



УДК 551.46.09

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОСЕННЕЙ МИГРАЦИИ И ПРОМЫСЛА ЧЕРНОМОРСКОЙ ХАМСЫ У БЕРЕГОВ КРЫМА В 2021 ГОДУ

© 2023 Б. Н. Панов^{1,2}, С. С. Смирнов¹, Е. О. Спиридонова²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону 344002, Россия

²ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет» (КГМТУ),
Керчь 298300, Россия

E-mail: panov_bn@mail.ru

Аннотация. В 2019–2022 гг. черноморская хамса (*Engraulis encrasicolus ponticus* Alexandrov, 1927) в значительных количествах зимует и вылавливается российскими рыбаками у западных и южных берегов Крыма. Научный и практический интерес вызывают условия, создавшие предпосылки активной осенней миграции черноморской хамсы в воды Крыма. В работе исследуются ход промысла и океанографические условия подхода хамсы, ее миграции и начала зимовки у южного берега полуострова в ноябре и декабре 2021 г. Используются ежедневные данные ФГБУ «Центр системы мониторинга рыболовства и связи», а также массивы данных ИСЗ о высоте уровня и температуре поверхности моря с сайта информационной системы Copernicus Marine Service. Альтиметрические данные использовались в узлах сетки с шагом 0,125 градуса, температурные — в узлах сетки с разрешением 0,05 градуса. Выход черноморской хамсы к Крыму в середине ноября был обусловлен усилением юго-восточных течений в акватории к западу от полуострова, связанных с северным положением Севастопольского антициклонического вихря, а также с относительно высокой температурой поверхности моря за пределами шельфа. В отличие от 2019 и 2020 гг., в ноябре и декабре 2021 г. к югу от Крыма на расстоянии 15–30 миль от берега располагалась интенсивная термодинамическая фронтальная зона Основного черноморского течения, которая стала естественной преградой для дальнейшей миграции черноморской хамсы на юг и обусловила ее распределение на южном шельфе Крымского полуострова. Особенности путины черноморской хамсы 2021/2022 гг. у берегов Крыма (в отличие от двух предшествующих) являются сравнительно раннее ее начало и смещение промысла на восток до м. Чауда.

Ключевые слова: черноморская хамса, шельф Крыма, миграция хамсы, альтиметрическая информация, ИСЗ, температура поверхности моря, циркуляция вод, судовой промысел

OCEANOGRAPHIC CONDITIONS FOR AUTUMN MIGRATION AND FISHING OF THE BLACK SEA ANCHOVY OFF THE COAST OF CRIMEA IN 2021

B. N. Panov^{1,2}, S. S. Smirnov¹, E. O. Spiridonova²¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"), Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don 344002, Russia²FSBEI HE "Kerch State Maritime Technological University" (KSMTU), Kerch 298300, Russia
E-mail: panov_bn@mail.ru

Abstract. In 2019–2022, the Black Sea anchovy (*Engraulis encrasicolus ponticus* Alexandrov, 1927) was wintering off the western and southern coasts of Crimea, where it was subjected to heavy exploitation by the Russian fishers. The conditions resulting in the active autumn migration of the Black Sea anchovy into Crimean waters are of great scientific and practical concern. This study examines the course of the Black Sea anchovy fishing and the oceanographic conditions for its entry, migration and wintering near the southern coast of the peninsula in November and December 2021. The daily data from the FSBI "Centre of Fishery Monitoring and Communications" have been used, as well as the satellite imagery data sets of the sea surface heights and temperatures from the Copernicus Marine Service information system website. Altimetry data were used in the grid nodes with a resolution of 0.125 degrees, and temperature data were used in the grid nodes with a resolution of 0.05 degrees. Relocation of the Black Sea anchovy to Crimea in mid-November was caused by strengthening of the southeastern currents in the waters to the west of the peninsula, associated with the northern position of the Sevastopol Anticyclonic Vortex, as well as with relatively high sea surface temperatures beyond the shelf zone. In contrast to 2019 and 2020, in November and December 2021, an intense thermodynamic frontal zone of the main Black Sea current was located 15–30 miles offshore to the south of Crimea, which became a natural barrier to further migration of the Black Sea anchovy southwards and determined its distribution on the southern shelf of the Crimean Peninsula. The Black Sea anchovy fishing season in 2021/2022 off the coast of Crimea (as opposed to the previous two fishing seasons) was characterized by its relatively early start and the shift of the fishing operations eastwards to Cape Chauda.

Keywords: Black Sea anchovy, Crimean shelf, anchovy migration, altimetric information, satellite imagery, sea surface temperature, water circulation, industrial fishing

ВВЕДЕНИЕ

В Азово-Черноморском бассейне европейский анчоус представлен как азовским — *E. e. maeoticus* (азовская хамса), так и черноморским — *E. e. ponticus* (черноморская хамса) подвидами, являющимися двумя разными единицами запаса. Современное состояние черноморской хамсы относительно стабильное; ее биомасса оценивается в 700–800 тыс. т, рекомендуемый вылов составляет 200 тыс. т [1].

Традиционными районами образования зимовальных скоплений черноморской хамсы являются прибрежные воды Турции и Грузии. В отдельные годы черноморская хамса в сравнительно небольшом количестве зимует и облавливается у побережья Крыма [2].

В 2019–2021 гг. наблюдалась аномально активная миграция черноморской хамсы на шельф Крыма, что позволило российским рыбакам в путины 2019/2020 гг. и 2020/2021 гг. выловить, соответственно, 18,0 и 9,3 тыс. т черноморской хамсы.

