

УДК 551.465

## РЕЗУЛЬТАТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО И ВИЗУАЛЬНОГО АВИАУЧЕТА КИТООБРАЗНЫХ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В 2019 г.

© 2024 г. Р. А. Беликов<sup>1</sup>, А. Н. Болтунов<sup>2</sup>, В. В. Краснова<sup>1,\*</sup>, А. Д. Чернецкий<sup>1</sup>,  
В. С. Левицкая<sup>1</sup>, М. Л. Толстой<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup> Научно-экспедиционный центр по исследованию морских млекопитающих, Москва, Россия

\* e-mail: vera.krasnova@mail.ru

Поступила в редакцию 17.01.2024 г.

После доработки 01.02.2024 г.

Принята к публикации 18.04.2024 г.

Представлены результаты первого комбинированного инструментального и визуального авиаучета китообразных в северо-восточной части Черного моря, проведенного в июле 2019 г. на акватории от г. Сочи до г. Анапы площадью 11244 км<sup>2</sup> в пределах российской 12-мильной зоны Черного моря. Общая расчетная численность китообразных – 17505 ± 2678 особей (CL90% 13484–22206). Ориентировочно белобочки составили 69% общей численности, афалины – 22%, азовки – 9%. Максимальная плотность белобочек достигала 8.13 особей/км<sup>2</sup>, афалин – 1.87 особей/км<sup>2</sup>, азовок – 0.62 особи/км<sup>2</sup>. У всех трех видов наблюдается зона повышенной плотности в северной части обследованного района и зона низкой плотности в его средней части. Данные сопоставлены с результатами других учетов черноморских китообразных. Дана сравнительная оценка инструментального и визуального методов сбора данных.

**Ключевые слова:** китообразные, афалина (*Tursiops truncatus*), белобочка (*Delphinus delphis*), морская свинья (*Phocoena phocoena*), северо-восточная часть Черного моря, инструментальный и визуальный авиаучеты, оценка численности и плотности, распределение

DOI: 10.31857/S0030157424060089, EDN: FINIVF

### ВВЕДЕНИЕ

В Черном море обитает три вида китообразных: дельфин-белобочка (*Delphinus delphis*), афалина (*Tursiops truncatus*) и обыкновенная морская свинья, или азовка, (*Phocoena phocoena*). В начале XX в., до начала интенсивного промысла, общая численность китообразных составляла, как полагают, около 1.5–2 миллионов особей, а плотность, возможно, была одной из самых высоких в мире [1, 9, 11]. Однако интенсивный промысел, достигавший в конце 1930-х гг. более ста тысяч особей в год [6], привел к 1960-м гг. к катастрофическому падению численности всех трех видов и, соответственно, резкому снижению объемов их добычи [24]. В 1966 г. СССР, Болгария и Румыния ввели запрет промысла черноморских китообразных, в 1983 г. к нему присоединилась Турция.

В 1967 г. начались систематические авиационные и судовые учеты китообразных Черного моря с целью их исследования и сохранения. Опреде-

ляли численность, структуру популяций и характер их распределения [8–10, 12–15, 23]. Несмотря на регулярность и масштабность работ, их результаты не были приняты научным сообществом: выявить тренды численности в ходе этих учетов не удалось, а полученные оценки были признаны недостоверными [25]. Тем не менее, согласно экспертному мнению [4, 24], после прекращения промысла китообразных наблюдалось кратковременное увеличение их численности, которое затем сменилось плавным ее снижением под воздействием комплекса неблагоприятных факторов, прежде всего антропогенных, связанных с истощением кормовой базы. В результате к концу 1980-х гг. наблюдалось значительное снижение численности афалин, считалось, что они могут оказаться на грани исчезновения [24]. В конце 1980-х гг. в Черном море произошла экологическая катастрофа из-за вселения хищного гребневика мнемнопсиса (*Mnemiopsis leidyi*) [16, 40],

которая не могла не отразиться отрицательным образом на популяциях китообразных [4, 5].

Несмотря на неблагоприятное состояние черноморских китообразных и острую необходимость получения актуальных данных об их статусе, с начала 1990-х гг. крупномасштабных работ по оценке их численности и распределения не проводили, осуществлялись лишь локальные исследования в разных районах Черного моря [2, 3, 7, 21]. Подобные работы полезны для оценки использования китообразными отдельных районов и местообитаний, но не могут дать ответа на ключевые вопросы о статусе популяций.

Последние три десятилетия авиаучеты, как наиболее эффективный метод исследования численности и распределения таких высокоподвижных животных, как китообразные, в Черном море применялись крайне редко и охватывали относительно небольшие площади. В 2001 и 2002 гг. был проведен авиаучет в Азовском море, Керченском проливе и северо-восточной части Черного моря [26]. Эта работа – первый в данном регионе авиаучет, проведенный методом дистанционного сэмпирования – регистрации животных на линейных трансектах с определением расстояния до обнаруженных особей [30]. Район работ был ограничен 200-м изобатой, из-за чего включал в себя лишь акваторию Керченского предпролива и узкую полосу вдоль побережья Кавказа в территориальном море РФ. В 2013 г. был впервые проведен учет всех трех видов, покрывший линейными трансектами значительную площадь в северо-западной части Черного моря, охватывающую воды Украины, Румынии и Болгарии [28]. В 2019 г. по аналогичной методике в рамках двух проектов CeNoBS и EMBLAS-PLUS удалось провести широкомасштабный авиаучет, охвативший семь регионов Черного моря [25].

Все вышеперечисленные авиаучеты, включая самые современные, проведенные методом дистанционного сэмпирования на линейных трансектах, использовали традиционный способ сбора первичных данных посредством визуальных наблюдений. Подобная ситуация характерна не только для Черного, но и для Средиземного моря [38], где масштабные авиаучеты проводились намного чаще.

Вместе с тем, два последних десятилетия наблюдалось активное развитие методов инструментального авиаучета животных, которые по сравнению с визуальными наблюдениями повышают объективность получаемых оценок. Высокодетальная цифровая фотосъемка широко используется в Северной Америке и Северной

Европе (например, [32, 36]). В России инструментальные методы успешно применяют для оценок численности ластоногих [19, 20], однако опыта их использования для учета черноморских китообразных до сих пор не было.

Черноморский регион в целом очень сильно освоен человеком, что неизбежно оказывает негативное воздействие на морскую экосистему [22]. Афадины, белобочки и азовки, находясь на вершине трофической пирамиды этой экосистемы, являются индикаторами ее состояния. В связи с этим изучение и мониторинг китообразных имеют большое значение для сохранения экосистемы Черного моря.

