

Для цитирования: Якимова, А.В. / Некоторые анатомические особенности, тонометрия и обследование глазного дна тихоокеанских афалин (*Tursiops truncatus*) / А.В. Якимова, А.В. Коростелева // Российский ветеринарный журнал. — 2025. — № 1 — С. 14–19. DOI 10.32416/2500-4379-2025-1-14-19
 For citation: Yakimova A.V., Korosteleva A.V. Some anatomical features, tonometry and fundus examination of pacific bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), Russian veterinary journal (Rossijskij veterinarnyj zhurnal, 2025, No. 1, pp. 14–19. DOI 10.32416/2500-4379-2025-1-14-19

УДК 599.537:617.7-073.178
 DOI 10.32416/2500-4379-2025-1-14-19
 RAR

Некоторые анатомические особенности, тонометрия и обследование глазного дна тихоокеанских афалин (*Tursiops truncatus*)

А.В. Якимова, ветеринарный врач, специалист по болезням морских млекопитающих (snowlynx@mail.ru);
А.В. Коростелева, ветеринарный фельдшер мелких китообразных, руководитель (a.korosteleva@serenesea.org).

Автономная некоммерческая организация «Центр изучения, спасения и реабилитации морских млекопитающих «Безмятежное Море» (109044, Москва, 1-я Дубровская 4А, 24).

Сенсорные системы дельфинов изучаются давно, однако их зрительная система описана недостаточно. В клинической ветеринарной офтальмологии китообразных отсутствуют какие-либо протоколы для тонометрических обследований глаз зубатых китов, а понимание того, как предотвращать глазные заболевания, поражающие дельфинов, находящиеся под опекой человека (или же диких особей, проходящих реабилитацию), крайне ограничено.

Цель работы — рассмотреть анатомические особенности глаз китообразных, а также внедрить в практику плановых ветеринарных осмотров получение тонометрических данных и исследование глазного дна у дельфинов, что в будущем может обеспечить раннюю диагностику офтальмологических патологий.

Было обследовано глазное дно у четырех особей тихоокеанских афалин (*Tursiops truncatus*), содержащихся в искусственных условиях, при помощи портативной и мобильной фундус-камеры Optomed Smartscope PRO, а также измерено у них внутриглазное давление с использованием ветеринарного тонометра TONOVET Plus. Полученные тонометрические данные варьировались от 27 ± 2 мм до 10 ± 1 мм рт. ст.

Ключевые слова: китообразные, дельфины, тихоокеанская афалина, тонометрия, внутриглазное давление, глазное дно

Some anatomical features, tonometry and fundus examination of pacific bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*)

A.V. Yakimova, veterinarian, specialist in marine mammal diseases (snowlynx@mail.ru)
A.V. Korosteleva, veterinary assistant in small cetaceans, head (a.korosteleva@serenesea.org).

Autonomous non-profit organization «Marine mammal research, rescue and rehabilitation center» Serene Sea» (109044, Moscow, 1-ya Dubrovskaya 4A, 24)

Sensory systems of dolphins have been studied for a long time, but their visual system is extremely insufficiently described. In the clinical veterinary ophthalmology in cetaceans there are no protocols for tonometric examinations of the eyes of toothed whales, and the understanding of how to prevent eye diseases affecting dolphins under human care (or wild individuals undergoing rehabilitation) is extremely limited.

The aim of the work is to consider the anatomical features of cetacean eyes, as well as to introduce tonometric data and fundus examination in dolphins into the practice of routine veterinary examinations, which in the future may provide preventive detection of ophthalmological pathologies.

The fundus of four Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) kept in artificial conditions were examined using a portable and mobile fundus camera Optomed Smartscope PRO, and their intraocular pressure was measured using a veterinary tonometer TONOVET Plus. The obtained tonometric data ranged from 27 ± 2 mm to 10 ± 1 mm Hg.

Keywords: cetaceans, dolphins, Pacific bottlenose dolphin, tonometry, intraocular pressure, fundus.

