

УДК 597.585.2.591.134

## ОСОБЕННОСТИ РОСТА МОРСКИХ ОКУНЕЙ РОДА *SEBASTES* НА БАНКЕ ФЛЕМИШ-КАП

© 2020 г. М. В. Почтарь\*

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства  
и океанографии – ПИНРО, Мурманск, Россия

\*E-mail: pochtar@pinro.ru

Поступила в редакцию 25.02.2019 г.

После доработки 09.04.2019 г.

Принята к публикации 10.04.2019 г.

Проанализирована динамика скорости линейного роста трёх видов морских окуней рода *Sebastes*, населяющих банку Флемиш-Кап – окуня-клювача *S. mentella*, золотистого морского *S. norvegicus* и американского окуня *S. fasciatus*. Выявлены половые различия в скорости линейного роста для каждого из трёх видов морских окуней. Фактические оценки средней длины по возрастам аппроксимированы кривой линейного роста Бергаланфи. Рассчитаны объединённые размерно-возрастные ключи за 1989–2016 гг. и показаны особенности и различия в изменении средней длины особей по возрастам. Сделан вывод о необходимости учитывать особенности линейного роста каждого вида окуня при пересчёте общего улова по размерным группам на улов по возрастам.

**Ключевые слова:** морские окуни *Sebastes mentella*, *S. norvegicus*, *S. fasciatus*, линейный рост, длина, аппроксимация, моделирование, регрессионный анализ, запас, банка Флемиш-Кап.

**DOI:** 10.31857/S0042875220010129

Банка Флемиш-Кап (микрорайон НАФО 3М) является изолированной банкой, расположенной в Северо-Западной Атлантике (СЗА) к востоку от Большой Ньюфаундлендской банки, с координатами центра 47° с.ш. 45° з.д. и минимальной глубиной 126 м. На западе водный массив Флемиш-Пасс с глубинами ~ 1100 м отделяет банку Флемиш-Кап от Ньюфаундлендской банки. Анализ гидрологических данных показывает, что регион Флемиш-Кап является уникальным по океанографическим свойствам по сравнению с соседними районами северной части Атлантического океана.

В микрорайоне 3М встречаются три вида морских окуней рода *Sebastes* – глубоководный окунь-клювач *S. mentella* (предпочитающий глубины > 300 м), золотистый морской окунь *S. norvegicus* и американский окунь *S. fasciatus* (предпочитающие глубины < 400 м). В ходе промысла идентификация морских окуней по видам (из-за их внешнего сходства) практически невозможна, поэтому статистические данные вылова объединяют все три вида. Из-за большого внешнего сходства *S. mentella* и *S. fasciatus* объединяют под названием “клюворылый окунь”. Исторически в уловах морских окуней на банке Флемиш-Кап преобладает клюворылый окунь (>80% общего вылова), поэтому оценка запаса и регулирование

промысла морских окуней на Флемиш-Кап проводится для клюворылого окуня как одной единицы запаса.

При оценке запаса математическими методами (обычно применяют метод расширенного анализа выживания – ХСА) используются такие параметры, как средняя масса особей по возрастам и огива созревания (доля созревших по возрастным группам), которые объединены для двух видов окуней, представляющих один запас. Кроме этого, вылов по размерным группам пересчитывают на вылов по возрастам с помощью размерно-возрастных ключей, которые различны для разных видов. Цель работы – выявить различия в темпе роста трёх видов морских окуней на банке Флемиш-Кап и оценить неопределённости, связанные с объединением средних значений массы разных видов морских окуней по возрастам. Для этого были решены следующие задачи: проанализирована динамика средней массы и длины клюворылого окуня в период промысла 1958–2016 гг., рассчитаны параметры кривой роста Бергаланфи каждого вида; разработаны размерно-возрастные ключи; проведён сравнительный анализ темпа роста трёх видов морских окуней; выявлены неопределённости в оценке средней массы при объединении видов в один запас и их влияние на оценку запаса морских окуней банки Флемиш-Кап.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В основу работы положены статистические данные отечественного и международного промысла окуней на банке Флемиш-Кап за 1958–2016 гг., взятые из базы данных судовых суточных донесений ПИНРО, а также статистической базы данных НАФО STATLANT21A и STATLANT21B (NAFO, 2018). Индексы биомассы морских окуней, размерно-возрастной состав уловов, средняя масса по длинам и возрастам, размерно-возрастные ключи взяты из рабочих документов, представляемых ежегодно на сессии Научного совета НАФО; отчётов о донных траловых стратифицированных съёмках морских окуней, проведённых Европейским союзом (ЕС); годовых отчётов СССР/России по работе судов в районах СЗА за период 1958–2016 гг. (Saborido-Rey, 2001; Ávila de Melo et al., 2011, 2013; Alpoim, González Troncoso, 2016; Casas, González Troncoso, 2017).

Параметры кривой линейного роста трёх видов окуней рассчитывали по уравнению Бергаланфи (Рикер, 1979). Годовые приросты длины по Смитту ( $FL$ ) определяли как разность между средней длиной рыб двух смежных годовых классов. Относительный прирост длины ( $\Delta FL$ , %), характеризующий интенсивность роста рыбы, вычисляли по формуле (Васнецов, 1934, 1953; Брюзгин, 1960, 1969):  $\Delta FL = [(FL_t - FL_{t-1}) / FL_{t-1}] \times 100$ , где  $FL_t$  – длина в возрасте  $t$ , см;  $FL_{t-1}$  – длина в возрасте  $t - 1$ , см.

В донных съёмках морских окуней ЕС на банке Флемиш-Кап морских окуней по виду и полу начали различать частично с 1989 г., а полностью – с 1991 г. Для сравнительного анализа скорости линейного роста окуней использованы данные из отчётов по съёмкам в 1989–2016 гг. (Saborido-Rey, 2001; Alpoim, González Troncoso, 2016; Casas, González Troncoso, 2017), в которых приводятся размерно-возрастные ключи (РВК) для каждого из трёх видов окуней<sup>1</sup>. Выборки каждого вида окуней в разные годы содержат разное и часто очень небольшое число рыб младших (2–5 лет) и старших возрастных групп ( $\geq 13$  лет) –  $< 5$  экз., а иногда и по 1–2 экз., что делает оценку параметров роста окуней по годам малонадёжной. Кроме того, в уловах морских окуней не разделяют по видам, поэтому перерасчёт размерного состава улова на уловы по возрастным группам вносит дополнительные неопределённости в оценку запаса, связанные с разным темпом роста окуней трёх видов. Учитывая небольшой объём проб, для расчёта возрастного состава уловов за годы, для которых нет РВК, был выполнен расчёт, объединённый за весь период 1989–2016 гг., для каждого вида.

<sup>1</sup> В отчётах о траловых съёмках ЕС за 2004–2005 и 2007–2010 гг. РВК не приведены.

