

УДК 597.585.2.591.134.574.632

## ВОЗРАСТ И РОСТ МОРСКОГО ЕРША *SCORPAENA PORCUS* (SCORPAENIDAE) ЧЁРНОГО МОРЯ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ПРЕССА

© 2019 г. Д. Н. Куцын<sup>1</sup>\*, Е. Н. Скуратовская<sup>1</sup>, И. И. Чеснокова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт морских биологических исследований РАН – ИМБИ ЗАН, Севастополь, Республика Крым, Россия

\*E-mail: makaira88@gmail.com

Поступила в редакцию 21.05.2018 г.

После доработки 04.07.2018 г.

Принята в печать 05.07.2018 г.

Рассматривается возрастная структура и динамика роста морского ерша *Scorpaena porcus* из трёх бухт (Казачья, Александровская и Стрелецкая), характеризующихся разным уровнем загрязнения. В возрастной структуре морского ерша не выявлены выраженные различия, в значительной степени она соответствует естественному состоянию популяции. Различия между средним возрастом морского ерша из наименее загрязнённой Казачьей бухты и наиболее загрязнённой Стрелецкой недоверны. Для морского ерша из Казачьей бухты характерен более высокий темп роста, чем из Стрелецкой и Александровской бухт. Однако незначительная разница значений показателей, характеризующих рост особей в этих районах, не позволяет сделать однозначный вывод о замедлении роста ерша в двух последних.

**Ключевые слова:** морской ёрш *Scorpaena porcus*, возраст, рост, загрязнение, Чёрное море.

**DOI:** 10.1134/S0042875219030111

Морской ёрш *Scorpaena porcus* — широко распространённый оседлый демерсальный вид. Его ареал охватывает Атлантический океан у берегов Европы и Африки, от южных берегов Великобритании до Канарских и Азорских о-вов, берега Марокко, Средиземное и прилегающие моря. В прибрежных водах Чёрного моря распространён повсеместно, в Азовском море известен к северу от Керченского пролива, у м. Казантип и о-ва Бирючий (Световидов, 1964). Высокая численность, оседлый образ жизни, сравнительно длинный жизненный цикл и отсутствие промысловой нагрузки делают морского ерша традиционным биоиндикатором для оценки качества окружающей среды.

В качестве исследуемого района Чёрного моря выбрана севастопольская морская акватория, для которой характерно наличие большого числа бухт, различных по характеру водообмена с открытым морем. Акватория относится к районам активного хозяйственного использования и служит коллектором различных загрязнителей. В её водные массы поступают неочищенные или условно чистые промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды, в связи с чем в прибрежных районах сформировались зоны с высокими концентрациями токсикантов в донных осадках: тяжёлых металлов, хлорорганических соединений

(ХОС), полихлорированных бифенилов (ПХБ), трихлорметилди(*n*-хлорфенил)метана (ДДТ), нефтяных углеводородов (Малахова и др., 2017). Загрязнение имеет комплексный характер и наиболее выражено в закрытых бухтах, имеющих низкий уровень водообмена с открытым морем.

В наибольшей степени к загрязнению чувствительны биохимические параметры, в связи с чем достаточно хорошо изучены ответные реакции ерша на антропогенное воздействие на молекулярном уровне (Руднева, Жерко, 2000; Скуратовская, 2009; Руднева и др., 2011; Кузьминова, 2016). Имеются данные о воздействии комплексного загрязнения на морфофизиологические показатели ерша (Кузьминова, 2006; Kuzminova et al., 2011). Исследователи отмечают выраженную зависимость ряда биохимических и морфофизиологических показателей от уровня загрязнения прибрежной зоны исследуемых районов Чёрного моря. Имеются сведения о размерно-возрастной и половой структуре морского ерша юго-западного побережья Крыма и Кавказского побережья (Пашков и др., 1999; Овен и др., 2000) и связи этих показателей с уровнем загрязнения. Также неоднократно выдвигалось предположение о замедлении роста в более загрязнённых районах (Пашков и др., 1999, Овен и др., 2000; Кузьминова, 2016),