Океанографические условия осенней миграции черноморской хамсы в северо-западной части моря в ноябре и декабре 2019 и 2020 гг. были рассмотрены в работе [3], что позволило авторам предположить, что основными факторами, изменившими традиционное направление миграции значительной массы черноморской хамсы, были восточные течения и повышенный тепловой фон на юго-востоке северо-западной части Черного моря.

Спутниковые данные по альтиметрии и температуре поверхности моря позволяют контролировать термодинамические условия миграции хамсы. Поэтому целью данного исследования является выявление по данным с ИСЗ особенностей сезонных и синоптических изменений циркуляции вод и температуры поверхности моря, способствующих осенью 2021 г. миграции черноморской хамсы в северо-западной части Черного моря к берегам Крыма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа изменений вылова черноморской хамсы использовалась ежедневная информация ФГБУ «Центр системы мониторинга рыболовства и связи» (ЦСМС) с ноября 2021 по март 2022 г. В базе ЦСМС исследовались данные о ежедневных промысловых нагрузках (средний суточный вылов на одно судно — В, т), а также информация о районе работы судов.

Для оценки характера циркуляции вод в северо-западной части Черного моря использовались данные об уровне моря, которые характеризуют поверхностные геострофические течения и достаточно точно определяются современными альтиметрами ИСЗ [4]. Ежедневные данные по аномалиям уровня моря (А, см) и по температуре его поверхности (ТПМ, °С) были получены с помощью информационной системы Copernicus Marine Service для акваторий Черного моря к западу и к югу от Крымского полуострова для ноября и декабря 2021 г.

Для получения данных по аномалиям уровня был использован продукт Sea Surface Heights and Derived Variables Reprocessed, который содержит значения А в узлах сетки с шагом $0,125^\circ$. Данные определялись на основе спутниковой альтиметрии относительно средней поверхности за период 1993–2012 гг. и были 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 расчетов и формирования каталогов данных [5]. Для получения данных по температуре поверхности моря был использован продукт Black Sea — High Resolution L4 Sea Surface Temperature Reprocessed. Этот продукт состоит из ежедневных (ночных), оптимально интерполированных спутниковых оценок базовой температуры поверхности моря (ТПМ) в узлах сетки с разрешением $0,05^\circ$ [6].

Все вышеописанные массивы данных были загружены с сайта информационной системы Copernicus Marine Service в формате NetCDF. Далее, для формирования выборок по пространственным и временным 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 пространственного анализа условий миграции и промысла хамсы использовались средние месячные поля значений А и ТПМ за ноябрь 2021 г. Для исследования временных изменений ежедневных значений ТПМ и геострофических течений у западных и южных берегов Крыма (ЮБК) в ноябре и декабре 2021 г. были использованы ежедневные данные в узлах сетки, указанных на рис. 1 в виде следующих показателей: меридиональной компоненты наклона уровня поверхности моря $\Delta A1-3$, $\Delta A4-5$, $\Delta A6-7$, $\Delta A8-9$, $\Delta A10-11$; зональной компоненты его наклона $\Delta A4-3$ между соответствующими точками; ТПМ в точках 2–6, 8, 10; разницы ТПМ $\Delta TПМ3-2$, $\Delta TПМ4-5$, $\Delta TПМ8-6$, $\Delta TПМ10-8$ в соответствующих точках.

Положительные значения показателей меридиональной компоненты наклона уровня соответствуют западной компоненте геострофических

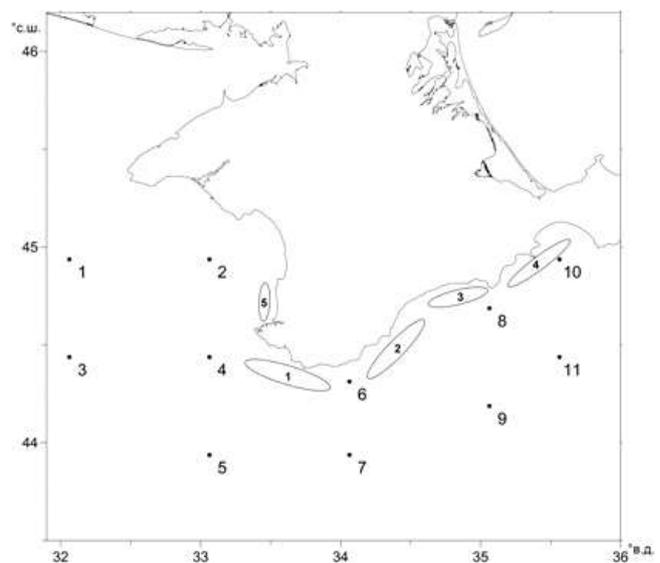


Рис. 1. Расположение узлов сетки, для которых выполнен анализ ежедневной динамики данных по альтиметрии поверхности моря и ТПМ за ноябрь–декабрь 2021 г.

○ — основные участки промысла черноморской хамсы у берегов Крыма в ноябре–декабре 2021 г.

Fig. 1. Location of the grid nodes for which the analysis of the daily dynamics of sea surface altimetry and SST data was performed for November–December 2021

○ — main fishing areas for the Black Sea anchovy off the coast of Crimea in November–December 2021

течений, отрицательные — восточной. Положительные значения показателя зональной компоненты соответствуют северной компоненте геострофических течений, отрицательные — южной.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика промысла

Сразу следует отметить, что аномальность путины 2021/2022 гг. черноморской хамсы у берегов Крыма заключается в значительном смещении на восток восточной границы промысла. Отнести хамсу, выловленную у берегов Крыма в сезон 2021/2022 гг., к черноморскому подвиду позволяют хронология и география ее промысла.

