

КЛЕТОЧНЫЙ СОСТАВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ *Phoca sibirica*

© 2023 г. И. И. Гордеев^{a, b}, Е. А. Болтнев^a, Т. А. Суворова^{c, *}, Д. В. Микряков^c, Л. В. Балабанова^c

^aВсероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Россия

^bМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

^cИнститут биологии внутренних вод Российской академии наук,
пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия

*e-mail: tanya@ibiw.ru

Поступила в редакцию 13.12.2022 г.

После доработки 25.05.2023 г.

Принята к публикации 07.06.2023 г.

Исследован состав лейкоцитов периферической крови байкальской нерпы *Phoca sibirica* (Gmelin, 1788). В мазках крови обнаружены следующие типы клеток: большие и малые лимфоциты, моноциты, нейтро-, эозино- и базофилы. Сравнительный анализ показал высокий процент палочкоядерных нейтрофилов, эозинофилов и лимфоцитов в лейкограмме молодых особей нерпы по сравнению со взрослыми. Аналогичные формы лейкоцитов зафиксированы при исследовании некоторых морских представителей настоящих тюленей (Phocidae). Однако в лейкограммах взрослых серых и гренландских тюленей и кольчатой нерпы значительно ниже доля палочкоядерных нейтрофилов. Обнаруженные различия могут быть обусловлены физиологическими особенностями и условиями обитания.

Ключевые слова: байкальская нерпа (*Phoca sibirica*), лейкограмма, лейкоциты

DOI: 10.31857/S032096522306013X, **EDN:** KFXJOQ

Байкальская нерпа *Phoca sibirica* (Gmelin, 1788) — эндемичный вид, один из представителей настоящих тюленей сем. Phocidae, полностью приспособившийся к жизни в пресноводном внутреннем водоеме. Тело нерпы веретеновидное, имеет толстый подкожный слой жира до 12–14 см. Длина тела взрослых нерп от кончика носа до кончика хвоста варьирует в диапазоне 110–142 см. Масса тела взрослых животных колеблется от 45 до 55 кг, однако отдельные особи могут достигать ≥100 кг (Млекопитающие..., 1976). Сватош (1926) указывал длину взрослой самки до 130 см, взрослого самца — до 180 см, при массе тела 56–160 кг. Половой диморфизм прослеживается по большинству измерений черепа: почти все абсолютные признаки по средним значениям черепов выше у самцов, чем у самок (Пастухов, 1969). У взрослых особей он особенно выражен — отличаются самцы и самки по форме морды и форме тела из-за разной упитанности, особенно в некоторые сезоны года, однако эти различия может заметить только опытный наблюдатель (Пастухов, 1993).

Байкальская нерпа — эндемик оз. Байкал, за пределы озера не выходит. В зимние месяцы нерпы держатся в основном на плаву под сплошным ледовым покровом, используя для дыхания про-

душины в торосистых льдах. Образуют ледовые залежки в момент разрушения льдов, летом и осенью — береговые залежки в труднодоступных для человека местах: у северо-восточного побережья выше Святого носа и на Ушканьих островах (Пастухов, 1993; Петров, 2009). По последним оценкам, численность популяции байкальской нерпы насчитывает около 100 тыс. особей (Ильина и др., 2022; Петерфельд и др., 2022), а в структуре популяции, возможно, существует разделение на обособленные пространственные группировки вне сезона спаривания (Мещерский и др., 2022). Половое созревание происходит у самок на четвертом–шестом, у самцов — на пятом–седьмом годах жизни. Питается нерпа различными видами рыб (в пищевом комке находили 17 видов) и беспозвоночными. Более 90% пищи приходится на два вида голомянок, биомасса которых составляет 69% биомассы всех рыб оз. Байкал. В пищевом тракте часто обнаруживают песок, гальку и слюду (Иванов, 1936; Стариков, 1977; Пастухов, 1993; Петров, 2009; Ткачев и др., 2016; Watanabe et al., 2020).