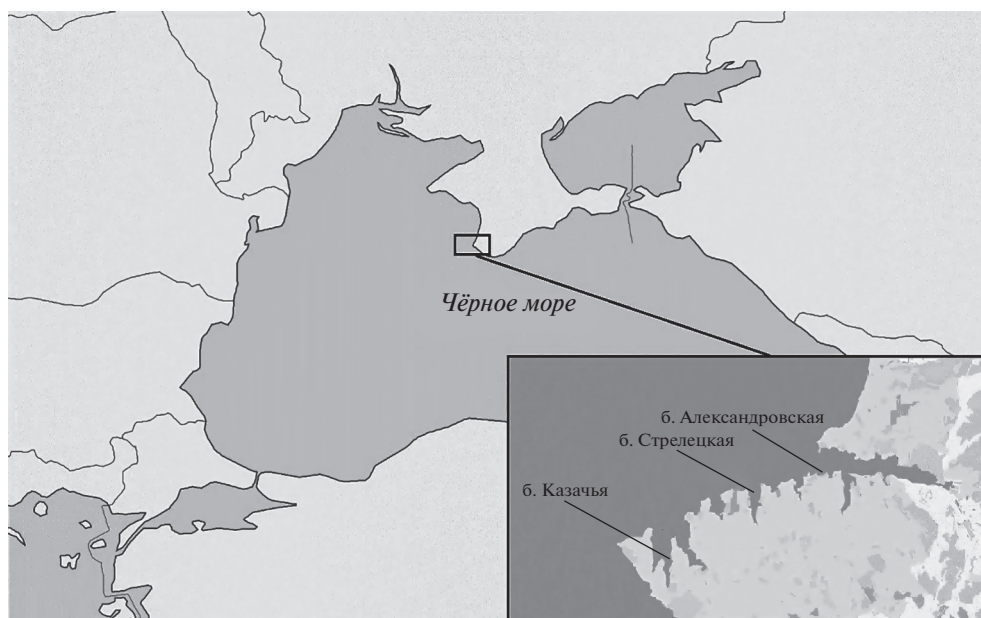


Рис. 1. Карта района исследований.

что является дискуссионным вопросом и нуждается в подтверждении.

Цель настоящего исследования — проанализировать и сравнить особенности группового роста и возрастной структуры морского ерша из трёх участков акватории, характеризующихся разным уровнем загрязнения: бухт Казачья, Александровская и Стрелецкая.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Рыб отлавливали в бухтах Казачья, Александровская и Стрелецкая (рис. 1) в весенне-летний период 2014–2017 гг. донными ловушками с ячейкой сетного полотна 12 мм. Пойманных особей (959 экз.) подвергали полному биологическому анализу согласно стандартным методикам (Правдин, 1966). Измерения стандартной длины ( $SL$ ) проводили с точностью до 0.1 см, массы — до 0.1 г. Возраст определяли по отолитам, предварительно выдержанным в течение 2–5 сут. в 50%-ном растворе глицерина для просветления.

При описании линейного и весового роста применяли уравнения Берталанфи (Bertalanffy, 1938; Мина, Клевезаль, 1976; Рикер, 1979):  $L = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$  и  $W = W_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})^b$ , где  $L_{\infty}$  — асимптотическая длина,  $W_{\infty}$  — асимптотическая масса,  $k$  — константа скорости роста,  $t_0$  — возраст рыбы, когда её длина и масса в рассматриваемой модели равны 0;  $b$  — показатель степени в зависимости масса–длина ( $W = aL^b$ ). Для верификации полученных коэффициентов анализировали разность между наблюденными и расчётными значе-

ниями линейных размеров и сумму квадратов разностей (Мина, Клевезаль, 1976).

Индексы роста линейных ( $\phi$ ) и весовых ( $\phi'$ ) показателей рассчитывали по формулам (Pauly et al., 1988):  $\phi = \lg k + 2 \lg L_{\infty}$  и  $\phi' = \lg k + (2 \lg W_{\infty})/3$ .

При рассмотрении возрастной структуры применяли показатель возрастной гетерогенности (разнообразия):  $V = 1/\sum P_i^2$ , где  $P_i$  — доля особей  $i$ -той возрастной группы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

*Токсикологическая характеристика района исследований.* Стрелецкая бухта является одной из наиболее подверженных антропогенному прессу акваторий Севастополя. Вдоль восточного побережья базируются корабли Черноморского флота. Западное побережье занято жилыми зданиями города. В последние десятилетия наблюдается изменение качества антропогенной нагрузки в данной акватории, в частности, за счёт интенсивной застройки береговой полосы коммунальными и гостинично-туристическими комплексами, расширения сети причалов для судов малого (прогулочного) флота (Осадчая и др., 2011). Для осадков Стрелецкой бухты характерны заиленные ракушники, пески и чёрные илы. Так, в последние годы в донных отложениях центральной части бухты концентрация ΣПХБ и ΣДДТ в среднем составляет соответственно 100 и 51 нг/г сухой массы, нефтяных углеводородов — 705 мг/100 г сырой массы, ртути — 304 нг/г сухой массы (Малахова и др., 2003, 2017; Еремеев и др., 2008; Тихонова и др., 2018).

Александровская бухта входит в состав Севастопольской бухты, перегруженной городскими застройками, промышленными предприятиями, причалами. Искусственное сужение входного пролива Севастопольской бухты путём сооружения защитных северного и южного молов в конце 1970-х гг. привело к снижению интенсивности водообмена с открытой частью моря на 40–70% в год и как следствие — к ухудшению экологического состояния акватории. Уровень  $\Sigma\text{ПХБ}$  и  $\Sigma\text{ДДТ}$  в донных отложениях Александровской бухты составляет в среднем соответственно 110 и 35 нг/г сухой массы (Малахова и др., 2017).

