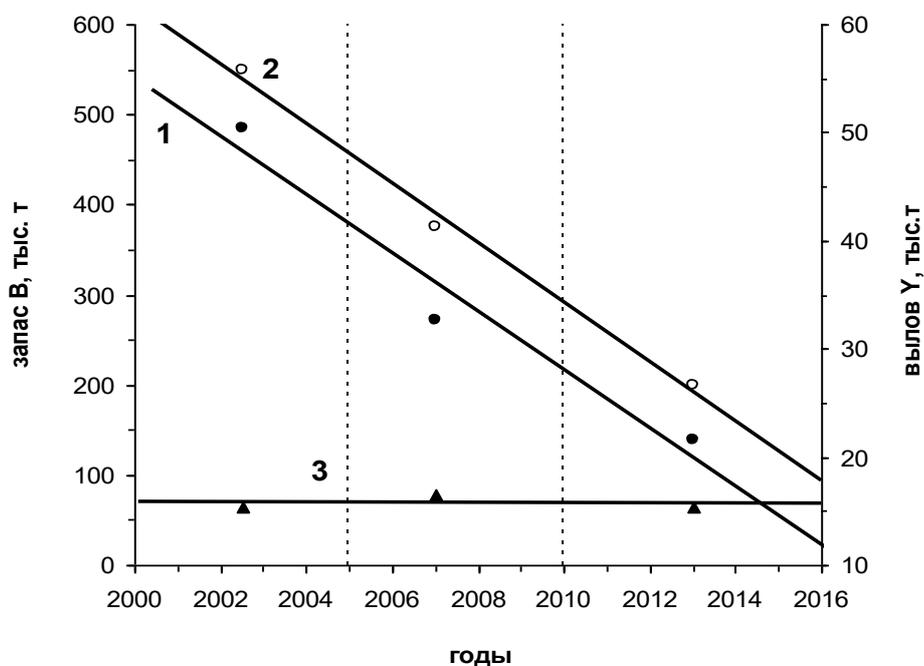
Рассмотрим показатели промысла шпрота на крымском шельфе в 2000–2016 гг. В общей сложности в его пределах в этот период было добыто 268 313 тонн, что составило около половины (46,6 %) суммарного вылова Украины и России (табл. 6). При этом в многолетнем плане доля вылова крымского шпрота последовательно возрастала — от 30,6 % в 2000–2004 гг. до 50,7 %

Таблица 6. Многолетняя динамика (2000–2016) запаса и вылова шпрота в северной части Чёрного моря и в Крымском регионе**Table 6.** Long-term (2000–2016) dynamics of sprat stock and catch in the northern part of the Black Sea and in Crimean region

Годы	Запас, тыс. т	Вылов, общий/среднегодовой, т			
		Украина	Россия	Украина + РФ	Крым
2000–2004	> 500	$\frac{189\,269}{37\,853,8}$	$\frac{62\,616}{12\,523,2}$	$\frac{251\,885}{50\,377,0}$	$\frac{76\,983}{15\,396,6}$
		$\frac{145\,395}{24\,232,5}$	$\frac{49\,948}{8\,324,7}$	$\frac{195\,343}{32\,557,3}$	$\frac{99\,092}{16\,515,3}$
2011–2016	< 250	$\frac{52\,996^*}{17\,665,3}$	$\frac{9\,878^*}{3\,292,7}$	$\frac{129\,127}{21\,521,2}$	$\frac{92\,238}{15\,373,0}$

Примечание: числитель — общий вылов; знаменатель — среднегодовой вылов; * — 2011–2013

Note: numerator – total catch; denominator – average annual catch; * – 2011–2013

**Рис. 3.** Многолетняя динамика запаса шпрота (1), общего вылова (2) и вылова в Крымском регионе (3)**Fig. 3.** Long-term dynamics of sprat stock (1), total catch (2), and catch in Crimean region (3)

в 2005–2010 гг. и до 71,4 % в 2011–2016 гг. Абсолютные объёмы среднегодового вылова на протяжении всего исследованного периода сохранялись постоянными, варьируя от 15 373 т (2011–2016) до 16 515 т (2005–2010). Таким образом, на фоне сокращения общего запаса шпрота в регионе промысловая нагрузка на крымском участке шельфа увеличилась в 2,5 раза, что и послужило, по нашему мнению, причиной негативного изменения размерной и возрастной структуры популяции. Прямым доказательством этого служит сопряжённость межгодовых колебаний вылова и размерно-возрастных показателей шпрота в Крымском регионе в 2003–2013 гг.: выловы свыше 15–16 тыс. т сопровождались уменьшением средней длины и сокращением среднего возраста, смещёнными относительно года вылова на один год вперёд [5]. С учётом вышеизложенного можно заключить, что необходимым условием для предотвращения дальнейшей деградации, а также для восстановления и поддержания стабильного состояния популяции шпрота в Крымском регионе является регулирование

промысла. В соответствии с выявленной сопряжённостью вылова и размерно-возрастных показателей величина его не должна превышать 15–16 тыс. т, за исключением лет с высоким пополнением промысловой биомассы.