Сокращения: ВГД — внутриглазное давление

Введение

Китообразные появились в эпоху эоцена и произошли от парнокопытных наземных млекопитающих, перешедших к полуводному, а впоследствии и полностью водному образу жизни. Данный инфраотряд подразделяют на две группы: Mysticetes (усатые киты) и Odontocetes (зубатые киты).

Китообразные являются одной из самых развитых биологических групп, населяющих водную среду, и отличаются высоким видовым разнообразием. Они проводят всю свою жизнь в воде и демонстрируют специализированные морфологические адаптации к водному образу жизни, очевидные из которых включают в себя: максимально обтекаемую форму тела (достигнутую через значительное укорачивание шеи), исчезновение волосяного покрова, ушных раковин и задних конечностей, модифицированные в ласты пятипалые грудные конечности, смещение

дыхательного отверстия на макушку головы и появление мощного хвостового плавника как основного локомоторного органа. Произошли также многочисленные физиологические адаптации, участвующие в терморегуляции, контроле плавучести, газообмене, нырянии, водном балансе, ориентации и сенсорном восприятии [17]. Сенсорные функции китообразных представляют большой научный интерес, прежде всего, в связи с неоднократным переходом их предков от наземного к водному образу жизни в процессе эволюции [8].

Наиболее часто взаимодействующая с человеком группа китообразных — одонтоцеты, прежде всего — дельфины, белухи, гринды, морские свиньи и косатки. В дикой природе во время охоты и навигации при поиске добычи зубатые киты обычно полагаются на эхолокацию, тогда как в условиях океанариумов они чаще используют зрение. Несмотря на то, что животные, содержащиеся в искусственных условиях, в большинстве случаев обучены добровольным навыкам взаимодействия с людьми, уровень диагностики в офтальмологии дельфинов значительно отличается от такового у домашних животных, а присутствие у них ряда уникальных анатомических особенностей обуславливает существование ряда проблем при исследовании их глазного аппарата. Еще одним фактором, затрудняющим обследование глаз китообразных в научных и клинических целях, является сама водная среда.

Многие сенсорные системы дельфинов изучаются давно, однако их зрительная система описана крайне недостаточно. У особей из диких популяций часто наблюдаются поражения глаз, однако их инцидентность неизвестна [7]. Описаны лишь немногочисленные случаи офтальмологического обследования китообразных, и не существует единых стандартов и протоколов для указанной процедуры, хотя в последние годы данный вопрос становится все более и более актуальным [4, 15, 24].

Некоторые анатомические особенности глаз китообразных

Морфология зрительного аппарата дельфинов и китов претерпела значительные изменения в ходе эволюции. В условиях водной среды глазу пришлось заново адаптироваться к химическим, механическим, оптическим и осмотическим условиям. Для животных, обитающих в дикой природе, зрение играет значимую роль в обнаружении пищи, необходимо для ориентации во время миграции и в процессе социальной коммуникации, при этом зрительный и локационный анализаторы тесно взаимодействуют. При взаимодействии с человеком для китообразных важно зрение как на суше, так и в воде. На суше глаз дельфина имеет сильную миопию, однако обладает функциями эмметропии в водной среде [11].

Глаза дельфинов очень подвижны и расположены по бокам и направлены немного вперед, что

не типично для высших хищников. Присутствуют дорсальная, вентральная, медиальная и латеральная прямые мышцы глаза, а также хорошо развитая мышца-ректрактор с иннервацией, соответствующей таковой у наземных млекопитающих. Кроме обычной функции по изменению направления оптической оси глаза, мышцы регулируют также степень выпячивания глаза наружу [1]: у афалин глаз может быть «выдвинут» на 10...15 мм и «спрятан» обратно, что весьма существенно влияет на изменение поля зрения [1]. У китообразных были зафиксированы также независимые движения век.

Глаза сильно уплощены спереди и не имеют сферической формы, что отличает их от глаз большинства наземных млекопитающих. Глазной аппарат дельфина обладает выраженной и очень толстой склерой, благодаря чему глазное яблоко удерживается в эллиптической форме.