Казачья бухта расположена в 15 км от центра города и является одной из наиболее чистых в системе севастопольских бухт. Несмотря на то что б. Казачья является популярным местом отдыха и испытывает значительную антропогенную нагрузку за счет жилых застроек и дельфинария, процессы самоочищения в ней протекают достаточно интенсивно (Моисеенко, 2012). Донные отложения Казачьей бухты представлены в основном заиленными ракушниками и песками. Такие крупнозернистые осадки характеризуются хорошей промываемостью и малой сорбционной ёмкостью загрязняющих веществ. В районе сбора материала дно бухты образовано скальными выходами и, соответственно, загрязняющие вещества в этих местах не накапливаются. В донных осадках акватории концентрация ртути в среднем составляет 33.7 нг/г сухой массы, нефтяных углеводородов — 36 мг/100 г сырой массы (Малахова и др., 2003, 2017; Еремеев и др., 2008).

*Возрастная структура* популяции является результатом взаимодействия трёх процессов: пополнения, роста и убыли. Так же, как и другие видовые свойства, возрастная структура непрерывно меняется в определённых рамках, адаптивно отвечая на изменения условий жизни (Никольский, 1974). Условия обитания, в том числе и комплексное загрязнение, оказывают влияние на каждый из процессов, в результате взаимодействия которых складывается возрастная структура, что делает её удобным индикатором при оценке токсикологических свойств среды обитания. В качестве основных эффектов комплексного загрязнения отмечается повышенная элиминация особей, сокращение пополнения, увеличение доли особей младших возрастных групп (Моисеенко и др., 2010), что выражается в уменьшении числа возрастных групп, снижении возрастного разнообразия и сокращении максимального и среднего возраста. Безусловно, воздействие на популяцию токсичных веществ не является изолированным, происходит совместно с другими факторами среды и находится во взаимодействии с ними. Однако географическая близость и относительная открытость выбранных для исследования бухт позволяет минимизировать раз-

ницу в гидролого-гидрохимических, продукционных и температурных показателях.

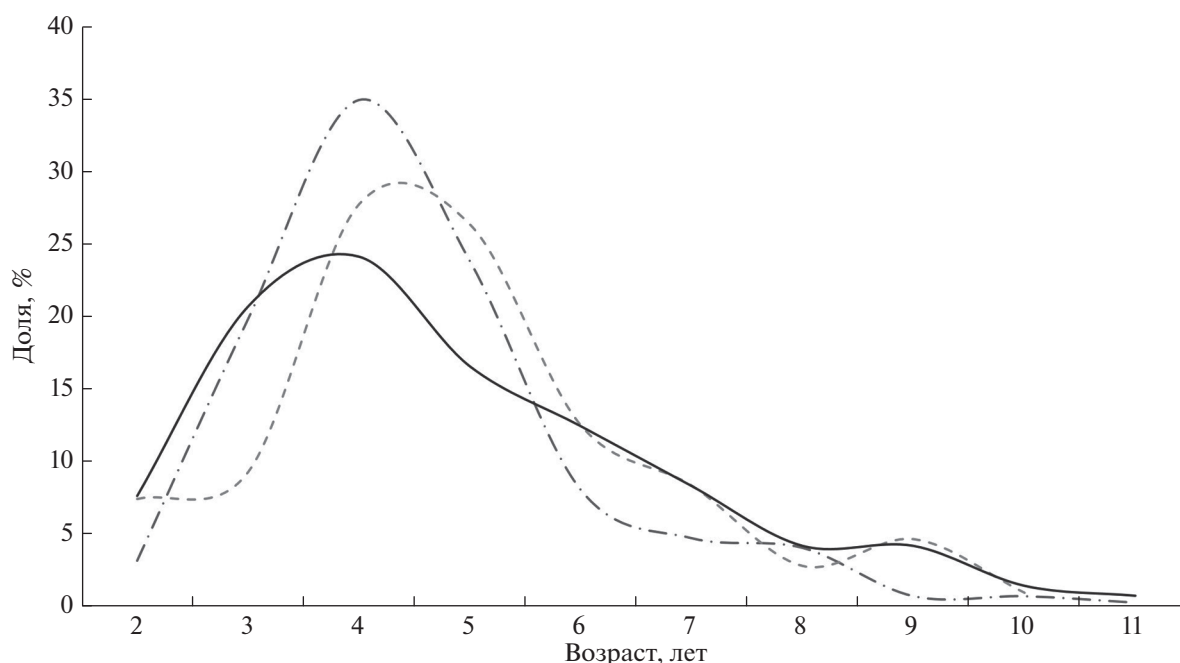
В возрастном составе морского ерша из всех исследуемых бухт преобладали 4-годовалые особи (рис. 2), что в целом соответствует, а в некоторых случаях превышает модальное значение возраста для популяций из других участков ареала (Пашков и др., 1999; Bilgin, Celik, 2008; Mesa et al., 2010). Максимальный зарегистрированный возраст в Александровской и Казачьей бухтах составляет 11 лет, в Стрелецкой — 10 лет. Средний возраст незначительно увеличивается в ряду Александровская → Казачья → Стрелецкая (табл. 1). Однако только ёрш из б. Александровская по данному показателю демонстрирует статистически значимые различия:  $p = 0.001$  при попарном сравнении с б. Стрелецкая и  $p = 0.035$  — с б. Казачья. Различия в среднем возрасте между ершом из Стрелецкой и Казачьей бухт статистически недостоверны ( $p = 0.35$ ). Значение коэффициента вариации и возрастная гетерогенность растут в ряду Александровская → Стрелецкая → Казачья бухта, что свидетельствует о большем возрастном разнообразии ерша в последней.

