

УДК 599.745.3, 591.111

МОРФОЛОГИЯ КЛЕТОК КРОВИ ОБЫКНОВЕННОГО ТЮЛЕНЯ (АНТУРА) *PHOSA VITULINA* LINNAEUS, 1758 КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ

© 2025 г. П. В. Есипова¹, * (ORCID: 0000-0001-7610-1826),
М. А. Соловьева² (ORCID: 0000-0002-6569-5996),
В. В. Рожнов² (ORCID: 0000-0002-2142-0763),
Е. Г. Мамаев³ (ORCID: 0000-0003-2911-010X),
И. В. Суворова⁴ (ORCID: 0000-0001-8186-7092),
В. А. Ячмень¹ (ORCID: 009-0008-4791-7410).

¹Национальный научный центр морской биологии им. А. В. Жирмунского
(ННЦМБ) ДВО РАН, Владивосток, 690041 Россия

²Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук
(ИПЭЭ) РАН, Москва, 119071 Россия

³ФГБУ Национальный парк “Командорские острова” им. С. В. Маракова,
Камчатский край, Алеутский район, с. Никольское, 684500 Россия

⁴Центр океанографии и морской биологии “Москвариум”,
Москва, 129223 Россия

*e-mail: xpolli@mail.ru

Поступила в редакцию 05.09.2024 г.

После доработки 06.12.2024 г.

Принята к публикации 16.12.2024 г.

Впервые дана подробная характеристика клеток крови обыкновенного тюленя (антура) из популяции Командорских островов. Приведены данные о составе, размерах и соотношении эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов периферической крови неполовозрелых и половозрелых особей. Представлена библиотека микрофотографий всех типов клеток периферической крови антура. Морфология клеток крови тюленя в целом соответствует таковой других видов ластоногих, однако в мазках крови обнаружены нейтрофилы с тельцами Делё, реактивные лимфоциты и гиперсегментированные нейтрофилы. В лейкоцитарной формуле всех исследованных антуров выявлено повышенное количество эозинофилов (10–25%), у половозрелых особей — большее количество эозинофилов ($p = 0.04$) и больших лимфоцитов ($p = 0.005$); у неполовозрелых особей обнаружены более высокие показатели моноцитов ($p = 0.04$) и телец Хауэлла–Жолли в эритроцитах ($p = 0.03$). У двух половозрелых особей в мазках крови присутствовали микрофилярии и ядерные эритроциты.

Ключевые слова: обыкновенный тюлень, антур, *Phoca vitulina*, морфология клеток крови, эритроциты, лейкоциты, тромбоциты

DOI: 10.31857/S0134347525020041, EDN: GBRVON

Антур (обыкновенный тюлень, островной тюлень) *Phoca vitulina* Linnaeus, 1758 обитает в дальневосточных водах России, в том числе на Командорских островах. В исследованиях антура основное внимание уделено его численности (Мамаев, 2018), а физиологические аспекты и состояние здоровья этих животных

практически не изучены, хотя вид включен в Красную книгу Российской Федерации.

Общий анализ крови в ветеринарной практике является рутинным методом диагностики физиологических и патологических состояний морских млекопитающих. Он применяется для мониторинга состояния здоровья как особей,

находящихся на реабилитации или содержащихся в неволе, так и для животных диких популяций (Greig et al., 2010; Norman et al., 2013). Для ряда видов настоящих тюленей частично изучены показатели крови и морфологические особенности клеток крови (Кавцевич, 2011; Гордеев и др., 2023; CRC handbook ..., 2018; Stacy, Nollens, 2022). Однако многие дикие популяции ластоногих, в том числе антур, остаются малоизученными в этом отношении.

Многие заболевания проявляются не только количественными, но и качественными изменениями в клетках периферической крови, поэтому микроскопическая оценка мазка имеет важное диагностическое значение (Narasimha et al., 2008). Изучение таких препаратов в световом микроскопе позволяет описать нормальную морфологию клеток, произвести подсчет лейкоцитарной формулы, выявить морфологические изменения клеток крови, а также обнаружить паразитов и включения (Harvey, 2012; Stacy, Nollens, 2022).

Информация о нормальных показателях крови ластоногих необходима для оценки состояния здоровья отдельных популяций. Изучение морфологических, морфометрических особенностей клеток крови, соотношения типов лейкоцитов необходимо для понимания нормальных и патологических физиологических процессов, а также адаптационных возможностей ластоногих в процессе эволюции к водной среде.

Целью данной работы было изучение морфологии и морфометрии всех типов клеток крови антура Командорских островов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследование проведено на 21 особи антура (6 самок, 15 самцов). Животные были отловлены в сентябре 2022 г. на побережье островов Медный и Беринга (Командорские острова).

Отлов тюленей был проведен в соответствии с разрешениями, выданными Росприроднадзором № 86 от 3 августа 2022 г. на использование объектов животного и растительного мира, находящихся на особо охраняемых природных территориях федерального значения и № 121 от 1 июля 2022 г. на добывание объектов животного и растительного мира, принадлежащих

к видам, занесенным в Красную книгу Российской Федерации.