Негативное влияние климатического (температурного) и трофического факторов на состояние крымской популяции следует признать, по нашему мнению, второстепенным. Косвенным подтверждением этого может служить хорошо известное положение, согласно которому популяции (виды) рыб с ранним сроком наступления половой зрелости и с непродолжительной жизнью особей (по [7], первый тип нерестовой популяции) при глубоких и необратимых изменениях условий существования довольно быстро восстанавливают свою численность [6]. Между тем в случае крымского шпрота (короткоциклового вида) в условиях продолжающегося с конца 1990-х гг. потепления климата в черноморском регионе [9] этого не наблюдается. В свою очередь, последовательно прогрессирующая деградация шпрота на крымском шельфе должна свидетельствовать о структурированности промыслового запаса вида, о его подразделённости на ряд пространственно обособленных, самовозобновляемых образований (единиц запаса), то есть о наличии внутривидовой дифференциации.

Заключение. Изучена многолетняя (2000–2016) динамика биологических (качественных) параметров, определяющих популяционную плодовитость (репродуктивный потенциал) черноморского шпрота в Крымском регионе: размерная, возрастная и половая структура нерестовой части популяции, абсолютная индивидуальная плодовитость. В многолетнем плане установлено последовательное ухудшение каждого из исследованных показателей. В 2011–2016 гг. по сравнению с 2002–2004 гг. средняя длина нерестовых особей сократилась в 1,22 раза (с 7,36 до 6,03 см), что сопровождалось снижением абсолютной индивидуальной плодовитости в 2,39 раза (с 13 625 до 5690 икринок). Численное соотношение между самками и самцами уменьшилось в 1,23 раза (с 1,95 до 1,59). Одновременно величина запаса шпрота в северной половине Чёрного моря сократилась более чем в 2,5 раза (с > 500 до < 200 тыс. т). В итоге величина его популяционной плодовитости в 2011–2016 гг. по сравнению с 2000–2004 гг. уменьшилась более чем в 7 раз ($2,39 \times 1,23 \times 2,5$).

