

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК [639.2.053.1:551.58](262.5)

**РЫБОЛОВСТВО В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ:
ДИНАМИКА СОСТАВА И СТРУКТУРЫ УЛОВОВ
В РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ЧЁРНОГО МОРЯ В XXI ВЕКЕ**

© 2021 г. П. А. Балыкин¹, Д. Н. Куцын², А. В. Старцев^{1,3}

¹Южный научный центр Российской академии наук, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

²ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Российская Федерация

³Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону,
Российская Федерация

E-mail: balykin.pa@rambler.ru

Поступила в редакцию 16.12.2019; после доработки 12.05.2020;
принята к публикации 01.09.2021; опубликована онлайн 20.09.2021.

В настоящее время экосистема Чёрного моря претерпевает существенные изменения, что закономерно отражается на динамике элементов уловов рыб. Главными причинами изменения ихтиофауны Чёрного моря считаются: рыболовство, антропогенное загрязнение вод, вселение новых видов, влияние крупномасштабных климатических и связанных с ними океанологических и гидрологических процессов на показатели урожайности промысловых рыб. Без понимания закономерностей воздействия этих факторов на ихтиофауну невозможны рациональное использование биоресурсов и охрана природы. Целью работы было изучить влияние потепления климата на состав и структуру уловов в российской части Чёрного моря в XXI веке. Авторы использовали: результаты собственных ихтиологических наблюдений; опубликованные данные о составе черноморских уловов; информацию, доступную на официальных сайтах Минсельхоза РФ, Росрыболовства и его Азово-Черноморского территориального управления. Выполнен анализ влияния процессов глобального потепления на результаты рыболовства в российской части Чёрного моря. Показано, что в XXI веке возросла доля теплолюбивых рыб, нерест которых происходит летом: хамсы *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758), барабули *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758 и ставриды *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868). Установлено, что динамика ихтиофауны в регионе определяется как минимум четырьмя процессами, сопряжёнными с потеплением вод: улучшением условий воспроизводства и роста выживаемости икры и молоди теплолюбивых видов; изменением внутривидовой структуры; вселением и натурализацией видов из Средиземного моря с последующим изменением характера пищевых взаимоотношений внутри экосистемы; концентрацией холодолюбивых видов на больших глубинах. Сделан вывод о необходимости тщательного изучения влияния потепления вод Чёрного моря в целях долгосрочного прогнозирования состояния сырьевой базы рыбной промышленности черноморского бассейна России.

Ключевые слова: глобальное потепление, рыболовство, Чёрное море, хамса, *Engraulis encrasicolus*, шпрот, *Sprattus sprattus*, барабуля, *Mullus barbatus*, ставрида, *Trachurus mediterraneus*

Территория Российской Федерации омывается 13 морями, из которых только арктические, кроме Баренцева и Белого, не являются районами рыбного промысла. Чёрное море не отличается высокой продуктивностью: в связи с наличием сероводородной зоны бентосные организмы обитают лишь на 20 % площади его дна. Биологическая продуктивность Чёрного моря невелика — около $300 \text{ кг} \cdot \text{км}^{-2}$ (Куранова и Моисеев, 1973). Тем не менее рыболовство в Черноморском регионе известно с античных времен (Заика, 2008). Промысел в Чёрном море переживал периоды подъёма и спада. Во второй половине XX века суммарный улов всех причерноморских стран достиг 600 тыс. т, из него на СССР приходилось 200–250 тыс. т (Состояние биологических ресурсов Чёрного и Азовского морей, 1995).

Пик добычи водных биологических ресурсов в Чёрном море пришёлся на 1980-е гг.: в этот период их общий ежегодный вылов превышал 850 тыс. т (рис. 1). Затем происходило неуклонное снижение уловов, и к 1996 г. они составили 396 тыс. т. Таким образом, за десятилетие добыча в Чёрном море сократилась более чем вдвое.



Рис. 1. Суммарный улов водных биоресурсов в Чёрном море в 1970–2010 гг. (Шляхов и др., 2018)

Fig. 1. Total catch of aquatic biological resources in the Black Sea in 1970–2010 (Shlyakhov et al., 2018)

Изменился и видовой состав уловов. Если до 1950–1960-х гг. уловы большей частью состояли из ценных в пищевом отношении видов [скумбрия *Scomber scombrus* Linnaeus, 1758, пелагида *Sarda sarda* (Bloch, 1793), кефали *Mugilidae*, ставрида *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868), камбала-калкан *Scophthalmus maeoticus* (Pallas, 1814), сельди *Alosa* spp. и осетровые *Acipenseridae*], то позднее (до 1990-х гг., а также по настоящее время) — в основном из хамсы *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) и шпрота *Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758). Вылов черноморских рыб в СССР был максимальным в 1970–1980-е гг., составляя в среднем 57 тыс. т; основная масса приходилась на хамсу и шпрот, доля которых в общем улове достигала 81 и 12 % соответственно (Балыкин, 2014).

За всю историю наблюдений в Чёрном море зарегистрировано 180 видов рыб; из них 110 имеют атлантическое происхождение, 2 — индо-тихоокеанское, 2 — тихоокеанское, 33 являются эндемиками Чёрного моря, 21 — эндемиками средиземноморского бассейна, 11 — космополитами, а 1 вид (стерлядь *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) распространён в европейских пресных и солоноватых водах (Black Sea Fish Check List, 2020). Среди вселенцев, активно осваивающих в настоящее время акваторию Чёрного моря, следует отметить *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758),

Sarpa salpa (Linnaeus, 1758) и *Gobius xanthocephalus* Heymer & Zander, 1992 (Yankova et al., 2013). Из общего количества рыб около 20 % служат объектами промысла (Состояние биологических ресурсов Чёрного и Азовского морей, 1995). В настоящее время промысловыми объектами являются: шпрот; хамса; мерланг *Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758); камбала-калкан; кефали лобан *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 и сингиль *Chelon auratus* (Risso, 1810); барабуля; ставрида; акула-катран *Squalus acanthias* Linnaeus, 1758; скаты морская лисица *Raja clavata* Linnaeus, 1758 и морской кот *Dasyatis pastinaca* (Linnaeus, 1758); сарган *Belone belone* (Linnaeus, 1758); луфарь *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1758); пеламида; смарида *Spicara maena* (Linnaeus, 1758); скумбрия; атерины *Atherina* spp. В последние десятилетия промысловая часть ихтиоценоза Чёрного моря пополнилась за счёт дальневосточной кефали — пиленгаса *Planiliza haematocheila* (Temminck & Schlegel, 1845), успешно акклиматизированной в Азово-Черноморском бассейне (Балькин и Старцев, 2017).