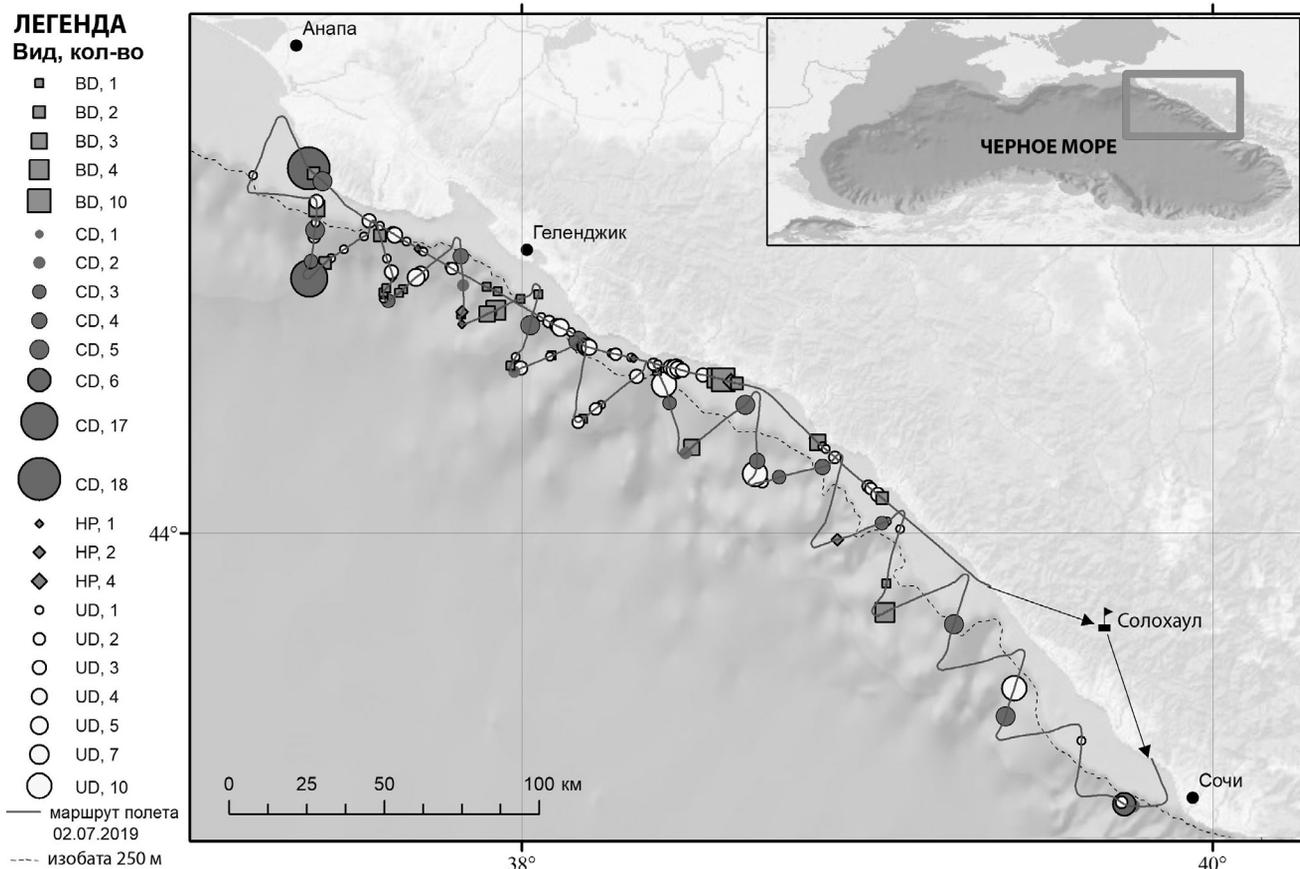
Целью нашего исследования являлось получение актуальных данных о численности и распределении китообразных в северо-восточной части Черного моря по результатам комбинированного инструментального и визуального авиаучета в июле 2019 г.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Авиаобследование с использованием вертолета МИ-8 МТВ 1 было проведено 02.07.2019 с 7:28 до 12:18 в пределах 12-мильной зоны Черного моря (территориальное море РФ) на участке от г. Сочи до г. Анапы (рис. 1). Площадь акватории, на которой проводились работы, составила 11244 км<sup>2</sup>. Район представлен узким шельфом и быстро увеличивающимися глубинами, достигающими отметок свыше 500 м уже в нескольких километрах от береговой черты. Маршрут учета состоял из двух частей (рис. 1): (1) от г. Адлера до г. Анапы (563 км) и (2) 201 км на пути возврата вертолета из района г. Анапы до п. Солохаул. Общая протяженность учетного маршрута составила 764 км, продолжительность учета – 4 ч 10 мин. Полет над морем проходил в среднем на высоте 224 м (100–420 м) со средней скоростью 182 км/ч (138–209 км/ч).

Инструментальный учет осуществлялся посредством автоматической потоковой съемки в надир на цифровую полнокадровую зеркальную фотокамеру высокого разрешения (45.4 Мп) Nikon D850 с объективом Nikkor 24 мм (угол объектива 84.1°) с интервалом 4 сек. Камера была установлена в открытом люке в нижней части фюзеляжа вертолета. Крепление камеры обеспечивалось специальной платформой для цифровых камер, изготовленной ООО НЭЦ “Морские млекопитающие”.

Визуальную регистрацию и прицельную фотосъемку китообразных наблюдатели проводили



**Рис. 1.** Район проведения авиаучета китообразных в 2019 г. Результаты визуальных наблюдений (вид животного, количество особей): BD – черноморская афалина, CD – белобочка, HP – азовка, UD – вид не определен.

в иллюминаторы правого и левого бортов вертолета. Фотосъемка велась на камеры Nikon D300s и Nikon D7000 (объективы Nikkor 80–400 мм, Sigma 150–600 мм). Цель бортовых наблюдений и фотосъемки – получение материала о встречаемости и соотношении разных видов китообразных на протяжении учетного авиаобследования.

Объективная регистрация параметров полета (скорость, высота и географические координаты трека полета) обеспечивались GPS-приемником GlobalSat BU-353s4 с частотой обновления данных 1 раз в секунду. Таким образом, каждый снятый кадр имеет следующие атрибуты: (1) время съемки с точностью до секунды; (2) координаты съемки с точностью GPS; (3) высоту над уровнем моря, определяемую по альтиметру GPS приемника.

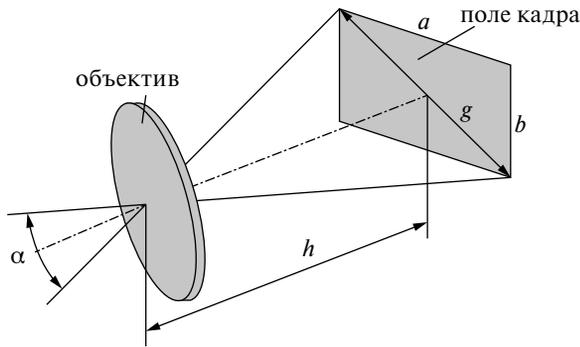
#### *Расчет площади учетного участка*

Оценка плотности и численности китообразных в исследуемой части Черного моря основана на выборочном авиаучете. Принцип примененного выборочного авиаучета заключается в том, что на обследованной акватории распределены учетные участки с известной площадью, на ко-

торых полностью подсчитаны все обнаруженные животные. По итогам подсчета рассчитывается плотность животных на учетных участках, которая затем экстраполируется на всю обследованную акваторию, а также используется для расчета общей численности животных.

Учетным участком в наших исследованиях являлась акватория, попавшая в кадр цифровой фотокамеры, установленной на вертолет и осуществлявшей потоковую фотосъемку в надири. Площадь учетного участка на поверхности воды зависела от высоты полета и от угла объектива камеры. При расчете площади участка также учитывалось, какая его часть непригодна для обнаружения на ней объектов учета из-за интенсивных бликов.

Площадь ( $p$ ) учетного участка, полученного в ходе работ, рассчитывали на основе исходных данных, представленных на рисунке 2; учитывая, что при использовании камеры Nikon D850 с объективом с фокусным расстоянием 24 мм угол объектива составляет  $84.1^\circ$ ; отношение ширины кадра ( $a$ ) к высоте кадра ( $b$ )  $a/b = 1.5$ . Высота полета определялась высотомером GPS приемника.