Состав лейкоцитов изучен у обитающих в море представителей настоящих тюленей сем. Phocidae. Доля содержания различных форм клеток белой крови зависит от видовых и экологических особен-

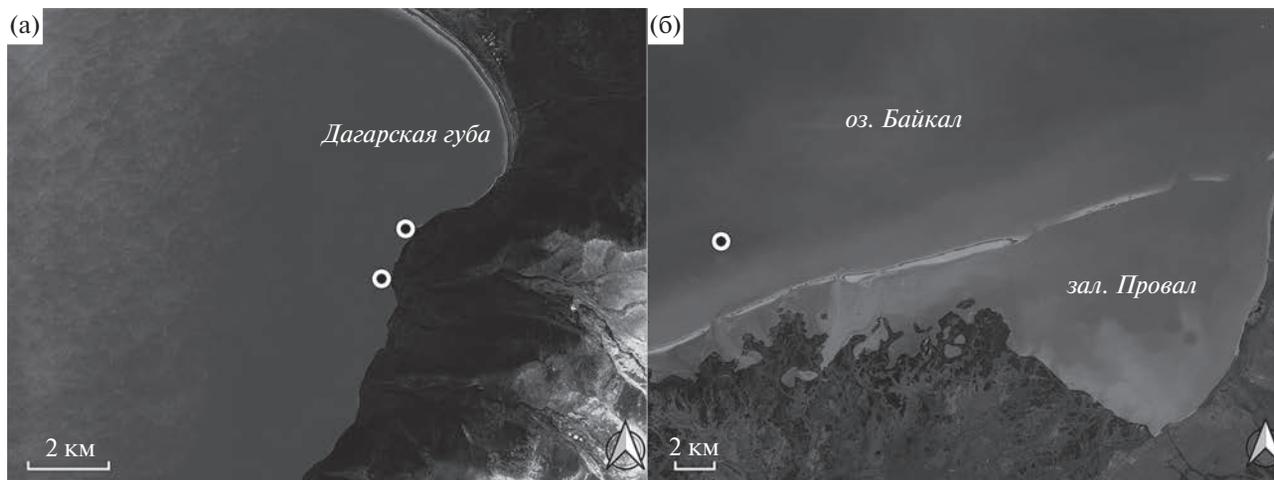


Рис. 1. Схематическое расположение координат постановки сетей на оз. Байкал (отмечены круговыми маркерами): а – северная котловина, район Дагарской губы; б – Южная котловина, район зал. Провал.

ностей, функционального состояния организма, возраста и типа питания (Кавцевич, 2011; Кавцевич, Минзюк, 2017; Gulland et al., 2018; Goertz et al., 2019; Ерохина и др., 2020; Кавцевич и др., 2020а, 2020б). Так, в некоторые периоды раннего постэмбрионального развития у серых, гренландских и тюлений хохлачей отмечено превышение числа лимфоцитов над нейтрофилами. Выявлены существенные различия в лейкоцитарной формуле крови щенков серых тюлений различных возрастных групп. Кровь новорожденных серых тюлений содержит юные нейтрофилы, метамиелоциты. У питающихся молоком и завершивших молочное вскармливание щенков эти клетки более редки, а у кормящихся рыбой не выявлены. Зафиксирована высокая доля эозинофилов у взрослых гренландских тюлений по сравнению с литературными данными для ластоногих (Кавцевич, Минзюк, 2017). В природных условиях и у адаптирующихся к неволе тюлений выявлено уравнивание на определенных этапах индивидуального развития числа лимфоцитов и нейтрофилов – “физиологический перекрест” лейкоцитарной формулы крови, обусловленный формированием системы специфического иммунитета. Однако в доступной литературе отсутствуют данные о составе клеток белой крови пресноводного вида этого семейства.

Поэтому изучить состав лейкоцитов периферической крови байкальской нерпы и описать их морфологию крайне важная задача, которая должна стать темой для полноценной статьи. В ходе настоящего исследования были получены первые данные о составе, размерах, доли содержания различных форм лейкоцитов в периферической крови байкальской нерпы.

Нерпу отлавливали с 29 сентября по 23 октября 2018 г. ставными сетями с ячеей 120–150 мм в со-

ответствии с разрешениями Ангаро-Байкальского территориального управления Федерального Агентства по рыболовству.¹ Биологический материал, оставшийся после вскрытия туш байкальских нерп, утилизировали согласно приказу Росрыболовства.² Территориально отлов нерпы проводили в зал. Дагары Северобайкальского района (рис. 1) и на территории зал. Провал, расположенного в центральной части южной котловины озера. Места для постановки сетевых порядков выбирали с учетом поведенческих особенностей байкальских нерп. В зал. Дагары ($55^{\circ}38'2''$ с.ш., $109^{\circ}54'42''$ в.д. и $55^{\circ}38'39''$ с.ш., $109^{\circ}55'18''$ в.д.) глубины лова варьировали от 1.5 до 4.5 м, около зал. Провал ($52^{\circ}24'28''$ с.ш., $106^{\circ}25'51''$ в.д.) – от 3 до 5 м.

