



Среда обитания водных биологических ресурсов

Многолетние изменения океанографических факторов осенней миграции черноморской хамсы к берегам Крыма по данным с ИСЗ в 2000–2021 годах

Б.Н. Панов^{1,2}, С.С. Смирнов¹, Е.О. Спиридонова²

¹ Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») ул. Береговая, 21 в, Ростов-на-Дону, 344002

² Керченский государственный морской технологический университет (ФГБОУ ВО «КГМТУ»), ул. Орджоникидзе, 82, г. Керчь, 298300

E-mail: panov_bn@mail.ru

Целью работы является анализ многолетних изменений океанографических показателей в юго-восточном районе северо-западной части Чёрного моря в ноябре-декабре 2000–2021 гг., определяющих активность миграции и результативность промысла черноморской хамсы у берегов Крыма.

Используемые материалы и методы: в работе использовались данные промысловой статистики, данные информационной системы Copernicus Marine Service по спутниковой альтиметрии и поверхностной температуре вод у западных берегов Крымского п-ова в ноябре-декабре периода 2000–2021 гг., графические и статистические методы анализа этих данных.

Новизна: элементом новизны в работе является использование океанографических данных с ИСЗ в исследовании поведения черноморской хамсы и многолетних изменений её вылова у берегов Крыма.

Результат: в рассматриваемый период очевидна тенденция увеличения вылова черноморской хамсы у берегов Крыма. Основными причинами активизации осенней миграции черноморской хамсы к берегам Крыма являются многолетнее увеличение температуры поверхности моря и усиление юго-восточных течений к западу от Крымского п-ова.

Практическая значимость: выявленные причины массовых осенних подходов черноморской хамсы к берегам Крыма позволяют надеяться на возможности их использования в прогнозировании результатов хамсовых путин в Крымском промысловом районе, а также дают основания для продолжения исследований с особым вниманием к мониторингу появления черноморской хамсы на крымском шельфе.

Ключевые слова: шельф Крыма, черноморская хамса, вылов, альтиметрические данные, температура поверхности моря, многолетние изменения, прогноз вылова.

Multiyear changes in oceanographic factors of the autumn migration of the Black Sea anchovy to the shores of Crimea from satellite data in 2000–2021

Boris N. Panov^{1,2}, Sergey S. Smirnov¹, Elena O. Spiridonova²

¹ Azov-Black Sea branch of VNIRO («AzNIIRKH»), 21b, Beregovaya st., Rostov-on-Don, 344002, Russia

² Kerch State Maritime Technological University («KSMTU»), 82, Ordzhonikidze st., Kerch, 298300, Russia

The purpose of this work is to analyze long-term changes in oceanographic indicators in the southeastern area of the northwestern Black Sea in November-December 2000–2021, which determine the migration activity and fishery performance of the Black Sea hammerhead off the coast of Crimea.

Materials and methods used: The fishery statistics, data of information system Copernicus Marine Service of satellite altimetry and surface temperature of waters near the western coast of the Crimean Peninsula in November-December 2000–2021, graphic and statistical methods of the analysis of these data were used in work.

Novelty: The element of novelty in the work is the use of oceanographic satellite data in the study of the behaviour of the Black Sea anchovy and long-term changes in its catch off the coast of Crimea.

Result: During the period under consideration, the tendency of catch increase of the Black Sea anchovy off the Crimean coast is obvious. The main reasons for the activation of the autumn migration of the Black Sea anchovy to the shores of Crimea is a multi-year increase in sea surface temperature and the strengthening of south-eastern currents to the west of the Crimean Peninsula.

Practical significance: The revealed causes of the mass autumn approaches of the Black Sea anchovy to the Crimean coast allow hoping for possibilities of their use in forecasting the results of the Black Sea anchovy fishing in the Crimean fishing area, and also give grounds for continuing research with special attention to monitoring of the Black Sea anchovy occurrence on the Crimean shelf.

Keywords: Crimean shelf, Black Sea hairtail, catches, altimetric data, sea surface temperature, long-term changes, catch forecast.

ВВЕДЕНИЕ

Европейский анчоус, или хамса, относится к числу наиболее массовых видов рыб в Азово-Черноморском бассейне и активно вылавливается всеми причерноморскими странами. В Азово-Черноморском бассейне европейский анчоус представлен как азовским – *Engraulis encrasicolus maeoticus* Pusanov, 1926 (азовская хамса), так и черноморским – *Engraulis encrasicolus ponticus* Aleksandrov, 1927 (черноморская хамса) подвидами, являющимися двумя разными единицами запаса. Современное состояние черноморской хамсы относительно стабильное, её биомасса оценивается в 700–800 тыс. т, рекомендуемый вылов – 200 тыс. т [Зуев и др., 2014].

Основная часть нерестового запаса черноморской хамсы и продуцируемого ею потомства распределяется в придунайском районе северо-западной части Чёрного моря, а традиционными районами образования её зимовальных скоплений являются прибрежные воды Турции и юго-восток Чёрного моря. В отдельные годы черноморская хамса массово зимует и у побережья Крыма. В период 2000–2017 гг. массовая зимовка черноморской хамсы в водах Крыма отмечалась в 2003 и 2011–2012 гг. [Кожурин и др., 2018]. Поэтому значительный научный и практический интерес вызывают условия, создавшие предпосылки активной осенней миграции и зимовки черноморской хамсы в крымском промысловом районе в 2019, 2020 и 2021 гг. Осенью 2019 г. подход черноморской хамсы на зимовку к берегам Крыма был самым массовым за всю историю наблюдений, а её вылов в путину 2019–2020 гг. в Крымском районе (около 18 тыс. т) – беспрецедентно высоким.

Исследования океанографических условий в северо-западной части Чёрного моря в ноябре и декабре 2019 и 2020 гг. [Панов и др., 2022] позволили предположить, что основными факторами, определившими нетрадиционное направление миграции значительной массы черноморской хамсы, были восточные течения и относительно высокие значения температуры воды на юго-востоке северо-западной части моря.