При разработке объединённого РВК использован подход Чугуновой (1959), который основан на расчёте взвешенного возрастного состава и определения по длине рыб относительного распределения их возрастных классов. Концептуальной основой метода является условие непрерывного нормального распределения длин рыб внутри каждого возрастного класса. Расчёт объединённого РВК проводили следующим образом. За период 1989–2016 гг. рассчитано распределение морских окуней каждого вида по возрастным и размерным группам из годовых РВК. Предполагалось, что размерный состав для каждой возрастной группы может быть описан кривой нормальной плотности вероятности:

$$p(l) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{l-l_{cp}}{\sigma}\right)^2},$$

где  $p(l)$  – вероятность появления рыб длиной  $l$ ,  $l_{cp}$  – средняя длина рыб в каждом возрастном классе,  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение размерного распределения длин.

Для каждой группы рыб в возрасте  $t$  рассчитывали частоту появления рыб каждого из размерных классов по формуле:

$$p_{i,t}^* = \frac{n_{i,t}}{N_t},$$

где  $p_{i,t}^*$  – частота появления рыб возраста  $t$  в  $i$ -той размерной группе;  $n_{i,t}$  – число рыб возраста  $t$  в  $i$ -той размерной группе;  $N_t$  – число рыб в возрастном классе  $t$ .

Дискретное распределение размерного состава для каждого возрастного класса аппроксимировали плавной кривой нормальной плотности вероятности. Долю рыб возрастного класса  $t$  среди рыб длиной  $l$  рассчитывали по формуле:

$$W_{i(l)} = \frac{pl_t(l)n_t}{\sum_{t=1}^{19} p_t(l)n_t},$$

где  $p_{i(l)}$  – плотность размерного распределения рыб возрастного класса  $t$ ,  $n_t$  – число рыб возрастного класса  $t$ .

В качестве характеристик условий среды выбранными температура и солёность на глубинах 0, 10, 50, 100 м и у дна (на стандартном гидрологическом разрезе Флемиш-Кап), а также температура промежуточного холодного слоя на банке Флемиш-Кап. Кроме этого, использовался индекс Северо-Атлантического колебания, который является одной из важнейших характеристик крупномасштабной циркуляции атмосферы в Северном полушарии для обнаружения какой-либо зависимости размерно-возрастного состава уловов морских окуней от этих параметров.

Тесноту связи между показателями определяли при помощи корреляционного и регрессионного анализа (Гмурман, 2004). Аппроксимация приводимых в работе зависимостей математическими функциями и статистические расчёты выполнены с помощью программных средств Excel. Моделирование динамики средней массы с учётом факторов среды проводили методом пошаговой множественной регрессии из пакета прикладных программ Statistica.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Общая характеристика видов.** Морские окуни банки Флемиш-Кап – долгоживущие и медленно растущие рыбы. *S. norvegicus* достигает  $FL \sim 20\text{--}22$  см в возрасте 5 лет и только 30 см в возрасте 10 лет. У американского окуня 50% самок созревают в возрасте 8 лет (средняя  $FL$  26.5 см), у окуня-клювача – в 10 лет ( $FL$  30.1 см), у золотистого окуня – в 12 лет ( $FL$  33.8 см). Созревание 100% особей клюворылового окуня наступает после 20 лет. Окунь-клювач и золотистый окунь в районе банки Флемиш-Кап нерестятся с февраля до первой половины апреля, у американского окуня пик нереста наблюдается в июле–августе (Saborido-Rey, 1995).

**Динамика средней массы и длины особей в уловах.** Средняя масса особей в уловах в период эксплуатации запаса (1958–2016 гг.) очень сильно изменялась (рис. 1). В начале промысла, в 1960-е гг., основу уловов составляли особи средней массой  $> 0.5$  кг в возрасте 10–14 лет. Затем средняя масса постоянно снижалась и достигла минимума ( $\sim 0.1$  кг, что соответствует возрасту 1–2 года) в 2001–2003 гг., когда специализированного промысла окуней в ЗМ фактически не было, а весь вылов был взят как прилов при промысле креветки. Снижение средней массы особей в уловах с 1966 по 2004 гг., вероятно, связано с высокой интенсивностью промысла, которая привела к сокращению запаса морских окуней в эти годы. Промыслом изымались особо крупные экземпляры, что одновременно с низкой численностью пополнения привело к омоложению промыслового запаса. Наблюдается высокая корреляционная зависимость снижения массы от времени: коэффициент детерминации ( $R^2$ ), показывающей тесноту такой связи, составляет 0.72 ( $r = 0.85$ ). В 2004–2016 гг. средняя масса особей в уловах сильно варьировала без видимой тенденции и в среднем составляла 0.26 кг. Следовательно, основу уловов в последние годы составляют неполовозрелые рыбы в возрасте 7–9 лет. Для средней длины особей в уловах 1989–2016 гг. так же, как и для массы, наблюдается линейный тренд снижения во времени ( $R^2 = 0.47$ ).

**Динамика средней массы разных возрастных групп в уловах.** Наблюдаются разные тенденции изменения средней массы младших (7–10 лет),

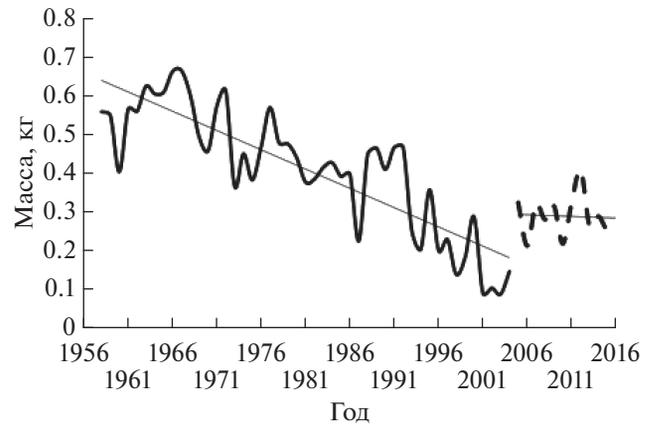


Рис. 1. Динамика средней массы морских окуней рода *Sebastes* в уловах на банке Флемиш-Кап в 1958–2016 гг.

средних (11–13 лет) и старших (14–17 лет) возрастных групп. В качестве общей тенденции в изменении средней массы особей всех возрастных групп можно выделить относительно стабильное без видимых трендов состояние в период 1958–1987 гг. и постепенное снижение показателя в 1989–2016 гг. в разной степени для всех возрастов;  $R^2 =$  от 0.49 до 0.75 (табл. 1). Необходимо также отметить наличие экстремальных значений практически у всех возрастных групп. Наиболее выделяется средняя масса 17-леток в 1973 г., 16-леток в 2006–2007 гг., 12-леток в 2003 г., 9-леток в 2009 г. Такие отдельные экстремальные значения средней массы при моделировании “исправлялись” процедурами сглаживания.

Таблица 1. Результаты регрессионного анализа динамики средней массы разных возрастных групп окуней рода *Sebastes* банки Флемиш-Кап во времени в 1989–2016 гг.

Возраст, лет	$R^2$	$a$	$b$
7	0.719	–0.0046	9.3901
8	0.695	–0.0052	10.754
9	0.705	–0.0051	10.489
10	0.491	–0.0050	10.415
11	0.756	–0.0068	14.052
12	0.742	–0.0080	16.615
13	0.708	–0.0094	19.282
14	0.746	–0.0102	21.068
15	0.740	–0.0110	22.873
16	0.645	–0.0136	25.929
17	0.633	–0.0111	22.878

Примечание. Здесь и в табл. 2, 4:  $R^2$  – коэффициент детерминации,  $a$  – угловой наклон линии регрессии,  $b$  – свободный член уравнения регрессии.

