



УДК 551.468+639.2.05(262.5)

Промысловые виды и их биология

Роль пространственно-временной изменчивости морских течений в зимовальной миграции азовской хамсы в Чёрном море

В.Н. Белоусов¹, М.М. Пятинский¹, В.А. Шляхов¹, С.Н. Кульба¹, Д.Г. Битютский^{2,3}, Р.В. Надолинский¹

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

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

³ Институт биологии КарНЦ РАН (ФГБНУ «ИБ ФИЦ КарНЦ РАН»), ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, 185910

E-mail: pyatinskiymm@azniirkh.vniro.ru

SPIN-коды: В.Н. Белоусов – 4922-9136; М.М. Пятинский – 9500-3502; В.А. Шляхов – 9785-6939; С.Н. Кульба – 9179-1125; Д.Г. Битютский – 7694-4898; Р.В. Надолинский – 5246-5236.

Цель работы: оценка влияния морских течений на направление зимовальной миграции хамсы азовской популяции в Чёрном море.

Материал и методы: работа основана на многолетних данных статистики судового и прибрежного промысла азовской хамсы и данных о течениях в Керченском предпроливном пространстве в 2015-2024 гг. по материалам мониторингового проекта «Коперник». Проверка гипотезы о наличии связи между пространственно-временными изменениями морских течений и направлением миграции азовской хамсы выполнена с использованием метода непараметрической статистики (тест Мана-Уитни-Вилкоксона) и пространственного анализа.

Результаты: показаны значимые различия в схеме зональных и меридиональных течений, которые связаны с направлением зимовальной миграции азовской хамсы в районе Керченского предпроливья Чёрного моря. Выявлены пространственные особенности в зональных и меридиональных компонентах течений, определяющие направление миграции в сторону ЮБК или Кавказского побережья. Ключевыми при определении направления миграции являются: 43, 45 и 46 недели года для зональной компоненты течений, 46 неделя для меридиональной компоненты течений.

Новизна: при помощи статистического пространственно-временного анализа многолетних данных впервые показана связь между течениями и направлением зимовальной миграции хамсы азовской популяции.

Практическая значимость: установленные многолетние особенности в схеме морских течений и их связь с направлением миграции азовской хамсы в Чёрном море позволяют повысить эффективность организации российского промысла.

Ключевые слова: Чёрное море, хамса, морские течения, промысел, зимовальная миграция, климатические изменения.

Role of sea current spatio-temporal variability in the Azov anchovy overwintering migration into the Black Sea

Vladimir N. Belousov¹, Mikhail M. Piatinskii¹, Vladislav A. Shlyakhov¹, Sergey N. Kulba¹, Dmitrii G. Bitiutskii^{2,3}, Roman V. Nadolinskii¹

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

² Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okruzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

³ Institute of Biology of the KarRC RAS («IB KarRC RAS»), 11, Pushkinskaya street, Petrozavodsk, 185910, Russia

The aim: to characterize sea current influence on the direction of the Azov anchovy overwintering migration into the Black Sea.

Material and methods: the assessment was based on long-term Azov anchovy catch statistics from ship and coastal fisheries and data of currents in the Kerch pre-strait area in 2015-2024 based on the Copernicus monitoring project dataset. The hypothesis of a relationship between spatio-temporal changes in sea currents and the direction of the Azov anchovy migration was tested using nonparametric statistics (Mann-Whitney-Wilcoxon test) and spatial analysis.

Results: the relationship between the eastern and northern currents, that related with the direction of the Azov anchovy migration in the Kerch Strait area, was shown. Spatial patterns in the eastern and northern components of the currents that determine the migration direction have been identified. The key factors in determining the migration direction are: 43rd, 45th and 46th weeks of the year for the eastern component of the currents, 46th week for the northern component of the currents.

Novelty: using statistical spatio-temporal analysis of long-term data the relationship between currents and Azov anchovy overwintering migration was showed.

Practical significance: long-term spatial patterns of sea currents and their influence on the direction of the Azov anchovy migration into the Black Sea can make it possible to increase the efficiency of organizing Russian fisheries.

Keywords: Black Sea, anchovy, sea currents, fisheries, overwintering migration, climate changes.

ВВЕДЕНИЕ

Азовская хамса (Европейский анчоус) (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) является массовым представителем мелкосельдевых рыб, совершающих протяжённые зимовально-нерестовые миграции между Азовским и Чёрным морями. Промысл этой рыбы приурочен к периоду её миграций, когда она формирует наиболее плотные скопления.

Зимовальная миграция хамсы азовской популяции начинается в сентябре-октябре, после достижения высокой жирности в период нагула, по мере снижения температуры воды в Азовском море [Попова,

1954]. Зимовальная миграция этой популяции является одной из ключевых особенностей поведения, позволяющей хамсе избегать летальных и сублетальных значений температуры в Азовском море в зимний период и зимовать в более тёплых водах Чёрного моря. При этом, после прохода через Керченский пролив миграция в Чёрное море может происходить по двум основным направлениям: вдоль Кавказского побережья или вдоль побережья Крыма в сторону Южного берега Крыма (далее – ЮБК) [Chashchin, 1996].