В глазном аппарате дельфина отсутствуют слезные железы, однако существует большое количество данных, описывающих железы, ответственные за образование слезной пленки [27]. Присутствуют хорошо развитая Гардерова железа и железы конъюнктивы век, которые регулярно выделяют жидкость для смазывания роговицы и защиты ее от внешней среды [25]. Данная жидкость, по консистенции больше напоминающая слизь, преимущественно состоит из мукополисахаридов, содержит также небольшое количество триглицеридов и холестерина; липидный слой, имеющийся у наземных млекопитающих, у дельфинов отсутствует. Слой муцина у китообразных значительно толще, нежели у всех остальных млекопитающих. Вероятнее всего, муцины в преокулярной слезной пленке выполняют функцию защиты от патогенов и предотвращают испарение влаги, обеспечивая стабильность пленки. В слезе дельфинов были также обнаружены лизоцим и альбумины [29]. Конъюнктивальные (Гардеровы) железы наиболее развиты медиально, они достаточно крупные и расположены глубоко внутри под глазничной мускулатурой. По своду конъюнктивы хаотично расположены множественные выводные протоки. В отличие от наземных млекопитающих, у китообразных отсутствует мигательная перепонка и носослезный канал.

Передняя камера глаза у китообразных небольшая. Показатель преломления роговицы аналогичен показателю преломления воды. Хотя у большинства наземных млекопитающих роговица является основным преломляющим элементом, у китообразных она представляет собой слабо рассеивающую линзу. Эта функция возможна благодаря тому, что роговица у склеры достаточно толстая, а в центре имеет относительно уплощенную кривизну и становится тоньше [19]. В результате осевая длина глазного яблока короче, чем его диаметр. Средняя толщина склеры у афалины составляет 5,43 мм. Слои роговицы представлены эндотелием, тонкой Десцеметовой мембраной, толстой коллагеновой стромой, Боуменовской мембраной различной толщины и эпителием.

Наиболее толстая Боуменова мембрана отмечена у афалины.

Функцию преломления света у дельфинов берет на себя хрусталик, для которого характерна не форма линзы, а сферическая форма, как у рыб [16]. Сферическая абберрация восполняется за счет гетерогенной структуры самого хрусталика, у которого внешние слои имеют более низкий показатель преломления, нежели внутреннее ядро. Механизмы, обеспечивающие зрение китов как в воде, так и на воздухе, давно привлекают внимание исследователей, поскольку аккомодация, используемая другими млекопитающими, у китообразных отсутствует [6]. Хрусталик удерживается на достаточно тонких цилиарных связках, при этом мускулатура цилиарного тела слабо развита у всех дельфинов и отсутствует у большинства китов [28]. У горбатого кита (*Megaptera novaeangliae*), сейвала (*Balaenoptera borealis*) и белухи (*Delphinapterus leucas*) на месте расположения цилиарной мышцы отмечаются тонкие и рассеянные гладкомышечные волокна [1, 3]. Хрусталик дельфина не способен к аккомодации за счет изменения своей кривизны. Аккомодация происходит вследствие аксиального смещения глазного яблока благодаря мышце-ретрактору, которая втягивает глазное яблоко и вызывает осевое смещение глаза в орбите. Соответственно, если глазное яблоко втянуто в орбиту, ВГД повышается, что приводит к смещению хрусталика вперед; когда же глаз перемещается обратно вперед, ВГД падает, и хрусталик перемещается назад. Такая функция возможна благодаря чудесной сосудистой сети, которая заполняет пространство позади глазного яблока и окружает зрительный нерв. В передней части сосудистой оболочки глаза и трабукулярной сети присутствуют также специализированные механорецепторы, называемые инкапсулированными сенсорными тельцами. Предполагается, что их функция состоит в репозиции хрусталика после его перемещения вперед, либо же они могут реагировать на изменение ВГД на уровне оттока водянистой влаги. Указанные механорецепторы были также обнаружены рядом с сосудами и, вероятно, служат индикаторами изменения объема сосуда, давления и температуры.