Всего было отловлено 14 особей (семь самцов и семь самок). Из них – девять молодых неполовозрелых животных первого и второго года жизни с длиной тела 87–98 см (среднее 92.11 ± 1.30), массой тела – 20.57–34.16 кг (среднее 27.80 ± 1.36) и пять взрослых половозрелых особей в возрасте 7–23 года, с длиной тела 115–132 см (среднее 122.60 ± 3.50), массой тела – 57–83 кг (среднее 71.40 ± 4.22). Кровь у тюлений отбирали прижизненно, с помощью иглы 10-миллилитрового шприца или катетера маркировки G20/G22 из вены, расположенной в области каудальной трети

¹ Разрешения Ангаро-Байкальского территориального управления Федерального Агентства по рыболовству № 032018030195 и № 032018030101 (срок действия 29.03.2018–01.12.2018 гг. по всей Республике Бурятия).

² Приказ Росрыболовства от 25.01.2010 г. № 34 “Об утверждении форм актов, предусмотренных постановлением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 921 “Об утверждении Положения об осуществлении рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях”.

Таблица 1. Состав и размеры лейкоцитов периферической крови нерпы

Тип клеток	Доля клеток, %	Большой и малый диаметр, мкм
Лимфоциты		
большие	$\frac{0.5 \pm 0.01}{0.5 \pm 0.01}$	$10.46 \pm 0.49 \times 10.06 \pm 0.28$
малые	$\frac{39.46 \pm 5.85}{28.30 \pm 11.57}$	$6.77 \pm 0.17 \times 6.04 \pm 0.18$
Моноциты	$\frac{4.44 \pm 0.79}{5.30 \pm 1.65}$	$14.87 \pm 0.48 \times 11.62 \pm 0.98$
Нейтрофилы		
палочкоядерные	$\frac{22.22 \pm 3.04}{36.30 \pm 6.79^*}$	$12.22 \pm 0.56 \times 10.95 \pm 0.57$
сегментоядерные	$\frac{28.94 \pm 4.10}{27.70 \pm 6.30}$	$13.82 \pm 0.46 \times 11.04 \pm 0.49$
Эозинофилы	$\frac{4.44 \pm 1.02}{1.10 \pm 0.78^*}$	$14.10 \pm 0.32 \times 11.90 \pm 0.37$
Базофилы	$\frac{0.0}{0.80 \pm 0.33}$	$13.74 \pm 0.45 \times 10.77 \pm 0.59$

Примечание. Над чертой – показатели молодых нерп, под чертой – взрослых особей.

* Значимые различия между разными возрастными группами нерпы при $p \leq 0.05$.

заднего лапа. Мазки крови делали на обезжиренное предметное стекло, сушили и фиксировали в 96%-ном этаноле 30 мин. В лабораторных условиях мазки окрашивали по Романовскому–Гимза. Окрашенные препараты изучали, используя масляную иммерсию (объектив $\times 100$, окуляр $\times 10$) с помощью светового микроскопа Биомед-6ПП1-ФК. В каждом препарате анализировали 200 лейкоцитов. При фотографировании и измерении клеток использовали Digital Microscope KEYENCE VHX-1000 (Keyence, Japan). Статистическую обработку результатов исследования проводили по стандартным алгоритмам, реализованным в пакете программ Statistica v. 12.0. В мазках периферической крови исследуемых особей обнаружены характерные для морских млекопитающих типы лейкоцитов (Кавцевич, 2011) (табл. 1).