**Рис. 2.** Исходные данные для расчета площади учетного участка (кадра) на местности, где:  $\alpha$  – угол объектива,  $h$  – высота полета,  $a$  – ширины кадра,  $b$  – высоте кадра.

Площадь учетного участка ( $p$ ) рассчитывается по формуле:

$$p = 1.846 \left( h \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha}{2} \right) \right)^2,$$

при значении  $\operatorname{tg} \frac{84.1}{2} = 0.90$  формула приобретает вид:

$$p = 1.5h^2 \quad (1)$$

Для дальнейшего анализа на каждый кадр накладывалась специальная масштабная сетка, разбивающая учетный участок на 16 частей.

Определение площади засветки солнечными бликами проводили перцептивно (визуально): эксперт оценивал покрытую бликами площадь кадра, подсчитывая количество участков измерительной сетки. При этом учитывалась не только общая площадь засвеченного участка, но и плотность бликов в его различных зонах. Такое определение площади засветки связано с тем, что при предварительной обработке отдельные животные хорошо детектировались в зоне засветки – между солнечными бликами (иногда даже частично ими закрытые). Далее из площади кадра, определенной по формуле 1, вычитали долю засвеченной площади. Полученная незабликованная площадь использовалась для расчета плотности обнаруженных животных. Средняя степень забликованности поверхности воды, определенная визуально, составила  $19.2 \pm 8.2\%$  кадра.

#### Обнаружение животных на кадрах

Для обеспечения точности дешифровки все полученные фотографии были проанализированы тремя экспертами. При обнаружении животных на кадре эксперт определял их вид и количество. Определение вида могло быть точным или вероятностным: афалина, белобочка, морская

свинья, афалина или белобочка, неопределенный вид.

#### Расчет численности и плотности

Расчет плотности и численности животных производился по алгоритмам экстраполяции плотности [17]. Весь обследованный район по окончании полетов разбивался на  $R$  учетных секторов методом адаптивного деления территории для проведения раздельной экстраполяции при неравномерном размещении выборочной площади [17]. Данный метод позволяет получить “квазирандомизированные” пробы и может быть применен практически при любых вариантах размещения выборочной площади. Всего был выделен 21 сектор ( $R = 21$ ), каждый из которых состоял из двух частей (рис. 3). Учетные участки использовались в качестве элементов выборки, по которым рассчитывалась плотность и численность китообразных.

Для каждого сектора были определены:

$S_r$  – площадь  $r$ -того сектора ( $\text{км}^2$ );

$P_r$  – площадь, покрытая учетными участками в  $r$ -том секторе ( $\text{км}^2$ );

$n_r$  – общее число животных (особей) на снимках в пределах  $r$ -того сектора.

По секторам была вычислена общая плотность китообразных в секторе (особей/ $\text{км}^2$ ) и плотность китообразных отдельных видов (особей/ $\text{км}^2$ ). На основе этих данных была вычислена оценка общей численности китообразных в исследованном районе, а также даны ориентировочные оценки численности китообразных по видам.

Все места обнаружения животных по фотоснимкам центральной камеры, снимающей в надир, и количество животных, обнаруженных на одном кадре, нанесены на карту в среде ArcGIS. Площадь поверхности, покрытой инструментальным учетом в пределах каждого сектора, определяется суммой площадей, покрытых фотоснимками в пределах каждого сектора.

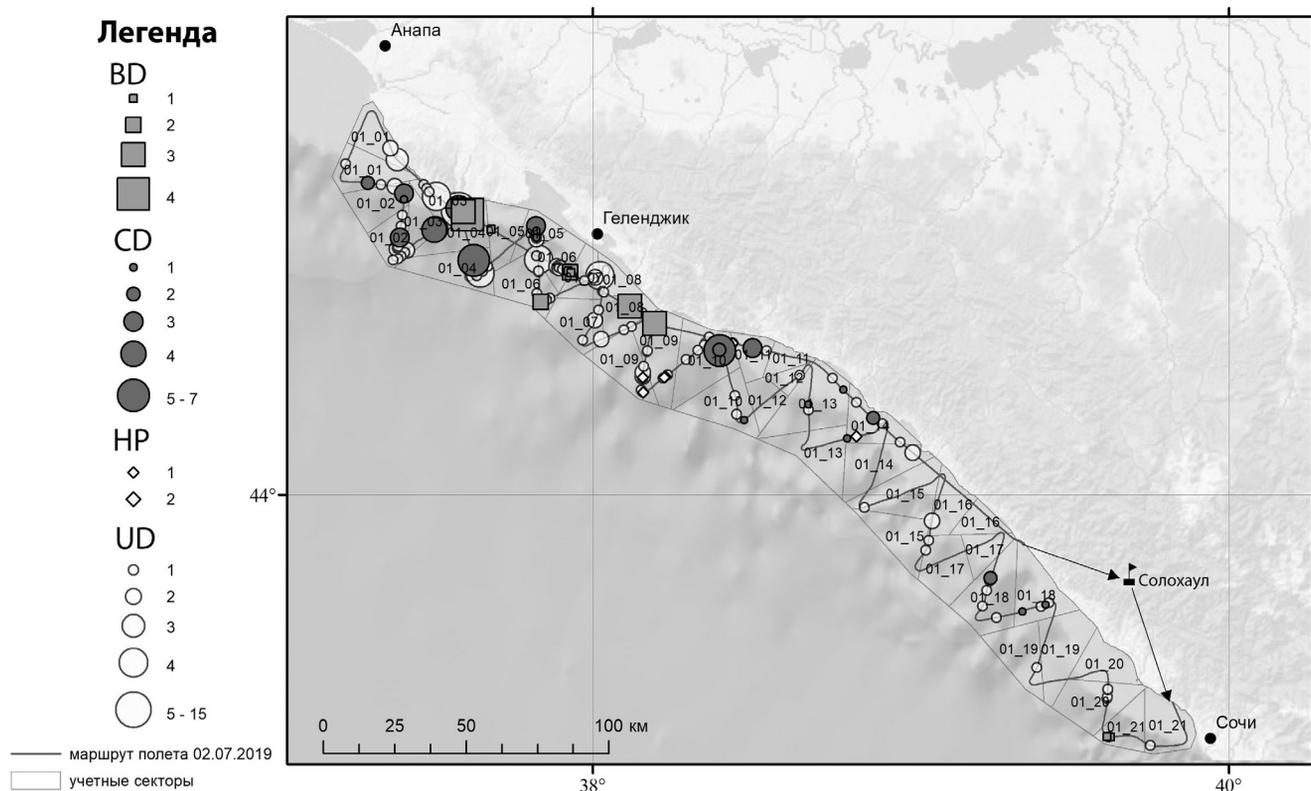
Оценка общей экстраполированной численности животных на всей учетной акватории рассчитывалась как сумма оценок во всех секторах по формуле:

$$N = \sum_r N_r \quad (2),$$

где  $N_r$  – оценка численности китообразных в  $r$ -м секторе, рассчитанная по формуле:

$$N_r = \frac{n_r S_r}{P_r} \quad (3),$$

где  $n_r$  – количество объектов учета (животные) на всех кадрах в пределах  $r$ -го учетного сектора.



**Рис. 3.** Результаты обнаружения китообразных на снимках потоковой фотосъемки и выделенные учетные секторы, где BD – афалина, CD – белобочка, HP – морская свинья, UP – вид животного не определен.