Первые промысловые скопления хамсы были обнаружены 13 ноября 2021 г. на участке шельфа от м. Херсонес до Алупки (рис. 1, промрайон 1). Наиболее плотные скопления облавливались на этом участке до 18 ноября (рис. 2). Факт начала промысла одновременно в различных местах указанного участка позволяет предполагать, что хамса вышла на шельф Крыма раньше 13 ноября и 13–15 ноября начала формировать мигрирующие на восток скопления.

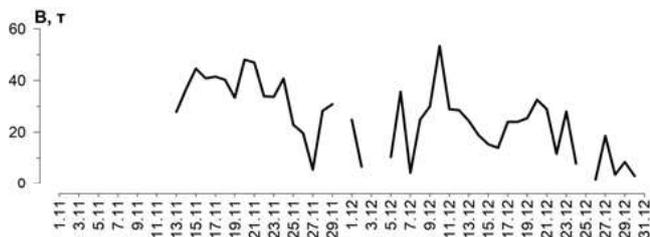


Рис. 2. Средний суточный вылов одного судна (B, т) на промысле черноморской хамсы у берегов Крыма

Fig. 2. Average daily catch of one vessel (C, t) engaged in the Black Sea anchovy fishing operations off the coast of Crimea

21 ноября наиболее результативный промысел велся уже на участке шельфа в районе Судака и м. Меганом (рис. 1, промрайон 3), 25 ноября — в районе Феодосии и 27 ноября — в районе м. Чауда (рис. 1, промрайон 4). Основные характеристики промысла представлены в таблице.

Быстрое смещение промысла на восток с уменьшением промысловых нагрузок свидетельствует о распределении рыбы, вышедшей на западный промучасток, по всему южному шельфу Крыма. Судя по результативности промысла, наиболее

плотные скопления хамсы облавливались в процессе их миграции в район пос. Орджоникидзе с 13 по 24 ноября и 28–29 ноября у м. Чауда. После ухудшения промысловой обстановки 30 ноября и в первой пятидневке декабря (рис. 2), связанного с усилением ветров южных направлений, плотные скопления хамсы распались либо сместились дальше на восток и стали недоступны промыслу.

С 23 ноября по 19 декабря основной промысел черноморской хамсы велся на участках шельфа от Судака до Феодосии. Пик нагрузок 8–13 декабря был обеспечен промыслом на участке шельфа от пос. Коктебель до пос. Орджоникидзе. С 11 по 17 декабря группа судов вела достаточно успешный промысел и на западных (1-й и 5-й) промысловых участках. 18 декабря промысловая обстановка здесь ухудшилась, и 19–24 декабря результативный промысел велся уже на участке 3 (Алушта – м. Меганом). 26–27 декабря промысел в районе Ялты был малорезультативным, а 28–30 декабря в районе Севастополя — нерезультативным.

Распределение промысловых нагрузок и вылова позволяет утверждать, что в третьей декаде ноября и в декабре массовых выходов черноморской хамсы на шельф ЮБК не было, а выловленные здесь с 13 ноября по 30 декабря 6,3 тыс. т хамсы относятся к одному скоплению, вышедшему к ЮБК до 18 ноября и распределившемуся в восточном направлении до м. Чауда. Вероятно, что основная часть скопления была выловлена, но какая-то его часть могла уйти от м. Чауда на восток.

С 28 декабря по 4 января на участке шельфа от м. Евпаторийский до м. Херсонес за 11 судосудок промысла было выловлено только 83 т черноморской хамсы, в то время как с 7 по 15 января за 7 судосудок промысла на участке шельфа от Ялты до Судака — 96 т. С 21 января по 26 февраля у западного побережья Крыма было выловлено 3009 т черноморской хамсы. В итоге за январь–февраль 2022 г. у берегов Крыма было выловлено еще 3,2 тыс. т черноморской хамсы. В целом за путину 2021/2022 гг. вылов составил 9,5 тыс. т, что на 0,2 тыс. т превышает вылов за путину 2020/2021 гг. и является вторым (после путины 2019/2020 гг.) результатом вылова черноморской хамсы у берегов Крыма. Учитывая, что промысел хамсы у западных берегов Крыма в феврале 2022 г. был прекращен до срока, определенного правилами рыболовства, можно с уверенностью утверждать, что у черноморских берегов Крыма в

Основные характеристики промысла черноморской хамсы у берегов Крыма в ноябре–декабре 2021 г.
Main characteristics of the Black Sea anchovy fishery off the coast of Crimea in November–December 2021

№ и положение участка на шельфе No. and location of the fishing area on the shelf	Период промысла Time range	Вылов, т Catch, t	Средний суточный вылов одного судна, т Average daily catch per one vessel, t	Количество суд. суток Number of operational vessel days
1 м. Херсонес – Алушка Cape Chersonesos – Alupka	13–18 ноября November 13–18	945	38,6	24
	11–17 декабря December 11–17	194	16,2	12
2 Ялта – пос. Рыбачий Yalta – village Rybachy	19–20 ноября November 19–20	440	40,7	24
	26–27 декабря December 26–27	113	10,1	7
3 п. Рыбачий – м. Меганом village Rybachy – Cape Meganom	21–22 ноября November 21–22	438	40,4	11
	19–24 декабря December 19–24	1250	22,4	52
4 м. Меганом – м. Чауда Cape Meganom – Cape Chauda	23 ноября – 18 декабря November 23 – December 18	2753	26,2	104
5 м. Лукулл – м. Херсонес Cape Lucullus – Cape Chersonesos	13–18 декабря December 13–18	166	15,1	11
	28–30 декабря December 28–30	37	5,0	8

Примечание: Тонированы основные промысловые участки

Note: Main fishing areas are highlighted with shading

промысловый сезон 2021/2022 гг. зимовало значительно больше черноморской хамсы, чем в сезон 2020/2021 гг.