Происходящие значительные быстрые изменения климата, по всей видимости, привели к изменениям вектора осенней миграции черноморской хамсы. Поэтому, целью данного исследования является анализ многолетних изменений океанографических показателей юго-восточного района северо-западной части Чёрного моря в ноябре-декабре 2000–2021 гг., определяющих активность осенней миграции черноморской хамсы к берегам Крыма, а также связи этих изменений с её выловом в Крымском промысловом районе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа изменений вылова черноморской хамсы (В, т) привлечены данные промысловой статистики за 2000–2017 гг., а также ежедневная информация ФГБУ «Центр системы мониторинга рыболовства и связи» (ЦСМС) с октября 2017 г. по апрель 2022 г. По данным базы ЦСМС исследовались ежедневные промысловые нагрузки (суточный вылов) и сведения о районе работы каждого судна.

Для оценки характера циркуляции вод в северо-западной части Чёрного моря использовались данные об уровне моря, которые характеризуют поверхностные геострофические течения и достаточно точно определяются современными альтиметрами ИСЗ [Кныш и др., 2008]. Данные по аномалиям уровня моря (А, см) и температуре его поверхности (ТПМ, °С) были получены с помощью информационной системы Copernicus Marine Service для акватории северо-западной части Чёрного моря за ноябрь и декабрь 2000–2021 гг.

Для получения данных по аномалиям уровня был использован программный продукт «Sea Surface Heights and Derived Variables Reprocessed», который содержит значения «А» в узлах сетки с шагом 0,125°. Данные получены на основе спутниковой альтиметрии относительно среднего значения за период 1993–2012 гг. и рассчитаны методом оптимальной интерполяции с использованием альтиметрических данных спутников: Jason-3, Sentinel-3A, HY-2A, Saral/AltiKa, Cryosat-2, Jason-2, Jason-1, T/P, ENVISAT, GFO, ERS1/2. Указанные данные обрабатывались системой анализа спутниковых альтиметрических данных DUACS, которая традиционно используется для оперативных расчётов и формирования каталогов данных.¹ Для получения данных по температуре поверхности моря был использован программный продукт «Black Sea – High Resolution L4 Sea Surface Temperature Reprocessed». Этот продукт состоит из ежедневных (ночных), оптимально интерполированных спутниковых оценок базовой температуры поверхности моря в узлах сетки с разрешением 0,05°.²

Все вышеописанные массивы данных были загружены с сайта информационной системы Copernicus Marine Service в формате NetCDF. Далее, для формирования выборок по пространственным и времен-

¹ Sea Surface Heights and Derived Variables Reprocessed // E.U. Copernicus Marine Service Information. https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/SEALEVEL_EUR_PHY_L4_MY_008_068/INFORMATION20.02.2023.

² Black Sea – High Resolution L4 Sea Surface Temperature Reprocessed // E.U. Copernicus Marine Service Information. https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/SST_BS_SST_L4_REP_OBSERVATIONS_010_022/INFORMATION20.02.2023.

ным критериям, они были обработаны в вычислительной среде JupyterLab на программной платформе Anaconda Individual Edition и сохранены в формате TXT для последующего анализа и визуализации.

Для исследования многолетних изменений ТПМ, зональной и меридиональной компонент геострофических течений у западного побережья Крыма были использованы средние месячные значения данных в узлах сетки, указанных на рис. 1.

Эти точки были выбраны для анализа временной изменчивости ТПМ и характеристик течений в акватории миграции черноморской хамсы перед выходом её на шельф Крыма с учётом структуры средних многолетних полей ноября и декабря за 2000–2018 гг., а также – средних месячных полей ноября и декабря 2019 г. [Панов и др., 2022].

Данные указанных океанографических массивов использовались, как и ранее в работе [Панов и др., 2022], в виде показателей:

– $\Delta A1-3$ и $\Delta A4-5$ – меридиональные составляющие наклона уровня поверхности моря, соответственно, для северо-западной и юго-восточной частей исследуемой акватории;

– $\Delta A4-3$ – зональная компонента наклона уровня между соответствующими точками;

– ТПМ в точках 2–5;

– $\Delta TPM3-2$ – разница ТПМ открытых и шельфовых вод у западных берегов Крыма;

– $\Delta TPM4-5$ – разница ТПМ шельфовых вод и вод в зоне ОЧТ к юго-западу от Крыма.

Положительные значения показателей меридиональной компоненты наклона уровня моря соответ-

ствуют западной компоненте геострофических течений, отрицательные – восточной. Положительные значения показателя зональной компоненты наклона уровня моря соответствуют северной компоненте геострофических течений, отрицательные – южной.

В работе использовались графические и статистические методы анализа многолетних изменений средних месячных значений указанных показателей за ноябрь и декабрь 2000–2021 гг. с линейным и полиномиальным (шестой степени) сглаживанием.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Многолетние изменения вылова черноморской хамсы у берегов Крыма

Ретроспективная промысловая статистика свидетельствует о том, что промысел черноморской хамсы у берегов Крыма вёлся нерегулярно и с относительно небольшим выловом. Поэтому единой признанной методики учёта выловленной здесь черноморской хамсы не было. Многолетний учёт вёлся с использованием различных методов его выделения из общего вылова и, как правило, за календарный год, а не за промысловый сезон (путину).

