

УДК 597.552.51+574.24

## Гематологические показатели сига обыкновенного *Coregonus lavaretus* в водоёмах Кольского севера

И.М.Королева

Институт проблем промышленной экологии Севера, Кольского научного центра РАН (ФГБУН «ИППЭС КНЦ РАН», г. Апатиты)  
E-mail: koroleva@inep.ksc.ru

Гематологические показатели являются необходимым элементом в биологических исследованиях, поскольку отражают различные физиологические и патологические изменения организма. Исследованы клинические гематологические показатели (уровень гемоглобина, содержание форменных элементов крови) малотычинкового сига из озёр Мурманской области, различающихся по морфометрическим признакам и гидрохимическому режиму, в том числе уровню техногенного загрязнения. На примере популяции из оз. Имандра установлено, что с возрастом содержание гемоглобина и количества эритроцитов снижается. Выявлено весеннее увеличение показателей красной крови. Значительные изменения связаны с подготовкой к размножению. У нерестовых самцов уровень Hb и содержание эритроцитов в 1,4 раза выше, чем у самок. В условно-фоновых водоёмах содержание Hb в среднем составляло 108 г/л. Количество эритроцитов в 1 куб. мм варьировало от 1 до 1,45 млн./куб. мм. Общее содержание лейкоцитов колебалось от 13 до 20 тыс./куб. мм. Лейкоциты представлены лимфоцитами (85–95%), моноцитами (0–5%), нейтрофилами (2–10%). Индекс обилия лейкоцитов изменялся в пределах от 0,5 до 1,2. В загрязняемых водоёмах среднее содержание Hb варьировало от 80 до 120 г/л., число эритроцитов — от 0,82 до 1,2 млн./куб. мм. Уровень эритропоеза варьировал в более широком диапазоне: 1,60% — 10,3% незрелых клеток. Лейкоциты представлены лимфоцитами (92–94%), моноцитами (0,5–5,4%), нейтрофилами (2–4,8%). Индекс обилия лейкоцитов менялся от 0,9 до 1,7. Цитоморфологическим анализом выявлены изменения формы и размеров эритроцитов, атипия структуры и формы ядра (пикноз и хроматинолиз). Характеристики, полученные в условиях природного качества вод, могут быть приняты как региональная физиологическая норма. Показана адаптационная значимость изменения уровня гемопоэза в условиях многофакторной антропогенной нагрузки. Для биоиндикации качества вод рекомендовано проводить цитоморфологический анализ клеток крови в целях выявления патологий их структуры.

**Ключевые слова:** гематология, цитоморфологический анализ, качество вод, тяжёлые металлы, эвтрофирование, сиг *Coregonus lavaretus*, Мурманская область, Субарктика.

### ВВЕДЕНИЕ

Гематологические показатели объективно отражают физиологическое состояние организма и являются необходимым элементом в биологических исследованиях. Варьируя в узких пределах, они способны отражать различные

физиологические и патологические изменения организма, что находит своё применение в медицинских и ветеринарных исследованиях. Определение показателей крови рыб в природных условиях позволяет устанавливать гематологическую норму для каждого вида и вы-

являть характер гематологических адаптации в период активного антропогенного воздействия на водоёмы [Рыжков и др., 1998].

В отечественной гематологии успешно применяются два направления — физиологическое и морфологическое. В первом исследуются функциональные особенности клеток крови рыб [Галактионов, 1975; Лукьяненко, 1971; Микряков, Балабанова, 1979; Яхненко, 1984; Балабанова и др., 2009; Микряков и др., 2014; Заботкина и др., 2015; Запрудинова, Камшилов и др., 2015; Микряков, Микряков, 2015; Силкина и др., 2016]. Во втором — структура клеточных элементов крови на разных стадиях развития [Иванова, Головина, 1984; Головина, 1996]. Ряд работ посвящён изменениям гематологических показателей в условиях влияния токсичного загрязнения в природных водоёмах [Житенева и др., 1978; Лугаськова, 1997; Серпунин, 1997].