Вопрос выявления факторов и закономерностей, определяющих направление зимовальной миграции азовской хамсы, изучался исследователями начиная

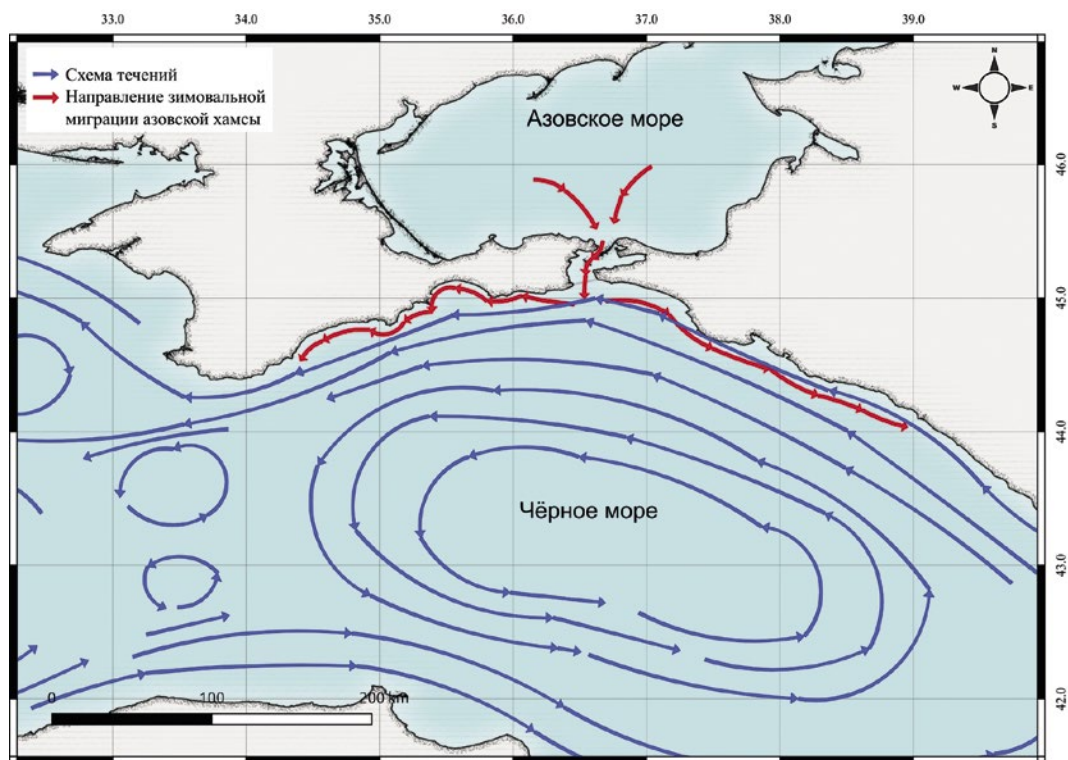


Рис. 1. Направления зимовальной миграции хамсы азовской популяции и концептуальная схема течений им. Книповича («Очки Книповича») для Чёрного моря [Книпович, 1933]

Fig. 1. The directions of winter migration of the population of Azov anchovy and the conceptual scheme of currents by Knipovich («Knipovich glasses») for the Black Sea [Knipovich, 1933]

с конца XIX века [Данилевский, 1871; Александров, 1927; Попова, 1954]. Большинство исследователей предполагают, что основными факторами, обуславливающими выбор направления миграции, являются скорость и направление морских течений, температура воды и температурные градиенты, атмосферные процессы. При этом исследователи сходятся во мнении, что ключевую роль среди этих факторов играют особенности течений в районах миграции хамсы.

Считается, что кавказские течения (перенос воды из южной части Чёрного моря вдоль побережья Кавказа по генеральной схеме течений) являются устойчивыми, вследствие чего основным направлением зимовальной миграции азовской хамсы является кавказское направление (рис. 1) [Попова, 1954; Chashchin, 1996]. Однако при появлении аномалий в генеральной схеме течений Чёрного моря азовская хамса может совершать миграцию в направлении ЮБК. В современных работах ряд авторов делает допущение о том, что ключевую роль в определении направления миграции хамсы играют направления ветров в районе Керченского пролива [Гришин, 2014; Zuyev, Skuratovskaya, 2023] или глобальные атмосферные процессы [Панов, Спиридонова, 2021].

Несмотря на предположения множества исследователей о связи особенностей течений в Керченском проливе и направлением зимовальной

миграции азовской хамсы, аналитическое подтверждение такой гипотезы не представлено. В связи с этим актуальной является количественная оценка пространственно-временных связей между течениями в Чёрном море и направлением зимовальной миграции азовской популяции хамсы. Успешное решение этой задачи имеет не только теоретическое, но и практическое значение для организации и управления промыслом хамсы в Чёрном море.

Целью данного исследования является проверка гипотезы о наличии связи между особенностями течений в районе Керченского пролива в Чёрном море и направлением миграции азовской хамсы в современный период.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании использованы данные о течениях в Чёрном море на глубинах 1,5, 6,5, 9,5 и 13,5 м, предоставляемые проектом «Коперник» [Le Traon et al., 2017; Lima et al., 2020] за 2015-2024 гг.