График на рис. 2а представляет собой результат анализа ретроспективной информации о промысле (с учётом распределения) черноморской хамсы в крымских водах из фондовых материалов ЮгНИРО, статистических сведений о вылове черноморской хамсы в водах Крыма к западу от меридиана, проходящего через м. Сарыч, предоставляемых Азо-

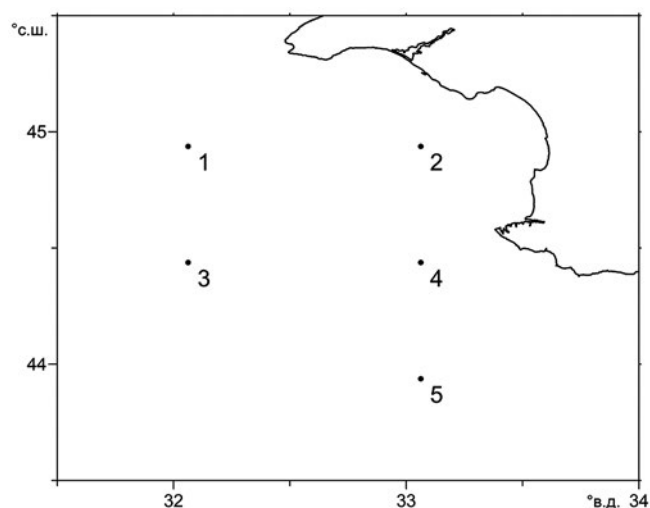


Рис. 1. Узлы сетки спутниковых данных, в которых использовалась ежедневная информация об аномалиях уровня и температуре поверхности моря в северо-западной части Чёрного моря за ноябрь-декабрь 2000–2021 гг.

Fig. 1. Satellite data grid nodes using daily sea level and sea surface temperature anomalies in the northwest Black Sea for November-December 2000–2021

во-Черноморским территориальным управлением Росрыболовства за календарный год периода с 2000 по 20017 гг. [Кожурин и др., 2018], и данных ЦСМС за 2019–2021 гг.

Промысловая информация, представленная на рис. 2 б, характеризует вылов хамсы в течение одного промыслового сезона (путины) с 2000 по 2011 гг. [Зуев и др., 2014]. Район сбора данных в этом случае охватывал шельфовую зону Крымского п-ова от м. Тарханкут на северо-западе до м. Меганом на востоке. В указанном исследовании может быть учтён и вылов азовской хамсы. Данные за 2019–2021 гг. также были определены по материалам ЦСМС.

В период с 2014 по 2018 гг. вылова черноморской хамсы у берегов Крыма практически не было. Причиной этого, по нашему мнению, стало появление у крымских рыбаков возможности вести промысел азовской хамсы в Керченско-Кубанском промысло-

вом районе. С четвёртого квартала 2019 г., в условиях сокращения запаса азовской хамсы, внимание крымских рыбаков к черноморской хамсе, мигрирующей осенью к берегам Крыма, возросло. Этому способствовало и появление в последние годы на крымском шельфе значительных скоплений зимующей черноморской хамсы [Стафикопуло и др., 2022]. В результате, вылов российскими рыбаками черноморской хамсы увеличился в 2 раза (см. рис. 2).

Учитывая различия в имеющихся данных, корректно выделить годы и путины со значительными уловами черноморской хамсы, по нашему мнению, невозможно. Поэтому к представленным на графиках значениям (особенно за период 2014–2018 гг.) следует относиться как к условным ориентирам. В то же время можно выделить сравнительно успешные периоды промысла черноморской хамсы в водах Крыма (2002–2003 гг., 2009–2012 гг. и 2019–2021 гг.)

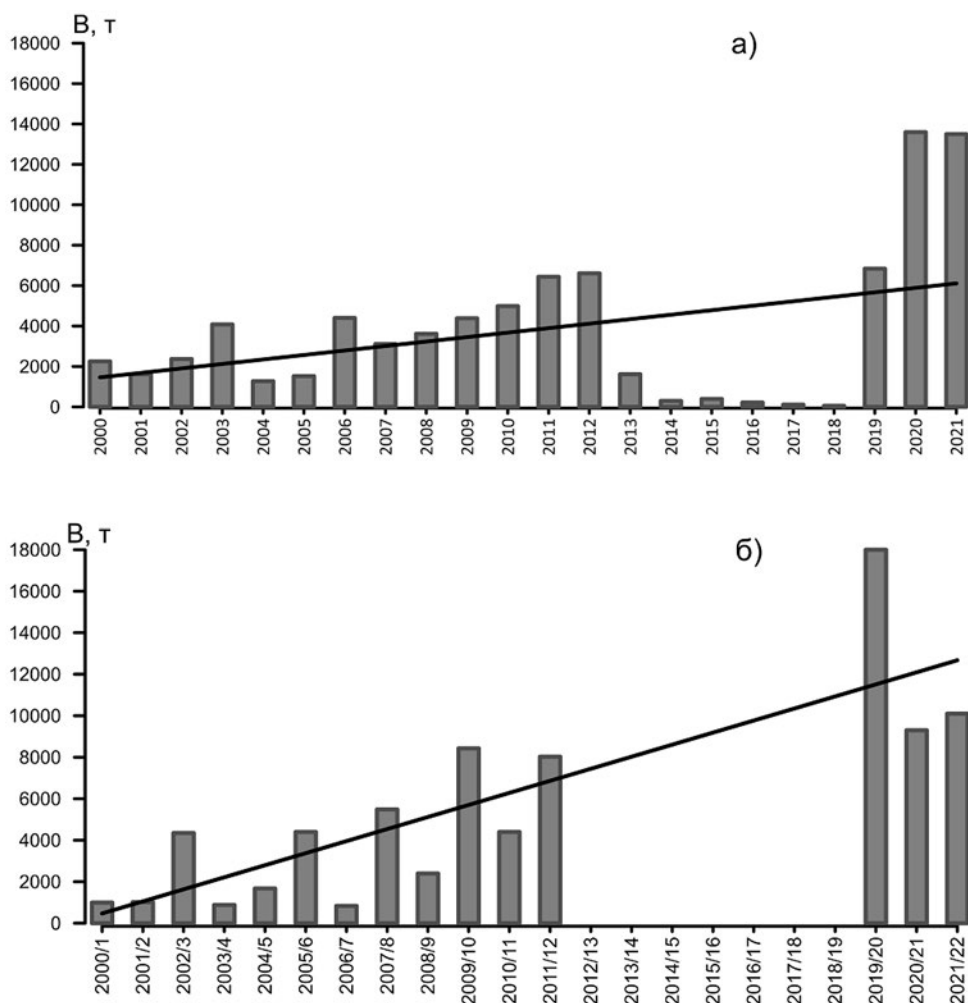


Рис. 2. Вылов черноморской хамсы за календарные годы (а) и по промысловым сезонам (б) с тенденцией его увеличения с 2000 по 2021 гг. (указание на источники данных – в тексте)