Зрачок дельфина вытянут горизонтально, на дорсальной его стороне расположено образование, именуемое «жаберной крышкой», благодаря поднятию которого при тусклом освещении зрачок имеет овальную форму. В условиях интенсивного освещения зрачок максимально сокращается, дорсальная и вентральные его части встречаются посередине, образуя с обеих сторон два отдельных отверстия зрачка — носовое и височное, или ростральное и темпоральное. Два отверстия зрачка локализованы напротив двух зон сетчатки с наибольшей плотностью нейронов, расположенных в 15...16 мм от диска зрительного нерва с тонкой полоской ганглиозных клеток, соединяющих эти две области и проходящей под диском зрительного нерва [18]. При ярком днев-

ном свете данная особенность позволяет дельфинам иметь четкое зрение над и под водой.

Важно отметить, что, благодаря двойному зрачку и двум зонам наибольшей плотности нейронов сетчатки, дельфины обладают почти панорамным зрением. По некоторым исследованиям, у дельфинов возможно бинокулярное зрение, так как при движении глаз вперед на 10...15 мм поля зрения перекрываются на 30 градусов [11].

Радужно-роговидный угол у дельфинов широкий, с длинными, тонкими гребенчатыми связками и трабекулами. Описан увеасклеральный путь оттока жидкости у короткоплавниковой гринды (*Globicephala macrohynchus*) [14].

У дельфинов хорошо развито светочувствительное зрение, однако острота зрения не очень хороша. Данный вывод становится очевидным при детальном изучении их зрительного анализатора. Тапетальная пластина покрывает практически все глазное дно, а зрачок способен резко сужаться в условиях яркого освещения. Фиброзный тапетум, или светоотражающий слой, располагается между сетчаткой и сильно васкуляризированной и толстой сосудистой оболочкой. Он состоит из внеклеточного матрикса (плотно упакованных и регулярно расположенных коллагеновых фибрилл), который находится позади пигментного эпителия сетчатки [30]. Их внешние границы диффузно отражают падающий свет. Такая функция необходима в условиях низкой освещенности, когда многократное отражение от тапетума приводит к значительному обратному излучению падающего света на сетчатку. Сосуды сетчатки не выступают в стекловидное тело.

Строение сетчатки у дельфинов также имеет ряд особенностей. Общая средняя толщина сетчатки составляет от 370 до 425 мкм. У китообразных, как и у наземных млекопитающих, были найдены светочувствительные сенсоры: палочки и колбочки [20]. Однако колбочки составляют лишь 1...2 % от фоторецепторов, тогда как остальной пул рецепторных клеток представлен палочками [22]. Зрительный анализатор китообразных, в отличие от наземных млекопитающих, содержит только один тип колбочек — L-опсин [13]. Подобно ластоногим, китообразные имеют ген опсина колбочек, который чувствителен к длинной волне, а также мутировавший ген опсина колбочек, чувствительный к короткой длине волны. Таким образом, несмотря на исследования, доказывающие, что дельфины в состоянии различать некоторые цвета, можно сделать вывод, что цветовое зрение у них развито плохо и для них характерна монохроматизация [20, 21]. Существуют также исследования, согласно которым, световой спектр смещен в сторону синего цвета (длины волн света около 525 и 488 нм). Вероятнее всего, это объясняется тем, что, в отличие от суши, на большой глубине отсутствует широкий спектр света, более длинные красные волны ослабляются, и проникающий свет преимущественно становится синим. Кроме того, на глубину проникает намного меньше фотонов,

что приводит к тусклой и монохромной визуальной среде [20].

Внутренний, ганглионарный, слой сетчатки дельфина содержит небольшое количество нейронов с весьма активно развитыми аксонами. Слой ганглиозных клеток имеет огромные ганглии, размером от 75 до 100 мкм, тогда как самые крупные аналогичные клетки у наземных млекопитающих имеют размер от 15 до 35 мкм [3, 9, 10]. Таким образом, можно сделать вывод, что распознавание объектов и передача нервного импульса у китообразных происходит очень быстро. Существует теория, согласно которой наиболее плотные скопления этих клеток выполняют отдельные функции. Так, например, справедливо считать, что височная область отвечает за фронтальное зрение, тогда как ростральная — за боковое. Находясь под водой, дельфин располагается к наблюдаемому объекту боком и смотрит одним глазом, используя, вероятно, носовую область наибольшего скопления нейронов сетчатки. Всплывая над водой, он использует уже височную область для наблюдения за объектом [18].