Выполнялся анализ следующих переменных:

- «uo» – Eastward Eulerian velocity, зональная составляющая течений (положительное значение указывает на направление с запада на восток, отрицательное – с востока на запад), м/с;
- «vo» – Northward Eulerian velocity, меридиональная составляющая течений (положительное значение

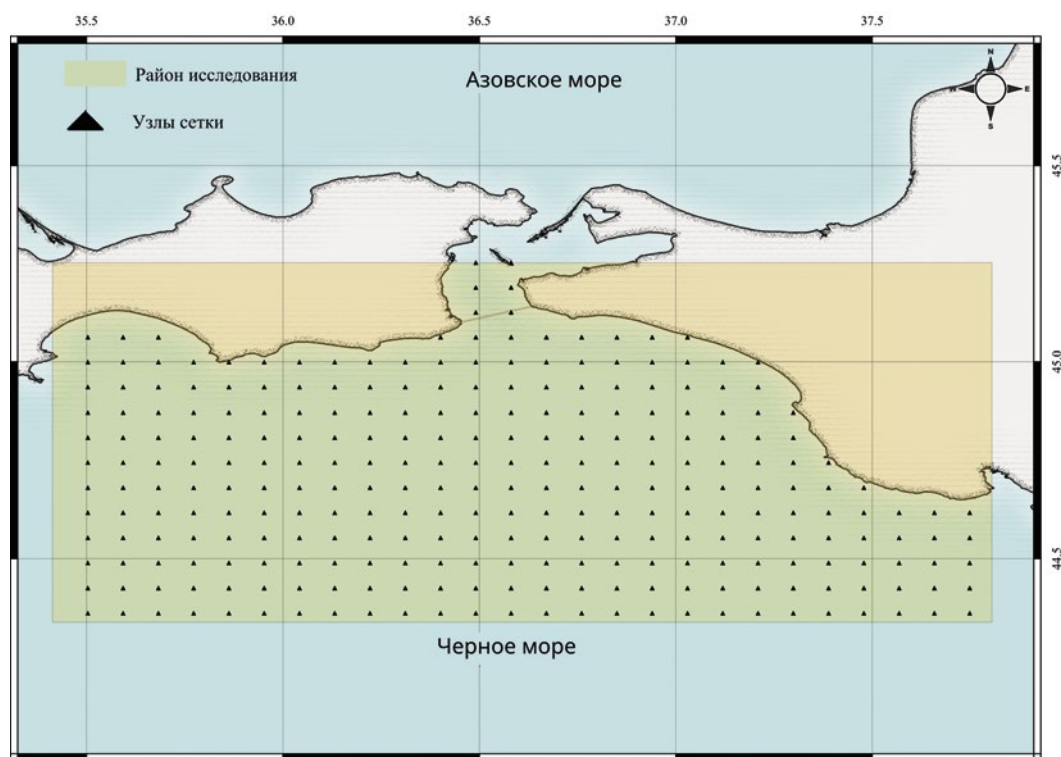


Рис. 2. Район исследования

Fig. 2. Research area

указывает на направление с юга на север, отрицательное – с севера на юг), м/с.

Данные представлены в узлах равномерной сетки с шагом 10 км. На рис. 2 показан район исследования и узлы такой сетки.

Все данные, характеризующие течения в узлах сетки, получали путём билинейной интерполяции исходных данных [Mastylo, 2013].

В каждом году для каждого узла сетки рассчитывались средние еженедельные показатели, характеризующие течения с октября по декабрь (с 40 по 52 неделю года). Таким образом, для каждой недели года в каждом узле были сформированы многолетние выборки ($n=10$) для каждого параметра течений.

В период октябрь–декабрь для каждого года наличие или отсутствие миграции хамсы в сторону ЮБК определяли на основе статистики судового (улов на час траления) и прибрежного (вылов за 5 дней) промысла западнее $36,5^\circ$ в. д. Данные о судовом промысле (судовые суточные донесения) представлены Центром системы мониторинга рыболовства и связи (ЦСМС). Для анализа динамики уловов хамсы прибрежными орудиями лова использовалась статистика её улова в ставные невода у побережья Крыма по данным Азово-Черноморского территориального управления Росрыболовства (АЧТУ). Решение о наличии миграции в сторону ЮБК в конкретном месяце принималось если среднее значение вылова за этот месяц в текущем году превышало среднее значение вылова в таком же месяце за период 2015-2024 гг. В качестве критерия наличия миграции хамсы в направлении ЮБК для текущего года принималось наличие не менее двух месяцев миграции в осенне-зимний период как при судовом, так и при прибрежном промысле.

Многолетние выборки показателей течений в каждом узле сетки по критерию наличия или отсутствия миграции хамсы в направлении ЮБК разделялись на подвыборки, которые сравнивались между собой с помощью непараметрического теста Манна-Уитни-Вилкоксона [Bauer, 1972]. Значимыми принимались различия в показателях течений подвыборок после преобразования U-критерия при $p\text{-value} < 0,05$. Оценки значимости различий теста Манна-Уитни-Вилкоксона в каждой пространственной точке наносили на карту для их дальнейшей интерпретации. В случае отсутствия статистически значимых различий в узлах сетки, значения $p\text{-value}$ не наносились на карту.