Fig. 2. Catches of Black Sea anchovy for calendar years (a) and by fishing season (b) with a trend from 2000 to 2021 (citing data sources in the text)

и предположить, что условия для массового осеннего подхода черноморской хамсы к Крыму в эти периоды были более благоприятными. При этом, на обоих графиках рис. 2 очевидна тенденция увеличения вылова.

Ввиду значительных колебаний запасов черноморской хамсы, зимующей у берегов Крыма, уловы за путину менее стабильны, чем показатели календарного года и тенденция многолетнего увеличения вылова в этом случае более выражена (см. рис. 2). Очевидно, что при исследовании причин активной осенней миграции хамсы к берегам Крыма следует, прежде всего, использовать данные вылова за путину.

Многолетние изменения океанографических показателей ноября и декабря в юго-восточном районе северо-западной части Черного моря

Анализ научной литературы, соответствующей решению поставленной задачи, показывает, что в климатическом аспекте в северо-западной части Чёрного моря в холодное время года граница между шельфовыми водами и открытым морем представляет собой ярко выраженный термический фронт. Акватория, прилегающая к юго-западному Крыму, характеризуется минимальной (16 °C) амплитудой сезонных колебаний температуры поверхности моря. Это обусловлено тем, что зимнее охлаждение смягчается адвекцией тёплых вод от Кавказского побережья [Ильин и др., 2012]. В общей схеме циркуляции вод в Чёрном море характерно ослабление Основного черноморского течения (ОЧТ) к октябрю-ноябрю и его усиление зимой. Генеральное направление переноса морских вод с востока на запад в южной части северо-западного района моря нарушается присутствием здесь, преимущественно, двух антициклонических вихревых образований, наиболее интенсивных в осенне-зимний период [Кныш и др., 2008]. В центральной и восточной части района система течений формируется в процессе взаимодействия ОЧТ и Севастопольского антициклонического вихря [Иванов, Белокопытов, 2011].

Многолетние изменения температурных и динамических характеристик верхнего слоя вод Чёрного моря по данным наблюдений свидетельствуют о наличии тенденции увеличения температуры поверхности моря, в наибольшей степени выраженной после 1993 г. [Гинзбург и др., 2011]. Также после 2002 г. значительно возросла интенсивность черноморских течений, максимум средней кинетической энергии которых сместился в 2003–2010 гг. с декабря-января на февраль, увеличилась вихревая кинетическая энергия течений [Ильин и др., 2012].

Проведённые численные эксперименты по моделированию динамики Чёрного моря с ассимиляцией двух разных климатических массивов температуры и солёности показали потепление верхнего слоя вод, интенсификацию ОЧТ и антициклонических вихрей в последние 30 лет [Маркова и др., 2021].

Ниже представлены результаты анализа использованных нами данных. На рис. 3 размещены гистограммы изменений в ноябре и декабре показателей зональных течений в северо-западном и юго-восточном подрайонах исследуемой акватории.

Прежде всего, отметим, что все четыре показателя имеют отрицательный временной тренд, что соответствует многолетнему усилению восточных течений, способствующих активной осенней миграции черноморской хамсы к берегам Крыма. В наименьшей степени этот тренд выражен в декабрьском показателе северо-западного подрайона (рис. 3 а). Здесь линия тренда близка к горизонтальной и, практически, не переходит в область отрицательных значений. Три других показателя, начинаясь в области положительных значений, к концу рассматриваемого периода переходят в отрицательную область, что означает замену преобладания западных течений на преобладание восточных. В наибольшей степени это характерно для декабрьского показателя юго-восточного подрайона (рис. 3 б).

У трёх показателей с существенным трендом линии полиномиального сглаживания указывают на активизацию восточных течений в периоды 2001–2003 гг., 2009–2012 гг. и 2017–2020 гг. Эти колебания согласуются с многолетними изменениями вылова черноморской хамсы на шельфе Крыма. Линия полиномиального сглаживания декабрьского показателя для северо-западного подрайона не согласуется с указанной тенденцией. Это позволяет предположить, что в декабре северо-западный подрайон оказывается в иной более динамичной зоне, в отличие от юго-восточного подрайона, который, находясь в зоне влияния ОЧТ, оказывается более инертным и сохраняет характер зональной циркуляции вод, установившийся в ноябре. Эта особенность увеличивает роль ноябрьской циркуляции вод в юго-восточном подрайоне в осенней миграции черноморской хамсы.

В многолетних изменениях показателя меридиональной составляющей геострофических течений ($\Delta A_4 - 3$) присутствует тренд ослабления северных течений, причём, более выраженный в ноябре (рис. 4). Линия полиномиальной аппроксимации изменений ноябрьского показателя также более адекватна изменениям вылова.