**Таблица 2.** Результаты регрессионного анализа динамики средней массы разных возрастных групп окуней рода *Sebastes* банки Флемиш-Кап в 1989–2014 гг., по данным съёмки ЕС

Возраст, лет	Период, годы	$r$	$R^2$	$a$	$b$	$p$
5	1989–2006	–0.74	0.55	–0.0025	5.16	<0.05
	2006–2014	0.98	0.95	0.0083	–16.57	<0.05
6	1989–2006	–0.81	0.64	–0.0380	7.70	<0.05
	2006–2014	0.92	0.85	0.0101	–20.09	<0.05
7	1989–2014	–0.72	0.53	–0.0530	10.81	<0.05
8	1989–2014	–0.66	0.42	–0.0036	7.43	<0.05
9	1989–2014	–0.64	0.41	–0.0037	7.82	<0.05
10	1989–2014	–0.59	0.35	–0.0041	8.59	<0.05
11	1989–2014	–0.73	0.47	–0.0060	12.41	<0.05
12	1989–2014	–0.81	0.66	–0.0071	15.89	<0.05
13	1989–2014	–0.70	0.49	–0.0079	16.41	<0.05
14	1989–2014	–0.82	0.68	–0.0099	20.39	<0.05
15	1989–2014	–0.73	0.54	–0.0085	17.59	<0.05
16	1989–2014	–0.74	0.55	–0.0128	26.16	<0.05
17	1989–2014	–0.73	0.53	–0.0103	31.21	<0.05
18	1989–2014	–0.58	0.34	–0.0109	22.50	<0.05
19	1989–2014	–0.80	0.63	–0.0196	39.97	<0.05

**Примечание.**  $r$  – коэффициент корреляции,  $p$  – уровень значимости; ост. обозначения см. в табл. 1.

**Таблица 3.** Коэффициенты корреляции ( $r$ ) линейной зависимости средней массы особей по возрастам от плотности запаса морских окуней рода *Sebastes* банки Флемиш-Кап в 1989–2014 гг.

Показатель	Возраст, лет														
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$r$	–0.28	–0.53	–0.47	–0.47	–0.35	–0.24	–0.29	–0.49	–0.44	–0.50	–0.55	–0.68	–0.61	–0.16	–0.55

*Средняя масса окуней в запасе* анализируется по результатам донных траловых съёмок ЕС, в которых используется трал с мешком или решёткой, облавливающий и младшие возрастные группы. Отмечается ярко выраженный тренд снижения средней массы особей в запасе с 1989 по 2014 гг. для возрастных групп 7–19 лет (табл. 2), и только для особей 5–6 лет этот показатель возрастает ( $r > 0$ ).

Необходимо отметить особенность роста окуней поколения 1990 г. Практически во всех возрастных группах 6–18 лет средняя масса рыб этого поколения меньше, чем особей других поколений того же возраста. Поколение 1990 г. было самым многочисленным за весь период наблюдений. Для других богатых поколений такая тенденция не наблюдается. Значения коэффициентов корреляции, показывающие тесноту связи между средней массой одновозрастных особей и их численностью, варьируют в пределах 0.16–0.68, причём для старших возрастных групп (12–17 лет) эта зависимость выражена более чётко, чем для младших (5–11 лет) (табл. 3).

*Размерно-возрастной состав уловов.* В 1956–1979 гг. уловы были представлены особями  $FL$  9–56 см в возрасте 4–24 года. Основу уловов составляли самцы  $FL$  31–35 см и самки 32–38 см в возрасте соответственно 10–14 и 10–15 лет (рис. 2а). В 1980–2016 гг. возрастной состав уловов сдвигался в сторону младших возрастных групп, доля особей старшего возраста сокращалась, а окуни в возрасте 19 лет и старше почти не встречались. В 1980–1990 гг. основу улова составляли особи в возрасте 7–11 лет, а в 1995–2016 гг. в уловах преобладали особи 5–7 лет (рис. 2б).

Размерный и возрастной состав уловов клюворылого окуня в период исследований был непостоянен (рис. 3), что связано с разной численностью поколений, пополняющих промысловое стадо. В период 1989–1992 гг. средняя модальная длина рыб в основном увеличивалась с 25 до 30 см, причём в уловах преобладали особи  $FL$  22–32 см в возрасте 7–9 лет (поколения 1983–1985 гг.). В 1993 и 1994 г. ярко выраженных размерных классов в уловах не наблюдалось; в уловах доминировали рыбы  $FL$

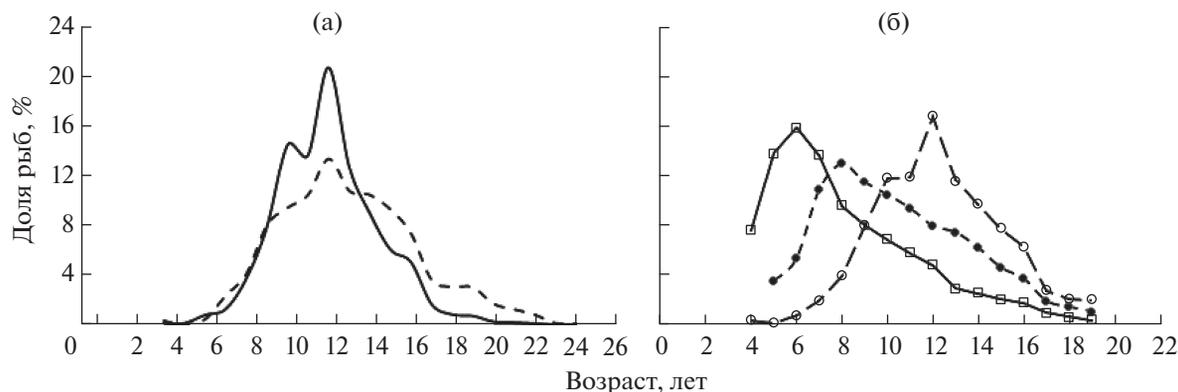


Рис. 2. Возрастной состав уловов морских окуней рода *Sebastes* на банке Флемиш-Кап в разные периоды промысла: а – самцы (—) и самки (---), 1958–1979 гг.; б – оба пола в 1958–1979 (○), 1980–1990 (●) и 1996–2016 (□) гг.

29–36 см. В 1995–1996 гг. промысел практически не вели, а в отдельных уловах преобладали особи *FL* 21–23 см (в возрасте 4–5 лет) богатого поколения 1990 г. В 1997–1999 гг. явно выделенные модальные группы отсутствовали: в уловах преобладали особи *FL* 23–34 см (7–12 лет). В 2011–2012 гг. в уловах наблюдались две модальные группы *FL* 20–22 см и 30–33 см (4–5 и 12–13 лет).

**Размерно-возрастные ключи.** В большинстве возрастных классов в диапазоне 3–16 лет распределение рыб всех трёх видов по длинам достаточно хорошо аппроксимируется непрерывной кривой нормального распределения плотностей вероятности. Требование строгого соблюдения нормального распределения линейных размеров рыб внутри каждого возрастного класса не требовалось (не имеет принципиального значения). Достаточно, чтобы наблюдаемые частоты хорошо аппроксимировались нормальной кривой. Поэтому полную проверку на соответствие распределений длин нормальному закону мы не проводили, а ограничились визуальным анализом, регрессионным анализом и значениями  $R^2$  между рассматриваемыми рядами. В качестве иллюстрации на рис. 4 показаны примеры как хорошей, так и недостаточно точной аппроксимации.