У животных измеряли массу и длину тела (табл. 1). На основании измерения длины тела по таблицам, разработанным Тихомировым (1968), был косвенно определен примерный возраст тюленей и вероятность наступления половозрелости. Из-за отсутствия сведений об обыкновенном тюлене для оценки примерного возраста и половозрелости использовали данные по близкородственному виду — ларге *Phoca largha* Pallas, 1811. Согласно Тихомирову (1968), вероятность наступления половой зрелости для самок и самцов ларги в трехлетнем возрасте составляет 10 и 33% соответственно, а в четырехлетнем возрасте — уже 93 и 100% соответственно. Поэтому исследованные нами животные были разделены на две возрастные группы: в группу неполовозрелых попали антуры с примерным возрастом от 1 до 3 лет, а в группу половозрелых — старше трех лет.

С момента отлова до взятия образцов крови животные от 30 мин до 3 ч находились в отдельных сумках-переносках с отверстиями для дыхания. Медицинские препараты для седации и стресс-протекции животных не применяли. Образцы крови собирали при помощи игл-бабочек (0.80×19 мм, 21G) и шприцев на 20 мл в пробирки с ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота) из периферических вен заднего лапа (рис. 1а, б). После отбора образцы крови хранили в термосумке с хладоэлементами при температуре 5–10°C.

Для описания морфологии клеток крови были изготовлены мазки крови на предметных стеклах (по два препарата на каждое животное). Мазки изготавливали в течение 1–5 с после взятия крови, что не вызывало серьезных морфологических изменений (Koolwal, 2018). Полученные мазки фиксировали метанолом, оставляли до полного высыхания и окрашивали раствором по Май-Грюнвальду (BioVitrum, Россия) и красителем по Романовскому–Гимза (МиниМед, Россия) при комнатной температуре (21°C). Для измерения диаметра и площади были выбраны максимально округлые отдельно лежащие клетки крови. При идентификации окрашенных клеток оценивали цвет цитоплазмы, внешний вид и структуру ядра, размер, цвет и количество гранул в клетках крови.

Таблица 1. Масса, длина тела и лейкоцитарные формулы ангуров

Возрастная группа	№	Пол	Масса тела, кг	Длина тела, см	П/я нейт., %	С/Я нейт., %	Эоз., %	Баз., %	Мон., %	Лимф., %	nRBC/100 лейкоц.	Инвазия
Неповозрелые (1–3 года)	1	♀	32	98	0.0	60.0	10.0	5.0	6.0	19.0	0.0	—
	2	♀	30	96	0.0	45.0	14.0	1.5	8.0	32.0	0.0	—
	3	♂	29	98	0.0	52.0	12.5	2.0	8.0	25.5	0.0	—
	4	♂	32	100	0.0	42.0	20.0	2.5	14.0	22.0	0.0	—
	5	♀	26	97	0.0	65.0	11.0	1.5	4.5	18.0	0.0	—
	6	♂	30	105	0.5	63.5	15.0	0.5	9.5	11.5	0.0	—
	7	♂	30	102	0.0	51.0	12.0	2.0	9.0	26.0	0.0	—
	8	♂	46	117	0.0	59.5	16.5	1.0	8.0	15.0	0.0	—
	9	♂	29	102	0.0	68.0	4.5	2.0	8.0	17.5	0.0	—
Среднее значение ± стандартное отклонение	n = 9		31.5±5.5	101.6±6.2	0.06±0.1	56.2±8.3	12.8±4.0	2.0±1.1	8.3±2.4	20.7±5.7	0.0±0.0	
Половозрелые (от 4 лет)	10	♀	77	145	0.0	50.5	18.0	2.0	8.5	21.5	0.0	—
	11	♂	66	135	1.0	44.0	18.5	1.0	7.5	28.5	0.0	—
	12	♂	60	131	0.0	45.5	12.0	1.5	12.0	29.5	0.0	—
	13	♂	111	156	0.5	48.0	10.0	4.5	6.5	30.5	0.0	—
	14	♂	101	153	0.0	52.5	7.5	4.5	11.0	25.0	0.0	—
	15	♂	119	159	0.0	34.0	25.0	6.5	3.5	31.0	0.0	—
	16	♂	61	130	0.0	48.5	18.0	1.5	7.0	25.5	1.0	M*
	17	♂	87	147	0.0	60.0	15.0	1.0	4.0	20.0	0.0	—
	18	♀	58	128	0.0	51.0	11.0	1.5	5.5	31.5	0.0	—
	19	♀	65	129	0.0	34.0	15.0	2.5	13.0	35.5	2.0	M*
	20	♂	50	117	0.0	36.0	14.5	1.0	8.5	40.0	0.0	—
21	♂	63	130	0.0	61.5	15.0	2.5	6.5	15.0	0.0	—	
Среднее значение ± стандартное отклонение	n = 12		76.5±22.2	138.3±12.9	0.1±0.3	47.1±8.9	14.9±4.5	2.5±1.7	7.7±2.9	27.7±6.7	0.2±0.6	

*M – микрофилярия.