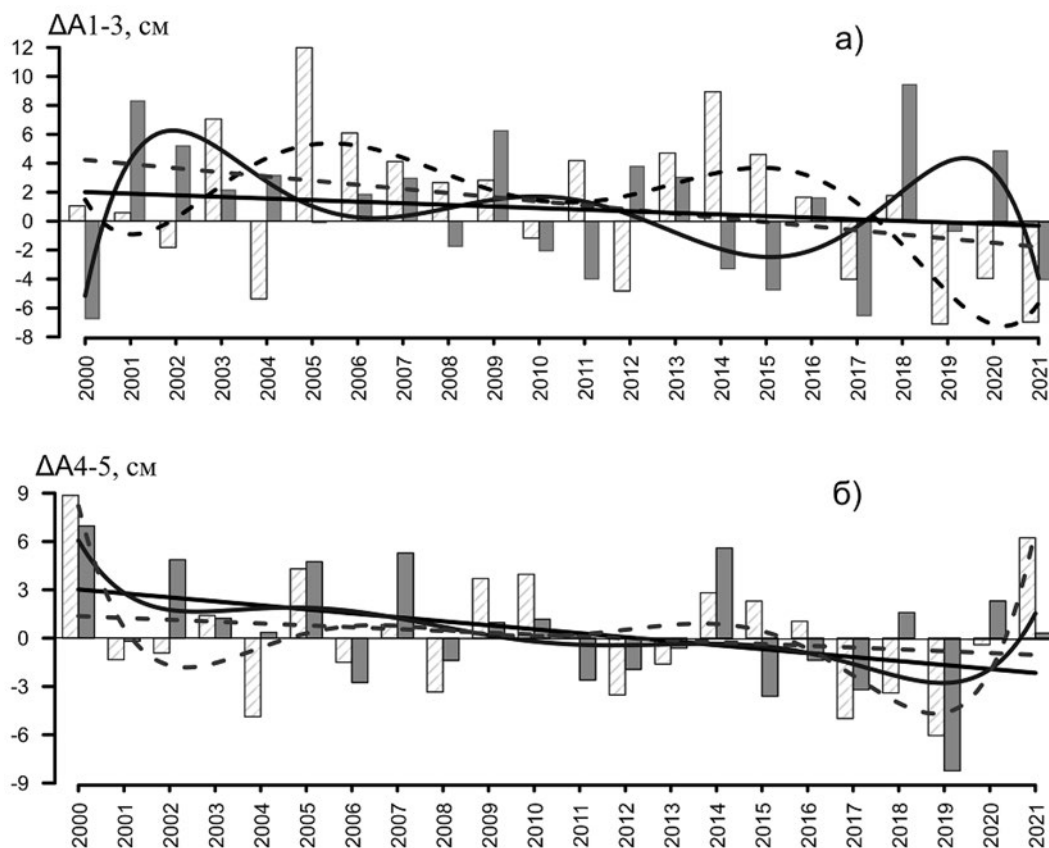


Рис. 3. Многолетние изменения показателей зональной составляющей геострофических течений (с полиномиальной и линейной аппроксимациями) в юго-восточном районе северо-западной части Чёрного моря: а) ΔA1–3 – северо-западный подрайон; б) ΔA4–5 – юго-восточный подрайон; ноябрь (светлый график и пунктир), декабрь (тёмный и сплошная линия)

Fig.3. Multiyear changes in the zonal component of geostrophic currents (with polynomial and linear approximations) in the southeastern area of the northwestern Black Sea; а) ΔA1–3 – northwest sub-area; б) ΔA4–5 – southeast sub-area; November (light graph and dashed line), December (dark and solid line)

Учитывая вышеизложенные факты, можно утверждать, что наиболее важными для осенней миграции черноморской хамсы являются геострофические течения ноября (как зональная, так и меридиональная составляющие). В декабре влияние на миграцию хамсы к берегам Крыма оказывает зональное течение в юго-восточном подрайоне.

В итоге, для оценки влияния геострофической циркуляции вод в юго-восточном районе северо-западной части Чёрного моря на миграцию хамсы и результативность её промысла у берегов Крыма можно предложить обобщающий показатель:

$\Delta A_{об.} = (\Delta A1-3_{11} + \Delta A4-5_{11} + \Delta A4-5_{12} + 2\Delta A4-3_{11})/5$ – характеризующий зональный перенос вод в северо-западном и юго-восточном подрайонах за ноябрь, в юго-восточном подрайоне за декабрь и меридиональный перенос вод в ноябре в обоих подрайонах. Положительные значения $\Delta A_{об.}$ характеризуют северо-западный перенос вод, отрицательные – юго-восточный (рис. 5).

Используя показатель $\Delta A_{об.}$ можно утверждать, что наиболее благоприятными (в межгодовой изменчивости) для осенней миграции черноморской хамсы в шельфовые воды Крыма по фактору циркуляции вод были 2001, 2002, 2004, 2012, 2017, 2019, 2020 и 2021 годы.

Исследования многолетних изменений показателей ТПМ позволили выделить в качестве наиболее результативных обобщающие показатели: – средние значения ТПМ за ноябрь-декабрь (ср. ТПМ₁₁₋₁₂) в узлах 2, 3, 4 и 5 сетки данных; разницу значений в точках 3 и 2 ($\Delta T_{ПМ3-2}$) и точках 4 и 5 ($\Delta T_{ПМ4-5}$) (рис. 6). Первая разница характеризует различия средних за ноябрь-декабрь ТПМ открытых вод и вод шельфа к западу от Крымского п-ова, вторая – различия ТПМ вод шельфа у юго-западной оконечности Крымского п-ова и вод, приносимых с востока Основным черноморским течением.