Распределение длин особей *S. norvegicus* в возрастной группе 4 года (рис. 4а, 4б) достаточно хорошо описывается нормальной кривой:  $R^2 = 0.92$ , угол наклона линии регрессии близок к 1, а свободный член уравнения близок к 0. Для возрастной группы 11 лет распределение длин особей не соответствует нормальной кривой: угол наклона линии регрессии 0.77 далёк от 1, свободный член отличен от 0 (рис. 4в, 4г). Вместе с тем вид нормальной кривой, вероятно, наилучший среди других видов кривых ( $R^2 = 0.87$ ). Для *S. mentella* в обеих возрастных группах 4 и 11 лет распределение длин близко к нормальному (рис. 4д–4з): регрессионные прямые выходят из начала координат,

угловой коэффициент в уравнениях регрессий  $> 0.9$ , свободный член уравнения близок к 0,  $R^2 = 0.98$ . Для *S. fasciatus*, так же как и для *S. mentella*, в обеих представленных возрастных группах распределение длин достаточно хорошо описывается нормальной кривой (рис. 4и–4м): угловой коэффициент  $> 0.9$ , свободный член близок к 0,  $R^2 = 0.93$ .

Подробный анализ аппроксимации наблюдаемых данных нормальной кривой выполнен для возрастных групп 3–18 лет (табл. 4). Для *S. mentella* распределение длин практически для всех возрастных групп 3–15 лет хорошо аппроксимируется нормальной кривой: значения  $R^2$  варьируют в пределах 0.93–0.98, угловые коэффициенты превышают 0.9, а свободный член уравнения  $< 0.01$ . Аналогичная картина наблюдается и у *S. fasciatus* для возрастов 10–12 лет. Для старших возрастных групп (13–16 лет) этого вида коэффициенты значимы, но не высоки. Для возрастных групп 17–18 лет *S. fasciatus* аппроксимация нормальной кривой неудовлетворительная. Для окуней *S. norvegicus* и *S. mentella* аппроксимация старших возрастных групп может быть признана удовлетворительной (коэффициенты детерминации значимы и близки к 0.9).

Зависимость длина–возраст определяли по РВК для периода 1989–2016 гг. и аппроксимировали кривой линейного роста Бергаланфи (Рикер, 1979). Значения коэффициента скорости роста ( $\kappa$ ) в уравнении роста Бергаланфи *S. norvegicus* практически для всех лет ниже, чем у *S. mentella* и *S. fasciatus*, и составляет 0.06–0.10 (табл. 5). Исключением является 2003 г. ( $\kappa = 0.14$ ), для которого практически отсутствуют данные РВК возрастных групп старше 13 лет. В объединённом РВК средняя длина по возрастам достаточно точно описывается кривой роста Бергаланфи. Параметры кривой Бергаланфи для трёх видов различны: средняя асимптотическая длина ( $L_\infty$ ) *S. norvegicus*,

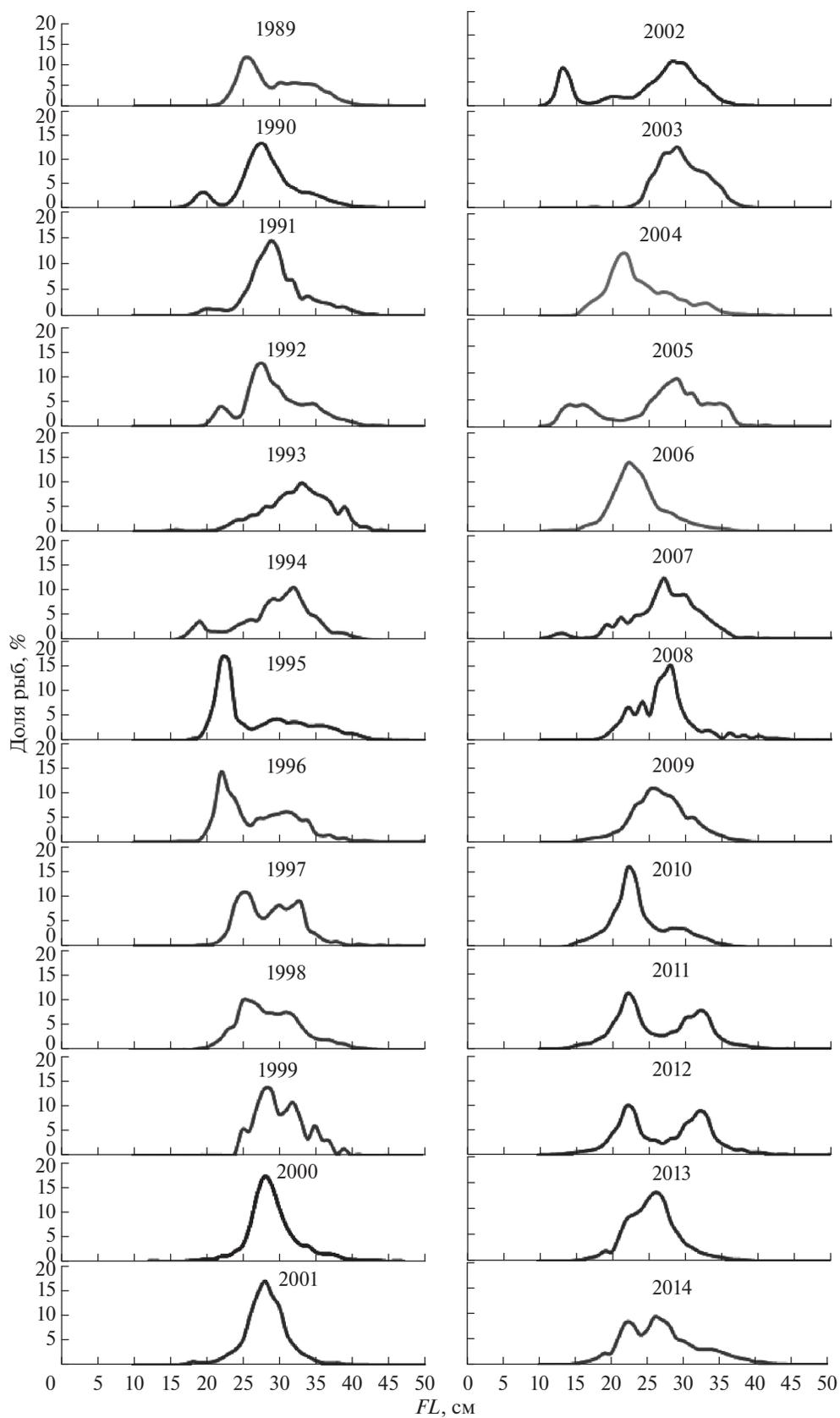


Рис. 3. Изменения размерного состава ( $FL$ ) уловов морских окуней рода *Sebastes* на банке Флемиш-Кап в 1989–2014 гг.