Примечание. П/я нейт. – палочкоядерные нейтрофилы, с/я нейт. – сегментоядерные нейтрофилы, эоз. – эозинофилы, баз. – базофилы, мон. – моноциты, лимф. – лимфоциты, nRBC – метарубрициты.

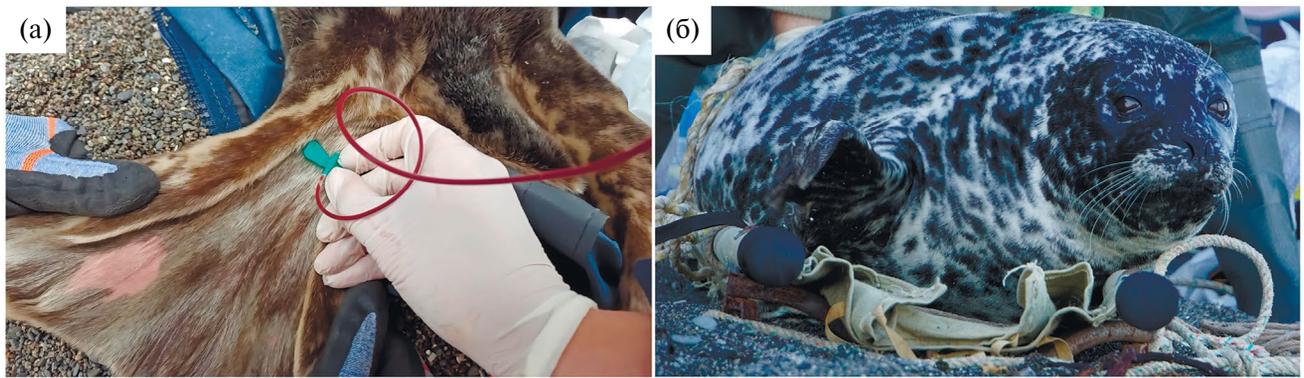


Рис. 1. Отбор крови у антура (а), фото Марии Соловьевой; антур после отбора крови (б), фото Михаила Вакурова.

Готовые препараты изучали под микроскопом Carl Zeiss Axio Scope.A1 с использованием цифровой камеры AxioCam 105 Color и программы ZEN2.3. Морфологию клеток исследовали при увеличении объектива 100х с масляной смесью Immersol 518N (Carl Zeiss, Германия).

Диаметр клетки в программе ZEN2.3 измеряли с помощью инструмента Length вручную на готовом изображении. Всего было исследовано 42 препарата крови антура. Было измерено по 100 клеток наиболее многочисленных типов (эритроциты, сегментоядерные нейтрофилы, моноциты, лимфоциты, эозинофилы, тромбоциты), три метарубрицита, три палочкоядерных нейтрофила и 58 базофилов.

Обработку полученных результатов проводили при помощи пакетов программ GraphPad Prism version 4.0, Excel. Результаты измерений диаметра клеток каждого типа представлены как среднее значение \pm стандартное отклонение. Статистическое сравнение показателей крови между двумя группами антура было проведено при помощи непараметрического U-критерия Манна–Уитни ввиду того, что размер выборки при сравнении двух малых групп был менее 30 ($n = 9$ и $n = 12$). Различия считали значимыми при $p < 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Морфология клеток периферической крови диких особей антура представлена на рис. 2.

Эритроциты

Зрелые эритроциты в крови антура имели диаметр 7.2 ± 0.7 мкм (рис. 2, а1). Анизцитоз эритроцитов был умеренный, с размерами клеток

от 4.5 до 8.4 мкм. Центральная зона просветления отсутствовала. Некоторые эритроциты содержали мелкие круглые фиолетово-розовые включения — тельца Хауэлла–Жолли размером 0.8 ± 0.2 мкм (от 0.5 до 1.2 мкм) (рис. 2, а2), являющиеся остатками ядра с плотным конденсированным хроматином. У неполовозрелых особей процент клеток, содержащих такие включения из расчета на 100 лейкоцитов, был выше ($p = 0.03$) и составлял от 0 до 18 клеток, в то время как у половозрелых особей — от 0 до 3. Незрелые формы эритроцитов были представлены метарубрицитами — ядросодержащими клетками с плотным конденсированным хроматином. Эти клетки были обнаружены в мазках крови двух половозрелых тюленей (рис. 2, а3), их количество не превышало 5 клеток на 100 лейкоцитов. Также были обнаружены полихроматофильные эритроциты диаметром 9.3 ± 0.6 мкм (8.2–10.3 мкм) (рис. 2, а4), вероятно, являющиеся ретикулоцитами. Количество таких клеток для неполовозрелых и половозрелых особей составляло от 0 до 11 клеток из расчета на 100 лейкоцитов.