Анализ полей ТПМ и альтиметрии поверхности моря в ноябре 2021 г.

Основная осенняя миграция черноморской хамсы у берегов Крыма в 2021 г. наблюдалась в ноябре, поэтому оправданно ограничиться рассмотрением средних месячных полей ТПМ и альтиметрии за ноябрь.

Средняя ТПМ ноября 2021 г. у материкового склона в Придунайском районе находилась в пределах 14,0–14,25 °С (рис. 3а), что на 1,5 °С меньше, чем в ноябре 2019 г., и на 2,0 °С меньше, чем в ноябре 2020 г. Учитывая, что хамса формирует миграционные скопления и начинает активную миграцию в сторону более теплых вод при ТПМ 15–16 °С, можно предположить, что в 2021 г. в

северо-западной части моря хамса начала мигрировать в южном направлении раньше, чем в 2019 и 2020 гг. Судя по распределению ТПМ, для миграции хамсы в ноябре предпочтительным становится восточное направление. У юго-западной оконечности Крыма хамса, оказавшись в «термической ловушке» (рис. 3а), уходит на восток к ЮБК вдоль изотермы 14,75 °С.

Поле аномалий уровня моря в ноябре 2021 г. указывает на то, что, ввиду северного положения Севастопольского антициклонического вихря, восточные течения, обеспечивающие подходы хамсы к Крыму, сформировались на акватории к северо-западу от м. Херсонес (рис. 3б), а не на юго-западе от Крыма, как в ситуации 2019 и 2020 гг. К северу от Севастопольского антициклона в ноябре 2021 г. не было выраженного циклонического вихря, под влиянием восточной периферии которого в 2019

и 2020 гг. подходившая к Крыму хамса смещалась в северном направлении к м. Евпаторийский, где начинался ее активный промысел.

Таким образом, в ноябре 2021 г. мигрирующая черноморская хамса под влиянием восточных и юго-восточных течений активно перемещалась к м. Херсонес. Во второй декаде ноября хамса оказалась у юго-западной оконечности Крыма, где наиболее благоприятные условия для дальнейшей миграции сложились в прибрежной зоне ЮБК. Здесь сохранялись относительно высокие ТПМ (рис. 3а) и отсутствовали сильные течения (рис. 3б). К югу от ЮБК располагалась достаточно плотная фронтальная зона Основного черноморского течения

(ОЧТ) с резким поперечным уменьшением ТПМ, которая создавала препятствия дальнейшему движению хамсы на юг.

Динамика океанографических показателей

Анализ ежедневных данных по альтиметрии и ТПМ у западных берегов Крыма позволяет исследовать динамику условий подхода хамсы к крымскому шельфу.

Очевидно, что подходы черноморской хамсы к западным берегам Крыма в середине ноября 2021 г. были обусловлены усилением с 4 до 13 ноября восточных течений (рис. 4а), сменой 10 ноября северных течений на южные и их усилением до 20 ноября (рис. 4б). Это позволяет пред-

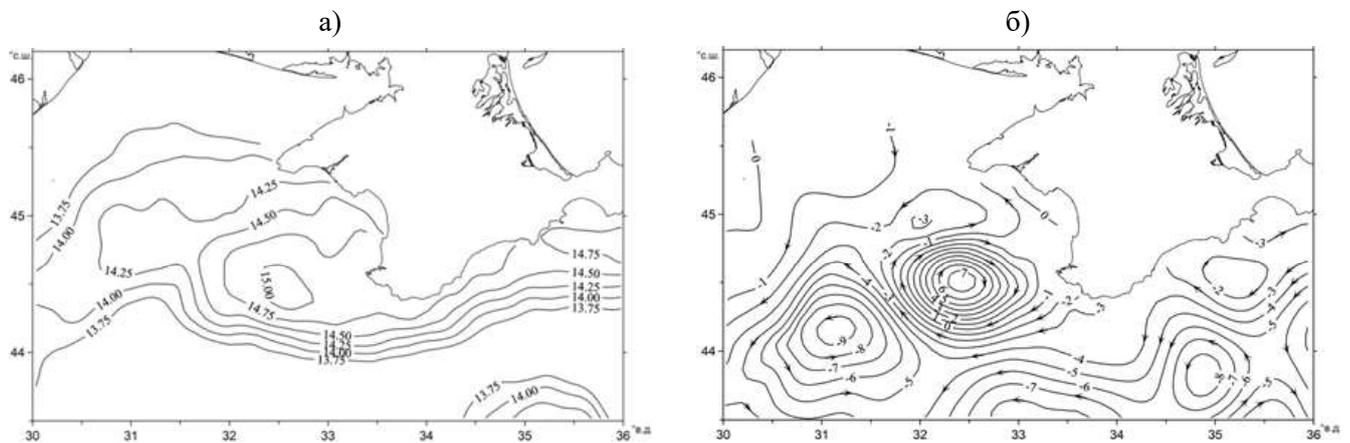


Рис. 3. Поля средних за ноябрь 2021 г. значений ТПМ (а) и аномалий уровня поверхности (б) северо-западной части Черного моря по данным ИСЗ (стрелочками показано направление линий тока)

Fig. 3. Fields of average SST values (a) and sea surface height anomalies (б) in the Northwestern Black Sea for November 2021 according to satellite data (arrows show the direction of the streamlines)