Средиземное и Чёрное моря относятся к регионам, в которых, на основании Конвенции ООН по морскому праву (2020), прибрежным государствам следует сотрудничать друг с другом в вопросах управления водными биоресурсами и проведения научных исследований. В Средиземноморском бассейне региональное управление рыболовством осуществляет Генеральная комиссия по рыболовству в Средиземном море (the General Fisheries Commission for the Mediterranean, GFCM). Её деятельность распространяется и на Чёрное море, однако в этой акватории региональное регулирование рыболовства не осуществляется: членство GFCM имеют лишь три прибрежных государства (Болгария, Румыния и Турция), а соглашения о рыболовстве между всеми странами Причерноморья нет. Лидирующее положение по объёму ежегодно добываемых водных биоресурсов удерживает Турция: на её долю приходится более 75 % улова. На втором и третьем местах — Россия (Шляхов и др., 2018) и Украина соответственно. Доля каждой из остальных стран региона — примерно 1 % (Дроздов, 2011).

Главными причинами изменения ихтиофауны Чёрного моря считаются: рыболовство, вселение новых видов, антропогенное загрязнение, а также влияние крупномасштабных климатических и связанных с ними океанологических и гидрологических процессов на показатели урожайности промысловых черноморских рыб (Дроздов, 2011 ; Tsikliras et al., 2015 ; Zaitsev et al., 2002). Из глобальных климатических процессов одним из самых известных и обсуждаемых является потепление, которое, по данным инструментальных наблюдений, наиболее ярко выражено в последние 35 лет (Торопов и др., 2018 ; Sakalli & Sakalli, 2018). Глобальное потепление проявляется и в Черноморском регионе (Рыбак и Рыбак, 2013). Установлено, что потепление поверхности Чёрного моря в 1982–2009 гг. происходило в среднем на 0,06 °C в год (Гинзбург и др., 2011). Изменение климата в Черноморском регионе проявляется в основном в летний сезон, в течение которого по всей его территории отмечается статистически значимый положительный тренд температуры, достигающий 1 °C за 10 лет (Торопов и др., 2018). Так, в районе Сухуми средняя температура черноморских вод в июле увеличилась за период с 1994 по 2016 г. на 2,2 °C (Дбар и др., 2018).

Целью работы было изучить возможное влияние потепления климата на состав и структуру уловов в российской части Чёрного моря в XXI веке.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Авторы использовали опубликованные данные о составе черноморских уловов (Кожурин и др., 2018 ; Куманцов и др., 2012 ; Луц и др., 2004 ; Cardinale et al., 2017), а также информацию, доступную на официальных сайтах Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (2020), Федерального агентства по рыболовству (2020) и его Азово-Черноморского территориального управления (2008).

Полученные результаты изучения возможных изменений элементов ихтиофауны на примере уловов не претендуют на полную достоверность, в первую очередь из-за неточности промышленной отчётности (Балыкин и Болтнев, 2014). В связи с этой проблемой дополнительно для анализа авторы использовали результаты ихтиологических наблюдений специалистов ФИЦ ИнБЮМ. Отлов рыб проводили в 2012 и 2018 гг. с апреля по октябрь донными ловушками БС-3 с ячейей 12 мм, установленными на песчаном грунте при входе в бухту Карантинная на глубине 10–12 м и в акватории Севастопольской бухты на таком же грунте.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Органами государственной власти России (Минсельхоз и Росрыболовство) сведения о вылове водных биоресурсов суммируются по рыбохозяйственным бассейнам (Макоедов, 2014). В 2001–2018 гг. добыча в Азово-Черноморском бассейне составляла 25–103,4 тыс. т (рис. 2). Суммарный российский вылов в 2018 г. превысил 5 млн т, поэтому можно заключить, что данный регион не играет существенной роли в отечественном рыболовстве. Тем не менее рыболовство в Азово-Черноморском бассейне вносит существенный вклад в развитие региональной экономики.

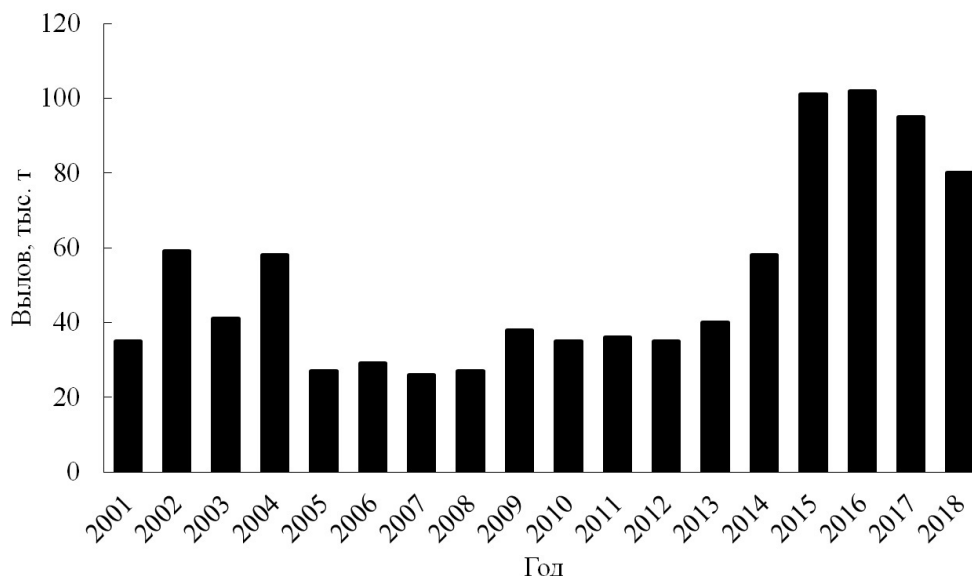


Рис. 2. Российские уловы в Азово-Черноморском бассейне

Fig. 2. Russian catches in the Sea of Azov – Black Sea basin

Исследуемую акваторию можно разделить на две части — на воды Кавказского побережья (северо-восточная часть) и воды полуострова Крым.