В возрастной структуре морского ерша из трёх бухт с разным уровнем загрязнения не отмечены выраженные различия; в значительной степени она соответствует естественному состоянию популяции. Неблагоприятных изменений, направленных в сторону сокращения числа старших возрастных групп и уменьшения возрастного разнообразия, не выявлено.

*Динамика роста.* Рост является одним из важнейших видовых свойств, характеризующих взаимоотношения организма и среды, и в значительной степени определяет скорость созревания, продолжительность жизни и темп воспроизводства популяции. Как и возрастная структура, рост приспособительно меняется в зависимости от условий обитания (Никольский, 1974). В неблагоприятных токсикологических условиях часто наблюдается снижение темпа линейного и весового роста, замедление созревания особей в популяции, что связано с перераспределением на организменном уровне энергетического бюджета на поддержание метаболизма в ущерб пластическому росту и созреванию (Моисеенко и др., 2010).

Эмпирические кривые линейного роста морского ерша из всех трёх бухт обнаруживают значительное сходство (рис. 3). Большая часть различий в средних значениях длины в пределах возрастных групп находится в рамках стандартной ошибки.

Уравнение Берталанфи наиболее достоверно аппроксимирует динамику линейного роста морского ерша после 3-го года жизни, т.е. после начала полового созревания (табл. 2). В соответствии с наименьшими значениями сумм квадратов раз-



**Рис. 2.** Возрастной состав морского ерша *Scorpaena porcus* в Стрелецкой (---), Александровской (— · —) и Казачьей (—) бухтах.

ностей расчётные значения линейных размеров ерша из б. Казачья в наибольшей степени соответствуют наблюдаемым. Наибольшие отклонения наблюдаются в случае с самцами из б. Стрелецкая.

Согласно константе скорости роста ( $k$ ) в рассматриваемой модели самки морского ерша в наиболее чистой Казачьей бухте растут несколько быстрее ( $k = 0.12$ ), чем в других бухтах, и достигают 80%-ной предельной длины (17.7 см) в возрасте 16–17 лет, что примерно на 1 год раньше, чем в Стрелецкой и Александровской (табл. 3). Самцы морского ерша в б. Казачья 80%-ной пре-

дельной длины (9.6 см) достигают на 3–4-м году жизни, что также на 1 год раньше, чем в Стрелецкой и Александровской бухтах. Данное обстоятельство обусловлено наименьшими значениями  $L_{\infty}$  и  $W_{\infty}$  в принятой модели при наибольших значениях ежегодного прироста, определяемого  $k$ . В целом же с учётом всех коэффициентов рост морского ерша в б. Казачья существенно не отличается от такового в двух других бухтах (рис. 4). Также следует отметить, что в данном случае речь идёт о групповом росте, коэффициенты характеризуют некую усреднённую для группы особей величину, в то время как индивидуальные особенности ро-

**Таблица 1.** Средний возраст и возрастное разнообразие морского ерша *Scorpaena porcus* в бухтах с разным уровнем загрязнения

| Показатель                          | Бухта      |                 |         |
|-------------------------------------|------------|-----------------|---------|
|                                     | Стрелецкая | Александровская | Казачья |
| Средний возраст, лет                | 4.90       | 4.45            | 4.79    |
| Стандартная ошибка                  | 0.12       | 0.07            | 0.12    |
| Дисперсия                           | 3.06       | 2.26            | 3.62    |
| Стандартное отклонение              | 1.75       | 1.50            | 1.90    |
| Доверительный интервал с $p = 0.95$ | 0.23       | 0.13            | 0.24    |
| Коэффициент вариации                | 35.7       | 33.8            | 40.1    |
| Мода                                | 4          | 4               | 4       |
| Возрастная гетерогенность           | 5.36       | 4.35            | 6.24    |
| Число рыб, экз.                     | 217        | 490             | 252     |