Лейкоциты. Гранулоциты

Нейтрофилы были представлены округлыми клетками со светло-розовой цитоплазмой с пылевидными гранулами розовой и фиолетовой окраски (рис. 2, б1–б5). Диаметр этих клеток составлял 12.6 ± 0.8 мкм (11.2–14.5 мкм). В нейтрофилах дикого антура были отмечены структуры, напоминающие тельца Делё (рис. 2, б2, б5), количество таких клеток составляло от 3.9 до 41.1% от общего числа нейтрофилов. Палочкоядерные (юные формы нейтрофилов) практически не встречались в мазках крови

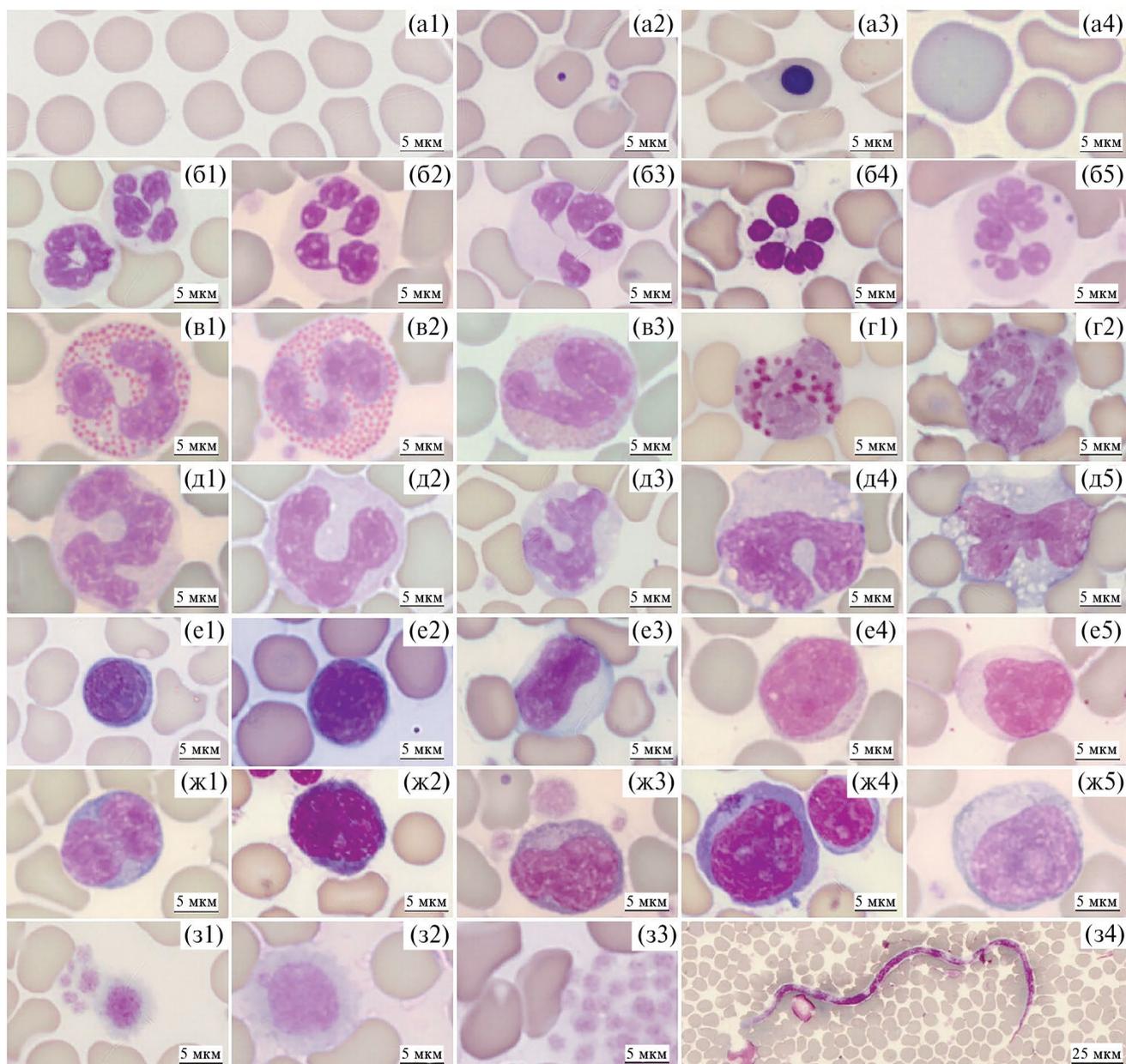


Рис. 2. Морфология клеток периферической крови диких особей антура. (а1) – зрелые эритроциты; (а2) – эритроцит с тельцем Хауэлла-Жолли; (а3) – ядерный эритроцит (метарубрицит); (а4) – полихроматофильный эритроцит; (б1) – сегментоядерные нейтрофилы; (б2) – гиперсегментированный нейтрофил с тельцем Делё; (б3) – сегментированный нейтрофил; (б4) – гиперсегментированный нейтрофил; (б5) – гиперсегментированный нейтрофил с тельцами Делё; (в1)–(в3) – эозинофилы; (г1), (г2) – базофилы; (д1)–(д5) – моноциты с различным количеством вакуолей; (е1), (е2) – малые лимфоциты; (е3)–(е5) – большие лимфоциты; (ж1)–(ж5) – реактивные лимфоциты; (з1) – тромбоциты и макротромбоцит; (з2) – гигантский тромбоцит; (з3) – сгусток тромбоцитов; (з4) – микрофилярия.