*S. mentella* и *S. fasciatus* составляет соответственно 52.2, 45.3 и 39.1 см, а значения  $k$  – 0.08, 0.09 и 0.11.

В возрасте 18–19 лет средняя длина *S. norvegicus* составляет > 50 см, а *S. fasciatus* – только ~40 см. Коэффициент  $k$  тесно связан с  $L_{\infty}$ . Эта связь хорошо просматривается по годам. Коэффициент корреляции между  $L_{\infty}$  и  $k$  для *S. norvegicus* составил –0.96, а для *S. mentella* и *S. fasciatus* – соответственно –0.92 и –0.94. Эти коэффициенты можно считать высокими, учитывая большие различия в объёме выборок возрастных групп в разные годы съёмки. Необходимо отметить, что для большинства лет распределение размерного состава улова по возрастным группам при расчёте по годовым РВК и по объединённому РВК достаточно близки, что позволяет с высокой достоверностью использовать объединённый РВК для каждого из трёх видов для всех исследуемых лет.

Морские окуни рода *Sebastes* характеризуются медленным темпом роста (Мельников, 2006; Ávila de Melo et al., 2011). По данным Мельникова (2006), годовой прирост окуня-клювача в Северо-Восточной Атлантике (СВА), СЗА и морях Северо-Европейского бассейна в первые пять лет жизни составляет 3–5 см и в последующем постепенно снижается до 1.5–2.0 см в год. У 10–14-летних рыб ежегодный прирост составляет 1.3–1.6 см; у особей старше 14 лет он не превышает 1 см в год. До 13-летнего возраста самцы и самки растут одинаково, затем темп роста самцов замедляется, и длина 15–20-летних самок превышает длину одновозрастных самцов на 0.5–1.5 см. Аналогичная ситуация наблюдается и с приростом массы: до 10-летнего возраста ежегодный прирост составляет в среднем 50 г, к возрасту 17 лет возрастает до 70 г, а затем снижается. До 13-летнего возраста ежегодный прирост массы самок и самцов примерно одинаков, у рыб старшего возраста масса самок превышает массу одновозрастных самцов.

У морских окуней банки Флемиш-Кап выявлены некоторые различия в темпе линейного роста. Средняя длина самок *S. norvegicus* до 5-летнего возраста меньше, чем самцов, а с 9-летнего возраста длина самок начинает превышать длину самцов (рис. 5а). У *S. mentella* и *S. fasciatus* до возраста 10–11 лет самки и самцы примерно одинакового размера; среди рыб старше 11 лет самки превосходят самцов по длине, и эта разница с возрастом увеличивается (рис. 5б, 5в).

Приросты длины самцов *S. norvegicus* в первые 7 лет жизни составляют 2.0–3.5 см в год, самок – 2.6–3.9 см, к возрасту 14 лет они снижаются соответственно до 1.0 и 1.8 см, а в 18–22 лет не превышают 0.5 и 0.6 см (рис. 6а). Самцы *S. mentella* по сравнению с самками до 7-летнего возраста растут быстрее – 2.9–1.8 против 2.7–1.8 см с год; в возрасте с 8 до 14 лет приросты длины у самцов снижаются до 1.7–0.9 см, у самок – 1.8–1.1 см, а

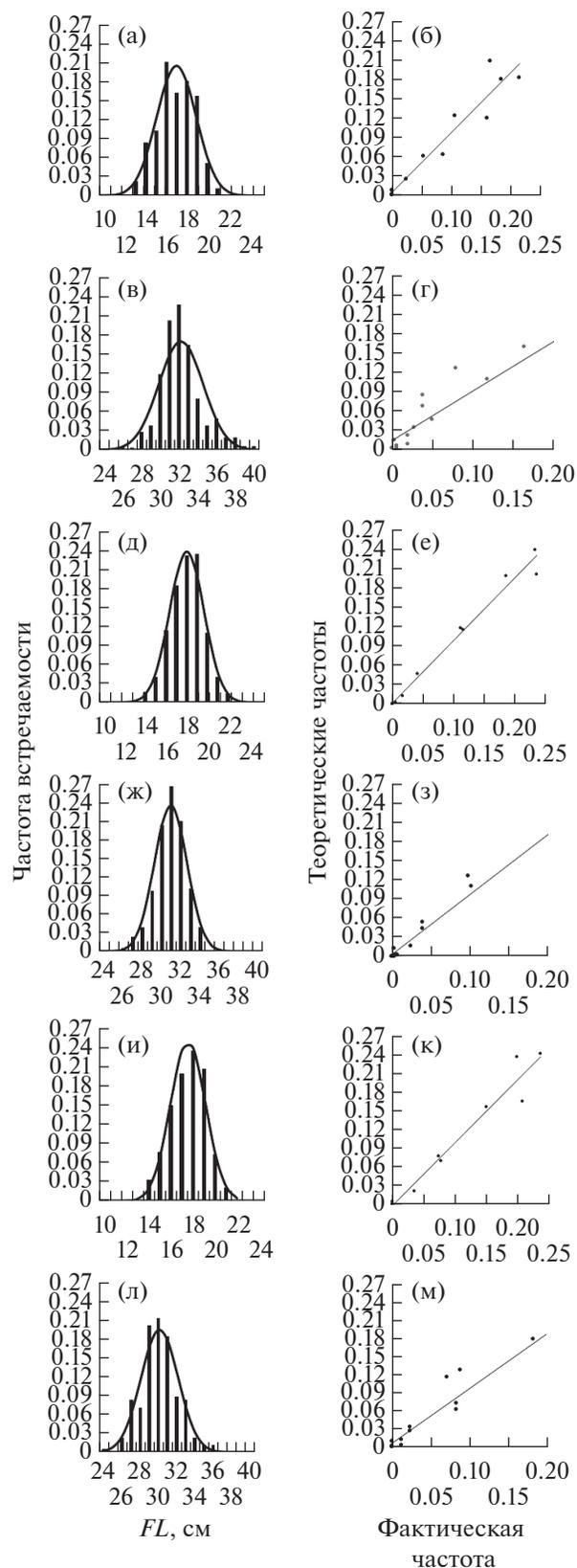


Рис. 4. Размерный состав ( $FL$ ) и аппроксимация распределения морских окуней рода *Sebastes* по длине в возрастных группах 4 (а–б, д–е, и–к) и 11 лет (в–г, ж–з, л–м) на банке Флемиш-Кап в 1989–2016 гг.: а–г – *S. norvegicus*, д–з – *S. mentella*, и–м – *S. fasciatus*.