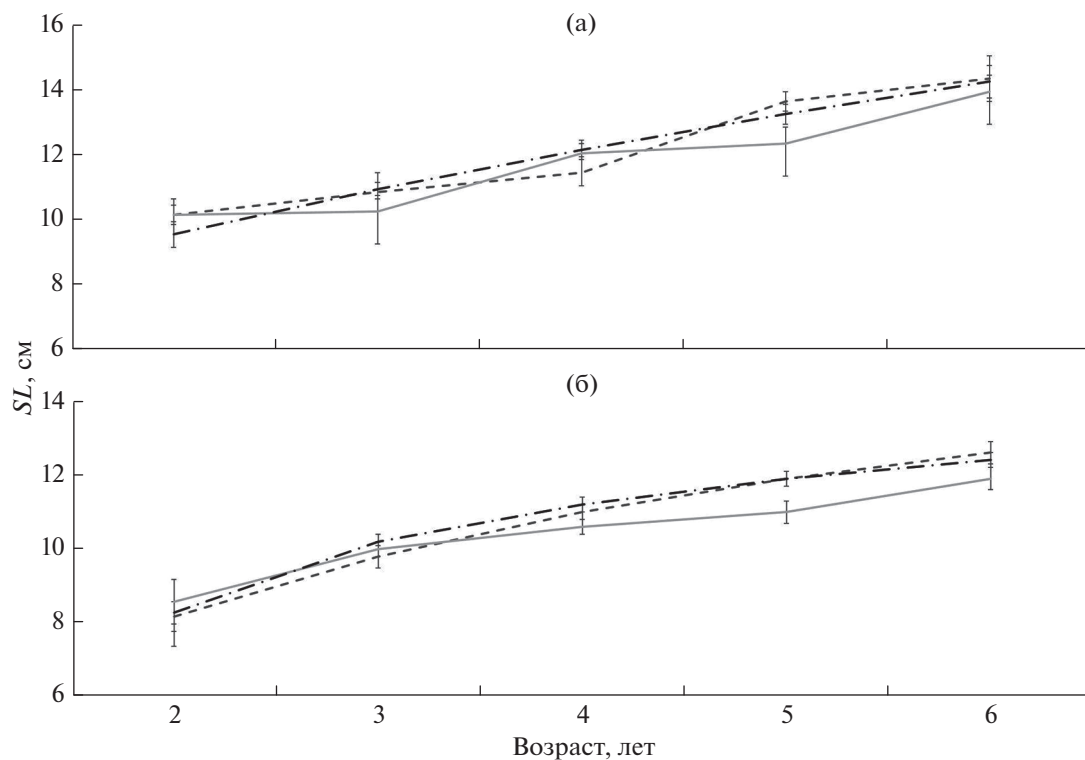


Рис. 3. Кривые линейного роста ( $SL$ ) самок (а) и самцов (б) морского ерша *Scorpaena porcus* в Стрелецкой, Александровской и Казачьей бухтах, по эмпирическим данным; (I) — стандартная ошибка, ост. обозначения см. на рис. 2.

ста ерша из разных бухт могут в значительной степени перекрываться.

Для самок морского ерша из Казачьей бухты характерны наибольшие значения индексов роста  $\phi$  и  $\phi'$ , при этом наименьшие значения наблюдаются в наиболее загрязнённой Стрелецкой бухте. У самцов из Казачьей бухты индексы роста минимальны в связи с наименьшими значениями  $L_{\infty}$  и  $W_{\infty}$ . Самцы из Стрелецкой бухты занимают промежуточное положение по данным показателям. При этом разница в значениях индексов роста слишком мала, чтобы сделать однозначный вывод о замедлении

роста в более загрязнённых районах — в Стрелецкой и Александровской бухтах.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Известно немало работ, в которых рассматривается воздействие неблагоприятных токсикологических условий на популяции гидробионтов (Кузьмина, 2006, 2016; Пашков и др., 1999; Скуратовская, 2009; Моисеенко и др., 2010; Ковыршина, 2015). В ряде случаев отмечается выраженное воздействие поллютантов на состояние популяций,

Таблица 2. Разность между расчётными и наблюдаемыми значениями длины морского ерша *Scorpaena porcus* (в долях наблюдаемого значения) и сумма квадратов разностей