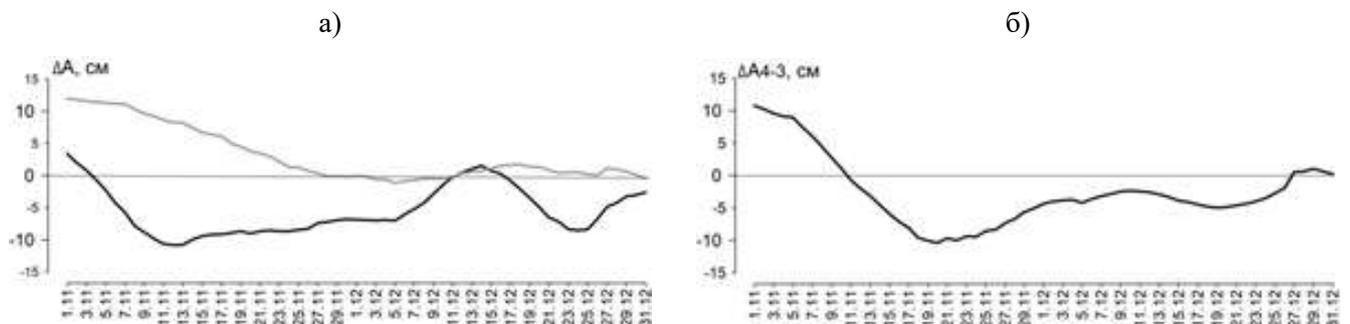


Рис. 4. Меридиональная составляющая наклона морской поверхности в северо-восточном ($\Delta A1-3$) и юго-восточном ($\Delta A4-5$) районах открытых вод северо-западной части Черного моря к западу от Крыма (а) и ее зональная составляющая к западу от м. Херсонес (б) в ноябре–декабре 2021 г. по данным спутниковой альтиметрии (на рисунке «а» $\Delta A1-3$ — график черного цвета, $\Delta A4-5$ — серого)

Fig. 4. Meridional component of the sea surface slope in the northeastern ($\Delta A1-3$) and southeastern ($\Delta A4-5$) open water regions of the Northwestern Black Sea to the west of Crimea (a) and its zonal component to the west of Cape Chersonesos (б) in November–December 2021 according to satellite altimetry data (in the “a” figure, $\Delta A1-3$ are presented as a black graph, and $\Delta A4-5$ are presented as a grey one)

положить, что хамса выходила на шельф Крыма с 10 по 20 ноября на широте м. Лукулл и активно продолжала двигаться на юг.

Перемещению скоплений на восток вдоль ЮБК способствовало ослабление в течение ноября западных течений к юго-западу от м. Херсонес (рис. 4а). Еще одно, менее значительное усиление юго-восточных течений, наблюдавшееся 15–23 декабря, могло способствовать увеличению плотности небольших скоплений хамсы, оставшейся на зимовку у юго-западных берегов Крыма. Именно в этот период наблюдалось временное повышение результативности промысла на 1-м и 5-м промысловых участках.

Как и в исследованиях 2019 и 2020 гг., для анализа ежедневных изменений ТПМ у западного побережья Крыма были выбраны узлы сетки данных (см. рис. 1), отражающие процессы на кромке шельфа (т. 2) и за его пределами (т. 3).

Графики рис. 5 свидетельствуют о том, что к западу от Крыма с 9 по 22 ноября температурными условиями, способствующими активной миграции хамсы в юго-восточном направлении, стали высокие по сравнению с ТПМ на шельфе температуры поверхности вод открытого моря (рис. 5а и 5в).

Миграция хамсы на восток вдоль ЮБК в этот же период была обеспечена увеличением разницы ТПМ западного шельфа Крыма и ТПМ в зоне ОЧТ (рис. 5б и 5г). В этот период ТПМ в этих районах находилась в пределах от 16,5 до 13,0 °С, соответствующих температуре наибольшей осенней миграционной активности хамсы. Позднее эти факторы были менее выражены и при низких (зимовальных) температурах воды не могли оказать существенного влияния на перемещение скоплений.

Таким образом, во второй декаде ноября усиление к западу от Крыма юго-восточного течения, а также относительно высокая ТПМ за пределами шельфа и сравнительно низкая в зоне ОЧТ к юго-западу от м. Херсонес способствовали выходу черноморской хамсы на юго-западный шельф Крыма и формированию вдоль ЮБК значительных ее скоплений.

Особо следует отметить, что в ноябре и декабре 2021 г., в отличие от 2019 и 2020 гг., к югу от ЮБК на расстоянии 15–30 миль от берега располагалась интенсивная термодинамическая фронтальная зона ОЧТ, которая стала естественной преградой для дальнейшей миграции черноморской хамсы на юг.