В лейкограмме байкальской нерпы преобладают нейтрофилы – ~ 50 у молодых и $>60\%$ у взрослых. Достоверные различия между разновозрастными особями зафиксированы по процентному содержанию палочкоядерных форм, по количеству сегментоядерных – различия незначительны. Следующими по численности были лимфоциты – ~ 40 у молодых и 30% у взрослых. В лейкограмме зафиксировано невысокое содержание других пулов клеток: моноцитов (4.44 у молодых и 5.30% у взрослых), базофилов (0 и 0.8%) и достоверно различающихся эозинофилов (4.44 и 1.10% соответственно). Аналогичные типы клеток обнаружены ранее у обитающих в Белом, Баренцевом и Карском морях кольчатой нерпы *Pusa hispida* (Schreber, 1775), морского зайца (лахтак)

Erignathus barbatus (Erxleben, 1777), гренландского *Phoca (Pagophilus) groenlandica* (Erxleben, 1777) и серого *Halichoerus grypus grypus* (Fabricius, 1791) тюленей, тюленя-хохлача *Cystophora cristata* (Erxleben, 1777) (Кавцевич, Минзюк, 2017; Ерохина и др., 2020; Кавцевич и др., 2020а, 2020б), а также у бородатых *Erignathus barbatus* (Erxleben, 1777), кольчатых (*Pusa hispida*), пятнистых *Phoca largha* (Pallas, 1811) и полосатых тюленей *Histiophoca fasciata* (Zimmermann, 1776), обитающих в сезонных морских льдах в арктических и субарктических регионах (Goertz et al., 2019). В крови нерпы доля агранулоцитов ниже, чем гранулоцитов. Как и у других позвоночных животных, в основном встречаются малые и редко большие лимфоциты. Большую часть занимает ядро, окруженное узким ободком цитоплазмы (рис. 2а, 2б). Они различаются между собой большим и малым диаметром (табл. 1), однако эти клетки по размеру меньше, чем другие типы лейкоцитов. Моноциты довольно крупные клетки, с бобовидным или подковообразным ядром, в цитоплазме встречаются вакуоли (рис. 2в). Гранулоциты – крупные клетки, их большая часть представлена нейтрофилами. У меньших по размеру палочкоядерных нейтрофилов ядро подковообразное, а у сегментоядерных состоит из нескольких лопастей, в цитоплазме присутствуют мелкие гранулы (рис. 2г, 2д). Эозинофилы идентифицировали по оранжево окрашенным гранулам цитоплазмы (рис. 2е), а базофилы – по синим гранулам и подковообразному ядру (рис. 2ж). Проведенное исследование показало сходство по составу клеток белой крови и доле содержания