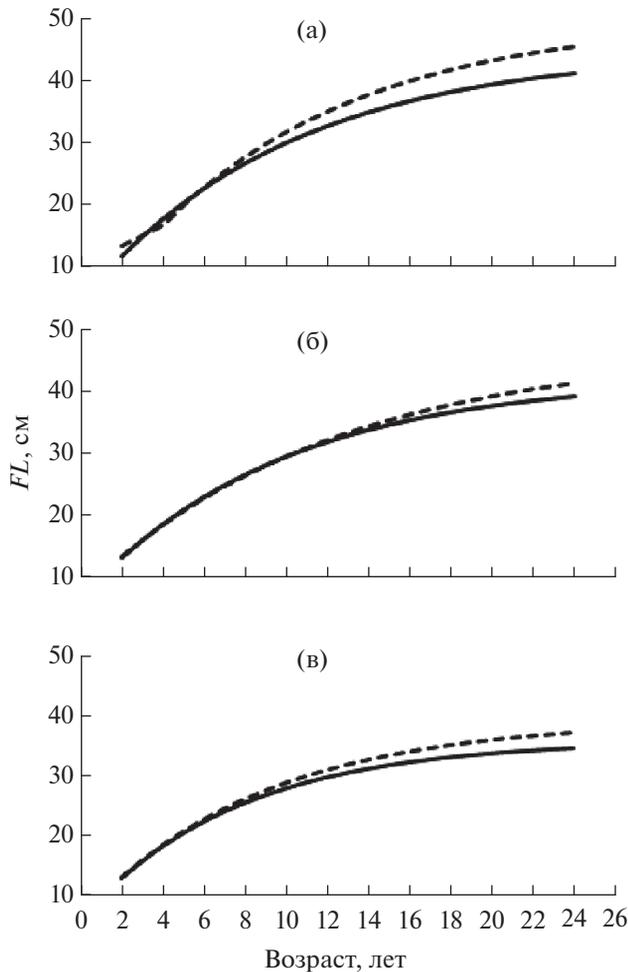
**Таблица 4.** Параметры аппроксимации фактического распределения длины особей в возрастных группах морских окуней рода *Sebastes* на банке Флемиш-Кап кривой нормального распределения вероятностей

Возраст, лет	<i>S. norvegicus</i>				<i>S. mentella</i>				<i>S. fasciatus</i>			
	$R^2$	$a$	$b$	Длина (FL), см	$R^2$	$a$	$b$	Длина (FL), см	$R^2$	$a$	$b$	Длина (FL), см
3	0.964	0.851	0.0153	15.03	0.978	0.986	0.0013	16.00	0.995	1.019	-0.0020	15.79
4	0.917	0.930	0.0048	16.97	0.980	0.972	0.0016	18.02	0.960	1.005	-0.0010	17.55
5	0.849	0.928	0.0053	19.41	0.935	0.964	0.0028	20.22	0.972	1.013	-0.0010	19.62
6	0.927	0.964	0.0024	21.88	0.962	0.933	0.0048	22.27	0.973	0.995	0.0004	21.61
7	0.980	0.962	0.0022	24.86	0.997	0.984	0.0009	24.84	0.987	0.961	0.0022	24.14
8	0.926	0.880	0.0081	26.86	0.991	0.969	0.0022	26.30	0.971	0.956	0.0029	25.69
9	0.913	0.811	0.0156	29.06	0.943	0.914	0.0062	27.77	0.969	0.968	0.0027	27.67
10	0.959	0.769	0.0067	30.73	0.954	0.901	0.0071	29.36	0.944	0.947	0.0047	29.39
11	0.868	0.772	0.0145	32.21	0.980	0.934	0.0043	30.90	0.930	0.908	0.0059	30.11
12	0.926	0.851	0.0067	33.53	0.913	0.839	0.0117	32.04	0.915	0.870	0.0097	31.14
13	0.815	0.706	0.0192	34.83	0.974	0.934	0.0050	33.17	0.876	0.930	0.0046	31.81
14	0.916	0.873	0.0067	36.82	0.989	0.963	0.0027	34.07	0.687	0.779	0.0150	32.28
15	0.904	0.849	0.0066	38.21	0.934	0.880	0.0084	34.97	0.581	0.709	0.0208	32.95
16	0.887	0.707	0.0070	39.86	0.905	0.839	0.0106	36.30	0.752	0.736	0.0158	33.29
17	0.808	0.664	0.0172	38.29	0.849	0.749	0.0176	36.90	0.233	0.275	0.0505	33.36
18	0.887	0.853	0.0108	38.71	0.761	0.718	0.0171	36.68	0.442	0.539	0.0429	35.30

**Таблица 5.** Значения параметров кривой линейного роста Берталанфи для трёх видов морских окуней рода *Sebastes* на банке Флемиш-Кап

Год	<i>S. norvegicus</i>			<i>S. mentella</i>			<i>S. fasciatus</i>		
	$L_\infty$	$k$	$t_0$	$L_\infty$	$k$	$t_0$	$L_\infty$	$k$	$t_0$
1989	45.6	0.10	-1.43	—	—	—	—	—	—
1990	60.0	0.06	0.01	—	—	—	—	—	—
1991	54.6	0.07	-0.53	46.3	0.11	0.02	46.8	0.10	-0.31
1992	63.7	0.06	-1.24	45.5	0.10	-0.29	43.0	0.12	0.28
1993	44.3	0.12	0.41	46.5	0.10	-0.34	41.6	0.13	0.15
1994	50.0	0.09	-0.03	41.5	0.12	0.17	43.4	0.10	-0.11
1995	51.1	0.08	-0.49	42.6	0.11	-0.48	42.1	0.12	0.14
1996	45.4	0.11	-0.95	46.5	0.09	-1.48	42.0	0.13	-0.68
1997	46.0	0.11	-0.64	39.3	0.15	-0.07	44.2	0.10	-1.50
1998	—	—	—	45.9	0.09	-1.59	31.5	0.17	-0.64
1999	49.0	0.10	-0.87	39.4	0.12	-1.09	43.4	0.09	-1.50
2000	59.3	0.07	-0.98	39.8	0.13	-0.58	37.3	0.15	-0.48
2001	—	—	—	46.4	0.09	-1.80	—	—	—
2002	50.1	0.08	-1.32	41.7	0.10	-1.96	32.1	0.15	-2.01
2003	37.3	0.14	-0.65	—	—	—	—	—	—
2006	—	—	—	45.7	0.10	-0.05	—	—	—
2008	59.8	0.06	-0.79	54.6	0.06	-2.43	42.0	0.12	0.22
2011	—	—	—	36.7	0.10	-3.31	—	—	—
2012	55.0	0.07	-2.40	37.1	0.12	-2.13	32.0	0.20	-0.20
2013	62.5	0.06	-1.60	41.4	0.10	-2.50	36.9	0.15	-1.90
2014	56.0	0.08	-0.90	37.5	0.13	-1.84	35.5	0.14	-1.59
2015	57.7	0.07	-2.00	38.9	0.12	-1.89	47.5	0.09	-2.40
2016	—	—	—	40.3	0.11	-1.92	38.0	0.14	-1.17
Объединённый ключ	52.2	0.08	-1.52	45.3	0.09	-1.94	39.1	0.11	-1.62

**Примечание.**  $L_\infty$  — асимптотическая длина, см;  $k$  — коэффициент скорости достижения  $L_\infty$ ;  $t_0$  — теоретический возраст, при котором длина рыбы равна 0.