Мурманская область относится к арктическим территориям с высокой концентрацией предприятий горнодобывающей промышленности и цветной металлургии. Значительное воздействие испытывают водоёмы, принимающие недостаточно очищенные стоки комбинатов, населённых пунктов и загрязнённые аэротехногенным путём воды с территории водосборов. Следствием этого становится смена гидрохимического режима озёр. Если повышенные концентрации тяжёлых металлов наблюдаются на ограниченной территории вблизи мест сброса стоков, то процесс эвтрофирования охватывает практически всю акваторию. К настоящему моменту в крупнейшем озере области, Имандра, олиготрофный статус имеет только плёс Бабинская Имандра, два оставшихся перешли в разряд мезотрофных и частично эвтрофных [Кашулин и др., 2011]. В совокупности с аномально высокими летними температурами, сопровождающимися вспышками цветения сине-зелёных водорослей, это приводит к регулярно наблюдаемому в последние годы случаям гибели молоди рыб. Ещё одним центром «экологического неблагополучия» является оз. Куэтъярви, расположенное на северо-западе Кольского полуострова и принимающее стоки комбината «Печенганикель», содержащие тяжёлые металлы (Ni, Cu, Zn и др.) [Экологический

каталог, 2009]. На юго-западе полуострова Ковдорский горно-обогатительный комбинат полностью изменил гидрохимический состав вод оз. Ковдор [Антропогенные изменения..., 2005]. Вместе с тем сохранились озера, расположенные вдали от источников загрязнения, испытывающие аэротехногенную нагрузку и в определённой степени способные служить фоновыми (контрольными). В настоящей работе к таковым относятся оз. Чуозеро, оз. Охтозеро, расположенные в границах Лапландского биосферного заповедника [Антропогенные изменения..., 2007], оз. Кочеяур [Экологический каталог, 2009] и плёс Бабинская Имандра (губа Кунчаст).

До настоящего времени сведения о гематологических показателях рыб Мурманской области крайне немногочисленны и относятся преимущественно к ценным промысловым лососевым рыбам (сёмге, горбуше) [Чистова, 1967; Квасоварова, Анохина, 2011]. По малотычинковому сигу имеется статья Т.И. Моисеенко, посвящённая динамике показателей крови в условиях разнотипного загрязнения оз. Имандра [Моисеенко, 1998]. Возрастная, половая и сезонная изменчивость гематологических показателей сига проанализирована в работе Королевой [2001] и обобщена в монографии, посвящённой оз. Имандра [Антропогенные модификации..., 2002].

Целью данной работы явилось изучение гематологических показателей малотычинкового сига *Coregonus lavaretus* (L., 1758), обитающего в разнотипных водоёмах с различной степенью антропогенного загрязнения вод.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор материала производился с 1996 по 2007 гг. в озёрах Кольского п-ва, отличающихся по типизации и уровню загрязнения (рис. 1).

Ихтиологический материал отбирался ставными жаберными сетями с размерами ячеи от 10 до 50 мм. Сетные порядки выставлялись в литоральной и профундальной зонах, на глубине от 1 до 14 м. У рыб измерялись масса и длина, после вскрытия определялся пол, стадия зрелости гонад, степень наполнения желудка. В полевых условиях взятие крови производилось у живых или