Статистическая ошибка определяется дисперсией количества животных на двух частях одного сектора, а не всей их совокупности. Статистическую ошибку оценки численности китообразных в каждом секторе, разбитом на две части, вычисляли по практическим формулам, приведенным в работе Н.Г. Челинцева (2000) [17]:

$$m(N_r) = \sqrt{\frac{S_r(S_r - P_r)}{k(k-1)} \sum \left( \frac{n_i}{P_i} - \frac{n_r}{P_r} \right)^2}, \quad (4)$$

где  $k$  – количество частей учетного сектора (в нашем случае  $k = 2$ ),  $n_i$  – число обнаруженных животных в  $i$ -той части учетного сектора и  $P_i$  – суммарная площадь участков (кадров) в этом секторе соответственно.

Статистическая ошибка оценки общей экстраполированной численности китообразных на всей учетной акватории рассчитывалась как корень квадратный из суммы квадратов статистических ошибок на каждом учетном секторе:

$$M(N) = \sqrt{\sum_r m(N_r)^2}, \quad (5)$$

Для анализа распределения плотности животных на обследованной акватории к данным по плотности в каждой части расчетного сектора

применялась площадная (пространственная) интерполяция (*areal interpolation*) в дополнительном модуле ArcGIS *Geostatistical Analyst* (Метод: пространственная интерполяция, Выходной тип: интерполяция, Вариограмма: ковариация, Тип модели: устойчивая).

Так как вид некоторых китообразных, обнаруженных на снимках, был не определен, полученная выборка оказалась недостаточна для прямого расчета плотности и численности китообразных по отдельным видам. В этой связи была рассчитана общая, т. е. суммарная численность и плотность китообразных в районе исследований.

Расчет доли отдельных видов в суммарной численности и плотности основан на соотношении особей, чей вид был определен достоверно при инструментальной съемке и при визуальных наблюдениях. Используя известное соотношение видов для идентифицированных особей, вычисляли доли отдельных видов для обнаруженных животных, чья идентификация была проведена до семейства или вообще была невозможна. При расчете учитывалось соотношение идентифицированных особей в каждом секторе и в соседних (смежных) секторах учета. Вычисленные значения по данным фотоучета в надиры и данным аэровизуальных наблюдений усреднялись,

и полученные результаты использовались далее для расчетов численности и плотности отдельных видов.

Для оценки размера групп черноморских китообразных использовался U-критерий Манна-Уитни.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате прицельной фотосъемки было получено 585 снимков китообразных. Всего визуально во время полета зарегистрировано 368 особей китообразных за 138 встреч (табл. 1). В половине случаев (53% встреч и 46.5% особей) вид китообразных определить не удалось. При равном числе встреч, по числу особей доминировали белобочки; морские свиньи были крайне редки и малочисленны (рис. 1). Отрицательной реакции животных на вертолет (старт-реакции и занывания на большую глубину) не наблюдали.

В результате анализа 3722 снимков (рис. 4), полученных с камеры, снимавшей в нади́р, на 202 из них обнаружено 353 особи китообразных (табл. 1). Из-за недостаточно высокого разрешения снимков определить до вида удалось лишь около 30% обнаруженных животных. Как и при визуальных наблюдениях, доминировали белобочки, а морские свиньи были крайне редки и малочисленны.



Рис. 4. Фрагмент кадра автоматической фотосъемки в нади́р с группой из трех дельфинов-белобочек.

## Оценка численности и плотности китообразных

По результатам инструментального учета средняя общая плотность китообразных без разделения по видам составила  $1.6 \pm 0.3$  особей/км<sup>2</sup>. Расчетная общая численность китообразных в районе работ площадью 11244 км<sup>2</sup> составила  $17505 \pm 2678$  особей (CL90% 13484–22206). Выраженная область максимальной плотности китообразных (до 9.8 особей/км<sup>2</sup>) выявлена в северной части района обследований, средняя же его часть характеризовалась крайне низкой встречаемостью животных (рис. 5). Примечательно, что в этой части акватории обследования проводились в наиболее благоприятных условиях наблюдения (минимальное волнение поверхности моря, хорошее освещение), что повышает достоверность полученных в этом районе результатов.

В целом по результатам учетов китообразных на обследованной акватории белобочки составили около 69% всех встреченных животных, афалины – 22%, морские свиньи – 9%. Таким образом, в районе работ ориентировочная расчетная численность белобочек составила 12078 особей, афалины – 3851, азовки – 1575 особей.

Характер распределения отдельных видов (рис. 1, 5), в целом, схож с общим паттерном распределения, построенном на основе суммарных данных. У всех трех видов наблюдается зона высокой плотности в северной части района исследований и зона низкой плотности в его средней части, особенно у белобочек. У белобочек также наблюдаются зоны средней плотности северо-восточнее г. Сочи, а у афалин – зона высокой плотности прямо напротив г. Сочи. В отличие от двух других видов, азовки в южной части района исследования не наблюдались. Зона относительно высокой плотности морских свиней была хорошо выражена юго-западнее г. Туапсе.

Таблица 1. Результаты обнаружения китообразных с использованием визуального и инструментального методов авиаучета 02.06.2019 г.

ВИД	Визуальный учет		Инструментальный учет	
	Кол-во встреч	Кол-во животных	Кол-во встреч	Кол-во животных
Афалина	27	58	18	29
Белобочка	29	126	28	77
Азовка	8	13	10	11
Белобочка или афалина	—	—	80	138
Вид не определен	74	171	76	98
ИТОГО	138	368	212	353