Согласно результатам исследований, у афалины общее количество ганглиозных клеток в среднем составляет 220 000. Таким образом, общее число волокон в зрительном нерве у китообразных должно быть меньше, чем таковое у представителей семейства кошачьих (250 000) и человека (1 000 000). Низкая плотность ганглиозных клеток сетчатки дельфинов, по-видимому, соответствует низкой плотности аксонов зрительного нерва. Хотя диаметр зрительного нерва у дельфинов превышает таковой у многих наземных млекопитающих, он уступает или равен им по количеству зрительных волокон. Это можно объяснить тем, что диаметр их аксонов больше, чем у наземных млекопитающих, — у большинства дельфинов значительная часть зрительных волокон превышала 15 мкм в диаметре, кроме того, 50 % площади поперечного сечения зрительного нерва дельфинов занимает метаболически значимое экстранейральное пространство (хотя у наземных млекопитающих таковые значения равны максимум 20 %). Вероятно, такая высокая вегетативная поддержка имеет экстремально важное значение для нервной системы в условиях длительного апноэ.

Основное кровоснабжение происходит через расположенную сразу за глазным яблоком артериальную сеть. Радужная оболочка у дельфинов эластична и прекрасно васкуляризирована; наряду с отростками ресничного тела, радужная оболочка кровоснабжается через большой артериальный круг, расположенный вокруг ее края. Сосуды сетчатки относятся к холангиотическому типу и расходятся от диска зрительного нерва в центре сетчатки. Таким образом, сетчатка содержит компактное сплетение кровеносных сосудов, расположенное в области наиболее светочувствительных клеток. Артериолы расходятся от артерий сетчатки, преимущественно под прямым углом, в виде боковых ветвей. Капилляры сетчатки имеют диаметр не более 4 мкм и, таким

образом, эритроциты и другие крупные клетки не могут проникнуть через них. Кровь из орбиты отводят вихревые вены, они расположены близко к радужной оболочке, дорсальнее и вентральнее глазного яблока. Далее они впадают в эписклеральные вены, переходя затем в глазную вену.

Внутриглазное давление считается важнейшим показателем состояния зрительного аппарата, при этом различные нарушения циркуляции внутриглазной жидкости ведут к понижению или повышению ВГД. Нормальные показатели ВГД у китообразных не установлены, за исключением того, что они могут быть выше, чем у других видов [5]. Текущее состояние клинической офтальмологии китообразных в целом обуславливает также отсутствие каких-либо протоколов для тонометрических обследований глаз зубатых китов, а понимание того, как предотвращать глазные заболевания, поражающие дельфинов, находящихся под опекой человека (или же диких особей, проходящих реабилитацию), крайне ограничено.

Цель исследования

Цель работы — рассмотреть анатомические особенности глаз китообразных, а также внедрить в рутинную практику плановых ветеринарных осмотров получение тонометрических данных и исследование глазного дна у дельфинов, что в будущем может обеспечить раннюю диагностику офтальмологических патологий.

Материалы и методы

Исследование проведено на базе Центра океанографии и морской биологии «Москвариум» (ООО «Возрождение ВВЦ»). В исследовании участвовали 4 тихоокеанские афалины *Tursiops truncatus* — три самки и один самец в возрасте от 15 до 23 лет, содержащиеся в одинаковых условиях.

Все животные владеют навыками добровольных медицинских контактов с людьми. У всех животных обследовали глазное дно при помощи портативной и мобильной фундус-камеры Optomed Smartscope PRO (рис. 1), тонометрию проводили с использованием ветеринарного тонометра TONOVET Plus (рис. 2). Оценка ВГД — неинвазивное и безболезненное исследование. Во время тонометрии животные располагались на специализированном ложном дне. В ходе обследования глазного дна они находились в боковой позиции у края бассейна.