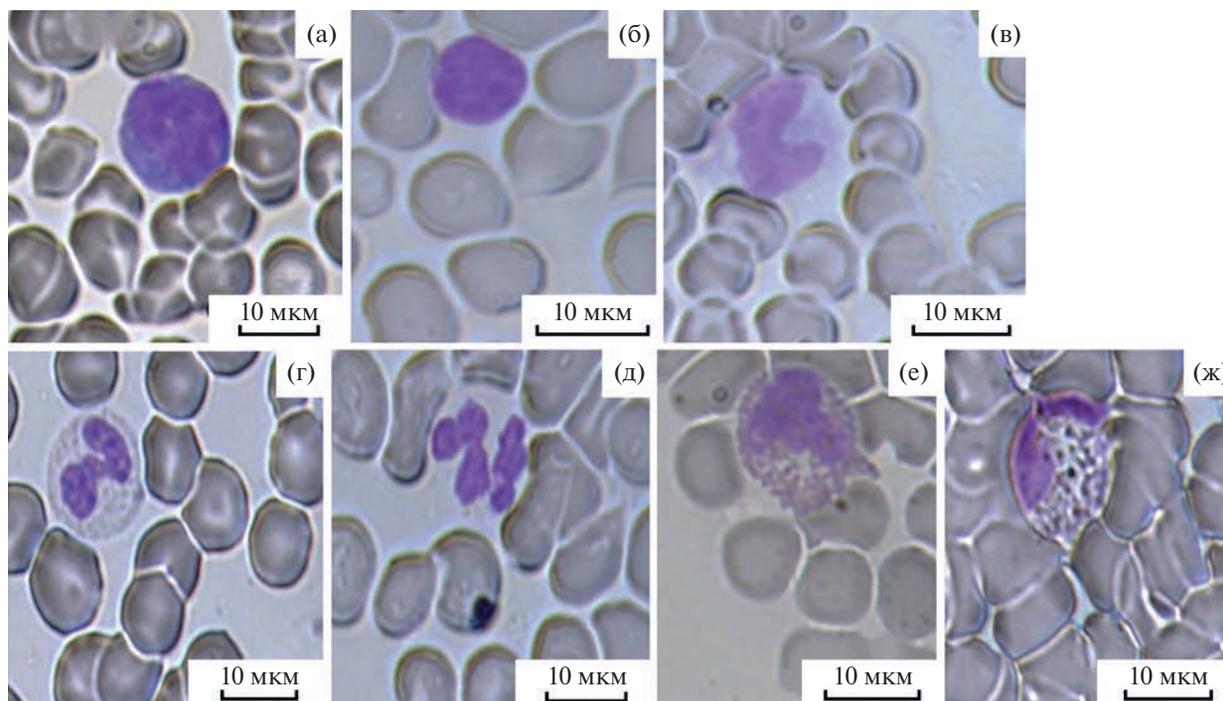


Рис. 2. Клетки крови байкальской нерпы: а – большой лимфоцит, б – малый лимфоцит, в – моноцит, г – палочко-ядерный нейтрофил, д – сегментоядерный нейтрофил, е – эозинофил, ж – базофил. Увеличение ($\times 2000$).

большинства форм лейкоцитов в периферической крови байкальской нерпы и других ластоногих (Кавцевич, 2011; Ерохина и др., 2020; Кавцевич и др., 2020а, 2020б). Следует отметить, что в лейкограммах взрослых серых и гренландских тюленей и кольчатой нерпы ниже доля палочко-ядерных нейтрофилов ($\leq 5\%$). Также у кольчатой нерпы доля лимфоцитов не превышает 15%. Обнаруженные различия, вероятно, связаны с видовыми, возрастными особенностями и условиями среды обитания. Еще одна особенность – высокое содержание эозинофилов у кольчатой нерпы и гренландских тюленей (13 и 19% соответственно). Наиболее вероятные причины эозинофилии – паразитарные инвазии или аллергические реакции различного происхождения. Также у морского зайца, серых, гренландских тюленей и тюленей-хохлачей отмечено явление “физиологического перекреста”, т.е. уравнивания количества нейтрофилов и лимфоцитов (Кавцевич, Минзюк, 2017; Кавцевич и др., 2020а, 2020б) в разные периоды онтогенеза.

Выводы. Впервые получены данные о составе, размерах, доли содержания различных форм лейкоцитов в периферической крови байкальской нерпы. Установлено преобладание нейтрофилов и лимфоцитов и незначительное содержание других форм лейкоцитов. У молодых особей, по сравнению с взрослыми нерпами, отмечено достоверно низкое процентное содержание палочко-ядерных нейтрофилов и высокое – эозинофилов.

Выявлено сходство с морскими ластоногими по составу большинства форм лейкоцитов и различие – по доле палочко-ядерных нейтрофилов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания № 121050500046-8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ерохина И.А., Кавцевич Н.Н., Минзюк Т.В. 2020. Гематологические и биохимические параметры серого тюленя *Halichoerus grypus* (Phocidae) Кандалакшского государственного природного заповедника (Россия) // Nature Conservation Res. Заповедная наука. V. 5(1). P. 31. <https://doi.org/10.24189/ncr.2020.003>
- Иванов Т.М. 1936. К вопросу о питании байкальской нерпы (*Phoca sibirica* Gmelin) и методика его изучения // Изв. Биол.-географ. НИИ при ВСГУ. Т. 7. Вып. 1–2. С. 137.
- Ильина П.О., Шибанова П.Ю., Глазов Д.М. и др. 2022. Визуальные учеты численности байкальской нерпы (*Pusa sibirica*) на летних береговых лежбищах острова Тонкий архипелага Ушканьи острова // Млекопитающие в меняющемся мире: актуальные проблемы териологии (XI Съезд Териологического общества при РАН): Матер. конф. с международным участием. М.: Тов-во науч. изд. КМК. С. 130.
- Кавцевич Н.Н. 2011. Морфологические и цитохимические особенности клеток крови морских млекопитающих.