Дополнительно к анализу направления миграции выполнялось определение сроков начала миграции хамсы через Керченский пролив и момента начала

массовой миграции хамсы. Определение начала хода хамсы и начала массовой миграции осуществлялось аналогично описанному в работе [Панов и др., 2025] подходу по наличию уловов хамсы в ставные невода в Керченском проливе в ходе мониторинга промысла.

Расчёты выполнялись в среде R¹. Для обработки данных проекта «Коперник» использовались пакеты NetCDF4, satin², raster³, sf [Pebesma, 2018; Villalobos]. Программный код для повторения анализа и все результаты опубликованы на площадке «СберТех»⁴.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты анализа статистики судовых суточных донесений представлены в табл. 1. В ходе анализа было установлено, что миграция хамсы в сторону Кавказского побережья происходила каждый год, однако в отдельные годы (2015-2017, 2020-2021) значительная часть скоплений хамсы мигрировала и в сторону ЮБК.

При обработке статистики прибрежного промысла была получена схожая классификация наличия (или отсутствия) миграции хамсы в направлении ЮБК за исключением 2017 г. При детальном анализе локализации судового промысла в этот год было установлено, что основная часть вылова хамсы была взята в районе от Керченского пролива до Феодосийского залива, за пределы которого её миграции по направлению к ЮБК не отмечались. В дальнейшем при анализе схемы течений в районе Керченского предпроливья в соответствии с направлением миграции азовской хамсы 2017 год был исключён из показателей миграции в направлении ЮБК. Итоговая классификация направления миграции хамсы по судовому и прибрежному промыслу, сроки начала миграции и массовой миграции хамсы через Керченский пролив представлены в табл. 2.

В результате тестирования гипотезы о наличии значимых различий в схемах течений в годы наличия (относительно годов отсутствия) миграции хамсы в направлении ЮБК установлены особенности в структуре течений. Значимые пространственно-временные особенности выявлены для:

¹ R Core Team. 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org> 01.09.2025.

² Villalobos H, González-Rodríguez E. 2022. satin: Visualisation and Analysis of Ocean Data Derived from Satellites. R package version 1.1.0. <https://cran.r-project.org/package=satin> 01.09.2025.

³ Hijmans R. 2023. raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.6-26. <https://cran.r-project.org/package=raster> 01.09.2025.

⁴ https://gitverse.ru/anchovy_phd/anchovy-currents-hypothesis 01.09.2025.

Таблица 1. Среднемесячные уловы на усилие азовской хамсы у ЮБК (между м. Меганом и Керченским проливом) (M , т/ч) и классификация этого показателя относительно среднегодового за период 2015-2024 гг. ($\bar{M}$)

Table 1. The monthly average catch per unit effort of the Azov anchovy on the South Crimean shelf (between the Meganom Cape and the Kerch Strait) (M , t/h) and the classification of this indicator relative to the 2015-2024 mean ($\bar{M}$)

Год	Октябрь		Ноябрь		Декабрь		Миграция в крымском направлении
	M	$M > \bar{M}$	M	$M > \bar{M}$	M	$M > \bar{M}$	
2015	8,11	+	7,04	+	5,79	+	есть
2016	3,11	+	3,10	-	8,89	+	есть
2017	3,66	+	5,48	+	5,81	+	есть
2018	0,00	-	3,98	+	3,49	-	нет
2019	0,63	-	2,78	-	1,72	-	нет
2020	0,00	-	5,30	+	4,87	+	есть
2021	5,16	+	6,72	+	10,96	+	есть
2022	1,31	-	2,58	-	2,33	-	нет
2023	0,00	-	0,12	-	0,00	-	нет
2024	1,07	-	0,00	-	4,15	-	нет
$\bar{M} =$	2,31		3,71		4,80		

Таблица 2. Классификация направления зимовальной миграции азовской хамсы и сроков начала хода и массовой миграции хамсы через Керченский пролив в Чёрное море

Table 2. Classification of the Azov anchovy winter migration direction and the dates when first and mass migration of anchovy begins through the Kerch Strait into the Black Sea

Год	Миграция в направлении ЮБК	Дата начала миграции	Дата начала массовой миграции
2015	есть	23 октября	28 октября
2016	есть	18 октября	23 октября
2017	нет	25 октября	2 ноября
2018	нет	2 ноября	8 ноября
2019	нет	3 ноября	17 ноября
2020	есть	11 ноября	16 ноября
2021	есть	13 октября	20 ноября
2022	нет	22 октября	6 ноября
2023	нет	15 ноября	20 ноября
2024	нет	11 ноября	30 ноября

– зональной составляющей течений (u_0): для 43, 45 и 46 недели года (конец октября – середина ноября каждого года),

– меридиональной составляющей течений (v_0): для 46 недели года.