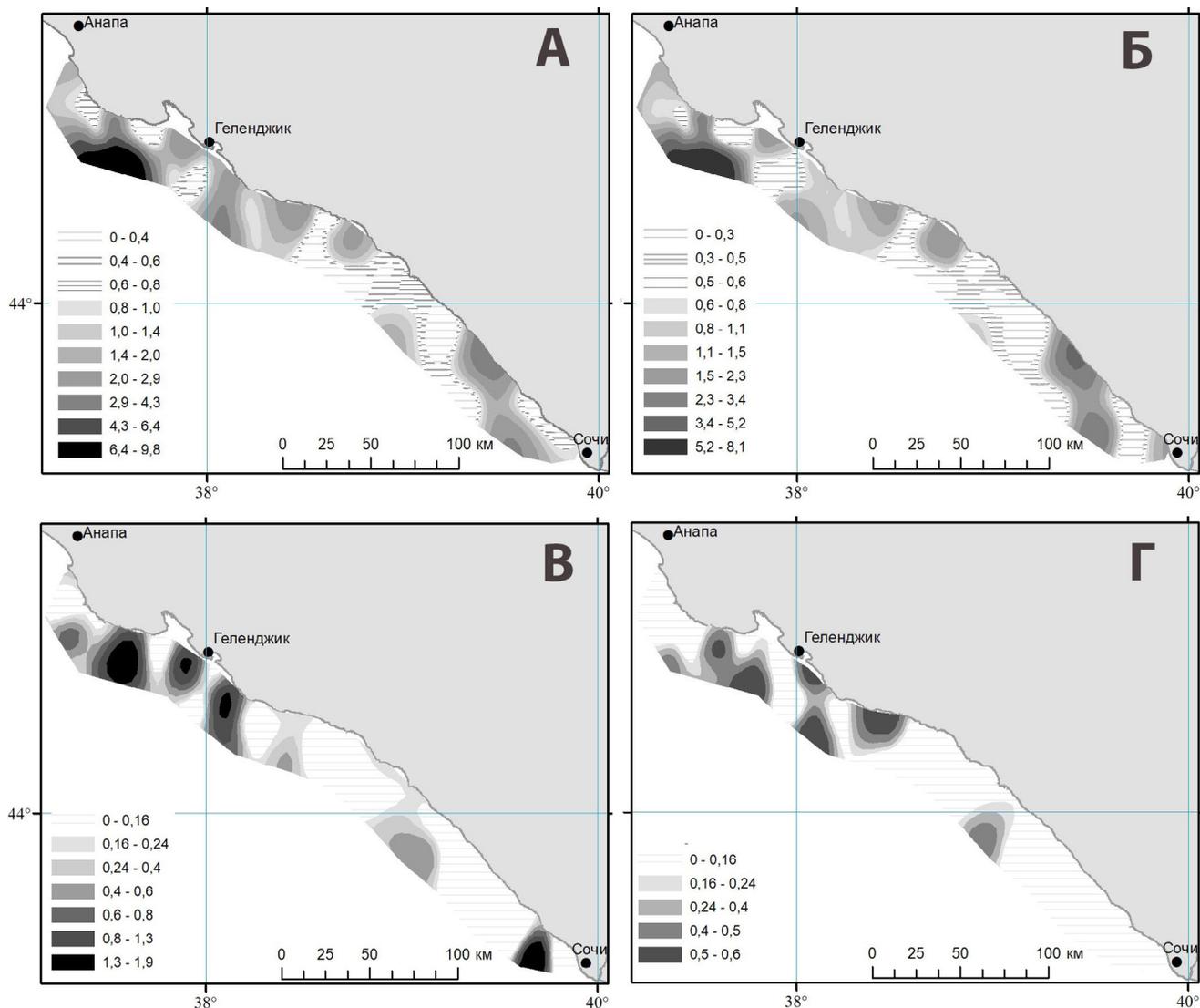


Рис. 5. Пространственная интерполяция распределения плотности китообразных на обследованной акватории 02.06.2019: А – общая, Б – белобочка, В – афалина, Г – морская свинья.

Зона относительно высокой плотности в северной части обследованного района у афалин и азовок была более фрагментированной, чем у белобочек (рис. 5). При этом уровни плотности у трех анализируемых видов китообразных отличались многократно, достигая у белобочек значений 8.13 особей/км<sup>2</sup>, у афалин – 1.87 особей/км<sup>2</sup>, а у азовок – всего 0.62 особи/км<sup>2</sup>.

#### Групповая структура китообразных

Встречаемость различных групп китообразных по результатам визуального и инструментального учета заметно различалась (рис. 6 и табл. 2).

При визуальном учете белобочки преимущественно были обнаружены в составе групп из 2–5 особей (86% встреч) при среднем размере группы  $4.3 \pm 3.9$  особей. Дельфины этого вида составили самую большую группу (18 особей), за-

меченную при визуальном учете. В тоже время по результатам инструментального учета встречи одиночных белобочек составили 42%, а на группы 2–5 особей пришлось 51%. Размер групп белобочек, обнаруженных при визуальном и при инструментальном учете, статистически значимо отличался ( $U = 241.0000$ ,  $p = 0.0075$ ).

Для афалин и азовок встречаемость определенных групп при визуальном и инструментальном учетах оказалась схожей (рис. 6), а размер их групп при двух рассматриваемых методах авиаучета статистически не отличался.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты наших работ показали, что инструментальный учет более объективен, чем визуальный, особенно в отношении белобочек, которые

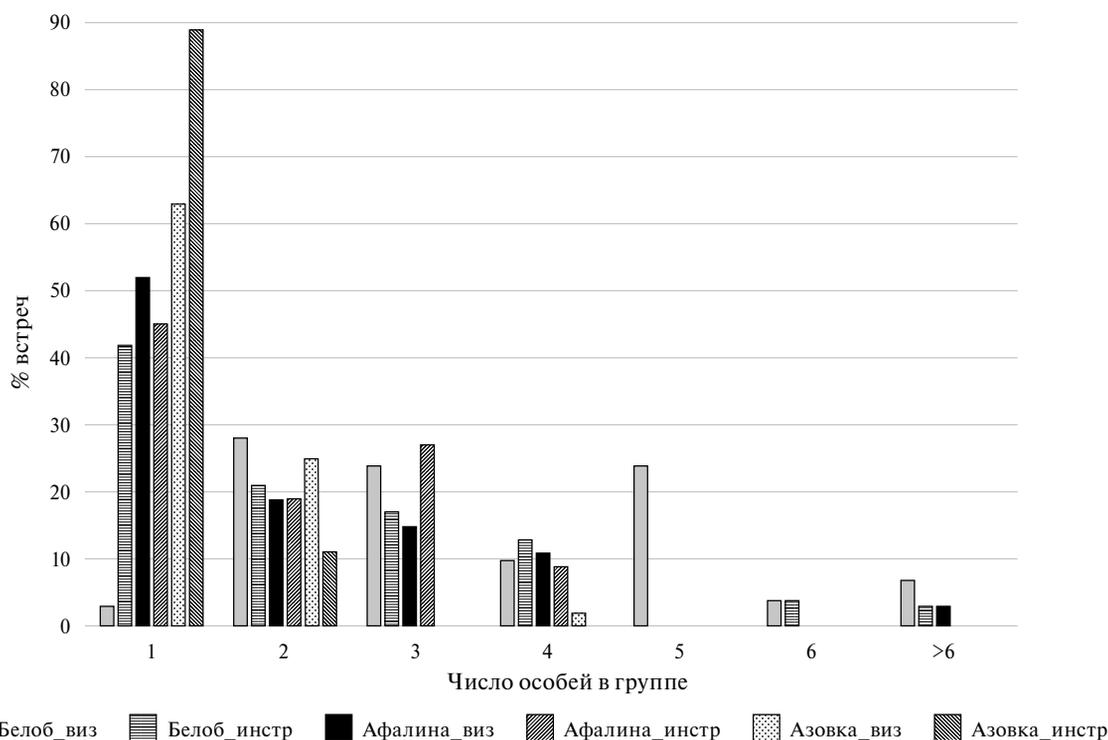


Рис. 6. Встречаемость (%) различных групп китообразных при визуальном и инструментальном авиаучетах.

Таблица 2. Размер групп китообразных, когда вид животного был уверенно определен

Учет	Величина групп	Вид		
		Белобочка	Афалина	Азовка
Авиаучет 02.06.2019 инструментальный	MAX	7	4	2
	M ± SD	2.4 ± 1,7	2 ± 1.1	1.1 ± 0.3
Авиаучет 02.06.2019 визуальный	MAX	18	10	4
	M ± SD	4.3 ± 3.9	2.2 ± 1,9	1.6 ± 1,1
Судовой визуальный 2019 г. прибрежный	MAX	12	10	3
	M ± SD	4.23 ± 3.08	3.13 ± 2,27	1,5 ± 0.84
Судовой визуальный 2019 г. морской	MAX	30	7	3
	M ± SD	3.97 ± 4.08	2.75 ± 2,3	1.3 ± 0.57
АССОВAMS2019 г. Авиационный визуальный	M (CV)	5.66 (0.105)	3.13 (0.086)	1,67 (0.4)

Примечание: по результатам визуального и инструментального авиаучета 02.06.2019, визуального судового учета 2019 г. (по [18]) и визуального авиационного учета АССОВAMS2019 г. (по [25]): MAX – максимальные значения, M – среднее значение, ± SD – стандартное отклонение, CV – коэффициент вариации.