Для абсолютных средних месячных значений ТПМ в указанных точках характерен положительный тренд и более высокий тепловой фон вод моря

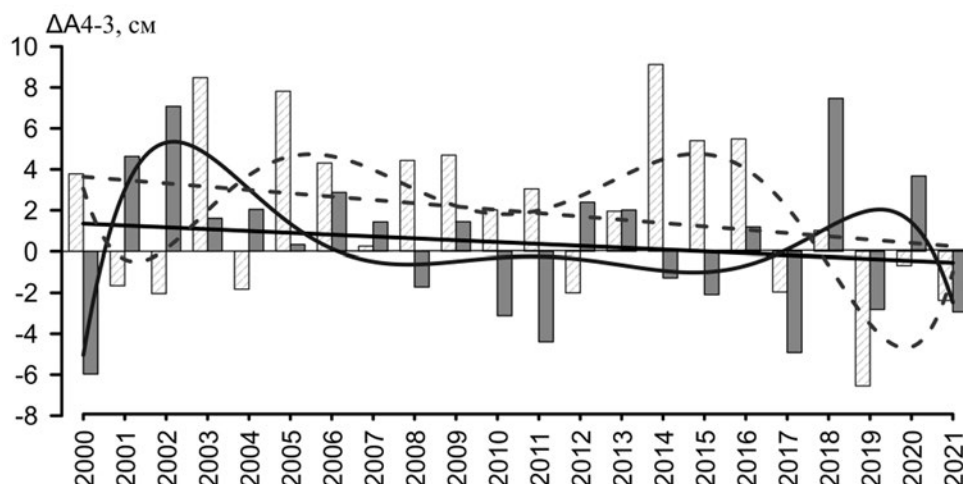


Рис. 4. Многолетние изменения показателя меридиональной составляющей геострофического течения в юго-восточном районе северо-западной части Чёрного моря в ноябре и декабре с полиномиальной и линейной аппроксимациями (ноябрь – светлая гистограмма и пунктир, декабрь – тёмная гистограмма и сплошная линия)

Fig. 4. Multiyear variations of the meridional component of the geostrophic current in the southeastern area of the northwest Black Sea in November and December with polynomial and linear approximations (November – light histogram and dashed line, December – dark histogram and solid line)

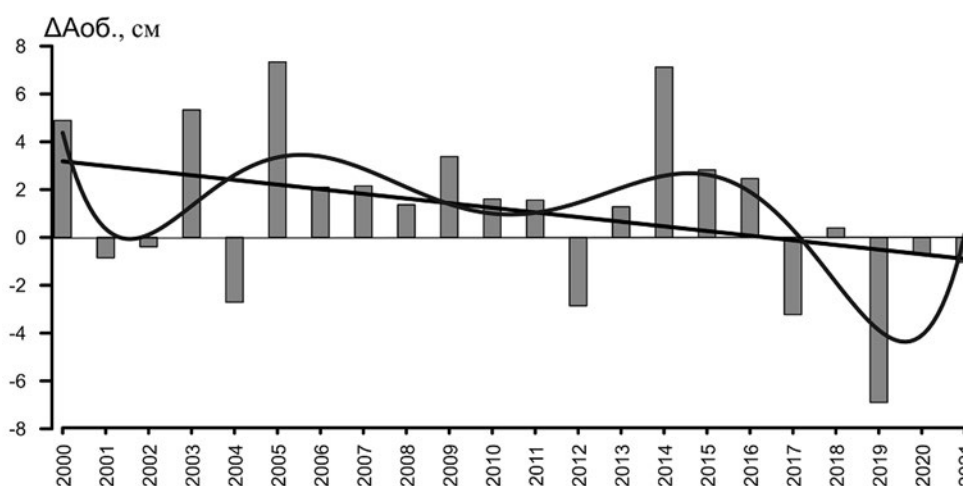


Рис. 5. Многолетние изменения обобщающего показателя ($\Delta A_{об.}$) геострофических течений в юго-восточном районе северо-западной части Чёрного моря в ноябре и декабре (с полиномиальной и линейной аппроксимациями)

Fig. 5. Multiyear variations of the generalized indicator (ΔA_{gen}) of geostrophic currents in the southeastern area of the northwest Black Sea in November and December (with polynomial and linear approximations)

к западу от Крыма (в точках 2, 3 и 4) по сравнению с водами ОЧТ в точке 5. Причём, воды западного шельфа незначительно (в среднем на $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) холоднее вод открытой части моря, но воды юго-западного шельфа значительно (в среднем на $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) теплее вод ОЧТ в этом районе. В точках 2 и 3 (рис. 6а) тренд практически одинаков ($0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 21 год), в точках 4 и 5 (рис. 6б) тренд различен ($0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ для вод шельфа и $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ для вод ОЧТ). Это может свидетельствовать о том, что осенние значения ТПМ северо-восточной части Чёрного моря увеличиваются быстрее, чем соответствующие ТПМ вод северо-западной его части.

Линейный тренд показателя $\Delta\text{ТПМ}_{3-2}$ на исследуемом временном интервале близок к нулю (рис. 6в), но с 2005 по 2018 гг. показатель имеет преимущественно отрицательные значения. Очевидно, что в начале и в конце рассматриваемого периода воды открытого моря были теплее шельфовых. Тренд разницы вод крымского шельфа и вод ОЧТ ($\Delta\text{ТПМ}_{4-5}$) демонстрирует её уменьшение (рис. 6в).

В полиномиальной аппроксимации многолетних изменений ТПМ во всех четырёх точках явно выделяются периоды более высоких значений в начале, в середине и в конце исследуемого ряда лет. Это совпа-