Выявленные пространственные закономерности (значимые различия в зональной и меридиональной компоненте течений, сгруппированные по признаку наличия или отсутствия миграции хамсы в сторону ЮБК) течений были схожими для всех исследуемых глубин (от 1,5 до 13,5 м), на рис. 3 результаты представлены только для глубины 1,5 м: различия отмече-

ны в 43, 45, 46 недели года для зональной компоненты, в 46 неделю – для меридиональной компоненты течений (см. рис. 3).

Для детального исследования акваторий, для которых были выявлены значимые различия в схемах течений при зимовальной миграции хамсы, выполнена раздельная визуализация зональной и меридиональной компонент течений в 46 неделю 2019 и 2021 гг., когда начало массовой миграции хамсы приходилось на вторую декаду ноября (рис. 4). Средние значения скорости зональных течений для всей исследуемой акватории составили: $-0,09$ м/с в 2019 г.

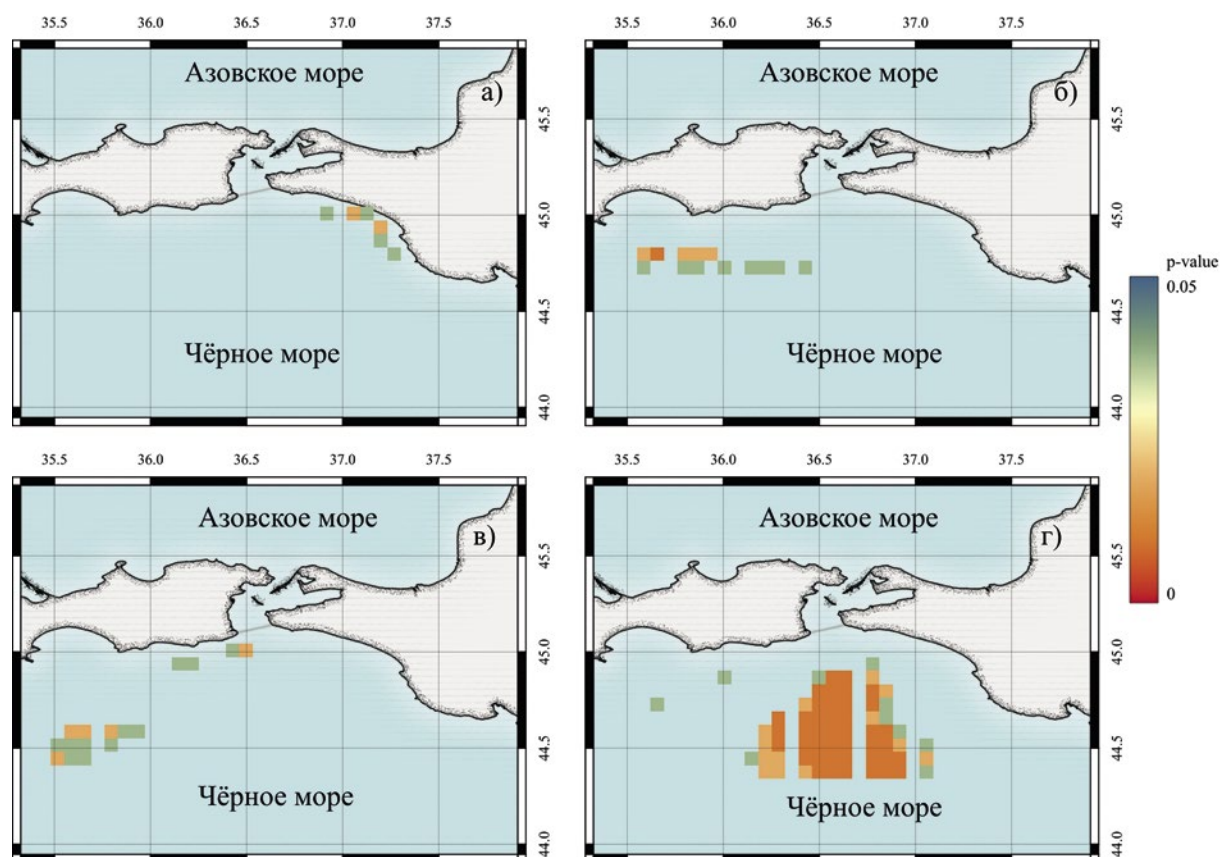


Рис. 3. Значения p -value (цветом отмечены области значимых различий, p -value < 0,05) теста Манна-Уитни-Вилкоксона о наличии различий между сгруппированными по признаку миграции хамсы течениями в районе Керченского предпроливья в Чёрном море. а) восточная компонента течений в 43 неделю года; б) восточная компонента течения в 45 неделю года; в) восточная компонента течений в 46 неделю года; г) северная компонента течений в 46 неделю года

Fig. 3. The p values (areas of significant currents differences are marked in color, p -value < 0.05) of the Mann-Whitney-Wilcoxon test indicate the differences between the currents grouped by the migration direction of the anchovy in the Kerch Strait area in the Black Sea. а) the eastern component of the currents in the 43rd week of the year; б) the eastern component of the currents in the 45th week of the year; в) the eastern component of the currents in the 46th week of the year; г) the northern component of the currents in the 46th week of the year

и $-0,11$ м/с в 2021 г. Средние значения скорости меридиональных течений составили: $0,01$ м/с в 2019 г. и $-0,02$ м/с в 2021 г.