чаще, чем афалины и азовки, формирует группы, и группы белобочек чаще состоят из большего числа особей. Очевидно, это обусловлено тем, что наблюдатели визуально чаще замечают скопления животных и пропускают одиночных особей, в то время как результаты инструментального учета лишены этой диспропорции.

Практически одновременно с нашим авиаучетом (15.06–17.06.2019; 21.06–26.06.2019) в том же самом районе проводились визуальные учеты китообразных с борта яхты [18]. Сравнение размеров

групп по результатам этого судового учета с результатами визуальных наблюдений в ходе настоящего авиаучета показали схожие значения для белобочек (4.23 ± 3.08 и 4.3 ± 3.9 соответственно) и более высокие значения для афалин (3.13 ± 2.27 и 2.2 ± 1.9) и азовок (1.5 ± 0.84 и 1.1 ± 0.3). Более частое обнаружение более многочисленных скоплений китообразных говорит о еще большей ошибке в сборе первичных данных при визуальном учете с борта судна, чем при визуальном и, тем более, инструментальном авиационном учете.

Визуальный авиаучет, в отличие от инструментального, зависит от следующих факторов: индивидуальных качеств наблюдателя (опыт, возможная усталость); точности оценки количества животных в группе непосредственно в момент их обнаружения; точности определения угла по направлению на обнаруженных животных (критично для определения расстояния от направления учетного маршрута до обнаруженного животного).

Тем не менее, визуальные наблюдения, проводимые одновременно с инструментальной съемкой, позволяют повысить долю идентифицированных до вида животных благодаря лучшей видимости и возможности наблюдать животных большее время и под разными углами. Результаты визуального учета нуждаются в верификации с помощью дополнительных методов, таких как, например, прицельная фотосъемка. В настоящее время наиболее перспективной является комбинация инструментальных и визуальных методов учета. Необходимо дальнейшее усовершенствование технических средств и методики инструментального авиаучета. Целесообразно применение более высокодетальной съемки, повышение точности определения высоты над уровнем моря в момент съемки, использование разнообразных организационных (выбор погодных условий и времени съемки) и технических средств (применение фильтров для снижения забликованности кадров и т. п.). Для оценки популяционных параметров оптимальным является расширение обследуемой акватории за счет удаленных морских районов и сочетание инструментальной съемки с визуальными наблюдениями, подкрепленными прицельной фотосъемкой для более уверенной оценки вероятности встречи того или иного вида.

Численность, плотность и распределение, включая их пространственную и временную изменчивость, одни из основных популяционных параметров, характеризующих статус черноморских китообразных [25, 28, 39]. Однако различия в методике сбора и обработки данных, несовпадение сроков и районов работ, выполненных в разное время различными коллективами, значительно затрудняют, а часто делают практически невозможным корректное сравнение количественных показателей. Тем не менее, соотношение видов и характер их распределения в обследованном нами районе могут быть сопоставлены с аналогичными показателями, выявленными в результате исследований в различных частях Черного моря.

Первые работы [3, 26, 27], выполненные в Черном море методом дистанционного эмплирования на линейных трансектах [29, 31], частично перекрывались с обследованным нами районом. В сентябре 2002 г. авиаучет проводился в прибрежной части до изобаты 200 м, при этом район исследования мог сужаться вплоть до 7 км [27]. Схема расположения судовых учетных маршрутов в сентябре – октябре 2003 г. была аналогична использованной нами и охватывала территориальное море РФ вдоль побережья Кавказа до Дагомыса, Сочи [3]. В целом наши данные хорошо согласуются с результатами более ранних работ [3, 27]. Во всех случаях морские свиньи показали наименьшую встречаемость, многократно уступая афалинам по численности. Выявленное первоначально в прибрежных водах Крыма [2] изменение соотношения численности афалин и морских свиней в пользу первых, вероятно, уже в начале 2000-х годов было характерно и для побережья Кавказа на северо-востоке Черного моря [3, 27]. Наиболее яркое отличие от ранних работ [3, 27], особенно 2002 г. [26] – это то, что в настоящем авиаучете (июль 2019 г.), как и во время судовых учетов (август – сентябрь 2018 г. и июнь 2019 г.) [18], а также в масштабных учетах 1970–1980-х годов [13, 14, 15] доминировали белобочки, в то время как в авиаучете в сентябре 2002 г. [27] зарегистрирована лишь одна встреча с одиночной особью. Однако и при судовом учете в сентябре 2018 г. [18] белобочки не встречались в 5-километровой прибрежной полосе. В осеннем судовом учете 2003 г. доминирование белобочек также не наблюдалось, они лишь незначительно превосходили по численности афалин [3]. При этом данные судового учета 2003 г. приводятся в целом по всему району исследования, охватывающему практически все территориальное море РФ и Украины. Относительная немногочисленность белобочек объяснялась их пелагической природой и предпочтением открытых районов моря. Прибрежные воды, по мнению авторов, белобочки посещают спорадически, совершая радиальные заходы [2]. Наши данные, напротив, свидетельствуют о высокой и регулярной встречаемости белобочек в теплое время года в прибрежной зоне, особенно в июне 2019 г. [18]. При этом они регулярно встречались в непосредственной близости от берега в водах у плюма р. Мзымты, что согласуется с сообщениями об активном использовании белобочками прибрежных акваторий в других районах Черного моря [41, 42] и в других популяциях [33, 35, 37].

В 2019 г. сложилась уникальная ситуация – проведено сразу четыре исследования: (1) международные авиаучеты CeNoBS – (июль) [25], (2) авиаучет в российском секторе Черного моря – EMBLAS (сентябрь) [25], а также (3) судовые обследования (июнь) [18] и (4) прибрежный авиаучет (июль), выполненные ИО РАН.

Интересно, что результаты авиаобследований 2019 г., проведенных разными исследовательскими группами, сильно отличаются друг от друга. В летних авиаучетах CeNoBS [25] наиболее встречаемым видом оказалась морская свинья, в то время как в летних авиа и судовом [18] учете ИО РАН, а также осенних работах EMBLAS [25] этот вид характеризовался крайне низкой встречаемостью. При этом наиболее встречаемым видом в учете EMBLAS неожиданно стала афалина, лишь немного уступающая в расчетной численности белобочке, в то время как в учете CeNoBS афалина, напротив, была самым редким видом. Таким образом, результаты авиаучета ИО РАН относительно хорошо согласуются с историческими данными [3, 26, 27] и результатами современных морских обследований ИО РАН [18], но сильно отличаются от данных, полученных другими группами исследователей в этот же год, как для того же района (EMBLAS), так и для других районов моря (CeNoBS) [25].

Общие оценки масштабных учетов 2013 г. [28], демонстрируя преобладание белобочек, также относительно хорошо согласуются с нашими данными, особенно в рамках украинской акватории, где афалины преобладали над азовками. Результаты CeNoBS [25], наоборот, сильно отличались от своих опорных данных [28], полученных по аналогичной методике. Выявлена концентрация морских свинок в юго-западной части и белобочек на юге Черного моря [25]. Не ясно, является ли это исключительной ситуацией, обусловленной влиянием неких случайных факторов в июле 2019 г. или отражает направленные тенденции изменения популяций черноморских китообразных. Оценки, полученные EMBLAS [25], также позволили высказать мнение о возможных сильных изменениях [Глазов Д.М., неопуб. сообщ.], произошедших со времени работ начала 2000-х годов [3, 26, 27].