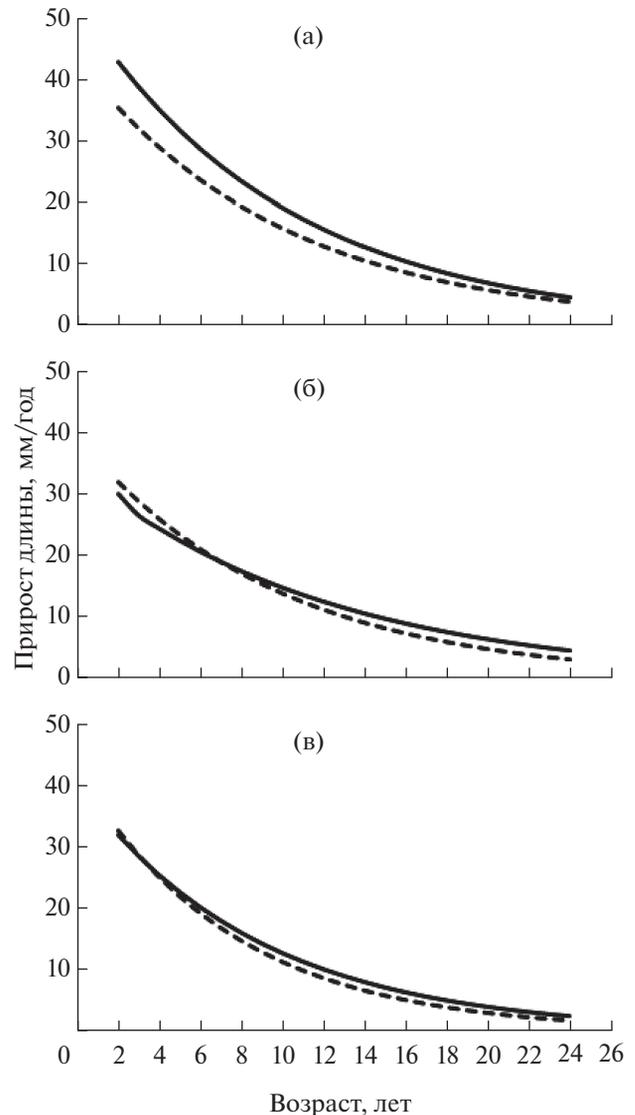


**Рис. 5.** Аппроксимированные уравнения Бергаланфи кривые роста ( $FL$ ) самок и самцов морских окуней рода *Sebastes* банки Флемиш-Кап, 1989–2016 гг.: а – *S. norvegicus*, б – *S. mentella*, в – *S. fasciatus*; обозначения см. на рис. 2.

затем соответственно до 0.5–0.4 и 0.7–0.5 см в год (рис. 6б). Приросты длины самцов и самок *S. fasciatus* в возрасте 2–7 лет составляют соответственно 3.3–1.7 и 3.2–1.8 см, с 8 до 14 лет – 1.5–0.7 и 1.6–0.8 см; в возрасте 20 лет и старше – 0.3–0.2 и 0.4–0.3 см (рис. 6в).

Различия между длиной разных возрастных групп у трёх видов морских окуней (рис. 7) прослеживаются с возраста 9 лет: в объединённой выборке (оба пола) средняя длина *S. fasciatus* значительно ниже, чем у *S. norvegicus* и *S. mentella* (рис. 7в). При сравнении отдельно самцов (рис. 7а) и самок (рис. 7б) разных видов эти различия становятся более выраженными.

*Зависимость средней длины от факторов среды.* Для тёплого периода (2002–2013 гг.) выявлена значимая отрицательная связь между температурой воды на глубинах 50 м и 100 м и средней длиной всех трёх видов окуней, которая наиболее ярко



**Рис. 6.** Средние приросты длины ( $FL$ ) самок и самцов морских окуней рода *Sebastes* банки Флемиш-Кап, 1989–2016 гг.: а – *S. norvegicus*, б – *S. mentella*, в – *S. fasciatus*; обозначения см. на рис. 2.

выражена у *S. norvegicus* и *S. fasciatus* (табл. 6). В целом для всего периода наблюдений (1989–2015 гг.) такая связь не прослеживается. В период холодных лет (1989–1994 гг.) для *S. norvegicus* отмечены значимая положительная связь между средней длиной особей в запасе и температурой верхнего слоя воды, а также высокая отрицательная связь с солёностью этого слоя и температурой холодного промежуточного слоя. У *S. mentella* и *S. fasciatus* в холодный период также отмечена высокая связь длины с солёностью воды. Однако высокая корреляционная связь в холодный период, вероятнее всего, объясняется очень короткими рядами наблюдений (всего 5–6 лет).

**Таблица 6.** Коэффициенты корреляции между температурой и солёностью воды на разных глубинах и средней длиной трёх видов морских окуней рода *Sebastes* на банке Флемиш-Кап, по данным съёмки ЕС в 1989–2015 гг.

Вид	Годы	Пол	Температура					Солёность				
			0 м	10 м	50 м	100 м	у дна	0 м	10 м	50 м	100 м	у дна
<i>S. norvegicus</i>	2002–2015	Самцы	-0.35	-0.29	-0.71	-0.74	0.08	-0.61	-0.48	-0.53	-0.67	-0.48
		Самки	-0.34	-0.27	-0.73	-0.78	0.14	-0.65	-0.55	-0.61	-0.74	-0.48
		Оба пола	-0.34	-0.28	-0.72	-0.76	0.11	-0.63	-0.52	-0.57	-0.70	-0.49
	1989–2015	То же	0.00	0.04	-0.56	-0.35	0.15	-0.63	-0.55	-0.40	-0.55	-0.34
	1989–1994	»	0.70	0.74	0.33	0.25	-0.51	-0.96	-0.91	0.53	0.43	-0.49
<i>S. mentella</i>	2002–2015	Самцы	-0.37	-0.36	-0.73	-0.67	-0.07	-0.66	-0.37	-0.43	-0.56	-0.56
		Самки	-0.43	-0.41	-0.77	-0.71	-0.11	-0.67	-0.40	-0.48	-0.62	-0.59
		Оба пола	-0.40	-0.38	-0.75	-0.68	-0.09	-0.66	-0.38	-0.45	-0.58	-0.57
	1989–2015	То же	-0.34	-0.31	-0.67	-0.61	-0.35	-0.57	-0.44	-0.42	-0.53	-0.64
	1989–1994	»	-0.31	-0.29	-0.80	-0.57	-0.01	-0.84	-0.91	-0.37	-0.49	-0.42
<i>S. fasciatus</i>	2002–2015	Самцы	-0.55	-0.50	-0.83	-0.78	0.17	-0.53	-0.56	-0.64	-0.74	-0.38
		Самки	-0.57	-0.52	-0.77	-0.74	0.18	-0.48	-0.53	-0.64	-0.71	-0.27
		Оба пола	-0.59	-0.53	-0.79	-0.77	0.15	-0.50	-0.54	-0.66	-0.74	-0.32
	1989–2015	То же	-0.49	-0.46	-0.68	-0.69	-0.31	-0.45	-0.50	-0.51	-0.60	-0.53
	1989–1994	»	0.18	0.22	-0.39	-0.02	-0.55	-0.97	-0.92	0.12	0.01	-0.80
Все три вида	1989–2015	»	-0.27	-0.24	-0.72	-0.60	-0.15	-0.65	-0.58	-0.50	-0.64	-0.56
	1995–2015	»	-0.22	-0.18	-0.74	-0.65	0.15	-0.65	-0.57	-0.56	-0.71	-0.50
	2002–2015	»	-0.46	-0.41	-0.80	-0.79	0.08	-0.64	-0.52	-0.60	-0.73	-0.49
	1989–1995	»	-0.07	-0.04	-0.66	-0.28	-0.31	-0.99	-1.00	-0.12	-0.23	-0.71

Значимая корреляционная связь показывает, что температура и солёность воды оказывают влияние на темп роста морских окуней банки Флемиш-Кап. В основном значения температуры и солёности объясняют не более 60% дисперсии рядов средней длины особей морских окуней (табл. 6), показывая тем самым, что связь между их ростом и условиями среды более сложная, зависит не только от температуры воды и солёности и её трудно описать математическими уравнениями. В отличие от запаса аналогичный анализ размеров рыб в уловах не выявил значимых корреляционных связей с рассматриваемыми факторами среды.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ показывает, что морским окуням рода *Sebastes*, обитающим в районе банки Флемиш-Кап, присущи те же тенденции, которые характерны для морских окуней СВА, СЗА и морей Северо-Европейского бассейна.