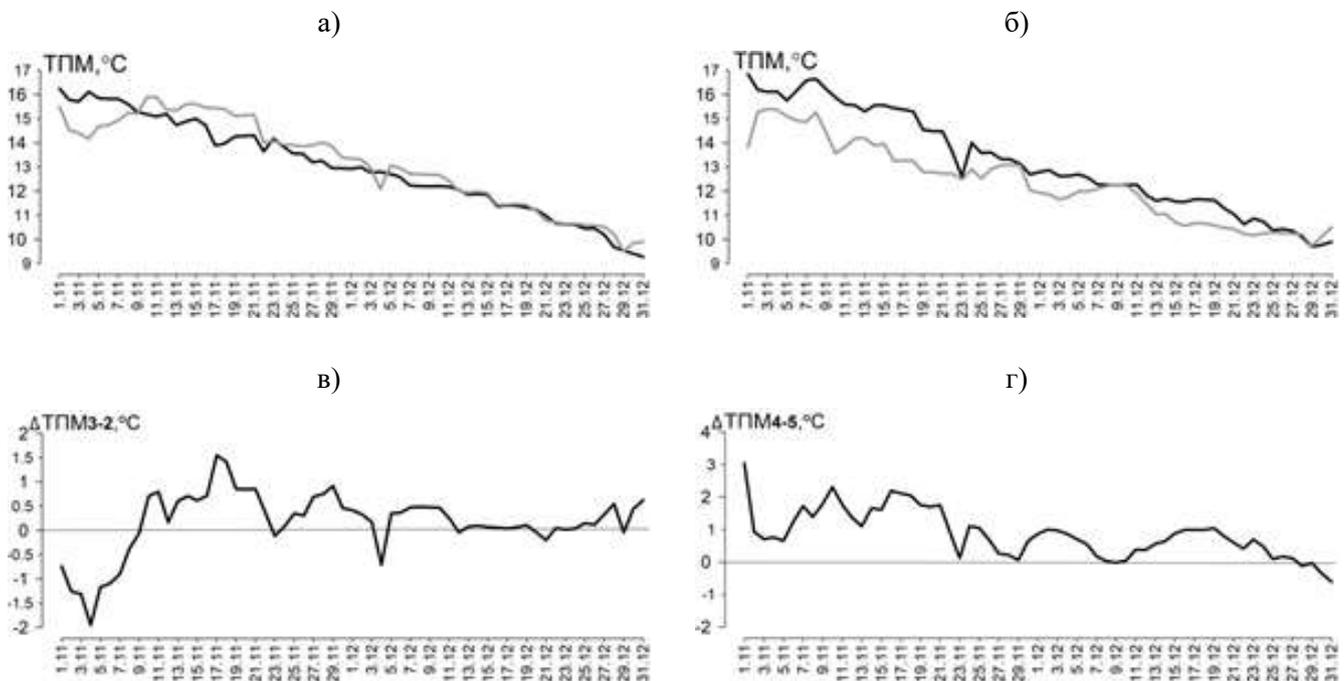


Рис. 5. Изменения ежедневных ТПМ в точках 2 и 3 (а), 4 и 5 (б), а также их разницы (в) и (г) (ТПМ в точках 2 и 4 — графики черного цвета, 3 и 5 — серого)

Fig. 5. Changes in the daily SSTs at points 2 and 3 (a), 4 and 5 (б), as well as their differences (в) and (г) (SSTs at points 2 and 4 are presented as black graphs, and 3 and 5 are presented as gray graphs)

В ноябре 2021 г. черноморская хамса оказалась на западе этого района в фазе активной миграции при ТПМ на 3–4 °С больше, чем в 2019 и 2020 гг.

Анализ ежедневных данных по альтиметрии и ТПМ у ЮБК в районах расположения меридиональных разрезов узлов сетки данных 6–7 (Алупка), 8–9 (м. Меганом) и 10–11 (Феодосийский залив) (см. рис. 1) позволяет исследовать динамику океанографических условий в период миграции и начала зимовки скоплений черноморской хамсы на трех участках шельфа от м. Сарыч до м. Чауда.

В зональной компоненте геострофических течений (рис. 6) в ноябре и до 7 декабря 2021 г. явно присутствовало влияние прибрежных антициклонических вихрей. За этот период вдоль шельфа от м. Меганом до м. Сарыч (через восточный и центральный разрезы) прошли два антициклонических вихря: в первой половине ноября и в конце ноября – первой декаде декабря. При прохождении первого вихря у м. Меганом с 3 по 15 ноября уменьшалась интенсивность западного переноса вод, а в районе Алупки с 7 по 17 ноября преобладало восточное течение. Влияние этого вихря способствовало миграции черноморской хамсы от м. Херсонес до Ялты. Второй вихрь был более активным и обеспечил преобладание восточного течения на «меганомском» разрезе с 28 ноября по 2 декабря, а на «алупкинском» разрезе — с 23 ноября по 7 декабря. Благодаря именно этому вихрю основная масса хамсы после 23 ноября

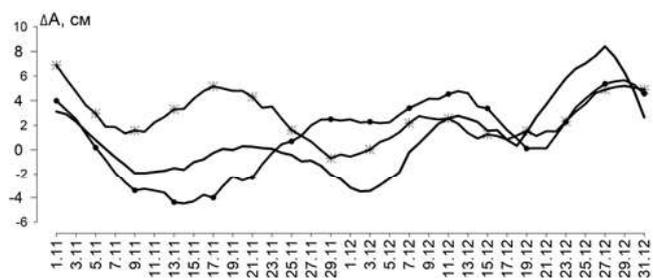


Рис. 6. Показатели зонального переноса вод на «алупкинском» (ΔA_{6-7} , см), «меганомском» (ΔA_{8-9} , см) и «феодосийском» (ΔA_{10-11} , см) участках шельфа в ноябре–декабре 2021 г. (ΔA_{6-7} — график без маркеров, ΔA_{8-9} — Г-маркеры и ΔA_{10-11} — ,-маркеры)

Fig. 6. Characteristics of zonal water transport in the “Alupka” (ΔA_{6-7} , cm), “Meganom” (ΔA_{8-9} , cm) and “Feodosia” (ΔA_{10-11} , cm) sections of the shelf in November–December 2021 (ΔA_{6-7} — graph without markers, ΔA_{8-9} — graph with Г-markers, and ΔA_{10-11} — graph with ,-markers)

прошла к м. Меганом и дальше на восток до м. Чауда. Это позволило с 21 ноября по 24 декабря на 3-м и 4-м промучастках выловить 4441 т (70,5 % общего вылова за ноябрь–декабрь) черноморской хамсы.

После 7 декабря синхронный характер изменения течений на трех исследуемых разрезах отражал, в основном, интенсивность западного переноса вод ОЧТ.

Усиление западных течений 6–15 декабря (в условиях начала зимовки хамсы у ЮБК) способствовало уплотнению скоплений и повышению результативности промысла на первом, третьем и четвертом промучастках, а их ослабление 16–21 декабря — дальнейшему смещению хамсы на восток со второго промучастка на третий, где ее результативный промысел велся на участке шельфа от пос. Морское до м. Меганом.