Примечательно, что результаты авиаучета CeNoBS, проведенного в разных частях Черного моря, заметно отличались друг от друга, что, вероятно, отражает специфику районов исследования [25]. В ряде районов, как и в северо-восточном секторе, преобладали белобочки (блоки в Турции), в то время как в других (в Румынии, и, особенно, Болгарии) доминировали морские

свинок. Грузинская акватория характеризовалась низкой встречаемостью китообразных, причем, как и в российских водах, там практически не встречали морских свинок, и, как в водах восточной Турции, были крайне редки встречи афалин.

На фоне предположений о возможных существенных изменениях, произошедших за последние 10–20 лет в популяциях черноморских китообразных [25], результаты авиаучета ИО РАН и судовых обследований 2018–19 гг. [18] хорошо согласуются между собой и указывают на временную стабильность. С поправкой на сезонность и особенности каждого из методов, наблюдалось схожее соотношение учитываемых видов, а именно абсолютное доминирование белобочек и крайне низкая встречаемость морских свинок, а также концентрация китообразных на определенных участках, особенно на севере исследуемого района. Это указывает на надежность полученных результатов и говорит о взаимной валидации использованных методов – судовых наблюдений и авиаучета. Выявленная во время авиаучета высокая плотность китообразных в северной части обследованного района и в отдельных прибрежных районах, таких, как Геленджикская бухта, хорошо согласуется с результатами судовых наблюдений [18], а также с более ранними работами [3, 26, 27]. Акватория предпролива Керченского пролива традиционно считается одним из районов, предпочитаемых черноморскими китообразными, особенно афалинами и азовками [14, 24]. Временная стабильность выявленных “горячих пятен” схожа с таковой, обнаруженной в других местах, например, у берегов Крыма [3] и Болгарии [39]. Наличие таких критически важных для китообразных местообитаний позволяет ставить вопрос об особом природоохранном статусе данных акваторий [39], что крайне важно в условиях хозяйственного освоения региона [22].

Населяя сравнительно небольшое и в значительной степени изолированное Черное море, экосистема которого испытывает постоянное сильное антропогенное воздействие, популяции китообразных требуют к себе постоянного внимания. Контроль их состояния возможен только при регулярных мониторинговых исследованиях, включая локальные, субрегиональные, и что особенно важно, международные учеты с охватом всего бассейна Черного моря. Различия в методиках исследования значительно затрудняют сравнение результатов и отслеживание тенденций. Для повышения объективности результатов целесообразно развитие инструментальных средств регистрации китообразных, их обнаружения

и идентификации. Вероятно, активное развитие авиационных беспилотных систем, космического мониторинга и средств глубокого машинного научения позволит в будущем достичь значительного прогресса в этой области [34].

**Финансирование работы.** Данная работа финансировалась совместным проектом Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН и ПАО “НК “Роснефть” “Изучение и мониторинг морских млекопитающих как индикаторов устойчивого состояния экосистем Черного моря” и Госзадания Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН FMWE-2024-2022.

**Соблюдение этических стандартов.** В данной работе отсутствуют экспериментальные исследования человека и животных.

**Конфликт интересов.** Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликтов интересов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсеньев В.А., Земский В.А., Студенецкая И.С. Морские млекопитающие. М.: “Пищевая промышленность”, 1976. 232 с.
2. Биркун А.А., Кривохижин С.В. Распределение и тенденции в динамике численности китообразных у берегов Крыма // Морские млекопитающие Голарктики. Тез. докл. межд. конф. Архангельск, 2000. С. 23–27.
3. Биркун А.А. мл., Кривохижин С.В., Глазов Д.М. и др. Оценка численности китообразных в прибрежных водах северной части Черного моря: результаты судовых учетов в августе–октябре 2003 г. // Морские млекопитающие Голарктики. Тез. докл. III межд. конф. Коктебель, Крым, Украина, 2004. С. 64–67.
4. Бушуев С.Г. Истощение кормовой базы как фактор, лимитирующий численность черноморских дельфинов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: МГИ, 2000. С. 437–452.
5. Бушуев С.Г. Основные результаты авианаблюдений черноморских дельфинов в 1970–80-х гг. // Морские млекопитающие Голарктики. Тез. докл. II межд. конф. Байкал, Россия. М.: КМК, 2002. С. 60–61.
6. Гептнер В.Г., Чапский К.К., Арсеньев В.А., Соколов В.Е. Млекопитающие Советского Союза. Под ред. В.Г. Гептнера и Н.П. Наумова. Том II. Часть 3. Ластоногие и зубатые киты. М.: Высшая школа, 1976. 718 с.
7. Гольдин Е.Б. Китообразные в Керченском проливе и эколого-географический метод в их изучении // Морские млекопитающие Голарктики. Тез. докл. V межд. конф. Одесса, Украина, 2008. С. 208–214.
8. Земский В.А. Сколько дельфинов в Черном море? // Природа. 1975. № 6. С. 97–98.
9. Земский В.А., Михалев Ю.А., Минеев В.Н., Боровской В.С. Опыт наблюдения за черноморскими дельфинами с судна и самолета // Морские млекопитающие. Тез. докл. IX Всесоюз. совещ. 1986. С. 152–154.
10. Кириллюк М.М., Зеленая Ф.Е. Распределение и численность дельфинов в Черном море // Морские млекопитающие Тез. докл. IX Всесоюз. совещ. 1986. С. 185–187.
11. Клейнберг С.Е. Млекопитающие Черного и Азовского морей. Опыт биолого-промыслового исследования. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 288 с.
12. Михалев Ю.А., Савусин В.П., Зеленая Ф.Е. О численности черноморских дельфинов // Морские млекопитающие. Тез. докл. VII всесоюз. совещ. М.: ВНИРО, 1978. С. 226–227.
13. Михалев Ю.А. Особенности распределения афалины, *Tursiops truncatus* (Cetacea), в Черном море // Вестник зоологии. 2005а. Т. 39. № 3. С. 29–42.
14. Михалев Ю.А. Особенности распределения морской свиньи, *Phocoena phocoena relicta* (Cetacea), в Черном море // Вестник зоологии. 2005. Т. 39. № 6. С. 25–35.
15. Михалев Ю.А. Особенности распределения белобочки, *Delphinus delphis* (Cetacea), в Черном море // Вестник зоологии. 2008. Т. 42. № 4. С. 325–337.
16. Хорошилов В.С., Лукашева Т.А. Изменения зоопланктонного сообщества Голубой бухты после вселения в Черное море гребневика мнемнопсица // Океанология. 1999. Т. 33. № 4. С. 558–562.
17. Челинцев Н.Г. Математические основы учета животных. М.: Центроохотконтроль, 2000. 431 с.
18. Чернецкий А.Д., Краснова В.В., Болтунов А.Н. и др. Встречаемость и распределение китообразных в северо-восточной части Черного моря // Океанология. 2021. Т. 61. № 4. С. 1–12
19. Черноок В.И., Грачев А.И., Васильев А.Н. и др. Результаты инструментального авиаучета ледовых форм тюленей на льдах Охотского моря в мае 2013 г. // Известия ТИНРО. 2014. Т. 179. № 4. С. 158–176.
20. Черноок В.И., Труханова И.С., Васильев А.Н. и др. Первый опыт инструментального авиаучета акибы (*Pusa hispida*) и лахтака (*Erignathus barbatus*) в российской зоне Чукотского и Восточно-Сибирского морей весной 2016 г. // Известия ТИНРО. 2019. Т. 199. № 4). С. 152–162.
21. Шпак О.В., Глазов Д.М., Крюкова А.А., Мухаметов Л.М. Применение метода фотоидентификации с целью изучения сезонного распределения черноморских дельфинов вдоль курортного побережья Большого Сочи // Морские млекопитающие Голарктики. Тез. докл. IV межд. конф. Санкт-Петербург, 2006. С. 561–563.