Результаты изучения промысла шпрота в северной половине Чёрного моря (от устья р. Дунай до Керченского пролива) показали 2-кратное (с 251,9 тыс. т в 2000–2004 гг. до 129,1 тыс. т в 2011–2016 гг.) снижение общего и более чем 2,3-кратное (с 50,4 до 21,4 тыс. т) — среднегодового вылова. В это же время на крымском шельфе, напротив, общий вылов увеличился в 1,2 раза (с 76,9 до 92,2 тыс. т), а его среднегодовая величина осталась без изменения (15,39 тыс. т в 2000–2004 гг. и 13,37 тыс. т в 2011–2016 гг.). Из этого следует, что при сокращении запаса в 2,5 раза величина промысловой нагрузки на крымскую популяцию увеличилась в 2,5 раза, что даёт основание рассматривать фактор промысла в качестве главной причины её деградации. Справедливость этой версии подтверждает факт сопряжённости межгодовых колебаний между выловом и размерно-возрастными показателями шпрота в Крымском регионе в 2003–2013 гг.: выловы свыше 15–16 тыс. т сопровождалась уменьшением средней длины и сокращением среднего возраста, смещёнными относительно года вылова на один год вперёд. Необходимым условием для предотвращения дальнейшей деградации, а также для восстановления и поддержания стабильного состояния популяции шпрота на крымском шельфе и её репродуктивного потенциала является регулирование промысла. Негативное воздействие природных (климатического и трофического) факторов на состояние популяции следует признать второстепенным.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана» (№ гос. регистрации АААА-А18-118020890074-2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Геодакян В. А. Эволюционная логика дифференциации полов // *Математические методы в биологии*. Киев : Наукова думка, 1977. С. 84–106. [Geodakyan V. A. Evolyutsionnaya logika differentsiatsii polov. In: *Matematicheskie metody v biologii*. Kiev : Naukova dumka, 1977, pp. 84–106. (in Russ.)]
2. Гирагосов В. Е., Зуев Г. В., Репетин А. Н. Изменчивость репродуктивного потенциала черноморского шпрота (*Sprattus sprattus phalericus*) в связи с температурными условиями среды // *Морской экологический журнал*. 2006. Т. 5, № 4. С. 5–22. [Giragosov V. E., Zuev G. V., Repetin A. N. Variability of reproductive potential of the Black Sea sprat (*Sprattus sprattus phalericus*) in connection with temperature environmental conditions. *Morskoy ekologicheskij zhurnal*, 2006, vol. 5, no. 4, pp. 5–22. (in Russ.)]
3. Глущенко Т. И. Питание и оценка рациона черноморского шпрота в 2009–2010 годах // *Труды ЮгНИРО*. 2011. Вып. 49. С. 34–39. [Glushchenko T. I. Nutrition and assessment of Black Sea sprat in 2009–2010. *Trudy YugNIRO*, 2011, iss. 49, pp. 34–39. (in Russ.)]
4. Глущенко Т. И., Сороколит Л. К., Негода С. А. Условия нагула черноморского шпрота в основных районах летнего промысла в современный период // *Рыбное хозяйство Украины*. 2005. № 3–4 (38–39). С. 6–8. [Glushhenko T. I., Sorokolit L. K., Negoda S. A. Usloviya nagula chernomorskogo shprota v osnovnykh raionakh letnego promysla v sovremennyi period. *Rybnoe khozyaistvo Ukrainy*, 2005, no. 3–4 (38–39), pp. 6–8. (in Russ.)]
5. Зуев Г. В., Бондарев В. А., Самотой Ю. В. Локальный перелов черноморского шпрота (*Sprattus sprattus*: Clupeidae: Pisces) и внутривидовая дифференциация // *Морской биологический журнал*. 2018. Т. 3, № 1. С. 35–45. [Zuyev G. V., Bondarev V. A., Samotoi I. V. Local overfishing of the Black Sea sprat (*Sprattus sprattus*: Clupeidae, Pisces) and intraspecies differentiation. *Morskoy biologicheskij zhurnal*, 2018, vol. 3, no. 1, pp. 35–45. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.21072/mbj.2018.03.1.04>
6. Кошелев Б. В. *Экология размножения рыб*. Москва : Наука, 1984. 307 с. [Koshelev B. V. *Ekologiya razmnnozheniya ryb*. Moscow : Nauka, 1984, 307 p. (in Russ.)]
7. Монастырский Г. Н. О типах нерестовых популяций у рыб // *Очерки по общим вопросам ихтиологии*. Москва : Наука, 1953. С. 295–305. [Monastyrskii G. N. O tipakh nerestovykh populyatsii u ryb. In: *Ocherki po obshchim voprosam ikhtiologii*. Moscow : Nauka, 1953, pp. 295–305. (in Russ.)]
8. Никольский В. Н., Шульман Г. Е., Юнева Т. В., Щепкина А. М., Ивлева Е. В., Бат Л., Кидейш А. О современном состоянии обеспеченности пищей черноморского шпрота // *Доповіді НАН України*. 2007. № 5. С. 194–198. [Nicol'skii V. N., Shul'man G. E., Yuneva T. V., Shchepkina A. M., Ivleva E. V., Bat L., Kideys A. O sovremennom sostoyanii obespechennosti pishchei chernomorskogo shprota. *Dopovidi NAN Ukrainy*, 2007, no. 5, pp. 194–198. (in Russ.)]
9. Репетин Л. Н. Пространственная и временная изменчивость температурного режима прибрежной зоны Чёрного моря // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное исследование ресурсов шельфа*. 2012. Вып. 26, т. 1. С. 99–116. [Repetin L. N. Prostranstvennaya i vremennaya izmenchivost' temperaturnogo rezhima pribrezhnoy zony Chernogo morya. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon i kompleksnoe issledovanie resursov shel'fa*, 2012, iss. 26, vol. 1, pp. 99–116. (in Russ.)]
10. Шляхов В. А., Шляхова О. В. Динамика структуры траловых уловов шпрота на украинском шельфе Черного моря и воздействие на неё природных факторов и рыболовства // *Труды ЮгНИРО*. 2011. Т. 49. С. 12–33. [Shlyakhov V. A., Shlyakhova O. V. Dinamika struktury tralovykh ulovov shprota na ukrainskom shel'fe Chernogo morya i vozdeistvie na nee prirodnykh faktorov i rybolovstva. *Trudy YugNIRO*, 2011, vol. 49, pp. 12–33. (in Russ.)]
11. Шляхов В. А., Шляхова О. В., Надолинский В. П., Перевалов О. А. Промысловые биологические показатели российского рыболовства для важнейших распределённых запасов водных биоресурсов Черного моря в 2015–2016 годах и в ретроспективном периоде // *Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Керчь, 6 октября 2017 г. Керчь : ЮгНИРО, 2017. С. 24–37. [Shlyakhov V. A., Shlyakhova O. V., Nadolinskii V. P., Perevalov O. A. Fishery and biological*