Рис. 1. Карта-схема района сбора материала

только что уснувших рыб. Кровь отбирали капилляром из гемального канала хвостового стебля. Первая порция крови использовалась для определения общего содержания гемоглобина с помощью гемометра Сали. Следующая фиксировалась для дальнейшего подсчёта числа эритроцитов в камере Горяева. Для разбавления и фиксации крови использовали раствор содержащий сульфат натрия (20 г), хлористый натрий (5 г), лимоннокислый натрий трёхзамещенный (3 г), ледяная уксусная кислота (100 мл), вода дистиллированная до 1 л [Hendricks, 1954]. Затем из капли крови изготовлялся мазок, после высушивания на воздухе он фиксировался метиловым или этиловым спиртом и в дальнейшем окрашивался по Романовскому. В последнюю очередь кровь набиралась в капилляр от аппарата Панченкова для определения СОЭ. Содержание гемоглобина в эритроците вычисляли по формуле Гительсона (общее содержание Нв (г/л) / общее количество эритроцитов в 1 мкл). Интенсивность эритропоэза (процентное соотношение зрелых и незрелых клеток) определяли по 500 эритроцитам. Подсчёт общего числа лейкоцитов вёлся непрямым методом по мазку крови, для определения лейкоцитарной формулы

в четырёх участках мазка просматривали 200 лейкоцитов. При определении форм лейкоцитов мы руководствовались классификацией Н.Т. Ивановой [1983], основанной на тинкториальных свойствах клеточных органелл, цитоплазмы и ядра. Патологические изменения морфологии клеток крови определяли на основе сопоставления полученных результатов с литературными данными других авторов [Кудрявцев, 1969; Житенева и др., 1989]. Мазки крови просматривали с использованием светового микроскопа при увеличении  $10 \times 100$ . Достоверность различий определяли при помощи t-критерия Стьюдента, результаты представлены в виде среднего значения (медианы) и ошибки средней  $M \pm m$ .

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Природная варибельность гематологических показателей у сига.** Проведённые в 1996–98 гг. исследования показали, что с возрастом у сига оз. Имандра содержание гемоглобина и количества эритроцитов снижается. Цветовой показатель и скорость оседания эритроцитов являются постоянными величинами во всех возрастных группах [Королева, 2001]. Это хорошо согласуется с литературными данными, согласно которым

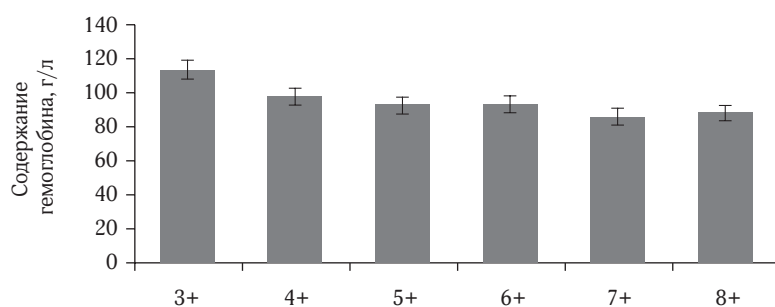


Рис. 2. Возрастные изменения содержания гемоглобина у сигов оз. Имандра

у молоди в связи с более интенсивным обменом наблюдается повышенное по сравнению с взрослыми количество гемоглобина и лейкоцитов. Рассмотрение сезонной динамики выявило увеличение показателей красной крови по окончании зимовального периода, что можно объяснить переходом к более активному образу жизни. Аналогичное поднятие уровня гемоглобина весной описано для лососевых рыб и связывалось с весенним прогревом воды и началом откорма [Глаголева, 1981].

Более значимыми были изменения, связанные с подготовкой к размножению. У нерестовых самцов сига уровень гемоглобина и содержание эритроцитов в 1,4 раза выше, чем у самок. Сопоставление тех же показателей у нерестующих и пропускающих нерест особей, показало, что у нерестовых самцов они на 5–10% выше, а у нерестовых самок

на 15% ниже, чем у рыб неполовозрелых или пропускающих нерест (рис. 3).

В дальнейшем, при определении гематологических характеристик сигов из различных водоёмов, нерестовые самки, как имеющие достоверные различия с другими группами, из выборки исключались.