22. *Экологический атлас*. Черное и Азовское моря. М.: Фонд “НИР”, 2019. 464 с.
23. Юхов В.Л., Петухов А.Г., Корхов А.И. Учет численности черноморских дельфинов // Биология моря. 1986. № 6. С. 64–68.
24. Яскин В.А., Юхов В.Л. Численность и распределение черноморских афалин // В.Е. Соколов, Е.В. Романенко (ред.) Черноморская афалина *Tursiops truncatus ponticus*: Морфология, физиология, акустика, гидродинамика. М.: Наука. 1997. С. 19–26.
25. ACCOBAMS. Estimates of abundance and distribution of cetaceans in the Black Sea from 2019 surveys. By Paiu R.M., Panigada S., Cañadas A., Gol'din P., Popov D., David L., Amaha Ozturk A., Glazov D. Ed. ACCOBAMS – ACCOBAMS Survey Initiative / CeNoBS Projects, Monaco, 2021. 54 p.
26. Birkun A., Glazov D., Krivokhizin S., Mukhametov L. First aerial surveys of cetaceans in the Azov Sea and Kerch Strait // Bul. ACCOBAMS. 2002. № 4. P. 25–27.
27. Birkun A. Jr., Glazov D., Krivokhizin S. et al. Species composition and abundance estimates of cetaceans in the Kerch Strait and adjacent areas of the Black and Azov Seas: The second series of aerial surveys (August 2002) // Abstr. 17th ECS Conf. (Las Palmas, 9–13 March 2003). 2003. P. 271–272.
28. Birkun A. Jr., Northridge S.P., Willsteed E.A. et al. Studies for carrying out the common fisheries policy: adverse fisheries impacts on cetacean populations in the Black Sea // Final report to the European Commission. Brussels, 2014. 347p.
29. Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P., Laake J.L. Distance sampling: estimating abundance of biological populations. London: Chapman & Hall, 1993. xii + 446 p.
30. Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P. et al. Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations // Oxford: Oxford University Press, UK, 2001. 432 p.
31. Buckland S.T., Rexstad E.A., Marques T.A., Oedekoven C.S. Distance sampling: methods and applications. Springer International Publishing: Cham, 2015. 277 p.
32. Charry B., Marcoux M., Humphries M.M. Aerial photographic identification of narwhal (*Monodon monoceros*) newborns and their spatial proximity to the nearest adult female // Arctic Science. 2018. V. 4. N4. P. 513–524. dx.doi.org/10.1139/as-2017–0051
33. Goold J.C. Acoustic assessment of populations of common dolphin off the West Wales coast, with perspectives from satellite infra-red imagery // J. Mar. Biol. UK. 1998. V. 78. P. 1353–1364.
34. Khabutdinov I.A., Krinitskiy M.A., Belikov R.A. Identifying cetacean mammals in high-resolution optical imagery using anomaly detection approach employing Machine Learning models // Moscow University Physics Bulletin. 2023. (in press).
35. Mason S., Salgado K.C., Donnelly D. et al. Atypical residency of short-beaked common dolphins (*Delphinus delphis*) to a shallow, urbanized embayment in south-eastern Australia // R. Soc. Open Sci. 2016. Sep 28; 3(9):160478.
36. Mayette A., Loseto L., Pearce T. et al. Group characteristics and spatial organization of the Eastern Beaufort Sea beluga whale (*Delphinapterus leucas*) population using aerial photographs // Can. J. Zool. 2022. V. 100. N6. P. 363–375 dx.doi.org/10.1139/cjz-2021–0232
37. Neumann D.R., Orams M.D. Behaviour and ecology of common dolphins (*Delphinus delphis*) and the impact of tourism in Mercury Bay, North Island, New Zealand // Science for conservation 254. Department of Conservation, Wellington, 2005. 40 p.
38. Panigada S., Lauriano G., Donovan G. et al. Estimating cetacean density and abundance in the Central and Western Mediterranean Sea through aerial surveys: implications for management // Deep Sea Res. II: Topical Studies in Oceanography. 2017. V. 141. P. 41–58.
39. Popov D., Meshkova G., Vishnyakova K. et al. Assessment of the bycatch level for the Black Sea harbour porpoise in the light of new data on population abundance // Front. Mar. Sci. 2023. 10:1119983. doi: 10.3389/fmars.2023.1119983
40. Purcell J.E., Shiganova T.A., Decker M.B., Houde E.D. The ctenophore *Mnemiopsis* in native and exotic habitats: U.S. estuaries versus the Black Sea basin // Hydrobiologia. 2001. V. 451. P. 145–176.
41. Uluduz N., Yanchukov A., Sözen M. Sightings of three cetacean species in the southern part of the Black Sea // Conference: 5th Ecology and Evolutionary Biology symposium 2018, Izmir (Turkey), October 2018. DOI:10.13140/RG.2.2.14070.65607
42. Uluduz N., Yanchukov A., Sözen M. Seasonal dynamics of occurrence and group size of three species of cetaceans (*Delphinidae* and *Phocoenidae*) on the southwestern coast of the Black Sea // Scientia Marina. 2020. V. 84. N4. P. 431–439. https://doi.org/10.3989/scimar.05086.21A

**THE RESULTS OF A COMBINED INSTRUMENTAL  
AND VISUAL AERIAL SURVEY OF CETACEANS  
IN THE NORTHEASTERN PART OF THE BLACK SEA IN 2019**

**R. A. Belikov<sup>1</sup>, A. N. Boltunov<sup>2</sup>, V. V. Krasnova<sup>1, \*</sup>, A. D. Chernetsky<sup>1</sup>,  
V. S. Levitskaya<sup>1</sup>, M. L. Tolstoy<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow*

<sup>2</sup>*Marine Mammal Research and Expedition Center, Moscow*

\* *e-mail: vera.krasnova@mail.ru*

The results of the first combined instrumental and visual aerial survey of cetaceans in the northeastern part of the Black Sea, conducted in July 2019, are presented. The research area, covering 11,244 km<sup>2</sup>, extended from Sochi to Anapa, encompassing the 12-mile zone of the Black Sea (territorial sea of the Russian Federation). The total estimated number of cetaceans is  $17.505 \pm 2,678$  individuals (CL90% 13,484–22,206). Common dolphins comprised approximately 69% of this number, bottlenose dolphins accounted for 22%, and harbor porpoise for 9%. The maximum density of common dolphins reached 8.13 individuals/km<sup>2</sup>, bottlenose dolphins at 1.87 individuals/km<sup>2</sup>, and harbor porpoise at 0.62 individuals/km<sup>2</sup>. High-density of all three species was found in the northern part of the surveyed area, while low-density was observed in its middle part. The data obtained in this survey are compared with the results of other counts of Black Sea cetaceans, and a comparative assessment of instrumental and visual methods is provided.

**Keywords:** cetaceans, bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*), common dolphins (*Delphinus delphis*), harbor porpoise (*Phocoena phocoena*), the northeastern part of the Black Sea, instrumental and visual aerial surveys, abundance and density estimation, distribution