В 1993–2002 гг. в **северо-восточной части Чёрного моря** в уловах промысловых орудий лова зарегистрировано 102 вида рыб (Надолинский, 2004). Состояние запасов популяций промысловых видов рыб охарактеризовано как нестабильное. Промысел в этом регионе всеми орудиями лова является многовидовым, однако статистика учитывает только основной вид, а прилов в лучшем случае идёт под название основного вида, а в худшем — выбрасывается за борт. Применение сблокированных и сбалансированных квот может способствовать более полному освоению биоресурсов моря и сбалансированности промысла (Куманцов и др., 2012 ; Надолинский, 2004).

Основными объектами промысла в северо-восточной части Чёрного моря являются два вида, доля которых в общем вылове составляет около 90 %, — хамса (> 60 %) и шпрот (> 30 %). На долю остальных видов приходится менее 10 % (Балыкин, 2014). В общем запасе разведанных

биологических ресурсов (около 300 тыс. т) значительную часть (суммарно около 42 % всех запасов и более 53 % объёмов возможного вылова) формируют объекты, которых в настоящее время не используют из-за отсутствия необходимой технологической базы переработки, — мелкие ракообразные, моллюски, водоросли и морские травы (Дудкин и др., 2011).

Значимые изменения величины улова могут быть вызваны динамикой его состава. Для проверки этого предположения авторы использовали опубликованные данные о составе черноморских уловов в 2001–2003 (Луц и др., 2004) и 2009–2011 гг. (Куманцов и др., 2012), а также информацию за последние годы (2016–2018), доступную на официальных сайтах Росрыболовства и его Азово-Черноморского территориального управления. Видовой состав уловов, осреднённый по указанным периодам, показан на рис. 3.

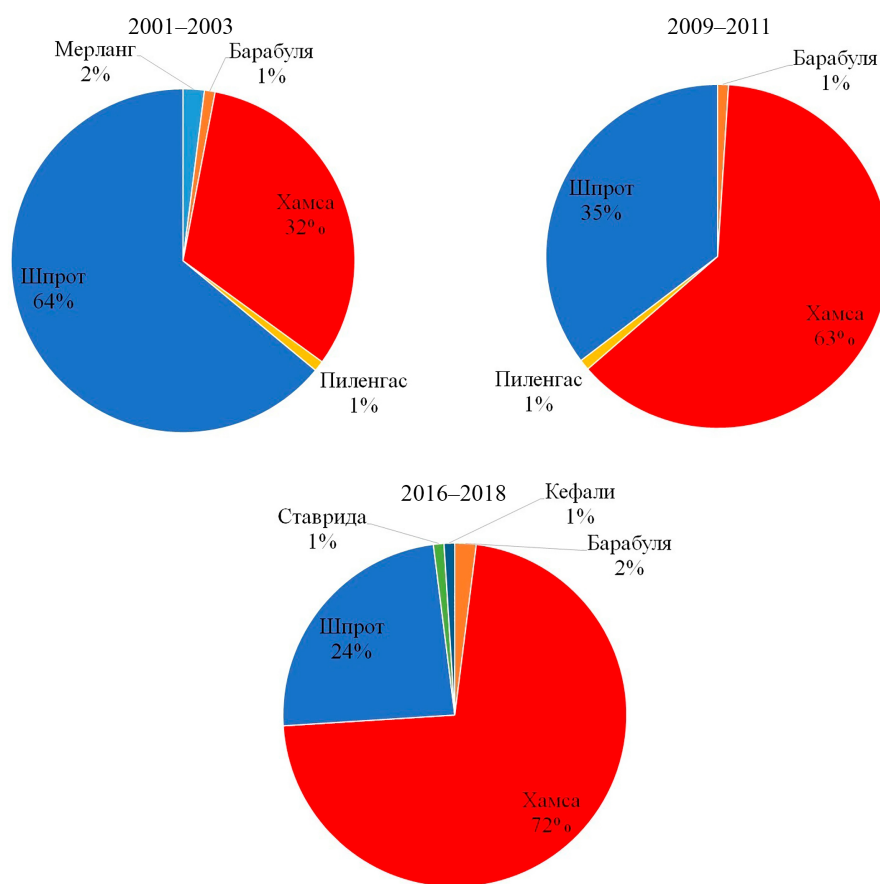


Рис. 3. Вклад наиболее массовых видов рыб в структуру российских уловов в северо-восточной части Чёрного моря в разные периоды XXI века

Fig. 3. Contribution of the most common fish species to the structure of Russian catches in the northeastern Black Sea in different periods of the XXI century

Главное явление, на котором следует акцентировать внимание, — смена доминирующих видов в составе уловов (рис. 3). Доля шпрота за исследуемый период уменьшилась более чем в 2,5 раза, а вклад хамсы возрос на столько же. Из других важных процессов стоит отметить двукратное возрастание уловов барабули (до 300–560 т в год), почти полное исчезновение мерланга и пиленгаса (менее 1 т), а также существенное увеличение уловов ставриды (130–330 т в год) и черноморских кефалей (90–270 т) в 2016–2018 гг. (рис. 3).

Динамика уловов в **водах Крыма** (Крымско-Черноморский промысловый район) приведена по опубликованным данным (Кожурин и др., 2018), дополненным сведениями за 2018 г. с сайта Росрыболовства. В 2001–2018 гг. в указанной акватории добывали от 18,9 тыс. т (2007)

до 72,9 тыс. т рыбы (2016). С целью изучения возможных изменений видового состава авторы выбрали те же временные отрезки, что и для северо-восточной части Чёрного моря, — 2001–2003, 2009–2011 и 2016–2018 гг. (рис. 4).