- тающих в связи с адаптацией к среде обитания: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Петрозаводск.
- Кавцевич Н.Н., Минзюк Т.В. 2017. Возрастные особенности клеточного состава крови тюленей // Тр. ВНИРО. Т. 167. С. 78.
- Кавцевич Н.Н., Ерохина И.А., Минзюк Т.В. 2020а. Фагоцитарная активность лейкоцитов гренландских тюленей // Докл. Российской академии наук. Науки о жизни. Т. 495. С. 562.
<https://doi.org/10.31857/S2686738920060116>
- Кавцевич Н.Н., Ерохина И.А., Светочев В.Н. и др. 2020б. Экологические и эколого-физиологические исследования ластоногих Баренцева, Белого и Карского морей в 2015–2019 гг. // Тр. Кольского науч. центра РАН. Т. 11. № 4–7. С. 198.
<https://doi.org/10.37614/2307-5252.2020.11.4.009>
- Мещерский С.И., Мещерский И.Г., Соловьева М.А. и др. 2022. Байкальская нерпа – особенности генетического разнообразия и генетической структуры популяции // Млекопитающие в меняющемся мире: актуальные проблемы териологии (XI Съезд Териологического общества при РАН): Матер. конф. с междунар. участием. М.: Тов-во науч. изд. КМК. С. 229.
- Млекопитающие Советского Союза. 1976. Т. 3. Ластоногие и зубатые киты. М.: Высш. шк.
- Пастухов В.Д. 1969. О некоторых показателях состояния стада и о промысле байкальской нерпы // Морск. млекопитающие. М.: Наука. С. 117.
- Пастухов В.Д. 1993. Нерпа Байкала: биологические основы рационального использования и охраны ресурсов. Новосибирск: Изд-во “Наука”.
- Петерфельд В.А., Ткачев В.В., Болтнев Е.А. и др. 2022. Учет численности приплода байкальской нерпы *Pusa sibirica* (Gmelin, 1788) в 2021 г. // Млекопитающие в меняющемся мире: актуальные проблемы териологии (XI Съезд Териологического общества при РАН): Матер. конф. с междунар. участием. М.: Тов-во науч. изд. КМК. С. 270.
- Петров Е.А. 2009. Байкальская нерпа. Улан-Удэ: ИД “ЭКОС”.
- Сватощ З.Ф. 1926. Байкальский тюлень // Матер. Баргузинской экспедиции Г.Г. Доппельмайра 1914–1915 гг. Верхнеудинск. Ленинград: Изд-во Госплана БМ АССР. С. 151.
- Старииков Г.В. 1977. Голомянки Байкала. Новосибирск: Изд-во “Наука”.
- Ткачев В.В., Варнавский А.В., Бобков А.И., Тугарин А.И. 2016. Современное состояние популяции байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gm.) // Вестник рыбохозяйственной науки. Т. 3. № 1 (9). С. 53.
<https://doi.org/10.31857/S0044513423010087>
- Goertz C.E.C., Reichmuth C., Thometz N.M. et al. 2019. Comparative health assessments of Alaskan ice seals // *Frontiers in Vet. Sci.* V. 6. A. 4. S. 1.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00004>
- Gulland F.M.D., Dierauf L.A., Whitman K.L. 2018. Appendix 1: normal hematology and serum chemistry ranges // *CRC Handjournal of Marine Mammal Medicine*. New York: CRC Press. P. 1003.
<https://doi.org/10.1111/mms.12698>
- Watanabe Y.Y., Baranov E.A., Miyazaki N. 2020. Ultrahigh foraging rates of Baikal seals make tiny endemic amphipods profitable in Lake Baikal // *PNAS*. V. 117. № 49. P. 31242.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2014021117>

Peripheral Blood Cells Composition of the Baikal Seal

I. I. Gordeev^{1, 2}, E. A. Boltnev¹, T. A. Suvorova^{3, *}, D. V. Mikryakov³, and L. V. Balabanova³

¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

³Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, Russia

*e-mail: tanya@ibiw.ru

The cellular composition of the peripheral blood of the Baikal seal *Phoca sibirica* (Gmelin, 1788) has been studied. In blood smears, various cells were found: large and small lymphocytes, monocytes, neutro-, eosino- and basophils. Analysis of the leukogram showed the predominance of neutrophils and lymphocytes among white blood cells. The proportion of the content of various forms of leukocytes corresponded to similar data of marine representatives of true seals (Phocidae).

Keywords: Baikal seal (*Phoca sibirica*), leukogram, leukocytes