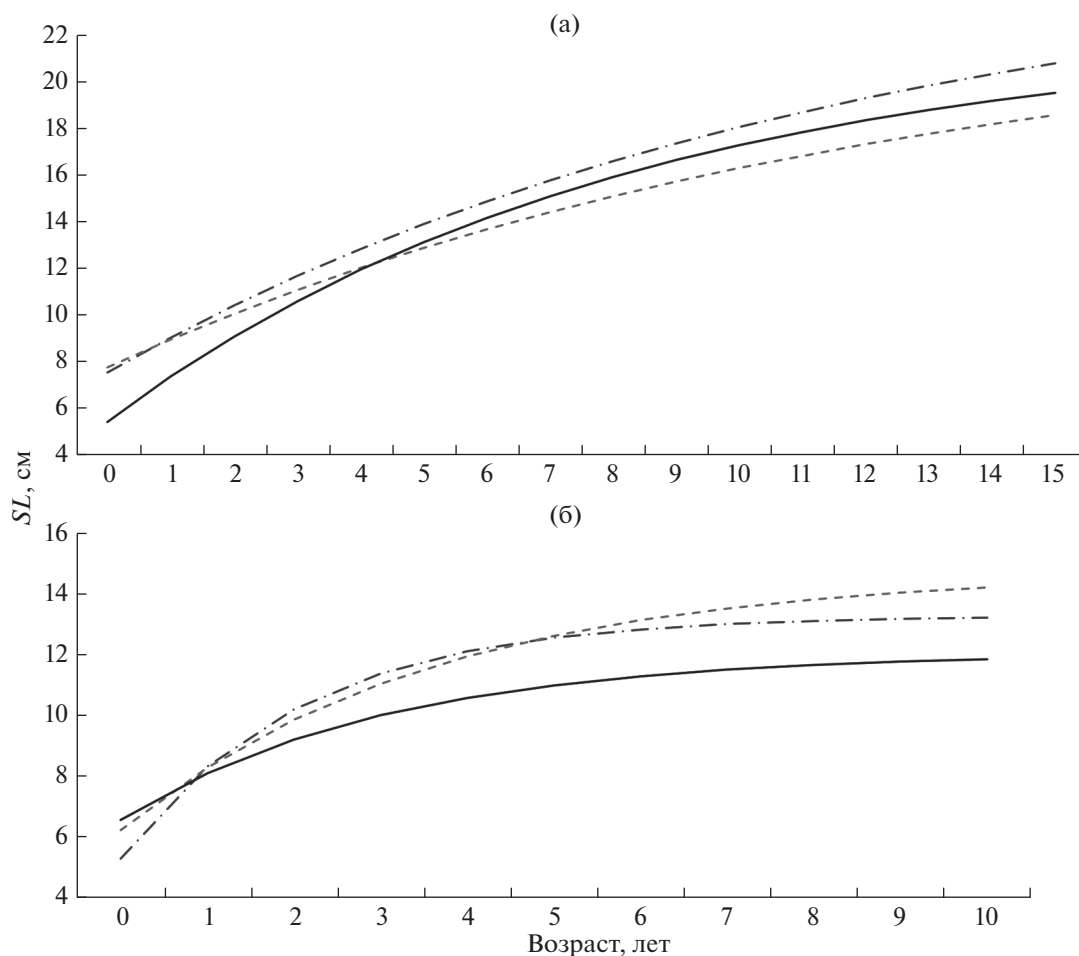
| Возраст, лет              | Бухта      |       |                 |       |         |       |
|---------------------------|------------|-------|-----------------|-------|---------|-------|
|                           | Стрелецкая |       | Александровская |       | Казачья |       |
|                           | Самки      | Самцы | Самки           | Самцы | Самки   | Самцы |
| 2                         | 0.01       | 0.20  | 0.11            | 0.13  | 0.08    | 0.07  |
| 3                         | 0.04       | 0.13  | 0.08            | 0.05  | 0.05    | 0     |
| 4                         | 0.06       | 0.09  | 0.07            | 0.04  | 0.00    | 0     |
| 5                         | 0.05       | 0.06  | 0.06            | 0.02  | 0.08    | 0     |
| 6                         | 0.04       | 0.04  | 0.05            | 0.01  | 0.03    | 0.05  |
| Сумма квадратов разностей | 0.01       | 0.07  | 0.03            | 0.02  | 0.02    | 0.01  |

**Таблица 3.** Значения параметров уравнения Берталанфи и индексов роста морского ерша *Scorpaena porcus* в бухтах с разным уровнем загрязнения

| Бухта           | Пол   | Параметр уравнения Берталанфи |      |                  |      |       | Индекс роста |         |
|-----------------|-------|-------------------------------|------|------------------|------|-------|--------------|---------|
|                 |       | $L_{\infty}$ , см             | $k$  | $W_{\infty}$ , г | $b$  | $t_0$ | $\phi$       | $\phi'$ |
| Стрелецкая      | Самки | 23.1                          | 0.08 | 566              | 3.17 | -5.21 | 1.63         | 0.74    |
|                 | Самцы | 14.7                          | 0.27 | 126              | 2.96 | -0.93 | 1.77         | 0.85    |
| Александровская | Самки | 25.9                          | 0.08 | 726              | 3.10 | -4.21 | 1.75         | 0.83    |
|                 | Самцы | 13.3                          | 0.48 | 87               | 2.92 | -0.60 | 2.00         | 1.07    |
| Казачья         | Самки | 22.1                          | 0.12 | 465              | 3.08 | -2.39 | 1.78         | 0.87    |
|                 | Самцы | 12.0                          | 0.33 | 85               | 3.03 | -1.98 | 1.68         | 0.75    |

которое проявляется в высокой смертности, сокращении размерно-возрастного ряда, замедлении темпа роста и образовании карликовых форм. При этом данные процессы носят адаптивный характер и ориентированы на сохранение необходимого уровня воспроизводства. Изменение вещественно-энергетического баланса в сторону увеличе-

ния трат на детоксикацию и уменьшения на ассимиляцию должно способствовать отбору раносозревающих особей, способных реализовать свой репродуктивный потенциал при более мелких размерах. Отсюда следует, что в загрязнённых экосистемах следует ожидать уменьшение средних и предельных размеров и возраста особей, а

**Рис. 4.** Кривые линейного роста ( $SL$ ) самок (а) и самцов (б) морского ерша *Scorpaena porcus* в Стрелецкой, Александровской и Казачьей бухтах, смоделированные уравнениями Берталанфи; обозначения см. на рис. 2.