- indices of Russian fisheries for the principal shared stocks of marine biological resources in the Black Sea in 2015–2016 and retrospectively. In: *Sovremennye rybokhozyaistvennye i ekologicheskie problemy Azovo-Chernomorskogo regiona* : materialy IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Kerch', Oct. 6, 2017. Kerch' : YugNIRO, 2017, pp. 24–37. (in Russ.)]
12. Шульман Г. Е., Никольский В. Н., Юнева Т. В. Воздействие глобальных климатических и региональных факторов на мелких пелагических рыб Черного моря // *Морской экологический журнал*. 2007. Т. 6, № 4. С. 18–30. [Shul'man G. E., Nikol'skii V. N., Yuneva T. V. Influence of global climatic and regional anthropogenic factors on small pelagic fishes of the Black Sea. *Morskoj ekologicheskij zhurnal*, 2007, vol. 6, no 4, pp. 18–30. (in Russ.)]
13. *Stock Assessments in the Black Sea (STECF-17-14)* / M. Cardinale, J.-N. Druon, A. Mannini (Eds). Luxemburg, 2017, 498 p. (Sci., Techn. and Econom. Comm. for Fish. STECF).

**MODERN STATE OF THE REPRODUCTIVE POTENTIAL OF BLACK SEA SPRAT
SPRATTUS SPRATTUS PHALERICUS (RISSO, 1826) (PISCES: CLUPEIDAE)
IN CRIMEAN REGION AND CONDITIONS FOR ITS FORMATION**

G. V. Zuyev

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: zuev-ger@yandex.ru

Black Sea sprat *Sprattus sprattus phalericus* (Risso, 1826) is one of the abundant species of fish in the Sea of Azov – Black Sea basin. Due to its large number sprat plays an extremely important role in the ecosystem of the sea, being an intermediate link between zooplankton and representatives of the highest trophic level – large predatory fish, dolphins, and birds. At the same time sprat is one of the important commercial fish in all the Black Sea countries, steadily being on the second place of catch volume in recent decades (after anchovy). The total catch reaches 100 thousand tons. Turkey and Ukraine are the main producing countries. Monitoring and forecast of biological state of sprat population with rising fishing intensity and climate changes are urgent tasks. The research subject of this article is the long-term (2000–2016) dynamics of biological (qualitative) parameters determining the population fecundity of Black Sea sprat in Crimean region, the current state of reproductive potential, and the conditions for its formation. The article is based on the results of own research. Parameters determining the population fecundity – the length-age structure of the spawning part population, the absolute individual fecundity, and the sex structure population (ratio between females and males) – were studied. In the long-term plan (in 2011–2016 compared with 2000–2004) the average length of spawning females decreased by 1.22 times (from 7.36 to 6.03 cm). It was accompanied by a decrease in the absolute individual fecundity by 2.39 times (from 13 625 to 5690 eggs). The numerical ratio between females and males decreased by 1.23 times (from 1.95 to 1.59). Simultaneously the sprat stock in the northern part of the Black Sea was reduced by more than 2.5 times (from > 500 thousand tons to < 200 thousand tons). As a result, the population fecundity of sprat in Crimean region decreased by more than 7 times ($2.39 \times 1.23 \times 2.5$). The conditions of sprat fishing in the northern part of the Black Sea (from the mouth of the Danube River to the Kerch Strait) were studied. They showed 2-fold decrease (from 251.9 thousand tons in 2000–2004 to 129.1 thousand tons in 2011–2016) in the total catch and more than 2.3-fold decrease (from 50.4 to 21.4 thousand tons) in average annual catch in this region. On the contrary, in the Crimean shelf the total catch at that time increased by 1.2 times (from 76.9 to 92.2 thousand tons), and its average annual value remained constant (15.4 thousand tons). While reducing the stock by 2.5 times, this means that the fishing pressure on the Crimean population increased 2.5 times. This fact suggests considering the factor of fishing as the main cause of its degradation. Validity of this version is confirmed by the fact of conjugacy (inverse connection) of interannual fluctuations between the catch and the length-age parameters of sprat in Crimean region in 2003–2013 previously found: catches over 15–16 thousand tons were accompanied by a next year decrease in the fish average length. Regulation of fishing is a necessary condition for preventing further degradation, for restoring and maintaining sustainable state of sprat population in Crimean region and its reproductive potential. The negative impact of natural (climatic and trophic) factors on the state of the population should be recognized as a secondary one. Local overfishing indicates indirectly the structuring of the commercial stock of Black Sea sprat, its division into a number of geographical aggregations (stock units), i. e. the presence of intraspecific differentiation.

Keywords: sprat, long-term dynamics, fecundity, population structure, fishing, stock