В районе «феодосийского» разреза в течение ноября наблюдалось влияние более интенсивного и более стационарного прибрежного антициклонического вихря, который обеспечил с 5 по 23 ноября преобладание в этом районе восточного переноса вод (рис. 6). В конце этого периода, 23 ноября, в районе Феодосийского залива появились наиболее плотные скопления черноморской хамсы, которые облавливались здесь до 13 декабря. С 23 ноября по 13 декабря на «феодосийском» разрезе усиливались западные течения, которые остановили миграцию черноморской хамсы на восток. С 13 до 19 декабря западные течения ослабевали и 20–21 декабря отсутствовали. В этот период при ТПМ 11,7–11,8 °С (рис. 5а) хамса еще могла смещаться на восток за пределы четвертого промыслового участка.

В анализе изменений ТПМ в прибрежных водах ЮБК использована ежедневная информация в северных точках рассматриваемых разрезов (см. рис. 1, узлы 6, 8 и 10 сетки данных). В начале второй декады ноября, когда на западном шельфе ЮБК появились первые скопления хамсы, ТПМ, уменьшаясь, приблизилась к 15,5 °С (рис. 7а), т. е. к температуре начала ее активной осенней миграции. Позднее, до 5 декабря, ТПМ устойчиво и достаточно синхронно во всех трех точках уменьшалась до 12 °С (температуры окончания активной миграции и начала зимовки хамсы). За это время хамса мигрировала на восток до Феодосийского залива.

С 13 ноября (начало промысла) на западной половине шельфа ЮБК, а с 20 ноября и на восточ-

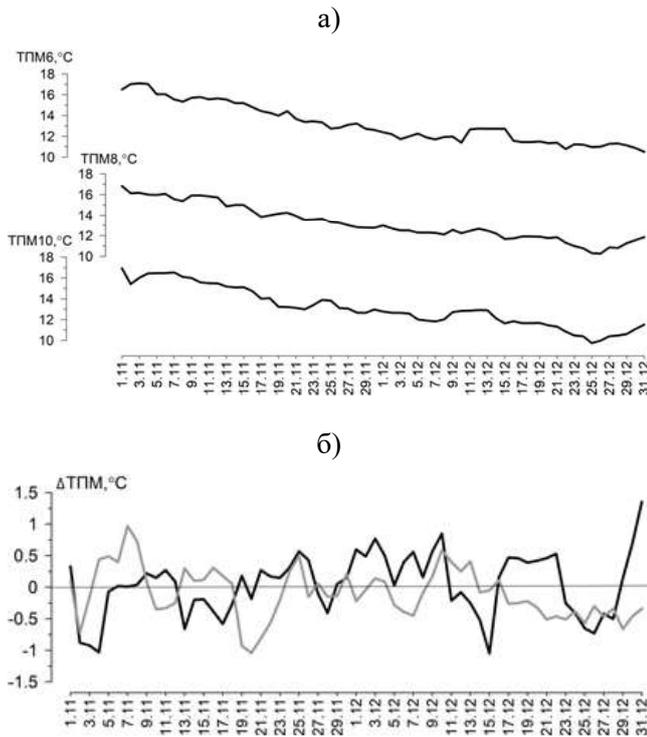


Рис. 7. ТПМ у ЮБК в узлах сетки данных (а) 6, 8 и 10 и разницы ТПМ в этих точках (б): Δ ТПМ8–6 (график черного цвета), Δ ТПМ10–8 (серого) (положительные значения на рисунке «а» соответствуют увеличению ТПМ в восточном направлении)

Fig. 7. SSTs near the South Coast of Crimea at data grid nodes (a) 6, 8 and 10, and the differences in SSTs at these points (b): Δ SST8–6 (black graph), Δ SST10–8 (gray graph) (positive values in the figure “a” correspond to the increase in SST in an easterly direction)

ной половине (Δ ТПМ10–8) отмечалось увеличение значений разницы ТПМ (Δ ТПМ8–6) (рис. 7б). Эта разница, соответственно, с 18 и 23 ноября стала преимущественно положительной. Это означает, что хамса мигрировала на восток в сторону больших значений ТПМ.

В период с 5 по 20 декабря (после южных штормовых ветров) наблюдалась стабилизация температуры на уровне 12–13 °С, увеличилась результативность промысла на первом, третьем и четвертом промысловых участках и, вероятно, активизировалась миграция хамсы на восток.

После 10 декабря наблюдалась тенденция уменьшения значений Δ ТПМ. Особенно это важно для восточного участка шельфа, где к этому времени уже концентрируется основная масса хамсы, а значения Δ ТПМ10–8 начинают уменьшаться и к

14 декабря становятся отрицательными. Это означает, что с 14 декабря при ТПМ 12 °С в восточной половине шельфа ЮБК температурный фактор, способствующий миграции хамсы на восток, отсутствовал.

С 20 по 25 декабря ТПМ понизилась до 10–11 °С, с 22 декабря усилилось западное течение, а результативность промысла значительно уменьшилась. Все это свидетельствует о начале в последней пятидневке декабря зимовки остатков распределившегося по шельфу ЮБК скопления хамсы в местах с минимальными течениями, плохо доступных промыслу разноглубинными тралами.

ВЫВОДЫ

Особенность путины 2021/2022 гг. черноморской хамсы у берегов Крыма заключается в сравнительно раннем начале промысла и смещении его восточной границы до м. Чауда.