#### ХАРАКТЕРИСТИКА КРОВИ СИГОВ В УСЛОВНО-ФОНОВЫХ ВОДОЁМАХ

**Показатели красной крови.** В условно-фоновых водоёмах, сохранивших природный гидрохимический режим, содержание гемоглобина у сигов в среднем составляло 108 г/л. Количество эритроцитов в  $1 \text{ мм}^3$  в среднем варьировало от 1 до 1,45 млн./ $\text{мм}^3$  (табл. 1). Размеры эритроцитов составляли 9 мкм большой диаметр и 6 мкм малый. Красная кровь представлена на 95–97% зрелыми эритроцитами, оставшаяся часть приходилась на полихроматофильные клетки (2,0–5,0%), базофильные эритробласты (0,8–1,0%) и проэритробласты (0,3–1,0%).

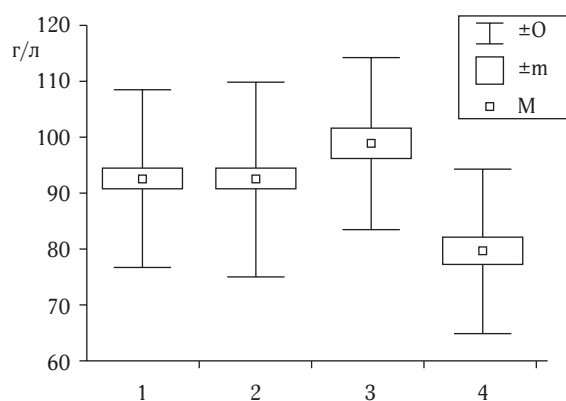


Рис. 3. Содержание гемоглобина в зависимости от готовности к нересту у сигов оз. Имандра:

1 — самцы, 2 — самки, пропускающие нерест; 3 — нерестовые самцы, 4 — нерестовые самки

**Показатели белой крови.** Общее содержание лейкоцитов у сигов в исследованных водоёмах колебалось от 13 до 20 тыс./ $\text{мм}^3$ . По наличию зернистости были выделены агранулоциты (лимфоциты, моноциты) и гранулоциты, последние были представлены нейтрофилами на всех стадиях зрелости. Эозинофилы и базофилы в образцах крови сига отсутствовали. Лейкоцитарная формула (соотношение различных форм лейкоцитов) на 85–95% представлена лимфоцитами. Моноциты составляли от 0 до 5%, нейтрофилы — от 2 до 10%. Средняя величина индекса обилия лейкоцитов (ИОЛ) у сигов

**Таблица 1.** Характеристика красной крови сигов в условно-фоновых водоёмах.

Водоёмы	Нв, г/л	Эритроциты, млн/мм <sup>3</sup>	СГЭ, пг	Незрелые эритроциты, %
	$\frac{M \pm m}{\min-\max}$	$\frac{M \pm m}{\min-\max}$		
оз. Кочеяур	$\frac{108 \pm 27}{62-146}$	$\frac{1,45 \pm 0,07}{1,40-1,50}$	0,75	1,1
г. Кунчаст (оз. Имандра)	$\frac{107 \pm 3,3}{76-144}$	$\frac{1,02 \pm 0,09}{0,6-1,2}$	0,95	5,6
оз. Чунозеро	$\frac{110 \pm 2}{90-140}$	$\frac{1,0 \pm 0,03}{0,7-1,35}$	0,90	3,0

Примечания. В числителе среднее и среднеквадратичное отклонение, в знаменателе минимальное и максимальное значения.

**Таблица 2.** Характеристика белой крови сигов в условно-фоновых водоёмах

Водоёмы	ИОЛ	Лимфоциты, %	Нейтрофилы, %	Моноциты, %
оз. Кочеяур	1,19 ± 0,04	94 ± 0,82	5,6 ± 0,73	0,4 ± 0,09
г. Кунчаст (оз. Имандра)	0,9 ± 0,2	94,6 ± 1,5	2,3 ± 0,6	3,1 ± 1,4
Охтозеро	0,46 ± 0,08	88 ± 5,0	10 ± 6,0	2,0 ± 0,7

в условно-фоновых озёрах колебался в пределах от 0,5 до 1,2 (табл. 2).