Несмотря на отсутствие значимых различий в средних значениях скоростей течений в 2019 и 2021 гг. в районе исследований, пространственные структуры на рис. 4 указывают на наличие различий в пространстве для зональной и меридиональной компонент течений, особенно в районах-индикаторах, в которых схемы течений значимо различались в годы наличия или отсутствия миграции хамсы в сторону ЮБК (определённых на рис. 3). Отмечена смена устойчивых зональных (с востока на запад) течений вдоль крымского побережья в 2019 г. (рис. 4а) на обратное направление в 2021 г (рис. 4в). Изменения в меридиональной компоненте течений (рис. 4б, г) указывают на ослабление южных тече-

ний и уменьшение акваторий, где они преобладают, в 2021 г. относительно 2019 г.

ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе выполнения работы удалось аналитически показать наличие связи между течениями в Керченском предпроливье в Чёрном море и направлением зимовальной миграции азовской хамсы в сторону ЮБК. Как и предполагалось исследователями в ходе натурных наблюдений [Попова, 1954; Chashchin, 1996], направление миграции хамсы определяется в достаточно короткий период (1 неделя) и связано с направлением течений в районе Керченского предпроливья.

В силу невозможности определения «причины-следствия» в самоорганизующихся системах, объяснение конкретного механизма воздействия течений

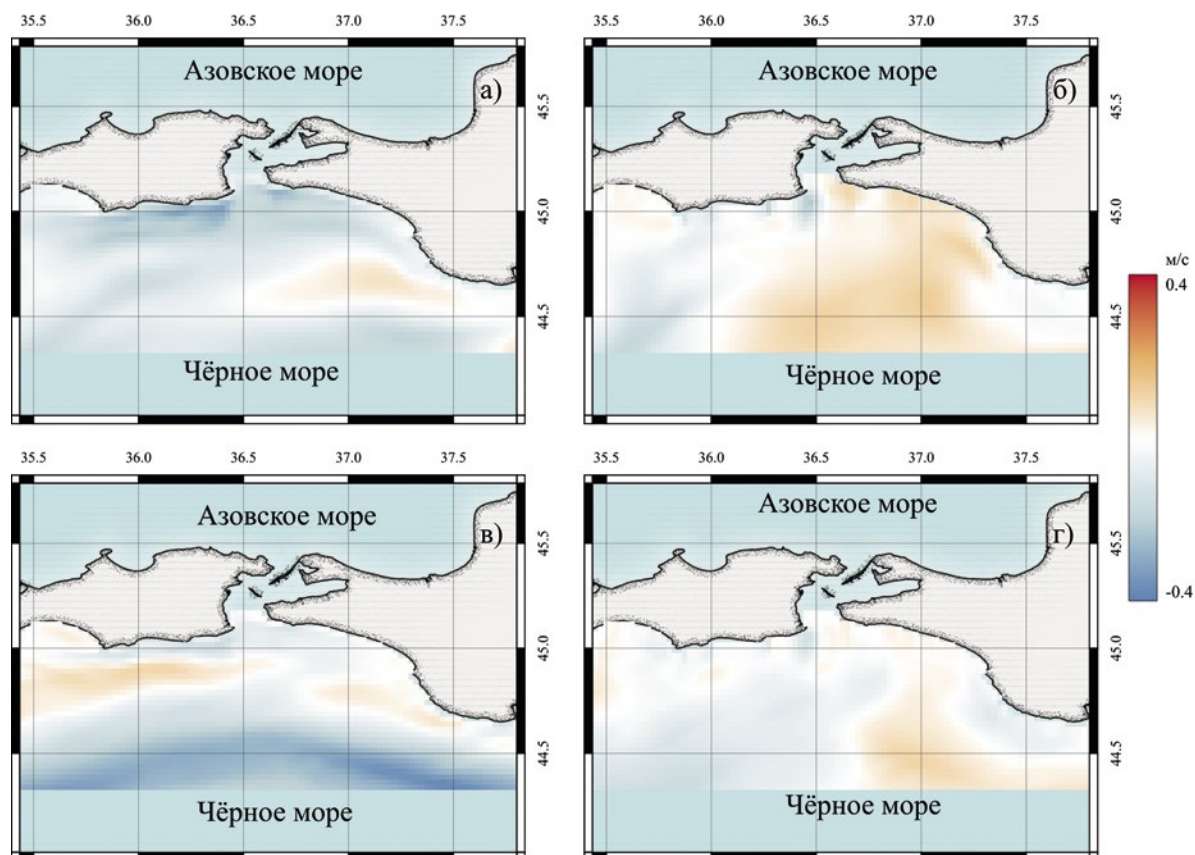


Рис. 4. Зональная (а, в) и меридиональная (б, г) компоненты течений в 46 неделю 2019 (а, б) и 2021 (в, г) годов в поверхностном слое (1,5 м) вблизи Керченского пролива в Чёрном море, м/с