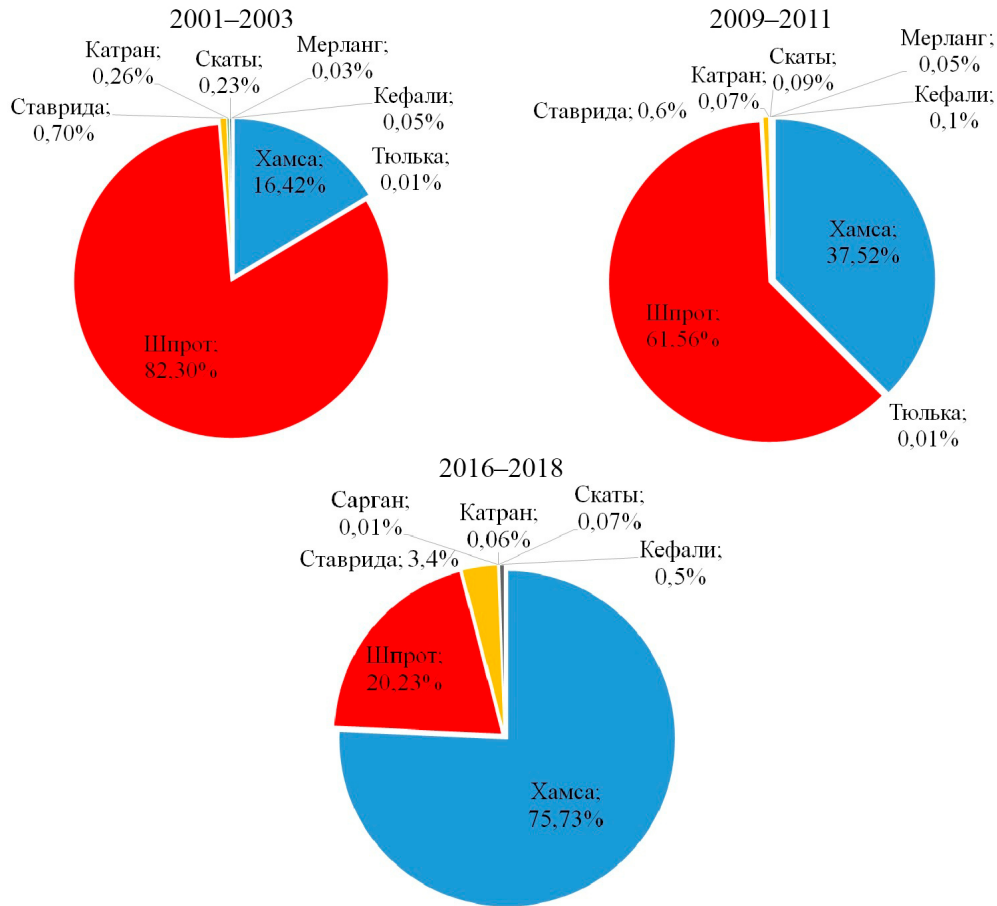


Рис. 4. Вклад наиболее массовых видов рыб в структуру российских уловов в Крымско-Черноморском районе в разные периоды XXI века

Fig. 4. Contribution of the most common fish species to the structure of Russian catches in Crimean – Black Sea area in different periods of the XXI century

Видовой состав уловов в водах Крыма изменялся сходным образом с составом в водах Кавказского побережья. Доля шпрота за исследуемый период уменьшилась в 4 раза (с 80 до 20 %), а доля хамсы увеличилась приблизительно в той же пропорции (с 16,5 до 75 %). Из других изменений следует назвать полное исчезновение пиленгаса (менее 0,3 т), а также более чем 10-кратное возрастание в уловах барабули (с 7 до 300–571 т в год), 10-кратное — черноморских кефалей (270–275 т в 2016–2018 гг.), 4-кратное — сельди (20–34 т в 2016–2018 гг.) и почти 4-кратное — относительных уловов ставриды (около 2 тыс. т в 2016–2018 гг.) (рис. 4).

Представленные выше опубликованные данные хорошо согласуются с результатами собственных ихтиологических наблюдений, осуществляемых в прибрежной акватории Юго-Западного Крыма при помощи донных ловушек. В 2012 г. исследовано 1258 экз. разных видов рыб, в 2018 — 861 экз. Доля теплолюбивых видов в уловах возросла: доля морского ерша увеличилась в рассматриваемый период более чем втрое, ставриды — почти вдвое, в то время как мерланг практически исчез из прибрежных уловов (рис. 5).

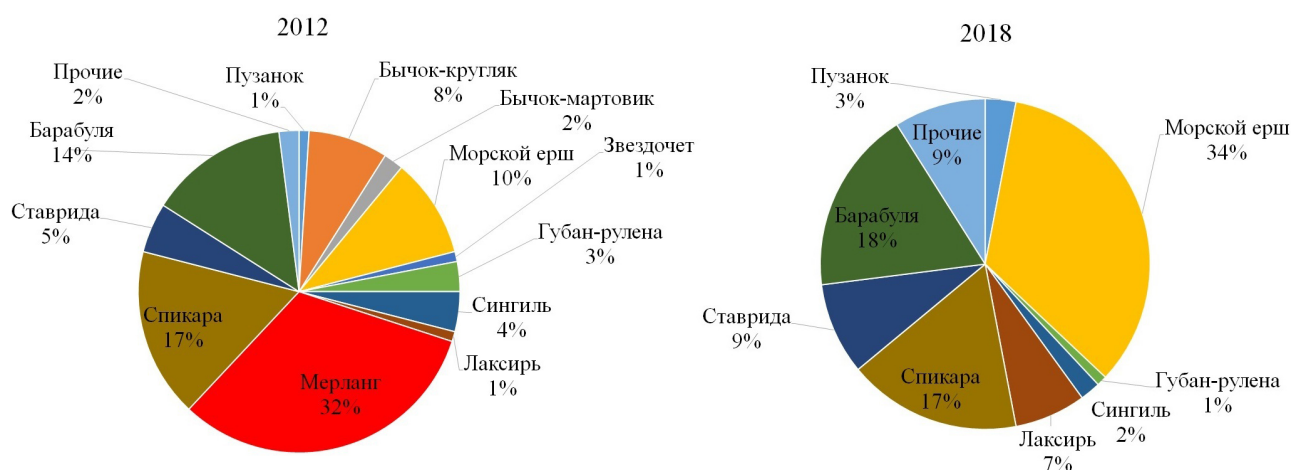


Рис. 5. Видовой состав рыб в прибрежных водах г. Севастополя в апреле — октябре 2012 и 2018 гг.
Fig. 5. Fish species composition in Sevastopol coastal waters in April – October 2012 and 2018

ОБСУЖДЕНИЕ

К настоящему времени установлено, что потепление климата оказывает влияние на динамику ихтиофауны и рыболовство в глобальных масштабах (Cheung et al., 2013).