#### ХАРАКТЕРИСТИКА КРОВИ СИГОВ В ЗАГРЯЗНЯЕМЫХ ВОДОЁМАХ

**Показатели красной крови.** В оз. Куэтсьярви в 2005–2007 гг. содержание гемоглобина у сигов варьировало от 78 до 104 г/л., число эритроцитов — от 0,90 до 1,70 млн./мм<sup>3</sup>. Среднее содержание гемоглобина в эритроците колебалось от 0,67 пг до 0,75 пг. Уровень эритропоэза сравнительно невысокий — число незрелых эритроцитов в среднем составило 1,60% (табл. 3).

В губе Монча (оз. Имандра), в 1996–97 гг. содержание гемоглобина у сигов равнялось  $90 \pm 2$  г/л. Количество эритроцитов и содержание гемоглобина в них также соответствовало норме —  $0,97 \pm 0,02$  млн./мм<sup>3</sup> и 0,95 пг (табл. 3). СОЭ в среднем равнялось 2,2 мм/ч, максимальные значения не превышали 3 мм/ч. Красная кровь на 93,2% была представлена зрелыми (дефинитивными) эритроцитами.

Цитоморфологическим анализом были выявлены патологии эритроцитов. На мазках встречались клетки с нарушением формы — пойкилоциты и анизоциты (разноразмерные

эритроциты). Количество анизоцитов у сигов из г. Монча достигало 0,5%. Количество пойкилоцитов было выше (0,95%), чем в более чистых районах оз. Имандра (0,35%). У эритроцитов отмечена гипохромасия — клетки окрашены менее интенсивно, что связано с недостаточным содержанием дыхательного пигмента. Наблюдалась атипия структуры и формы ядра. Оно подвергалось как пикнозу, так и хроматинолизу (распаду хроматина ядра). В небольшом количестве встречались дегенеративно делящиеся эритроциты, в результате чего появлялись микроциты и шистоциты (безъядерные фрагменты цитоплазмы). У отдельных рыб произошло нарушение осморезистентности клеток.

В оз. Имандра, в губе Белая (1996–1997 гг.) концентрация гемоглобина у сигов равнялась  $80 \pm 3$  г/л. Общее количество эритроцитов в среднем составляло 0,82 млн./мм<sup>3</sup>, СГЭ — 92 пг. Число дефинитивных эритроцитов наименьшее — 89,7% (табл. 3). Предгемолизные клетки составляли 2,5%. Из цитопатологий отметим наличие широкой неокрашенной зоны вокруг ядра у полихроматофилов. В отдельных эритроцитах ядерное вещество выходило в цитоплазму без видимого нарушения клеточной оболочки ядра, в других

Таблица 3. Характеристика красной крови сига в загрязняемых водоемах

Водоёмы	Нв, г/л	Эритроциты, млн/мм <sup>3</sup>	СГЭ, пг	Незрелые эритроциты, %
<i>Влияние медно-никелевого производства</i>				
оз. Куэтсъярви	$\frac{90 \pm 9}{78-104}$	$\frac{1,18 \pm 0,25}{0,90-1,70}$	0,75	1,6
г. Монча (оз. Имандра)	$\frac{90 \pm 2}{54-126}$	$0,97 \pm 0,02$	0,95	6,8
<i>Влияние апатит-нефелинового производства</i>				
г. Белая (оз. Имандра)	$\frac{80 \pm 3}{56-110}$	$0,82 \pm 0,03$	0,92	10,3
<i>Влияние бадделит-apatит-магнетитового производства</i>				
оз. Ковдор	$\frac{120 \pm 3}{92-156}$	$0,96 \pm 0,02$	1,30	2,3

случаях наблюдалась дегенерация ядра — оно увеличивалось в размерах и вследствие нарушения целостности ядерной оболочки содержимое ядра выходило в цитоплазму, заполняя строму эритроцита. Резистентность этих эритроцитов была резко снижена. Пойкилоцитоз и анизоцитоз были выражены слабо. Дегенеративно деающиеся эритроциты на мазке отмечались в единичных случаях, эритропластиды также были немногочисленны.