Ни одно из обследованных животных не получало седативных средств, либо средств, способных оказать влияние на зрительный аппарат. Однако в связи с тем, что китообразные имеют очень вязкую слезную пленку, перед процедурой им был инстиллирован 3%-й раствор ацетилцистеина, разведенный заранее в физиологическом растворе.

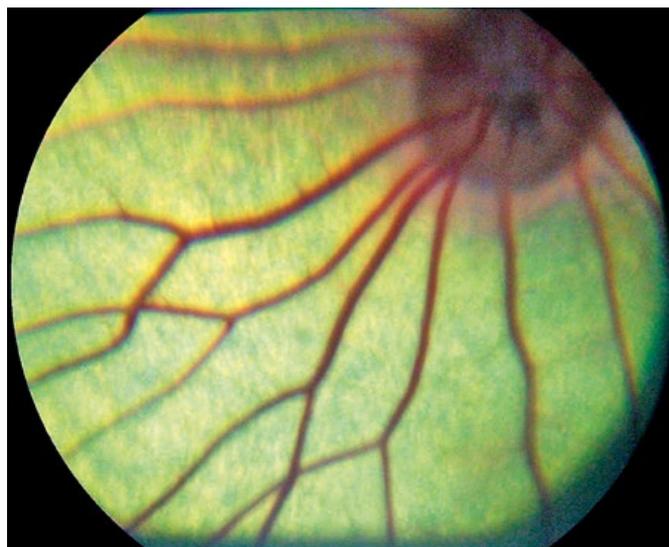


Рис. 1. Обследование (а) и снимок глазного дна (б) дельфина-афалины при помощи портативной и мобильной фундус-камеры Optomed Smartscope PRO (мидриатики не применялись)

Examination (a) and a picture (b) of a bottlenose dolphin's fundus using the Optomed Smartscope PRO portable and mobile fundus camera (mydriatics were not used)



Рис. 2. Измерение внутриглазного давления дельфина-афалины с использованием ветеринарного тонометра TONOVET Plus

Measuring intraocular pressure in a bottlenose dolphin using the TONOVET Plus veterinary tonometer

Результаты

Нами были выполнены обследования глаз (рис. 1, 2) тихоокеанских афалин без применения мидриатических средств. Полученные тонометрические данные приведены в таблице. На рисунке 1б представлен снимок глазного дна дельфина.

Результаты измерений внутриглазного давления тихоокеанских афалин

Results of measurements of intraocular pressure of Pacific bottlenose dolphins

| Особь | Тонометрические данные, мм рт. ст. | |
|---------------------|------------------------------------|-------------|
| | Левый глаз | Правый глаз |
| №1 (самка, 16 лет) | 14±3 | 27±2 |
| №2 (самка, 19 лет) | 17±3 | 18±1 |
| №3 (самец, 15 лет) | 11±1 | 12±3 |
| №4 (самка, 23 года) | 14±2 | 11±1 |

Тонометрические показатели варьировались от 27±2 мм до 10±1 мм рт. ст. Широкая вариабельность полученных результатов может быть объяснена частичным нахождением животных на суше и их анатомическими особенностями, связанными с аккомодацией, вследствие чего ВГД может как повышаться, так и понижаться.

Заключение

Данное исследование подтверждает гипотезу, что с помощью фундус-камеры можно обследовать задний сегмент глаза китообразных без расширения зрачка. Сделанные снимки анатомически соответствуют нормам данного вида.

Зрение морских млекопитающих и строение их зрительного анализатора уникальны ввиду приспособления к видению как в воде, так и на суше [23]. Адаптационные особенности включают в себя почти сферический мультифокальный хрусталик, а разница в показателе преломления центральной части роговицы и ее периферии заставляют ее функционировать в качестве слабо рассеивающей линзы. Таким образом, глаз китообразных под водой становится эмметропическим. Необычная форма зрачков и наличие двух зон наибольшей плотности нейронов в сетчатке также является адаптационным механизмом для подводного образа жизни. Цветовой спектр зрения китообразных, вероятно, монохроматичен и смещен в синий цвет. Это связано с тем, что водные млекопитающие эволюционно утратили S-колбочки, чувствительные к коротким волнам. Также китообразные обладают тапетумом, который охватывает большую часть глазного дна. Все эти приспособления способствуют улучшению зрения при тусклом освещении [21].