Fig. 4. Eastern (а, б) and northern (в, г) components of the currents in the 46th week of 2019 (а, б) and 2021 (в, г) in the surface layer (1.5 m) near the Kerch Strait in the Black Sea, m/s

на миграции хамсы является непростым и все ещё остаётся дискуссионным. Вероятно, ключевую роль играют изменения в меридиональных течениях, которые в это время года обеспечивают перенос тёплой воды из южной части моря в северную – к месту начала зимовальной миграции азовской популяции хамсы и обеспечивают плавные изменения значений градиентов температуры от Керченского пролива в сторону Кавказского берега (рис. 4 б). В случае появления аномалий в меридиональных течениях (изменение направления с северного на южное) даже в достаточно короткий по продолжительности период (рис. 4 г), вероятно, миграция протекает в направлении ЮБК.

В дополнение к показанным особенностям в меридиональных течениях, другим механизмом «спускового крючка» являются аномалии течений в районе побережья Керченского полуострова и Темрюкского района. Как можно увидеть на рис. 4 а, в 2019 г. в районе Керченского пролива отмечались устойчивые зональные течения с востока на запад (отрицательные значения зональной компоненты). Однако в 2021 г. зональная схема течений значительно отличалась от

таковой в 2019 г.: у крымского побережья преобладали течения с запада на восток вплоть до Керченского пролива. По всей видимости, схема переноса тёплой воды из южной части моря в 2021 г., учитывая аномалии в зональной и меридиональной компонентах течений, была нарушена, в результате чего часть популяции азовской хамсы совершила миграцию на зимовку в направлении ЮБК (против течения, по направлению к более тёплой воде).

В дополнение к закономерностям миграции относительно схемы течений следует отметить значительное изменение сроков миграции, представленных в табл. 2. Так, в 2015-2024 гг. миграция хамсы азовской популяции начиналась в 3 декаде октября, но чаще всего происходила в 1-2 декаде ноября. В исследованиях 1944-1951 гг. до начала глобального потепления [Попова и др., 1954] отмечено, что начало массовой зимовальной миграции происходило преимущественно в 3 декаде сентября, реже – в 1-2 декаде октября. При этом в 1944-1951 гг. продолжительность миграционного хода составляла более 30 дней, тогда как в 2015-2024 гг. она редко достигала 20 дней.

Несмотря на климатические изменения, обусловившие изменение сроков и продолжительности зимовальной миграции, факторы, определяющие направление миграции хамсы, по-видимому, остаются прежними.

ВЫВОДЫ

1. Показана связь между течениями в районе Керченского предпролива и направлением зимовальной миграции хамсы азовской популяции.

2. Определяющими направление миграции азовской хамсы для периода 2015-2024 гг. являлись течения в 43, 45 и 46 недели года.

3. Определены «районы-индикаторы» в схеме течений в Керченском предпроливье для зональной и меридиональной компонент. В зональной компоненте течений определяющими являются районы у берегов Темрюкского района и Керченского полуострова. В меридиональной компоненте ключевую роль играют течения в районе на удалении в 20 км и далее от Керченского пролива на юг.

4. Миграция азовской хамсы в сторону ЮБК возможна в случае аномалий в меридиональной компоненте течений и смене направления течений в зональной компоненте на противоположные (относительно принятой средней многолетней схемы течений) у берегов Керченского полуострова.

5. Отмечены более поздние сроки массового хода азовской хамсы через Керченский пролив и сокращение его продолжительности относительно 1944-1951 гг., изменение которых, вероятно, не повлияло на определяющую роль течений в направлении миграции.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания Азово-Черноморского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»).

ЛИТЕРАТУРА

Александров А.И. 1927. Анчоусы Азово-Черноморского бассейна, их происхождение и таксономическое положение // Труды Керченской рыбохозяйственной станции. Т. 1. № 2-3.

Гришин А.Н. 2014. Особенности формирования зимовальных скоплений хамсы (*Engraulis encrasicolus*) у восточного побережья Крыма // Морской экологический журнал. Т. 13. № 1. С. 9-16.

Данилевский Н.Я. 1871. Описание рыболовства в Черном и Азовском морях, Исследование о состоянии рыболовства в России. Т. 8. 316 с.

Книпович Н.М. 1933. Гидрологические исследования в Черном море. Труды Азовско-Черноморской научно-промысловой экспедиции. Вып. 10. 278 с.

Панов Б.Н., Спиридонова Е.О. 2021. Влияние течений и атмосферной циркуляции на эффективность промысла хамсы в период её зимовки у Черноморского побережья Краснодарского края // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. № 1. С. 47-62. DOI: 10.22449/2413-5577-2021-1-47-62

Панов Б.Н., Шляхов В.А., Белоусов В.Н., Спиридонова Е.О. 2025. Изменчивость характеристик и океанографических условий весенней миграции хамсы в Азовское море // Водные биоресурсы и среда обитания. 2025. Т. 8. № 1. С. 70-81. DOI: 10.47921/2619-1024_2025_8_1_70.

Попова В.П. 1954. Черноморский период жизни азовской хамсы // Труды ВНИРО. Т. 28. С. 65-73.