Наиболее очевидным является тренд увеличения вылова теплолюбивых видов, что хорошо видно на примере Крымско-Черноморского промыслового района. Для уловов хамсы (рис. 6а), ставриды (рис. 6б) и барабули (рис. 6с) установлена заметная связь логарифма показателя объема вылова со значениями температуры поверхности моря, смещёнными на два года (примерный возраст полового созревания): у хамсы коэффициент линейной корреляции $r = 0,52$ при $p = 0,027$; у ставриды $r = 0,46$ при $p = 0,057$; у барабули $r = 0,57$ при $p = 0,013$. Таким образом, повышение доли теплолюбивых видов в уловах на фоне потепления климата может быть связано с улучшением условий воспроизводства и увеличением сроков нерестового и нагульного периода. Так, в настоящее время исследователи регистрируют изменение видового состава и численности ихтиоплankтона, характеризующееся увеличением доли ранних стадий летненерестующих теплолюбивых рыб — барабули, ставриды и хамсы (Надолинский и Надолинский, 2018). Повышение урожайности хамсы в российской части Чёрного моря отмечают и другие авторы (Дудкин и др., 2011; Зуев, 2019).

Вместе с ростом численности различных видов рыб можно наблюдать изменение внутривидовой структуры ихтиоценоза, а именно увеличение доли азовской формы хамсы (Кожурин и др., 2018). Это может быть связано с расширением её ареала в условиях роста солёности Азовского моря, что также сопряжено с климатическими изменениями.

Другое проявление влияния потепления вод — расширение и смещение ареалов тропических видов в высокие широты. В пределах Чёрного моря результатом этих процессов является интенсивное вселение видов из Средиземного моря. Так, в настоящее время количество чужеродных видов и подвидов ихтиофауны составляет 21 (Yankova et al., 2013); с учётом климатических тенденций можно заключить, что список будет расширяться.

Очевидно, влияние климатических изменений распространяется на все компоненты экосистемы, что закономерным образом отражается на составе и структуре ихтиоценозов. Хорошим примером может служить вселение хищного гребневика *Beroe ovata* Bruguère, 1789 в Чёрное море. В результате его инвазии существенно снизилась численность гребневика

Mnemiopsis leidyi A. Agassiz, 1865, что повлекло восстановление численности зоопланктона и пелагофильных рыб (Шиганова и др., 2003). Вероятны и другие, менее заметные изменения в особенностях пищевых взаимоотношений, в том числе среди нативных видов.

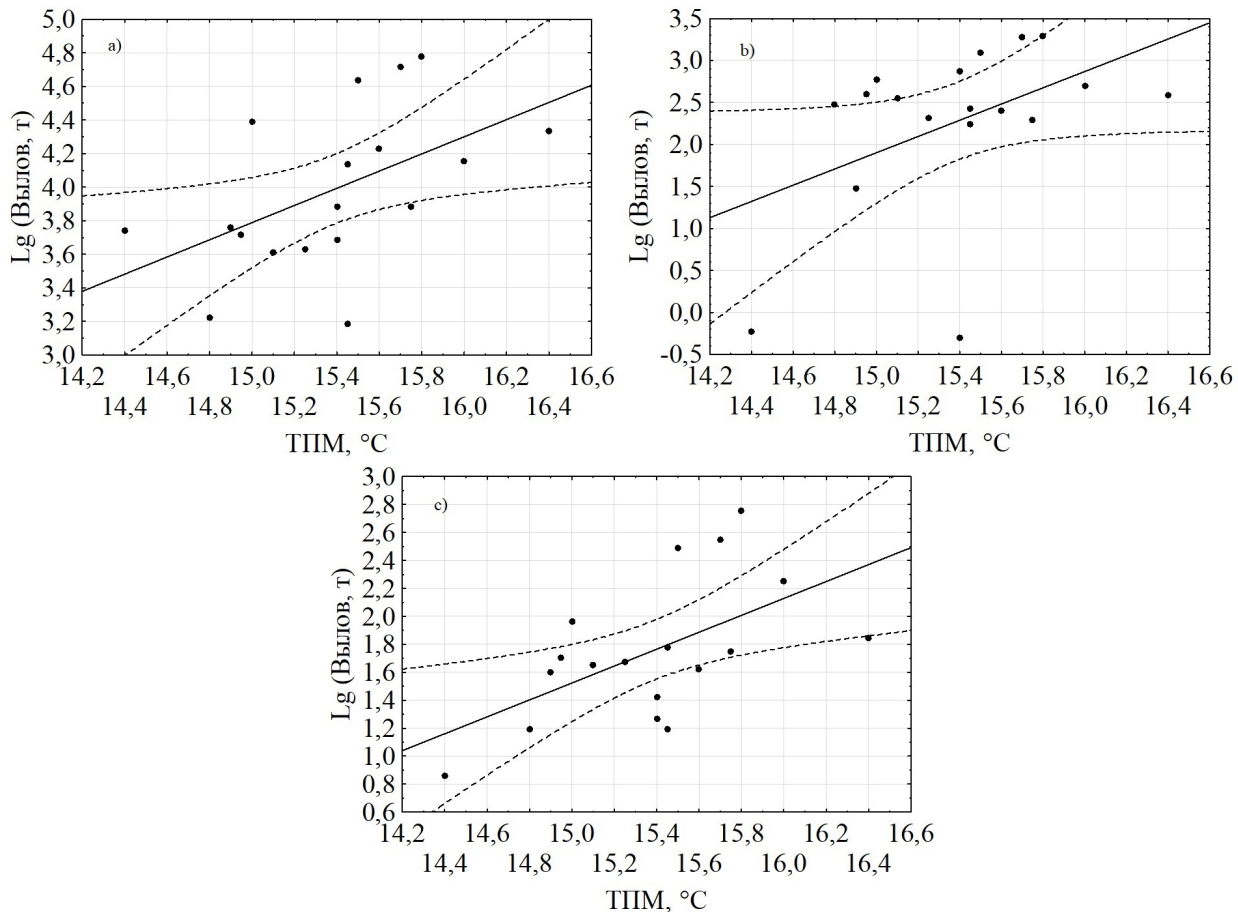


Рис. 6. Связь логарифма показателей вылова хамсы (а), ставриды (b) и барабули (с) и температуры поверхности моря (ТПМ) (Федеральное агентство по рыболовству, 2020), смещённой на два года