также замедление роста. Хорошим примером такого воздействия следует считать изменение стратегии жизненного цикла сига *Coregonus lavaretus* в условиях хронического загрязнения оз. Имандра (Моисеенко, 2002), которое более 70 лет загрязняется стоками крупных горных, обоганительных и металлургических производств. Так, в ходе развития загрязнения средний возраст сига сократился с 9 до 6 лет, темп линейного роста (средние линейные размеры в возрастных группах по эмпирическим данным) — в 1.25–1.50 раза, причём начиная с первых лет жизненного цикла. Возраст наступления половой зрелости сократился на год (с 4+ до 3+). Длина особей, вступающих в нерестовое стадо, уменьшилась с 32–33 до 29–30 см.

В случае с морским ершом ожидалось обнаружение похожих закономерностей в наиболее загрязнённых Стрелецкой и Александровской бухтах по сравнению с Казачьей. Формирование карликовости в условиях загрязнения сопровождалось бы одновременным снижением  $L_{\infty}$ ,  $W_{\infty}$  и  $k$ . Однако существенных различий как в возрастной структуре, так и в темпе роста ерша из бухт с разным уровнем загрязнения установить не удалось. Безусловно, по некоторым показателям (возрастное разнообразие, а также  $k$ ,  $\phi$  и  $\phi'$  самок) состояние популяции морского ерша из наиболее чистой Казачьей бухты можно описать как более благополучное, но этому препятствуют незначительные отклонения значений данных показателей от таковых у особей из более загрязнённых бухт, что может быть обусловлено погрешностью измерений, случайностью либо комплексным воздействием других факторов, среди которых выделение именно токсикологической составляющей не представляется возможным. Немаловажным является и вопрос о степени изоляции описываемых группировок, на данный момент совершенно неразработанный. В этой связи перспективным видится изучение популяционных характеристик и роста морского ерша в условиях гидрометеорологических преобразований, а также их изменчивость на протяжении всего ареала вида, что позволит установить основные закономерности адаптации этого тропического вида к условиям Чёрного моря.

## ВЫВОДЫ

1. Предельный возраст морского ерша в Александровской и Казачьей бухтах составляет 11, в Стрелецкой — 10 лет. В возрастной структуре морского ерша не выявлены выраженные различия, в значительной степени она соответствует естественному состоянию популяции.

2. Средний возраст увеличивается в ряду Александровская → Казачья → Стрелецкая бухта (с 4.45 до 4.90 года), возрастное разнообразие — в

ряду Александровская → Стрелецкая → Казачья (с 4.35 до 6.24). При этом различия между средним возрастом морского ерша из наименее загрязнённой Казачьей бухты и наиболее загрязнённой Стрелецкой недостоверны ( $p = 0.35$ ).

3. Согласно показателям, характеризующим рост ( $L_{\infty}$ ,  $W_{\infty}$ ,  $k$ ,  $\phi$  и  $\phi'$  самок), для морского ерша из Казачьей бухты характерен более высокий темп. Однако несущественная разница значений этих параметров в сравнении с более загрязнёнными районами, Стрелецкой и Александровской бухтами, не позволяет сделать однозначный вывод о замедлении роста ерша в последних.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа подготовлена по темам государственного задания ИМБИ РАН: “Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем”, гос. регистрация № АААА-А18-118020890090-2; “Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана”, гос. регистрация № АААА-А18-118020890074-2; “Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом”, гос. регистрация № АААА-А18-118021490093-4.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Еремеев В.Н., Миронов О.Г., Алемов С.В. и др. 2008. Предварительные результаты оценки нефтяного загрязнения Керченского пролива после аварии судов 11 ноября 2007 г. // Мор. экол. журн. Т. 12. № 3. С. 15–24.
- Ковырина Т.Б. 2015. Динамика долговременных изменений популяционных характеристик бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus* Pallas) из Чёрного и Азовского морей // Вестн. РУДН. Сер. экология и безопасность жизнедеятельности. № 2. С. 33–40.
- Кузьмина Н.С. 2006. Оценка токсического действия хозяйственно-бытовых сточных вод на морские организмы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 23 с.
- Кузьмина Н.С. 2016. Состояние массовых видов черноморских рыб, отловленных в бухтах с разным уровнем антропогенной нагрузки в современный период // Экотоксикологические исследования прибрежной черноморской ихтиофауны в районе Севастополя. М.: ГЕОС. С. 125–166.
- Малахова Л.В., Костова С.К., Плотицына О.В. 2003. Химическое загрязнение компонентов экосистемы Казачьей бухты (Чёрное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Вып. 9. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. С. 112–116.
- Малахова Л.В., Скуратовская Е.Н., Малахова Т.В. и др. 2017. Хлорогенические ксенобиотики в органах морского ерша *Scorpaena porcus* из Севастопольских бухт с