Китообразные, живущие под опекой человека, преимущественно используют именно зрение, а не эхолокацию. Однако способность использовать эхолокацию при нарушениях зрения является еще одним преимуществом китообразных.

Данное исследование, прежде всего, указывает на возможность более детального офтальмологического обследования китообразных. В связи с их анатомическими особенностями и водным образом жизни, обследование может быть затруднительным для ветеринарного врача. Необходимо избегать ярко освещенных помещений, так как это может привести к перераздражению зрительного анализатора и смыканию век. Как и все остальные животные, содержащиеся в искусственных условиях, китообразные должны подвергаться плановому офтальмологическому осмотру.

Дальнейшие исследования необходимы для детальной разработки протокола осмотра и выведения стандартов обследования.

Конфликт интересов

О конфликте интересов не сообщается

Библиография

1. Белькович, В.М., Сенсорные основы ориентации китообразных / В.М. Белькович, Н.А. Дубровский. — Л.: Наука, 1976. — 204 с.
2. Яблоков, А.В. Зрение и другие органы чувств / А.В. Яблоков, В.М. Белькович, В.И. Борисов. В кн. Киты и дельфины. — Л.: Наука, 1972. — С. 275-299.
3. Bjerager, P. Anatomy of the eye of the sperm whale (*Physeter macrocephalus* L.) / P. Bjerager, S. Heengaard, J. Tougaard // Aquatic Mammals. — 2003. — No. 29. — pp. 31-36.