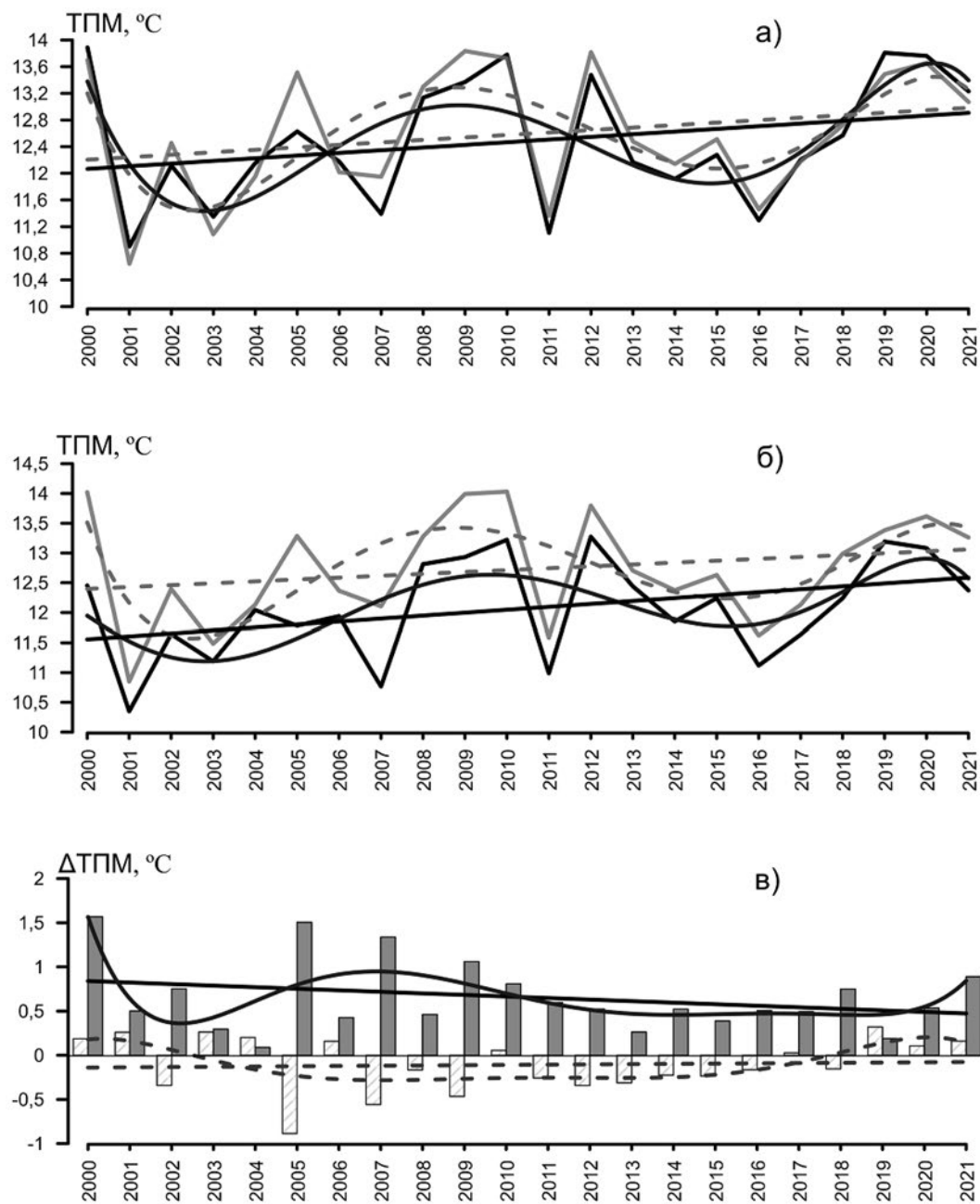


Рис. 6. Многолетние изменения показателей ТПМ в юго-восточном районе северо-западной части Чёрного моря в ноябре-декабре (с полиномиальной и линейной аппроксимациями):

а) ТПМ2_{ср. 11,12} – светлый график и пунктир; ТПМ3_{ср. 11,12} – тёмный график и сплошная линия; б) ТПМ4_{ср. 11,12} – светлый график и пунктир; ТПМ5_{ср. 11,12} – тёмный график и сплошная линия; в) ΔТПМ3–2 – светлая гистограмма и пунктир; ΔТПМ4–5 – тёмная гистограмма и сплошная линия

Fig. 6. Multiyear variations of SST in the south-eastern area of the north-western Black Sea in November-December (with polynomial and linear approximations):

а) SST2_{mean_{11,12}} – light graph and dotted line; SST3_{mean_{11,12}} – dark graph and solid line; б) SST4_{mean_{11,12}} – light graph and dotted line; SST5_{mean_{11,12}} – dark graph and solid line; в) ΔSST3–2 – light histogram and dotted line; ΔSST4–5 – dark histogram and solid line

дает с периодами увеличения вылова черноморской хамсы у берегов Крыма и свидетельствует о значительной роли увеличения ТПМ в процессе миграции черноморской хамсы на восток. В результате, по фактору относительно высоких осенних ТПМ в межго-

довой изменчивости, благоприятными для миграции черноморской хамсы в шельфовые воды Крыма были 2000, 2005, 2008–2010, 2012, 2019, 2020 и 2021 годы.

Отметим также, что в начале и в конце исследуемого периода, когда активизировался промысел хам-

сы у крымского побережья, ТПМ шельфовых вод была меньше ТПМ открытых вод северо-западной части моря, а разница ТПМ на шельфе и в зоне ОЧТ — минимальной (см. рис. 6 в). Эти температурные факторы (при анализе миграционной активности хамсы) представляются нам второстепенными, влияющими на поведение уже вышедшей на шельф хамсы (формирование и миграцию зимовальных скоплений) и результативность её промысла.

Сравнивая перечень лет, выделенных в качестве потенциально благоприятных по циркуляционному и температурным факторам для осеннего подхода к Крыму черноморской хамсы, следует отметить, что синхронность их влияния присутствует только в 2012 и 2019–2021 гг. Отдать предпочтение какой-либо группе факторов пока не представляется возможным ввиду выше отмеченной неопределённости учёта вылова и оценки запаса черноморской хамсы, зимующей на крымском шельфе. Однако, представленные результаты исследований позволяют использовать совпадение тенденций их изменчивости в прогнозировании возможного успеха путины и дают основания для продолжения исследований с особым вниманием к мониторингу появления черноморской хамсы у берегов Крыма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный анализ многолетних изменений вылова черноморской хамсы у берегов Крыма и океанографических условий её миграции и промысла в ноябре и декабре 2000–2021 гг. позволяет заключить, что:

- в рассматриваемый период очевидна тенденция увеличения вылова черноморской хамсы у берегов Крыма;
- основными причинами активизации осенней миграции черноморской хамсы в северо-западной части Чёрного моря к берегам Крыма являются:
 - многолетнее увеличение ТПМ на юго-востоке северо-западной части Чёрного моря;
 - многолетнее усиление юго-восточных геострофических течений в исследуемой акватории;
- результативному промыслу черноморской хамсы на шельфе Крыма способствуют:
 - сравнительно низкие значения ТПМ шельфовых вод по сравнению с ТПМ вод открытого моря у западных берегов Крыма;
 - опережающий рост ТПМ в зоне ОЧТ по сравнению с ТПМ вод шельфа у юго-западного побережья Крыма;
- полученные результаты подтверждают сделанные ранее [Панов и др., 2022] предположения

о причинах массовых осенних подходов черноморской хамсы к берегам Крыма и позволяют надеяться на возможности их использования в прогнозировании результатов хамсовых путин в Крымском промышленном районе, а также дают основания для продолжения исследований с особым вниманием к мониторингу появления черноморской хамсы на крымском шельфе.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена по личной инициативе, без дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Шеремет Н.А. 2011. Чёрное и Азовское моря: сравнительный анализ изменчивости температуры поверхности (1982–2009 гг., спутниковая информация) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 8. № 4. С. 209–218.
- Зуев Г.В., Бондарев В.А., Мурзин Ю.Л., Самотой Ю.В. 2014. Многолетняя динамика промысла и размерно-возрастной структуры уловов черноморской хамсы (*Engraulis encrasicolus ponticus* Aleks) в Украине // Морський екологічний журнал. Т. 13. № 1. С. 27–33.
- Иванов В.А., Белокопытов В.Н. 2011. Океанография Чёрного моря. Севастополь: НАН Украины, Морской гидрофизический институт. 212 с.
- Ильин Ю.П., Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н., Горячкин Ю.Н., Дьяков Н.Н., Кубряков А.А., Станичный С.В. 2012. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2: Чёрное море. Севастополь: МЧС и НАН Украины, Морское отделение Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. 421 с.
- Кныш В.В., Кубряков А.И., Инюшина Н.В., Коротаев Г.К. 2008. Восстановление климатической сезонной циркуляции Чёрного моря на основе модели в σ -координатах с использованием ассимиляции данных о температуре и солёности // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. № 16. С. 243–265.
- Кожурин Е.А., Шляхов В.А., Губанов Е.П. 2018. Динамика уловов промысловых рыб Крыма в Чёрном море // Труды ВНИРО. Т. 171. С. 157–169.
- Маркова Н.В., Белокопытов В.Н., Дымова О.А., Миклашевская Н.А. 2021. Оценка климатических полей температуры и солёности вод Чёрного моря для современного периода (1991–2020) // Морской гидрофизический журнал. Т. 37. № 4. С. 423–435.
- Панов Б.Н., Смирнов С.С., Спиридонова Е.О., Негода С.А. 2022. Оценка условий осенней миграции черноморской хамсы

к берегам Крыма в 2019 и 2020 годах по данным с ИСЗ // Исследование земли из космоса. № 6. С. 63–73.

Стафикопуло А.М., Втюрина Н.В., Горбатюк Я.И. 2022. Показатели промысла судами различных типов в Азово-Черноморском бассейне в период 2017–2021 гг. // Водные биоресурсы и среда обитания. Т. 5. № 4. С. 105–119.

REFERENCES

Ginzburg A.I., Kostyanoi A.G., Sheremet N.A. 2011. The Black and Azov Seas: comparative analysis of surface temperature variability (1982–2009, satellite information) // Current problems in remote sensing of the Earth from space. V. 8. № . 4. P. 209–218. (In Russ.)

Zuev G.V., Bondarev V.A., Murzin Yu.L., Samotoy Yu.V. 2014. Long-term dynamics of fishing and the size and age structure of catches of the Black Sea anchovy (*Engraulis encrasicolus ponticus* Aleks) in Ukraine // Marine Biological J.V. 13. № . 1. P. 27–33. (In Russ.)

Ivanov V.A., Belokopytov V.N. 2011. Oceanography of the Black Sea. Sevastopol: Marine Hydrophysical Institute. 212 p. (In Russ.)

Ilyin Yu.P., Repetin L.N., Belokopytov V.N., Goryachkin Yu.N., Dyakov N.N., Kubryakov A.A., Stanichny S.V. 2012. Hydrometeorological conditions of the seas of Ukraine. V. 2: Black Sea. Sevastopol: Ministry of Emergency Situations and NAS of Ukraine, Marine Department of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute. 421 p. (In Russ.)

Knysh V.V., Kubryakov A.I., Inyushina N.V., Korotaev G.K. 2008. Restoration of the climatic seasonal circulation of the Black Sea based on a model in σ -coordinates using

assimilation of temperature and salinity data // Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources. № . 16. P. 243–265. (In Russ.)

Kozhurin E.A., Shlyakhov V.A., Gubanov E.P. 2018. Dynamics of catches of commercial fish of the Crimea in the Black Sea // Trudy VNIRO. V. 171. P. 157–169. (In Russ.)

Markova N.V., Belokopytov V.N., Dymova O.A., Miklashevskaya N.A. 2021. Assessment of climatic fields of temperature and salinity of the waters of the Black Sea for the modern period (1991–2020) // Marine Hydrophysical J.V. 37. № . 4. P. 423–435. (In Russ.)

Panov B.N., Smirnov S.S., Spiridonova E.O., Negoda S.A. 2022. Assessment of the conditions of autumn migration of the Black Sea anchovy to the shores of Crimea in 2019 and 2020 according to data from the AES // Izvestiya – Atmospheric and Oceanic Physics. № . 6. P. 63–73. (In Russ.)

Stafikopulo A.M., Vtyurina N.V., Gorbatyuk Ya. I. 2022. Indicators of fishing by vessels of various types in the Azov-Black Sea basin in the period 2017–2021 // Aquatic Bioresources & Environment. V. 5, № . 4. P. 105–119. (In Russ.)

Поступила в редакцию 15.03.2023 г.
Принята после рецензии 18.04.2023 г.