- различным уровнем антропогенного воздействия // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы. Ярославль: Филигрань. С. 67–70.
- Мина М.В., Клевезаль Г.А. 1976. Рост животных. М.: Наука, 291 с.
- Моисеенко О.Г. 2012. Оценка состояния цикла углерода прибрежных акваторий Черного моря // Матер. VII Междунар. конф. “Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона”. Т. 1. Керчь: Изд-во ЮгНИРО. С. 265–272.
- Моисеенко Т.И. 2002. Изменение стратегии жизненного цикла рыб под воздействием хронического загрязнения вод // Экология. № 1. С. 50–60. doi:10.1023/A:1013623806248
- Моисеенко Т.И., Гашев С.Н., Селюков А.Г. и др. 2010. Биологические методы оценки качества вод. Часть 1. Биоиндикация // Вестн. ТГУ. № 7. С. 20–40.
- Никольский Г. В. 1974. Теория динамики стада рыб. М.: Пищ. пром-сть, 448 с.
- Овен Л.С., Руднева И.И., Шевченко Н.Ф. 2000. Ответные реакции морского ерша *Scorpaena porcus* (Scorpaenidae) на антропогенное воздействие // Вопр. ихтиологии. Т. 40. № 1. С. 75–78.
- Осадчая Т.С., Алемов С.В., Тихонова Е.А. 2011. Особенности нефтяного загрязнения портовых акваторий Севастополя (Черное море) // Состояние экосистем шельфовой зоны Черного и Азовского морей в условиях антропогенного воздействия. Краснодар: Изд-во КГУ. С. 109–118.
- Пашков А.Н., Шевченко Н.Ф., Овен Л.С. и др. 1999. Распределение, численность и основные популяционные характеристики морского ерша *Scorpaena porcus* в условиях антропогенного загрязнения Чёрного моря // Вопр. ихтиологии. Т. 39. № 5. С. 661–668.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 391 с.
- Рикер У.Е. 1979. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб. М.: Пищ. пром-сть, 408 с.
- Руднева И.И., Жерко Н.В. 2000. Действие полихлорированных бифенилов на антиоксидантную систему и перекисное окисление липидов в гонадах черноморской скорпены *Scorpaena porcus* // Экология. № 1. С. 70–73.
- Руднева И.И., Скуратовская Е.Н., Дорохова И.И. и др. 2011. Биоиндикация экологического состояния морских акваторий с помощью биомаркеров рыб // Вод. ресурсы. Т. 38. № 1. С. 92–97. doi:10.1134/S0097807811010106
- Световидов А.Н. 1964. Рыбы Черного моря. М.: Наука, 550 с.
- Скуратовская Е.Н. 2009. Состояние антиоксидантной ферментной системы крови черноморских рыб в условиях комплексного хронического загрязнения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Севастополь: ИНБЮМ, 20 с.
- Тихонова Е.А., Котельянец Е.А., Волков Н.Г. 2018. Характеристика загрязнения донных отложений прибрежной акватории Севастополя на примере Стрелецкой бухты (Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. С. 74–80. doi:10.22449/2413-5577-2018-1-74-80
- Bertalanffy L., von. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws II) // Human Biol. V. 10. P. 181–213.
- Bilgin S., Celik E.S. 2008. Age, growth and reproduction of the black scorpionfish, *Scorpaena porcus* (Pisces: Scorpaenidae), on the Black Sea coast of Turkey // J. App. Ichthyol. V. 25. P. 55–60. doi:10.1111/j.1439-0426.2008.01157.x
- Kuzminova N., Rudneva I., Salekhova L. et al. 2011. State of black scorpionfish (*Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758) in inhabited coastal area of Sevastopol Region (Black Sea) in 1998–2008 // Turkish J. Fish. Aquat. Sci. V. 11. P. 101–111. doi:10.4194/trjfas.2011.0114
- Mesa M., Scarcella G., Grati F. et al. 2010. Age and growth of the black scorpionfish, *Scorpaena porcus* (Pisces: Scorpaenidae) from artificial structures and natural reefs in the Adriatic Sea // Scientia Marina. V. 74. № 4. P. 677–685. doi:10.3989/scimar.2010.74n4677
- Pauly D., Moreau J., Prein M. 1988. A comparison of overall growth performance of tilapia in open waters and aquaculture // ICLARM Conf. Proc. V. 15. P. 469–479.