Подходы черноморской хамсы к берегам Крыма в середине ноября 2021 г. были обусловлены усилением к западу от полуострова с 4 до 13 ноября восточных течений и сменой 10 ноября северных течений на южные, а также относительно высокой ТПМ за пределами шельфа. В отличие от 2019 и 2020 гг., в ноябре и декабре 2021 г. к югу от ЮБК на расстоянии 15–30 миль от берега располагалась интенсивная термодинамическая фронтальная зона ОЧТ, которая стала естественной преградой для дальнейшей миграции черноморской хамсы на юг.

Первые промысловые скопления хамсы были обловлены уже 13 ноября 2021 г. на участке шельфа от м. Херсонес до Алупки, а 27 ноября — уже в районе м. Чауда. Выловленные с 13 ноября по 30 декабря 6,3 тыс. т хамсы относятся к одному скоплению, вышедшему к ЮБК до 18 ноября и распределившемуся в восточном направлении до м. Чауда.

На западной половине шельфа ЮБК влияние прибрежных антициклонических вихрей с 7 по 17 ноября и с 23 ноября по 7 декабря определило преобладание восточных течений. С 18 по 23 ноября в этой части шельфа ТПМ увеличивалась в восточном направлении. Эти условия способствовали миграции черноморской хамсы на восток.

На востоке шельфа ЮБК с 23 ноября по 13 декабря усиливались западные течения, а с 14 декабря ТПМ в восточном направлении начала уменьшаться. Эти условия, по нашему мнению, остановили миграцию черноморской хамсы на восток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зуев Г.В., Бондарев В.А., Мурзин Ю.Л., Самой Ю.В. Многолетняя динамика промысла и размерно-возрастной структуры уловов черноморской хамсы (*Engraulis encrasicolus ponticus* Aleks) в Украине // Морський екологічний журнал. 2014. Т. 13, № 1. С. 27–33.
2. Кожурин Е.А., Шляхов В.А., Губанов Е.П. Динамика уловов промысловых рыб Крыма в Черном море // Труды ВНИРО. 2018. Т. 171. С. 157–169.
3. Панов Б.Н., Смирнов С.С., Спиридонова Е.О., Негода С.А. Оценка условий осенней миграции черноморской хамсы к берегам Крыма в 2019 и 2020 годах по данным с ИСЗ // Исследование Земли из космоса. 2022. № 6. С. 63–73. doi: 10.31857/S0205961422060082.
4. Кныш В.В., Кубряков А.И., Инюшина Н.В., Коротаев Г.К. Восстановление климатической сезонной циркуляции Черного моря на основе модели в σ -координатах с использованием ассимиляции данных о температуре и солености // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2008. № 16. С. 243–265.
5. European seas gridded L4 sea surface heights and derived variables reprocessed 1993 ongoing // E.U. Copernicus Marine Service Information. URL: https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/SEALEVEL_EUR_PHY_L4_MY_008_068/INFORMATION (дата обращения 10.07.2022). doi: 10.48670/moi-00141.
6. Black Sea — High resolution L4 sea surface temperature reprocessed // E.U. Copernicus Marine Service Information. URL: https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/SST_BS_SST_L4_REP_OBSERVATIONS_010_022/INFORMATION (дата обращения 10.07.2022). doi: 10.48670/moi-00160.
2. Kozhurin E.A., Shlyakhov V.A., Gubanov E.P. Dinamika ulovov promyslovykh ryb Kryma v Chernom more [Crimea commercial fish dynamics in the Black Sea]. *Trudy VNIRO [VNIRO Proceedings]*, 2018, vol. 171, pp. 157–169. (In Russian).
3. Panov B.N., Smirnov S.S., Spiridonova E.O., Negoda S.A. Otsenka usloviy osenney migratsii chernomorskoy khamsy k beregam Kryma v 2019 i 2020 godakh po dannym s ISZ [Assessment of autumn migration conditions of the Black Sea khamsa to the shores of Crimea in 2019 and 2020 according to the data from the satellite]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa [Earth Observation and Remote Sensing]*, 2022, no. 6, pp. 63–73. doi: 10.31857/S0205961422060082. (In Russian).
4. Knysh V.V., Kubryakov A.I., Inyushina N.V., Korotaev G.K. Vosstanovlenie klimaticheskoy sezonnoy tsirkulyatsii Chernogo morya na osnove modeli v σ -koordinatakh s ispol'zovaniem assimilyatsii dannykh o temperature i solenosti [Reconstruction of the climatic seasonal circulation of the Black Sea based on a model in σ -coordinates using assimilation of the data on temperature and salinity]. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources]*, 2008, no. 16, pp. 243–265. (In Russian).
5. European seas gridded L4 sea surface heights and derived variables reprocessed 1993 ongoing. In: *E.U. Copernicus Marine Service Information*. Available at: https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/SEALEVEL_EUR_PHY_L4_MY_008_068/INFORMATION (accessed 10.07.2022). doi: 10.48670/moi-00141.
6. Black Sea — High resolution L4 sea surface temperature reprocessed. In: *E.U. Copernicus Marine Service Information*. Available at: https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/SST_BS_SST_L4_REP_OBSERVATIONS_010_022/INFORMATION (accessed 10.07.2022). doi: 10.48670/moi-00160.

REFERENCES

1. Zuev G.V., Bondarev V.A., Murzin Yu.L., Samoy Yu.V. Mnogoletnyaya dinamika promysla i razmerno-voznostnoy struktury ulovov chernomorskoy khamsy (*Engraulis encrasicolus ponticus* Aleks) v Ukraine [Long-term dynamics of fishery and length–age structure of the Black Sea anchovy (*Engraulis encrasicolus ponticus* Aleks) catches in Ukraine]. *Mors'kyu ekologichnyy zhurnal [Marine Ecological Journal]*, 2014, vol. 13, no. 1, pp. 27–33. (In Russian).

Поступила 14.12.2022

Принята к печати 20.01.2023