4. Colitz, C.M.H. Cetacean and pinniped ophthalmology / C.M.H. Colitz, J.E. Bailey, J.C. Mejia-Fava. In CRC handbook of marine mammal medicine. Dierauf L, Gulland FMD (eds). 3rd edn. — CRC Press Taylor & Francis Group, 2018 — pp. 517-536.
5. Colitz, C.M.H. Preliminary intraocular pressure measurements from 4 cetacean species / C.M.H. Colitz, J. Mejia-Fava, M. Yamagata, P. Smolensky, M.S. Renner, L. Dalton, T. Schmitt, R. Sanchez, F.J. Orona // Proceedings of the International Association for Aquatic Animal Medicine. — 2012. — 43 p.
6. Colitz, C.M.H. Tear film analysis of *Orcinus orca* / C.M.H. Colitz, R.J. Sessler, K. Green-Church, M.S. Renner, M.M. Rodriguez, H.L. Chandler, K. Newkirk, K.K. Nichols, J.J. Nichols // Vet Ophthalmol. — 2007. — No. 10. — pp. 411.
7. Colitz C.M.H. Characterization of anterior segment ophthalmologic lesions identified in free-ranging dolphins and those under human care / C.M.H. Colitz, M.T. Walsh, S.D. McCulloch // J Zoo Wildl Med. — 2016. — No. 47(1). — pp. 56-75.
8. Dawson, D.D. The cetacean eye / D.D. Dawson. In Cetacean behavior: mechanism and function. Harman L.M. (ed). — New York: John Wiley and Sons, 1980. — pp. 53-100.
9. Dawson, W.W. Giant neural system in the inner retina and optic nerve of small whales / W.W. Dawson, M.N. Hawthorne, R.L. Jenkins, R.T. Goldston // J Comp Neurol. — 1982. — No. 205. — pp. 1-7.
10. Dawson, W.W. Unusual Retinal Cells in the Dolphin Eye / W.W. Dawson, J.M. Perez // Science. — 1973. — No. 181(4101). — pp. 747-749.
11. Dral, A.D. Aquatic and aerial vision in the bottle-nosed dolphin / A.D. Dral // Netherlands J. Sea Res., 1972. — Vol. 5. — No. 4. — pp. 510-513.
12. Davis, R.K. Antimicrobial activity detected in ocular and salivary secretions from marine mammals / R.K. Davis, P. Argueso // Investigative Ophthalmology & Visual Science. — 2015. — Vol. 56. — No. 7. — pp. 4163.
13. Fasick, J.I. Mechanism of Spectral Tuning in the Dolphin Visual Pigments / J.I. Fasick, P.R. Robinson // Biochem. — 1998. — No. 37(2). — pp. 433-438.
14. Hatfield, J.R. Structure and presumptive function of the iridocorneal angle of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*), short-finned pilot whale (*Globicephala macrorhynchus*), hippopotamus (*Hippopotamus amphibius*), and African elephant (*Loxodonta Africana*) / J.R. Hatfield, D.A. Samuelson, P.A. Lewis, M. Chisholm // Vet Ophthalmol actions. — 2003. — No. 6(1). — pp. 35-43.
15. Koutsos, E.A. Absorption and ocular deposition of dietary lutein in marine mammals / E.A. Koutsos, T. Schmitt, C.M.H. Colitz, L. Mazzaro // Zoo Biol. — 2013. — No. 32. — pp. 316-323.
16. Kröger, R.H. Optics of the harbor porpoise eye in water / R.H. Kröger, K. Kirschfeld // J Opt Soc Am A. — 1993. — No. 10(7). — pp. 1481-1489.
17. Lilly, J. Animals in aquatic environment: adaptation of mammals to the ocean // Handbook of physiology: adaptation to the environment / J. Lilly // J. Am Physiol Soc. — 1964. — Vol. 1. — pp. 741-747.
18. Mass, A.M. Ganglion cell topography of the retina in the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus* / A.M. Mass, A.Y. Supin // Brain Behav Evol. — 1995. — No. 45. — pp. 257-265.
19. Miller, S. Anatomic features of the cetacean globe / S. Miller, D. Samuelson, R. Dubielzig // Vet Ophthalmol. — 2013. — No. 16(Suppl). — pp. 52-63.
20. Newman, L.A. Cone visual pigments of aquatic mammals / L.A. Newman, P.R. Robinson // Vis Neurosci. — 2005. — No. 22(6). — pp. 873-879.
21. Peichl, L. For whales and seals the ocean is not blue: a visual pigment loss in marine mammals / L. Peichl, G. Behrmann, R.H. Kröger // Eur J Neurosci. — 2001. — No. 13(8). — pp. 1520-1528.
22. Perez, J.M. Retinal anatomy of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) / J.M. Perez, W.W. Dawson, D. Landau // Cetology. — 1972. — No. 11. — pp. 1-11.
23. Rivamonte, A. Eye model to account for comparable aerial and underwater acuities of the bottlenose dolphin / A. Rivamonte // Neth J Sea Res. — 1976. — No. 10. — pp. 491-498.
24. Supin, A.Y. Vision in aquatic mammals / A.Y. Supin, V.V. Popov, A.M. Mass. In The sensory physiology of aquatic mammals. — Boston: Kluwer Academic Publishers. — 2001. — pp. 229-284.
25. Tarpley, R.L. Orbital gland structure and secretions in the Atlantic bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) / R.L. Tarpley, S.H. Ridgway // J Morphol. — 1991. — No. 207(2). — pp. 173-184.
26. Thewissen, J.G.M. Whales originated from aquatic artiodactyls in the Eocene epoch of India / J.G.M. Thewissen, L.N. Cooper, M.T. Clementz et al. // Nature. — 2007. — No. 450. — pp. 1190-1194.
27. Waller, G.H. The significance of eyelid glands in delphinids / G.H. Waller, R.J. Harrison // Aquat Mammal. — 1978. — No. 6. — pp. 1-9.
28. West, J.A. A comparative study of the anatomy of the iris and ciliary body in aquatic mammals / J.A. West, J.G. Sivak, C.J. Murphy, K.M. Kovacs // Can J Zool. — 1991. — No. 69. — pp. 2594-2607.
29. Young, N.M. The ocular secretions of the bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* / N.M. Young, W.W. Dawson // Marine Mammal Science. — 1992. — No. 8. — pp. 57-68.
30. Young, N.M. The tapetum fibrosum in the eyes of two small whales / N.M. Young, G.M. Hope, W.W. Dawson // Mar Mamm Sci. — 1988. — No. 4. — pp. 281-299.