этих животных. Ядра сегментоядерных нейтрофилов имели разное количество долей. Было обнаружено два типа соединения хроматина в ядре. В первом наиболее распространенном типе сегментоядерных нейтрофилов доли ядра соединялись тонкими нитями хроматина последовательно (рис. 2, б1, б2), во втором типе доли ядра

соединялись нитями хроматина в одной точке (рис. 2, б3, б4). Помимо этого, было отмечено большое количество гиперсегментированных нейтрофилов (от 3.9 до 52.9% от общего количества нейтрофилов) (рис. 2, б2, б4, б5). Хроматин этого типа клеток имел темные конденсированные участки и небольшие зоны просветления.

Эозинофилы антура имели диаметр 14.3 ± 0.8 мкм (12.1–16.5 мкм). В их светло-голубой цитоплазме содержались крупные, практически однородные розовые гранулы размером 0.5 ± 0.1 мкм (0.3–0.9 мкм) (рис. 2, в1–в3). Изредка в цитоплазме могли присутствовать единичные вакуоли (рис. 2, в2). Количество сегментов ядра чаще всего составляло от 1 до 3. Хроматин этих клеток был схож с таковым у нейтрофилов.

Базофилы достаточно часто обнаруживали на препаратах крови тюленя (рис. 2, г1–г2). Их размер составлял 13.9 ± 1.1 мкм (11.3–16.0 мкм). Базофильная цитоплазма содержала насыщенно-фиолетовые, базофильные, разнородные по окраске и размеру гранулы диаметром 0.8 ± 0.3 мкм (0.4–1.5 мкм). Структура хроматина была схожа с таковой эозинофилов и нейтрофилов, однако сегментация ядра имела менее четкую форму.

Лейкоциты. Агранулоциты

Моноциты представляли собой достаточно крупные клетки размером 14.8 ± 1.2 мкм (12.3–18.3 мкм). Цитоплазма окрашивалась в серо-голубой цвет и могла содержать различное количество вакуолей (рис. 2, д1–д5). Ядра были представлены различными формами — от продолговатых и подковообразных до овальных и дольчатых. Кружевной, рыхлый хроматин имел некоторое количество областей конденсации и маленькие участки просветления.

Лимфоциты были представлены тремя типами клеток. Малые лимфоциты имели размер 9.0 ± 0.5 мкм (от 7.8 до 9.9 мкм) (рис. 2, е1–е2), большие лимфоциты — 11.3 ± 1.1 мкм (от 10.0 до 13.6 мкм) (рис. 2, е3–е5), реактивные (активированные) лимфоциты имели диаметр 11.7 ± 2.5 мкм (от 8.4 до 18.3 мкм) (рис. 2, ж1–ж5). Малые и большие лимфоциты имели узкий ободок сине-голубой цитоплазмы и крупное круглое или слегка овальное ядро. Хроматин таких клеток состоял из гладких светлых зон и плотных, глыбообразных образований. Количество малых лимфоцитов для неполовозрелых особей составляло от 73.9 до 96.6%, для половозрелых особей — от 52.9 до 95.1%, а количество больших лимфоцитов для неполовозрелых особей 3.3–21.7%, для половозрелых — 7.3–47.0%. Реактивные формы лимфоцитов характеризовались, чаще всего, более крупными размерами, насыщенно фиолетовой окраской цитоплазмы

и пониженным ядерно-цитоплазматическим отношением. Периодически в лимфоцитах встречали ядрышки.

Тромбоциты

Тромбоциты представляли собой безъядерные клетки, цитоплазма которых имела светло-голубой цвет и содержала розовые или фиолетовые гранулы (рис. 2, з1). Их диаметр составлял 2.6 ± 0.8 мкм (1.2–4.6 мкм). Также были обнаружены макротромбоциты (рис. 3, з1) и гигантские формы этих клеток (рис. 2, з2), размеры которых составляли 7.2 ± 1.5 мкм (5.4–11.1 мкм). Их количество на 100 лейкоцитов для неполовозрелых особей достигало пяти клеток, для половозрелых — девяти. Периодически на препаратах крови антура встречались скопления тромбоцитов (рис. 2, з3).

Лейкоцитарная формула

В процентном соотношении наибольшее количество клеток было представлено сегментоядерными нейтрофилами, составляющими от 34 до 65% от общего количества лейкоцитов. У неполовозрелых и половозрелых особей в мазках крови было обнаружено невысокое количество палочкоядерных нейтрофилов (табл. 1). Почти у всех особей прослеживали достаточно высокое количество эозинофилов — от 10 до 25%, только у двух особей количество эозинофилов было ниже: у неполовозрелого самца № 15 — 4.5% и у половозрелого самца № 13 — 7.5%. Однако статистический анализ выявил, что у неполовозрелых особей количество эозинофилов ниже ($p = 0.04$), по сравнению с половозрелыми особями.

Достаточно высокий уровень базофилов был обнаружен как у неполовозрелых (0.5–5%), так и у половозрелых особей (1.0–6.5%). Количество моноцитов варьировало от 3.5 до 14.0%, и было достоверно выше ($p = 0.04$) у неполовозрелых особей. Показатели лимфоцитов неполовозрелых особей составляли 11.5–32.0%, у половозрелых от 15.0 до 40.0%. Количество больших лимфоцитов у половозрелых особей было выше ($p = 0.005$), по сравнению с неполовозрелыми (табл. 1).