В оз. Ковдор (2001—2008 гг.) содержание гемоглобина у сига было наиболее высоким из всех исследованных водоёмов и в среднем составило 120 г/л (табл. 3). Вместе с тем близки к норме количество эритроцитов — 0,95 млн./мм<sup>3</sup> и уровень эритропоэза (2,3% незрелых эритроцитов).

**Показатели белой крови.** В оз. Куэтсъярви белая кровь у сига имела лимфоидный характер, на долю лимфоцитов приходилось 95%. Содержание моноцитов было минимальным из всех исследованных выборок (табл. 4).

У сига из губы Монча (оз. Имандра) общее содержание лейкоцитов равнялось 24,6 тыс./мм<sup>3</sup>. Белая кровь на 92% состояла из лимфоцитов (табл. 4), преимущественно малых. Нейтрофилы (2,5%) были представлены большей частью сегментоядерными формами. Доля моноцитов достигала 5,4%.

В губе Белой (оз. Имандра) общее содержание лейкоцитов у сига равнялось 29,1 тыс./мм<sup>3</sup>. Лимфоциты являлись доминирующей группой, их доля в лейкоформуле до-

стигала 94%. Количество моноцитов и нейтрофилов было равно соответственно 3,7 и 2,0% (табл. 4).

Гемоглобин крови является главным звеном в обеспечении организма кислородом, с участием которого поддерживается та или иная интенсивность обмена веществ, обуславливающая рост организма. Высокое содержание гемоглобина способно обеспечить более высокую интенсивность обмена, с одной стороны, и более широкие возможности для выживания в неблагоприятных условиях — с другой. Этот показатель наиболее устойчив, в водоемах, относимых нами к условно-фоновым, среднее содержание гемоглобина незначительно варьировало относительно значения 110 г/л. В загрязняемых водоёмах наблюдалось как его пониженное значение 80—90 г/л, так и повышенное до 116 г/л. Рыбы с содержанием гемоглобина более 150 г/л встречались как в чистых, так и в загрязняемых озёрах.

Интенсивность эритропоэза часто является показателем активизации защитных сил организма. Помимо естественных физиологических причин, поводом для усиления процессов кроветворения может быть интенсификация метаболизма, направленная на удаление из организма токсичных соединений. Данное явление отмечалось нами в районе влияния сточных вод промышленных предприятий. Количество незрелых эритроцитов у сига из г. Белая (apatит-нефелиновое производство) и г. Монча (медно-никелевое производство) в несколько раз превышало показатели, установленные для

Таблица 4. Характеристика белой крови сегов в загрязняемых водоёмах

Водоёмы	ИОЛ	Лимфоциты, %	Нейтрофилы, %	Моноциты, %
оз. Куэтъярви	1,0±0,07	94,7±0,74	4,8±0,60	0,5±0,16
г. Монче (оз.Имандра)	0,92 ± 0,2	92,1±1,2	2,5±0,3	5,4±0,7
г. Белая (оз.Имандра)	1,7 ± 0,4	94,0±1,6	2,0±1,6	3,7±1,3

других озёр. Интенсификация эритропоэза служит общей защитной реакцией организма на действие какого-либо токсического фактора и имеет адаптивное значение, поскольку молодые формы эритроцитов более устойчивы к действию повреждающих агентов.

Говоря о цитопатологиях отметим, что достаточно часто наблюдаются пикноз ядер и кариорексис, но в условно-чистых водоёмах эти изменения затрагивают небольшое количество эритроцитов и являясь результатом нормальных физиологических процессов старения клетки. В условиях загрязнения также на мазках крови присутствовали эритроциты с ядром, дегенерировавшим вследствие хроматинизации. В цитоплазме обнаруживались единичные крупные вакуоли или многочисленные мелкие. Вакуолизация часто сочеталась с лизисом, пикнозом ядер и гипохромазией. Вакуолизацию цитоплазмы мы отмечали и в эритроцитах, и в лейкоцитах, а вакуолизацию ядра обнаруживали только у нейтрофилов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гематологические показатели представляют собой частный случай гистологических данных и могут служить индикатором состояния организма и условий его существования [Яхненко, 1984], поскольку кровь рыб чувствительно реагирует на интоксикацию разнообразными веществами.