Fig. 6. Correlation between the logarithm of catch values of European anchovy (a), horse mackerel (b), and red mullet (c) and sea surface temperature (ТПМ) (Federal'noe agentstvo po rybolovstvu, 2020) shifted by two years

Влияние потепления на динамику численности и распространение холодолюбивых видов можно наблюдать и на примере мерланга. При снижении уловов в прибрежной акватории увеличивается его промышленный вылов тралами на глубине 50 м и более (Кожурин и др., 2018), что может свидетельствовать о вертикальном перераспределении его популяции. Данное обстоятельство, по всей видимости, также связано с климатическими изменениями, что подтверждают гидрологические наблюдения. Так, установлен многолетний рост глубины верхнего квазиоднородного слоя в тёплый период года. До 2000-х гг. толщина этого слоя в летний период составляла 6–8 м; после 2010 г. значения в среднем превышали 10 м (Кубряков и др., 2019).

Заключение. Динамика ихтиофауны и промышленный вылов в российской части Чёрного моря в XXI веке определяются минимум четырьмя процессами, напрямую или опосредованно сопряжёнными с потеплением вод:

- 1) улучшением условий воспроизводства и роста выживаемости икры и молоди теплолюбивых видов, таких как хамса, ставрида и барабуля;

- 2) изменением внутривидовой структуры, что наблюдается на примере хамсы;
- 3) вселением и натурализацией видов из Средиземного моря с последующим изменением характера пищевых взаимоотношений внутри экосистемы;
- 4) концентрацией холодолюбивых видов на больших глубинах.

Чтобы оценить последствия климатических процессов для сырьевой базы Чёрного моря и ихтиофауны в целом, следует проанализировать весь имеющийся массив научных наблюдений (гидрологические, гидробиологические, ихтиологические).

Работа выполнена в рамках государственного задания ЮНЦ РАН по теме 00-20-09 «Оценка современного состояния, анализ процессов формирования водных биоресурсов южных морей России в условиях антропогенного стресса и разработка научных основ технологии реставрации ихтиофауны, сохранения и восстановления хозяйственно-ценных видов рыб» (№ гос. регистрации 01201354245) и ФИЦ ИнБЮМ по теме «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана» (№ гос. регистрации 121030100028-0).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Азово-Черноморское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству : официальный сайт. Ростов-на-Дону, 2008. [Azovo-Chernomorskoe territorial'noe upravlenie Federal'nogo agentstva po rybolovstvu : official site. Rostov-on-Don, 2008. (in Russ.)]. URL: <http://www.rostov-fishcom.ru/otdely/oorr/docs/> [accessed: 01.12.2019].
2. Балыкин П. А. Водные биоресурсы Азово-Черноморского бассейна, их использование и изучение // *Рыбоводство и рыбное хозяйство*. 2014. № 8. С. 16–25. [Balykin P. A. Vodnye bioresursy Azovo-Chernomorskogo basseina, ikh ispol'zovanie i izuchenie. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaistvo*, 2014, no. 8, pp. 16–25. (in Russ.)]
3. Балыкин П. А., Болтнев А. И. Актуальные проблемы сохранения и использования водных биоресурсов // *Использование и охрана природных ресурсов России*. 2014. № 1. С. 35–39. [Balykin P. A., Boltnev A. I. Actual problems of conservation and use of marine biological resources. *Ispol'zovanie i okhrana prirodnykh resursov Rossii*, 2014, no. 1, pp. 35–39. (in Russ.)]
4. Балыкин П. А., Старцев А. В. Некоторые особенности биологии пиленгаса в Таганрогском заливе // *Труды ВНИРО*. 2017. Т. 166. С. 72–80. [Balykin P. A., Startsev A. V. Some biological parameters of haarder from the Taganrog Bay. *Trudy VNIRO*, 2017, vol. 166, pp. 72–80. (in Russ.)]
5. Гинзбург А. И., Костяной А. Г., Шеремет Н. А. Чёрное и Азовское моря: сравнительный анализ изменчивости температуры поверхности (1982–2009 гг., спутниковая информация) // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2011. Т. 8, № 4. С. 208–218. [Ginsburg A. I., Kostyanoi A. G., Sheremet N. A. The Black and Azov seas: Comparative analysis of surface temperature dynamics (1982–2009) according to satellite data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, vol. 8, no. 4, pp. 208–218. (in Russ.)]
6. Дбар Р. С., Гицба Я. В., Экба Я. А. Термический режим поверхностного слоя вод и окислительные процессы в прибрежной зоне сухумской акватории Чёрного моря // *Наука Юга России*. 2018. Т. 14, № 4. С. 53–60. [Dbar R. S., Gitsba Ya. V., Ekba Ya. A. Thermal regime of the water surface layer and oxidative processes in the coastal zone of the Sukhum area of the Black Sea. *Nauka Yuga Rossii*, 2018, vol. 14, no. 4, pp. 53–60. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.7868/S25000640180407>
7. Дроздов В. В. Многолетняя изменчивость рыбопромысловых ресурсов Чёрного моря: тенденции, причины и перспективы // *Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. 2011. № 21. С. 137–154. [Drozdov V. V. Mnogoletnyaya izmenchivost' rybopromyslovykh resursov Chernogo morya: tendentsii, prichiny i perspektivy. *Uchenye zapiski Rossiiskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*, 2011, no. 21, pp. 137–154. (in Russ.)]