Гельминты в крови

В мазках крови двух половозрелых особей были встречены микрофилярии — личинки круглых червей семейства Onchocercidae,

предположительно родов *Acanthocheilonema* или *Dirofilaria* (рис. 2, 34).

ОБСУЖДЕНИЕ

Для антура, как и для большинства морских и наземных млекопитающих, характерен нейтрофильный профиль крови (Гордеев и др., 2023). Однако процентное соотношение лейкоцитов может несколько отличаться и зависеть не только от возраста особи, но и от ее физиологического состояния (Кавцевич, Минзюк, 2017). При сравнении двух возрастных групп тюленя мы выявили большее количество моноцитов ($p = 0.04$), меньшее количество эозинофилов ($p = 0.04$) и больших лимфоцитов ($p = 0.005$) у неполовозрелых особей по сравнению с половозрелыми животными. Информация о возрастных и половых особенностях клеточного состава крови разных видов ластоногих крайне ограничена и требуется больше исследований в данном направлении (Кавцевич, Минзюк, 2010; Кавцевич и др., 2020).

Невысокое (до 1%) количество палочкоядерных нейтрофилов свидетельствует об отсутствии тяжелых воспалительных процессов у животных (Harvey, 2012, 2017). При подсчете лейкоцитарной формулы только у трех антуров (№ 6, № 9 — половозрелые особи, № 10 — неполовозрелая особь) были обнаружены палочкоядерные нейтрофилы в количестве, не превышающем 1%, у всех остальных животных они обнаружены не были, что свидетельствует об отсутствии острых патологических состояний у исследованных тюленей.

Обнаруженные у антура два типа соединения ядерных долей тонкими нитями хроматина в нейтрофилах характерны также для гренландских тюленей, тюленей-хохлачей и морских зайцев (Кавцевич, 2011). Предполагается, что это может быть особенностью дифференцировки клеток миелоидного ростка кроветворения настоящих тюленей.

Наличие небольшого количества телец Хауэлла-Жолли, ядерных эритроцитов и полихроматофильных эритроцитов является нормой для некоторых видов млекопитающих, в том числе ластоногих (Harvey, 2012; Stacy, Nollens, 2022). Наличие таких клеток и включений в крови антура, по-видимому, также

не является патологией. Количество эритроцитов, содержащих тельца Хауэлла-Жолли, у половозрелых антуров составляло до трех клеток на 100 лейкоцитов, а у неполовозрелых было существенно выше ($p = 0.03$) и доходило до 18. Такие различия могут быть связаны с установлением процессов гемопоза у молодых особей (Кавцевич, Минзюк, 2010, 2017).

Полихроматофильные эритроциты — нормальный компонент крови ластоногих (Кавцевич, 2011; Stacy, Nollens, 2022). В исследованной крови антура они встречались в количестве до 11 клеток на 100 лейкоцитов. Полноценные сведения о количестве клеток этого типа у ластоногих отсутствуют и необходимы дальнейшие исследования.

Изменения лейкоцитарной формулы представляют важную клиническую информацию: они могут возникать при различных инфекционных и инвазионных заболеваниях, отравлениях, пищевых дефицитах, а также при ряде других патологических и физиологических изменений в организме (Stacy et al., 2017).

Наличие телец Делё также может быть очень ранним и специфическим индикатором инфекции и сепсиса (Stacy et al., 2017). Однако их наличие в лейкоцитах юных особей обыкновенного тюленя, находящихся на реабилитации и впоследствии успешно выпущенных в природу, не было связано с выживаемостью или наличием сепсиса (Greig et al., 2010). Роль таких включений в лейкоцитах морских млекопитающих остается малоизученной.

Наличие у антура нейтрофилов с тельцами Делё, предположительно имеющих легкую токсичность и присутствие реактивных лимфоцитов в мазках крови может отражать естественные реакции иммунитета на различные чужеродные агенты, в том числе на токсины, образующиеся в результате цветения водорослей (Lefebvre et al., 2016), на присутствие паразитов различной локализации (Harvey, 2012), последствия вирусных инфекций (Pace et al., 2023).

Как и у других настоящих тюленей (Кавцевич и др., 2020), у антура большинство лимфоцитов (от 52.9 до 96.6%) были представлены малыми формами клеток. Однако количество больших лимфоцитов было выше (3.3–47%), чем отмечено у серых тюленей *Halichoerus grypus*

(Fabricius, 1791) (5–10%) (Кавцевич, Минзюк, 2010). Еще одной особенностью клеточного состава крови настоящих тюленей является присутствие макроглобулинов и гигантских тромбоцитов, что отражает видовые и возрастные особенности некоторых видов (Кавцевич, Минзюк, 2017). В крови антура их количество составляло до пяти клеток на 100 лейкоцитов для неполовозрелых особей и до девяти для половозрелых особей.