В целях мониторинга целесообразно учитывать патологические изменения в структурных единицах клетки. Следует обращать внимание на размер, форму клеток крови, состояние оболочек, цитоплазмы и ядра.

Таким образом, соглашаясь с другими авторами [Бугаев и др., 2006], мы считаем, что анализ гематологических показателей в целях оценки состояния как отдельного организма, так и популяции в целом, необходимо предвзвешивать изучением условий конкретного водоёма.

После сбора сведений о гидрологических, гидрохимических и гидробиологических особенностях реки или озера и определив показатели «нормы» или эталона, можно переходить к пониманию механизмов адаптации рыб. В целях получения объективной картины следует сочетать как количественные, так и качественные методы исследования показателей крови.

### ЛИТЕРАТУРА

- Антропогенные изменения лотических экосистем Мурманской области. Часть 2: Озерно-речная система реки Чуна в условиях аэротехногенного загрязнения. 2007 / Под ред. Н.А.Кашулина. Апатиты: Изд-во Кольск. науч. центра. 238 с.
- Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра. 2002 / Под ред. Т.И.Моисеенко. М.: Наука. 403 с.
- Антропогенные изменения лотических экосистем Мурманской области. Часть 1: Ковдорский район. 2005 / Под ред. Н.А.Кашулина. Апатиты: Изд. Кольск. науч. центра. 234 с.
- Балабанова Л.В., Микряков Д.В., Микряков В.Р. 2009. Реакция лейкоцитов карпа *Cyprinus carpio* L. на гормониндуцированный стресс // Биология внутренних вод. № 1. С. 91–93.
- Бугаев Л.А., Рудницкая О.А., Засядько А.С. 2005. Мониторинг гематологических показателей азовского судака // Актуальные проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики животных. Материалы международной конференции. Саранск. Изд-во Мордовского университета. С. 36–38.
- Глаголева Т.П. 1981. Инструкция по гематологическому контролю за искусственно выращиваемой молодью лососевых рыб. Рига: БалтНИРХ. 38 с.
- Головина Н.А. 1979. Методы гематологических исследований в ихтиологической практике // Рыбохозяйственное использование внутренних водоёмов. Вып. 4. С. 8–18.
- Головина Н.А. 1996. Морфофункциональная характеристика крови рыб — объектов аквакультуры. Автореф. дисс. док. биол. наук. Москва: ВНИИ-ПРХ. 54 с.