8. Дудкин С. И., Реков Ю. И., Дахно В. Д., Саенко Е. М. Проблемы рационального использования промысловых ресурсов Азово-Черноморского бассейна // *Рыбохозяйственной науке России – 130 лет* : тез. докл. Всерос. конф., Сочи, 26–30 сентября 2011 г. Москва : Изд-во ВНИРО, 2011. С. 43–45. [Dudkin S. I., Rekov Yu. I., Dakhno V. D., Saenko E. M. Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya promyslovykh resursov Azovo-Chernomorskogo basseina. In: *Rybokhozyaistvennoi nauke Rossii – 130 let* : tez. dokl. Vseros. konf., Sochi, 26–30 September, 2011. Moscow : Izd-vo VNIRO, 2011, pp. 43–45. (in Russ.)]
9. Заика В. Е. *Черноморские рыбы и летопись их промысла*. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. 118 с. [Zaika V. E. *Chernomorskije ryby i letopis' ikh promysla*. Sevastopol : EKOSI-Gidrofizika, 2008, 118 p. (in Russ.)]
10. Зуев Г. В. Современное состояние популяции хамсы *Engraulis encrasicolus* (L.) (Pisces: Engraulidae), зимующей у побережья Восточного Крыма и Северного Кавказа // *Морской биологический журнал*. 2019. Т. 4, № 3. С. 56–68. [Zuyev G. V. Modern state of the population of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* (L.) (Pisces: Engraulidae) wintering off the coast of the eastern Crimea and the North Caucasus. *Morskoj biologicheskij zhurnal*, 2019, vol. 4, no. 3, pp. 56–68. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.21072/mbj.2019.04.3.06>
11. Кожурин Е. А., Шляхов В. А., Губанов Е. П. Динамика уловов промысловых рыб Крыма в Чёрном море // *Труды ВНИРО*. 2018. Т. 171. С. 157–169. [Kozhurin E. A., Shlyakhov V. A., Gubanov E. P. Dinamika ulovov promyslovykh ryb Kryma v Chernom more. *Trudy VNIRO*, 2018, vol. 171, pp. 157–169. (in Russ.)]
12. Конвенция ООН по морскому праву : [сайт]. [Konventsiya OON po morskomu pravu : [site]. (in Russ.)]. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/lawsea.shtml [accessed: 01.12.2019].
13. Кубряков А. А., Белокопытов В. Н., Зацепин А. Г., Станичный С. В., Пиотух В. Б. Изменчивость толщины перемешанного слоя в Чёрном море и её связь с динамикой вод и атмосферным воздействием // *Морской гидрофизический журнал*. 2019. Т. 35, № 5. С. 449–468. [Kubryakov A. A., Belokopytov V. N., Zatsyepin A. G., Stanichny S. V., Piotukh V. B. The Black Sea mixed layer depth variability and its relation to the basin dynamics and atmospheric forcing. *Morskoj gidrofizicheskij zhurnal*, 2019, vol. 35, no. 5, pp. 449–468. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2019-5-449-468>
14. Куманцов М. И., Кузнецова Е. Н., Лапшин О. М. Комплексный подход к организации российского рыболовства на Чёрном море // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 5. С. 290–302. [Kumantsov M. I., Kuznetsova E. N., Lapshin O. M. Kompleksnyi podkhod k organizatsii rossiiskogo rybolovstva na Chernom more. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2012, no. 5, pp. 290–302. (in Russ.)]
15. Куранова И. И., Моисеев П. А. *Промысловая ихтиология и сырьевая база рыбной промышленности*. Москва : Пищевая промышленность, 1973. 152 с. [Kuranova I. I., Moiseev P. A. *Promyslovaya ikhtiologiya i syr'evaya baza rybnoi promyshlennosti*. Moscow : Pishchevaya promyshlennost', 1973, 152 p. (in Russ.)]
16. Луц Г. И., Надолинский В. П., Дахно В. Д., Рогов С. Ф., Кузнецов С. А., Филатов О. В. Состояние ихтиофауны и сырьевая база промысла на черноморском шельфе России в современный период // *Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоёмов Азово-Черноморского бассейна* : сб. науч. тр. (2002–2003 гг.). Ростов-на-Дону : Эверест, 2004. С. 86–102. [Luts G. I., Nadolinskii V. P., Dakhno V. D., Rogov S. F., Kuznetsov S. A., Filatov O. V. Sostoyanie ikhtiofauny i syr'evaya baza promysla na chernomorskom shel'fe Rossii v sovremennyi period. In: *Osnovnye problemy rybnogo khozyaistva i okhrany rybokhozyaistvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseina* : sb. nauch. tr. (2002–2003). Rostov-on-Don : Everest, 2004, pp. 86–102. (in Russ.)]
17. Макоедов А. Н. *Научные основы рыболовства* : учебное пособие. Москва : Медиа М, 2014. 464 с. [Makoedov A. N. *Nauchnye osnovy rybolovstva* : uchebnoe posobie. Moscow : Media M, 2014, 464 p. (in Russ.)]
18. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. [Аналитика] : [сайт]. [Ministry of Agriculture of the Russian