Они имеют большую продолжительность жизни (более 25 лет), низкий темп роста и сходные закономерности изменений скорости роста, а именно: более быстрый темп роста младших возрастных групп, снижение прироста длины в основном промысловом возрасте и небольшие приросты (<1 см) в старших возрастных группах. Вместе с тем по темпу роста выявлены некоторые отличия морских окуней на банке Флемиш-Кап от населяющих другие районы СВА и СЗА. Эти отличия могут служить косвенным доказательством существования отдельных популяций *S. norvegicus*, *S. mentella* и *S. fasciatus* на банке Флемиш-Кап, которые не взаимодействуют с популяциями морских окуней соседних, граничащих с банкой Флемиш-Кап районов, и целесообразности объединения морских окуней Банки Флемиш-Кап в один запас.

Выявленные различия в скорости роста трёх видов морских окуней показывают, что при оценке запаса с использованием математических моделей пересчёт общего вылова в вылов по возрастам по некоему общему размерно-возрастному

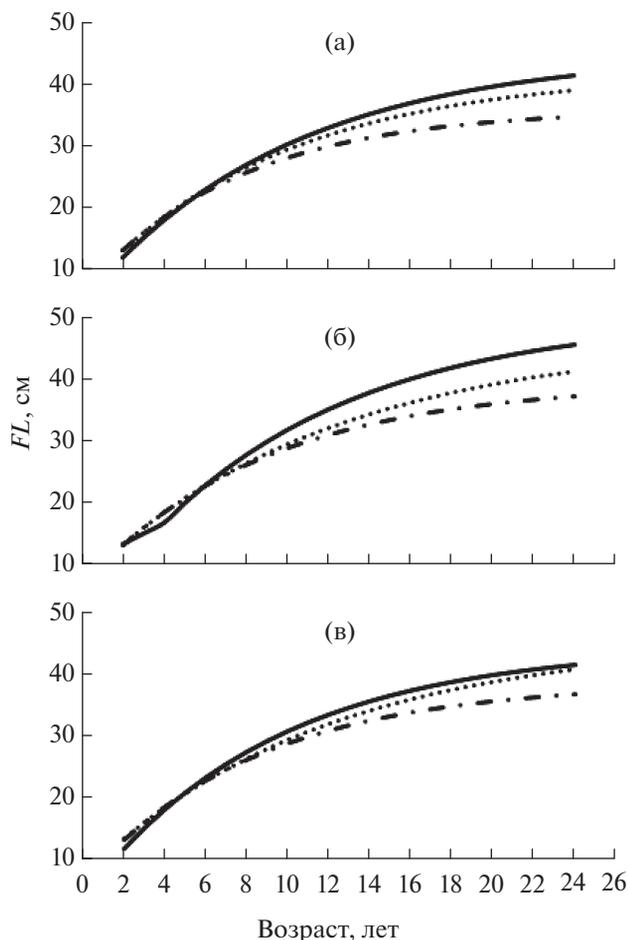


Рис. 7. Темп роста ( $FL$ ) морских окуней рода *Sebastes* банки Флемиш-Кап: а – самцы, б – самки, в – оба пола; (—) – *S. norvegicus*, (···) – *S. mentella*, (---) – *S. fasciatus*.

ключу вносит дополнительные неопределённости, так как РВК разных видов значительно различаются. Аналогично расчёт средней массы особи по возрастным группам без учёта различий в скорости роста каждого вида вносит дополнительные неопределённости в оценку запаса. Степень этой неопределённости необходимо исследовать и учитывать при оценке запаса морских окуней банки Флемиш-Кап.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Брюзгин В.Л. 1960. О характеристике роста рыб // Вопр. ихтиологии. Вып. 15. С. 75–91.
- Брюзгин В.Л. 1969. Методы изучения роста рыб по чешуе, костям и отолитам. Киев: Наук. думка, 188 с.
- Васнецов В.В. 1934. Опыт сравнительного анализа линейного роста семейства карповых // Зоол. журн. Т. 13. № 3. С. 540–584.
- Васнецов В.В. 1953. О закономерностях роста рыб // Очерки по общим вопросам ихтиологии. М.; Л.: Изд-во АН СССР. С. 218–226.
- Гмурман В.Е. 2004. Теория вероятностей и математическая статистика (учебное пособие для вузов). М.: Высш. шк., 479 с.
- Мельников С.П. 2006. Океанический окунь-клювач Северной Атлантики: биология и промысел. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 111 с.
- Рикер У.Е. 1979. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. М.: Пищ. пром-сть, 408 с.
- Чугунова Н.И. 1959. Руководство по изучению возраста и роста рыб (методическое пособие по ихтиологии). М.: Изд-во АН СССР, 125 с.
- Alpoim R., González Troncoso D. 2016. Results from bottom trawl survey on Flemish Cap of June–July 2015 // NAFO SCR Doc. 16/024. Ser. № N6567. 61 p.
- Ávila de Melo A., Saborido-Rey F., Pochtar M. et al. 2011. An assessment of beaked redfish (*S. mentella* and *S. fasciatus*) in NAFO Division 3M (with an approach to the likely impact of recent 3M cod growth on redfish natural mortality) // NAFO SCR Doc. 11/026. Ser. № N5911. 55 p.
- Ávila de Melo A., Petit R., Pérez-Rodríguez A. et al. 2013. An assessment of beaked redfish (*S. mentella* and *S. fasciatus*) in NAFO Division 3M (with a revised approach to quantify the increase on redfish natural mortality determined by the increase on cod predation observed over recent years, 2006–2012) // NAFO SCR Doc. 13/034. Ser. № N6188. 55 p.
- Casas J.M., González Troncoso D. 2017. Results from bottom trawl survey on Flemish Cap of June–July 2016 // NAFO SCR Doc. 17/024. Ser. № N6676. 63 p.
- NAFO. 2018. Annual fisheries statistics databases. <http://www.nafo.int/Data/STATLANT>.
- Saborido-Rey F. 1995. Age and growth of redfish in Flemish Cap // NAFO SCR Doc. 95/31. Ser. № N2540. 16 p.
- Saborido-Rey F. 2001. Age and growth of redfish (*Sebastes marinus*, *S. mentella* and *S. fasciatus*) in Flemish Cap (Northwest Atlantic) // NAFO SCR Doc. 01/109. Ser. № N4495. 19 p.