Дикие ластоногие, в отличие от животных, содержащихся продолжительное время в закрытых помещениях океанариумов и дельфинариев, питаются живой рыбой, моллюсками и ракообразными, которые часто являются промежуточными и транспортными хозяевами многих видов гельминтов, а также подвергаются укусам кровососущих насекомых. Особи из дикой природы больше подвержены паразитарным инвазиям (Кавцевич и др., 2020; Lehnert et al., 2016; Alho et al., 2017). У щенков гренландских и серых тюленей, а также у неполовозрелых особей антура, отмечено меньшее количество эозинофилов в крови, по сравнению с половозрелыми особями (Кавцевич, Минзюк, 2010; Кавцевич и др., 2020). У ластоногих, в том числе обыкновенного тюленя, долго содержащихся в открытых бассейнах, были обнаружены *Dirofilaria immitis* в правом желудочке и легочной артерии (Alho et al., 2017). В пробах крови обыкновенных тюленей, пойманных на побережье Северного и Балтийского морей, были обнаружены микрофилярии, идентифицированные как *Acanthocheilomena spirocauda* (Lehnert et al., 2016). В исследованных нами мазках крови, по меньшей мере, у двух особей дикого антура были обнаружены микрофилярии. При этом наличие у них же ядерных эритроцитов может быть одним из признаков анемии вследствие инвазии. Других сдвигов в формуле крови, свидетельствующих о недомогании, у данных особей обнаружено не было. Однако для однозначных ответов и точной интерпретации полученных результатов необходимо провести дополнительные исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, морфология клеток крови и процентные соотношения лейкоцитов, исследованные у антура, сходны с таковыми

у наземных и морских млекопитающих. Некоторые морфологические особенности (типы соединения ядерных долей тонкими нитями хроматина в нейтрофилах, наполненность мелкими гранулами и прозрачность цитоплазмы гранулоцитов, количество включений и их типы в клетках крови) ранее не были описаны для антура. Кроме того, нами обнаружены особенности в соотношении типов лейкоцитов у разных возрастных групп этого тюленя.

У исследованных особей не выявлено существенных сдвигов в формулах крови, свидетельствующих об их неблагополучном состоянии. Некоторые количественные и качественные показатели могут быть реакцией организма на цветение токсичных водорослей, паразитарные инвазии, патологические состояния, и мы считаем необходимым продолжить мониторинг популяции для расширения выборки исследуемых особей с учетом влияния указанных факторов. Дальнейшее исследование тюленей различных возрастных групп с использованием примененных в работе методов позволит более точно определять состояние организма диких животных и обосновывать функциональное значение выявленных особенностей состава крови.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа частично выполнена на базе Центра коллективного пользования “Приморский океанариум” — филиал ННЦМБ ДВО РАН (Владивосток). Авторы благодарят сотрудников ФГБУ Национальный парк “Командорские острова” им. С. В. Маркова и лично директора Кузнецову Анастасию Владимировну за помощь в организации полевых работ, а также Михаила Вакурова за предоставленную фотографию антура.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа проведена в рамках комплексной межведомственной программы “Экологическая безопасность Камчатки: изучение и мониторинг опасных природных явлений и антропогенных воздействий” на средства Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (гос. задание “Исследования распространения морских млекопитающих в прибрежных водах Камчатки, использования ими районов нагула и оценка их кормовой базы в условиях ВЦВ”, рег. № НИОКТР 075-00359-21-03).