- Federation. [Analytics]* : [site]. (in Russ.). URL: <http://mcx.ru/analytics/> [accessed: 01.12.2019].
19. Надолинский В. П., Надолинский Р. В. Изменения в видовом составе и численности ихтиопланктона Азовского и северо-восточной части Чёрного морей за период 2006–2017 гг. под воздействием природных и антропогенных факторов // *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2018. Т. 1, № 1. С. 51–66. [Nadolinskii V. P., Nadolinskii R. V. Changes in species composition and abundance of ichthyoplankton in the Azov Sea and north-eastern Black Sea during 2006–2017 under conditions of natural and anthropogenic factors. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya*, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 51–66. (in Russ.)]. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2018_1_1_51
 20. Надолинский В. П. *Структура и оценка запасов водных биоресурсов в северо-восточной части Чёрного моря* : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.32. Краснодар, 2004. 28 с. [Nadolinskii V. P. *Struktura i otsenka zapasov vodnykh bioresursov v severo-vostochnoi chasti Chernogo morya* : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.00.32. Krasnodar, 2004, 28 p. (in Russ.)]
 21. Рыбак О. О., Рыбак Е. А. Климатические изменения в Черноморском регионе и разработка стратегии его устойчивого развития // *Научный журнал КубГАУ*. 2013. № 90 (06). С. 1–36. [Rybak O. O., Rybak E. A. Climatic changes in the Black Sea region and elaboration of strategy for its sustainable development. *Nauchnyi zhurnal KubGAU*, 2013, no. 90 (06), pp. 1–36. (in Russ.)]. <http://ej.kubagro.ru/2013/06/pdf/16.pdf>
 22. *Состояние биологических ресурсов Чёрного и Азовского морей (справочное пособие)*. Керчь : Изд-во ЮГНИРО, 1995. 64 с. [*State of Biological Resources of the Black and Azov Seas (Reference Book)*. Kerch : Izd-vo YugNIRO, 1995, 64 p. (in Russ.)]
 23. Торопов П. А., Алешина М. А., Семенов В. А. Тенденции изменений климата Черноморско-Каспийского региона за последние 30 лет // *Вестник Московского университета. Серия 5 «География»*. 2018. № 2. С. 67–77. [Tropov P. A., Aleshina M. A., Semenov V. A. Trends of climate change in the Black Sea – Caspian Sea region during recent 30 years. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5 "Geografiya"*, 2018, no. 2, pp. 67–77. (in Russ.)]
 24. Федеральное агентство по рыболовству [Освоение рекомендованных объёмов вылова] : [сайт]. [*Federal'noe agentstvo po rybolovstvu [Osvoenie rekomendovannykh ob'emov vylova]*] : [site]. (in Russ.). URL: <http://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/organizatsiya-rybolovstva/osvoenie-rekomendovannykh-ob-emov-vylova> [accessed: 01.12.2019].
 25. Шиганова Т. А., Мусаева Э. И., Булгакова Ю. В., Мирзоян З. А., Мартынюк М. Л. Гребневики-вселенцы *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) и *Beroe ovata* Mayer, 1912 и их воздействие на пелагическую экосистему северо-восточной части Чёрного моря // *Известия Российской академии наук. Серия биологическая*. 2003. № 2. С. 225–235. [Shiganova T. A., Musaeva E. I., Bulgakova Yu. V., Mirzoyan Z. A., Martynyuk M. L. Invaders stenophores *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) and *Beroe ovata* Mayer, 1912, and their influence on the pelagic ecosystem of northeastern Black Sea. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya biologicheskaya*, 2003, no. 2, pp. 225–235. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.1023/A:1023249508158>
 26. Шляхов В. А., Шляхова О. В., Надолинский В. П., Перевалов О. А. Промысловые биологические показатели рыболовства для важнейших распределённых запасов водных биоресурсов Чёрного моря как основа их регионального оценивания // *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2018. Т. 1, № 1. С. 86–103. [Shlyakhov V. A., Shlyakhova O. V., Nadolinskii V. P., Perevalov O. A. Fishery and biological parameters of the fisheries targeting the most important shared stocks of aquatic bioresources of the Black Sea as a basis for their regional assessment. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya*, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 86–103. (in Russ.)]. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2018_1_1_86
 27. *Black Sea Fish Check List [A Publication of the Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution]* / compl. M. Yankova : [site]. URL: http://www.blacksea-commission.org/_publ-BSFishList.asp [accessed: 01.12.2019].
 28. Cardinale M., Aydin I., Chashchyn O., Colloca F., Dagtekin M., Daskalov G., Demirel N., Genc Y., Georgieva I., Leonchik Y., Mikeladze R.,

- Murenu M., Musumeci C., Panayotova M., Radu G., Shlyakhov V., Ustundag E., Yankova M., Zengin M. *Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) – Stock Assessments in the Black Sea (STECF-17-14)*. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2017, 496 p.
29. Cheung W. W. L., Watson R., Pauly D. Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature*, 2013, vol. 497, no. 7449, pp. 365–368. <https://doi.org/10.1038/nature12156>
30. Sakalli A., Başusta N. Sea surface temperature change in the Black Sea under climate change: A simulation of the sea surface temperature up to 2100. *International Journal of Climatology*, 2018, vol. 38, iss. 13, pp. 4687–4698. <https://doi.org/10.1002/joc.5688>
31. Tsikliras A. C., Dinouli A., Tsiros V.-Z., Tsalkou E. The Mediterranean and Black Sea fisheries at risk from overexploitation. *PLoS ONE*, 2015, vol. 10, iss. 3, art. no. e0121188 (19 p.). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121188>
32. Yankova M., Pavlov D., Ivanova P., Karpova E., Boltachev A., Bat L., Muammer O., Mgeladze M. Annotated check list of the non-native fish species (Pisces) of the Black Sea. *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*, 2013, vol. 19, no. 2, pp. 247–255.
33. Zaitsev Yu. P., Alexandrov B. G., Berlinsky N. A., Zenetos A. *Seas Around Europe: The Black Sea: An Oxygen-poor Sea. Europe's Biodiversity: Biogeographical Regions and Seas*. Copenhagen : European Environment Agency, 2002, [23] p. (EEA Report no. 1/2002).

FISHING UNDER CLIMATE CHANGE: DYNAMICS OF COMPOSITION AND STRUCTURE OF CATCHES IN THE RUSSIAN BLACK SEA IN THE XXI CENTURY

P. A. Balykin¹, D. N. Kutsyn², and A. V. Startsev^{1,3}

¹Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation

²A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation

³Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

E-mail: balykin.pa@rambler.ru

Currently, the Black Sea ecosystem is undergoing significant changes, and that affects the dynamics of the species composition of catches. The main reasons for the change in the Black Sea ichthyofauna are considered to be: fishing, anthropogenic water pollution, invasion of new species, and the effect of large-scale climatic and related oceanological and hydrological processes on the productivity characteristics of commercial Black Sea fish. With no understanding the patterns of the effect of these factors on ichthyofauna, it is impossible to rationally use bioresources and protect nature. The aim of the work was to study the effect of climate warming on the species composition and structure of catches in the Russian Black Sea in the XXI century. The authors had used: the results of own ichthyological observations; data published on the composition of the Black Sea catches; and the information available on the official websites of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, the Federal Agency for Fishery, and its Sea of Azov – Black Sea Territorial Administration. The analysis of the possible effect of global warming on the results of fishing in the Russian Black Sea was carried out. It is shown that in the XXI century, the ratio of thermophilic fish, which spawn in the summer, increased; those species are European anchovy *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758), red mullet *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758, and horse mackerel *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868). As established, the dynamics of the ichthyofauna in the area is determined by at least four processes related to water warming: improvement of reproduction conditions and increased survival of eggs and juveniles of thermophilic species; change in the intraspecific structure; invasion and naturalization of Mediterranean species with the subsequent change in the food relationships within the ecosystem; and concentration of psychrophilic species at greater depths. The need for a thorough study of this issue is concluded, aimed at long-term forecasting of the raw material base state of the fishing industry in the Russian Black Sea.

Keywords: global warming, fishery, Black Sea, European anchovy, *Engraulis encrasicolus*, European sprat, *Sprattus sprattus*, red mullet, *Mullus barbatus*, horse mackerel, *Trachurus mediterraneus*