Bauer D.F. 1972. Constructing confidence sets using rank statistics // Journal of the American Statistical Association. V. 67. P. 687-690. DOI:10.1080/01621459.1972.10481279

Chashchin A.K. 1996. The Black Sea populations of anchovy // Scientia Marina. V. 60. P. 219-225.

Le Traon P.Y., Reppucci A., Alvarez F.E., Aouf L., Behrens A., Belmonte M. et al. 2019. From observation to information and users: the Copernicus Marine Service perspective // Frontiers in Marine Science. V. 6. 234 p. DOI: 10.3389/fmars.2019.00234

Lima L., Masina S., Ciliberti S.A., Peneva E.L., Cretí S., Stefanizzi L., Lecci R., Palermo F., Coppini G., Pinardi N., Palazov A. 2020. Black Sea Physical Reanalysis (CMEMS BS-Currents) (Version 1) [Data set]. Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS). DOI: 10.25423/CMCC/BLKSEA_REANALYSIS_PHYS_007_004

Mastylo M. 2013. Bilinear interpolation theorems and applications // Journal of Functional Analysis. V. 265. Iss. 2. P. 185-207.

Pebesma E. 2018. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data // The R Journal. Vol. 10. Iss. 1. P. 439-446. DOI: 10.32614/RJ-2018-009

Zuyev G., Skuratovskaya E. 2023. Population Structure of European Anchovy *Engraulis encrasicolus* (L.) (Engraulidae: Pisces) in the Azov-Black Sea Basin // Thalassas: An International Journal of Marine Sciences. V. 39. Iss. 1. P. 115-124. DOI: 10.1007/s41208-023-00529-6

REFERENCES

Alexandrov A.I. 1927. Anchovies of the Azov-Black Sea basin, their origin and taxonomic position // Trudy Kerchenskoj rybohozhajstvennoj stancii. V. 1. № 2-3. (In Russ.)

- Grishin A.N. 2014. Features of forming of winter accumulations of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) at the eastern coast of Crimea // Marine ecological journal. V. 13. Iss. 1. P. 9-16. (In Russ.)
- Danilevskij N.Ya. 1871. Description of fishing in the Black and Azov Seas, Research on the state of fishing in Russia. V. 8. 316 p. (In Russ.)
- Knipovich N.M. 1933. Hydrological research in the Black Sea. Trudy Azovsko-Chernomorskoj nauchno-promyslovoj jekspedicii. Iss. 10. 278 p. (In Russ.)
- Panov B.N., Spiridonova E.O. Influence of Currents and Atmospheric Circulation on the Efficiency of European Anchovy Fishing during its Wintering off the Black Sea Coast of the Krasnodar Territory // Ekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon morja. Iss. 1. P. 47-62. DOI: 10.22449/2413-5577-2021-1-47-62 (In Russ.)
- Panov B.N., Shlyakhov V.A., Belousov V.N., Spiridonova E.O. 2025. Variability of characteristics and oceanographic conditions of anchovy spring migration to the Azov Sea // Aquatic Bioresources & Environment. V. 8. Iss. 1. P. 70-81. DOI: 10.47921/2619-1024_2025_8_1_70. (In Russ.)
- Popova V.P. 1954. The Black Sea period of the life of the Azov Hamsa // Trudy VNIRO. V. 28. P. 65-73. (In Russ.)
- Bauer D.F. 1972. Constructing confidence sets using rank statistics // Journal of the American Statistical Association. V. 67. P. 687-690. DOI:10.1080/01621459.1972.10481279
- Chashchin A.K. 1996. The Black Sea populations of anchovy // Scientia Marina. V. 60. P. 219-225.
- Le Traon P.Y., Reppucci A., Alvarez F.E., Aouf L., Behrens A., Belmonte M. et al. 2019. From observation to information and users: the Copernicus Marine Service perspective // Frontiers in Marine Science. V. 6. 234 p. DOI: 10.3389/fmars.2019.00234
- Lima L., Masina S., Ciliberti S.A., Peneva E.L., Cretí S., Stefanizzi L., Lecci R., Palermo F., Coppini G., Pinardi N., Palazov A. 2020. Black Sea Physical Reanalysis (CMEMS BS-Currents) (Version 1) [Data set]. Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS). DOI: 10.25423/CMCC/BLKSEA_REANALYSIS_PHYS_007_004
- Mastylo M. 2013. Bilinear interpolation theorems and applications // Journal of Functional Analysis. V. 265. Iss. 2. P. 185-207.
- Pebesma E. 2018. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data // The R Journal. Vol. 10. Iss. 1. P. 439-446. DOI: 10.32614/RJ-2018-009
- Zuyev G., Skuratovskaya E. 2023. Population Structure of European Anchovy *Engraulis encrasicolus* (L.) (Engraulidae: Pisces) in the Azov-Black Sea Basin // Thalassas: An International Journal of Marine Sciences. V. 39. Iss. 1. P. 115-124. DOI: 10.1007/s41208-023-00529-6

Поступила в редакцию 27.06.2025 г.
Принята после рецензии 29.08.2025 г.