Камеральные исследования финансировались за счет средств бюджета Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Эксперименты с животными проводились в соответствии с Руководством Национального института здравоохранения по уходу и использованию лабораторных животных (<http://oacu.od.nih.gov/regs/index.htm>). Экспериментальное исследование, представленное в данной статье, проведено с одобрения этического комитета ИПЭЭ РАН, решение комиссии по биоэтике № 92.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гордеев И.И., Болтнев Е.А., Суворова Т.А. и др. Клеточный состав периферической крови байкальской нерпы *Phoca sibirica* // Биол. внутренних вод. 2023. № 6. С. 892–896.
- Кавцевич Н.Н. Морфологические и цитохимические особенности клеток крови морских млекопитающих в связи с адаптацией к среде обитания / Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Петрозаводск, 2011. 39 с.
- Кавцевич Н.Н., Ерохина И.А., Светочев В.Н. и др. Экологические и эколого-физиологические исследования ластоногих Баренцева, Белого и Карского морей в 2015–2019 гг. // Тр. Кольского науч. центра РАН. 2020. № 4–7. С. 198–214.
- Кавцевич Н.Н., Минзюк Т.В. Клеточный состав крови серых тюленей различного возраста // Докл. Академии наук. 2010. Т. 432. № 4. С. 552–555.
- Кавцевич Н.Н., Минзюк Т.В. Возрастные особенности клеточного состава крови тюленей // Тр. ВНИРО. 2017. Т. 167. С. 78–95.
- Тихомиров Э.А. Рост тела и развитие органов размножения северотихоокеанских настоящих тюленей // Изв. ТИНРО. 1968. Т. 62. С. 216–243.
- Alho A.M., Marcelino I., Colella V. et al. *Dirofilaria immitis* in pinnipeds and a new host record // Parasites Vectors. 2017. V. 10. № 1. Art. ID142. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2073-0>
- CRC handbook of marine mammal medicine: 3rd ed. / Eds. F. Gulland, L.A. Dierauf, K.L. Whitman. Boca Raton: CRC Press, 2018.
- Greig D.J., Gulland F.M., Rios C.A., Hall A.J. Hematology and serum chemistry in stranded and wild-caught harbor seals in central California: reference intervals, predictors of survival, and parameters affecting blood variables // J. Wildl. Dis. 2010. V. 46. № 4. P. 1172–1184. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-46.4.1172>
- Harvey J.W. Veterinary hematology: A diagnostic guide and color atlas. St. Louis, Mo.: Saunders/Elsevier, 2012. 384 p. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-39565-3>
- Harvey J.W. The feline blood film: 2. Leukocyte and platelet morphology // J. Feline Med. Surg. 2017. V. 19. P. 747–757. <https://doi.org/10.1177/1098612X17706471>
- Koolwal M.S. Anticoagulant EDTA induced storage effect (artifacts) on peripheral blood cells // J. Med. Sci. Clin. Res. 2018. V. 6. № 1. P. 32430–32433.
- Lefebvre K.A., Quakenbush L., Frame E. et al. Prevalence of algal toxins in Alaskan marine mammals foraging in a changing arctic and subarctic environment // Harmful Algae. 2016. V. 55. P. 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2016.01.007>
- Lehnert K., Schwanke E., Hahn K. et al. Heartworm (*Acanthocheilonema spirocauda*) and seal louse (*Echinophthirius horridus*) infections in harbour seals (*Phoca vitulina*) from the North and Baltic Seas // J. Sea Res. 2016. V. 113. P. 65–72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seares.2015.06.014>
- Mamaev E.G. A new method of counting *Phoca vitulina* ssp. *stejnegeri* (Phocidae, Carnivora) on the Commander Islands (Russia) // Nat. Conserv. Res. 2018. V. 3. № 4. P. 44–58. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2018.047>
- Narasimha A., Kumar H., Prasad C.S. Anticoagulant induced artefacts in peripheral blood smears // Indian J. Hematol. Blood Transfus. 2008. V. 24. № 2. P. 43–48. <https://doi.org/10.1007/s12288-008-0027-6>
- Norman S.A., Beckett L.A., Miller W.A. et al. Variation in hematologic and serum biochemical values of belugas (*Delphinapterus leucas*) under managed care // J. Zoo Wildl. Med. 2013. V. 44. № 2. P. 376–388. <https://doi.org/10.1638/2012-0172R>
- Pace C.N., Haulena M., Drumm H.E. et al. Causes and trends of harbor seal (*Phoca vitulina*) mortality along the British Columbia coast, Canada 2012–2020 // J. Wildl. Dis. 2023. V. 59. № 4. P. 629–639. <https://doi.org/10.7589/JWD-D-22-00172>
- Stacy N.I., Isaza R., Wiedner E. First report of changes in leukocyte morphology in response to inflammatory

conditions in Asian and African elephants (*Elephas maximus* and *Loxodonta africana*) // PLoS One. 2017. V. 12. № 9. Art. ID e0185277. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185277>

Stacy N.I., Nollens H. Hematology of marine mammals // Schalm's veterinary hematology: 7th ed. Eds. M.B. Brooks, K.E. Harr, D.M. Seelig et al. Wiley, 2022. P. 1104–1113.

Blood Cell Morphology of Harbor Seals *Phoca vitulina* Linnaeus, 1758 from the Commander Islands

© 2025 P. V. Esipova^{a, *}, M. A. Solovyeva^b, V. V. Rozhnov^b, E. G. Mamaev^c, I. V. Suvorova^d, V. A. Yachmen^a

^aZhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690041 Russia

^bSevertsov Institute of Ecology and Evolution,

Russian Academy of Sciences, Moscow, 119071 Russia

^cMarakov National Park “Commander Islands”,

Kamchatka Krai, Aleutsky District, Nikolskoye Village, 684500 Russia

^dCenter of Oceanography and Marine Biology “Moskvarium”,

Moscow, 129223 Russia

*e-mail: xpolli@mail.ru

The blood cells of common (harbor) seals, *Phoca vitulina* L. 1758, from the Commander Islands population are characterized in detail for the first time. Data on composition, size and ratio of erythrocytes, leukocytes, and platelets in the peripheral blood of immature and mature seals are given. A micrograph library for all types of peripheral blood cells of harbor seal is presented. The blood cells morphology of this seal generally corresponds to that of other pinniped species; however, neutrophils with Dohle bodies, reactive lymphocytes, and hypersegmented neutrophils were found in blood smears. An increased number of eosinophils (10–25%) were observed in the leukocyte formula of all seals examined. Mature seals had higher numbers of eosinophils ($p = 0.04$) and large lymphocytes ($p = 0.005$); immature seals had higher numbers of monocytes ($p = 0.04$) and Howell–Jolly bodies in erythrocytes ($p = 0.03$). Microfilariae and nucleated erythrocytes were found in blood smears of two mature seals.

Keywords: common seal, harbor seal, *Phoca vitulina*, blood cells morphology, leukocyte formula, erythrocytes, leukocytes, platelets