- Житенева Л.Д., Полтавцева Т.Г., Рудницкая О.А. 1989. Атлас нормальных и патологически изменённых клеток крови рыб. Ростов-на-Дону: Ростовское книжное издательство. 112 с.
- Заботкина Е.А., Лапирова Т.Б., Сердняков В.Е., Нестерова Т.А. 2015. Экологическая пластичность гематологических показателей пресноводных костистых рыб // Труды ИБВВ. № 72 (75). С. 16–29.
- Запруднова Р.А., Камшилов И.М., Чалов Ю.П. 2015. Функциональные свойства гемоглобина в адаптации рыб к низким значениям рН среды // Биология внутренних вод. № 2. С. 91.
- Иванова Н.Т. 1983. Атлас клеток крови рыб. М.: Лёгкая и пищевая пром-сть, 184 с.
- Иванова Н.Т., Головина Н.А. 1984. Современные гематологические исследования в ихтиопатологии и их диагностическое значение // Биологические основы рыболовства. М. С. 160.
- Квасоварова А.Н., Анохина В.С. 2011. Морфофизиологическое тестирование гольца озёрного с рыбободных заводов Мурманской области // Успехи современного естествознания. № 8 С. 41–42.
- Королева И.М. 2001. Влияние загрязнения на морфофизиологические показатели сига *Coregonus lavaretus* в водоемах Кольского Севера. Дисс. ... канд. биол. наук. Апатиты: ИППЭС. 186 с.
- Королева И.М. 2004. Гематологические показатели сига в водоемах Кольского полуострова // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Тез. мат. межд. конф. Ч. 1. Апатиты: Изд-во КНЦ. С. 191–193.
- Кудрявцев А.А., Кудрявцева Л.А., Привольнев Т.И. 1969. Гематология животных и рыб. М.: Изд-во Колос. 320 с.
- Лукьяненко В.И. 1990. Влияние многофакторного антропогенного пресса на условия обитания, воспроизводство, численность и уловы осетровых рыб // Физиолого-биохимический статус волго-каспийских осетровых в норме и при раслоении мышечной ткани (кумулятивный политоксикоз). Рыбинск: ИБВВ. С. 25–44.
- Микряков В.Р., Балабанова Л.В., Микряков Д.В. 2009. Реакция лейкоцитов стерляди *Acipenser ruthenus* (L.) на гормониндуцируемый стресс // Вопросы ихтиологии. Т. 49. № 4. С. 554–557.
- Микряков В.Р., Микряков Д.В. 2015. Иммунологическая индикация здоровья рыб // Вопросы ихтиологии. Т. 55. № 1. С. 143–146.
- Микряков Д.В., Микряков В.Р., Силкина Н.И. 2014. Влияние дексаметазона на окислительные процессы в иммунокомпетентных органах стерляди *Acipenser ruthenus* L. // Биология внутренних вод. № 4. С. 86–92.
- Моисеенко Т.И. 1998. Гематологические показатели рыб в оценке их токсикозов // Вопросы ихтиологии. Т. 38, № 3. С. 371–380.
- Рыжков Л.П., Полина А.В., Громова Ю.В., Аленичев С.В. 1998. Физиолого-биохимические особенности рыб водоёмов с различным антропогенным воздействием // Проблемы экологической токсикологии. Петрозаводск. С. 152–157.
- Серпунин Г.Г., Коробейникова Е.Г. 1997. Реакция системы крови карпа на воздействие тяжёлых металлов // Тез. докл. I конгр. ихтиологов в России, Астрахань. С. 237–238.
- Силкина Н.И., Микряков В.Р., Микряков Д.В. 2016. Эколого-иммунофизиологическая характеристика головы *Leuciscus cephalus* (L.), обитающего в речных экосистемах Кавказа // Биология внутренних вод. № 1. С. 86–90.
- Чистова М.Н. 1967. Морфология и классификация форменных элементов крови горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) // Вопросы ихтиологии. Т. 7. Вып. 1 (42). С. 142–148.
- Экологический каталог озёр Мурманской области. 2009. Северо-западная часть Мурманской области и приграничные территории сопредельных стран / Под ред. Кашулина Н.А. Апатиты: Изд. КНЦ. Ч. 2. 262 с.
- Яхненко В.М. 1984. Морфологическая характеристика крови рыб озера Байкал (эколого-эволюционные аспекты). Наука: Сибирское отделение. 120 с.

## REFERENCES

- Antropogennye izmeneniya loticheskikh ehkosistem Murmanskoy oblasti Chast 2: Ozerno-rechnaya sistema reki Chuna v usloviyah aehrotekhnogennogo zagryazneniya. [Anthropogenic changes of lotic ecosystems in the Murmansk region. The Chuna lake-river system under conditions of air pollution] 2007 / Pod red. N.A.Kashulina. Apatity: izd-vo Kolsk. nauchn. centra. 238 s.
- Antropogennye modifikacii ehkosistemy ozera Imandra [Anthropogenic modifications of ecosystems of lake Imandra] 2002 / Pod red. T.I.Moiseenko. M.: Nauka. 403 s.
- Antropogennye izmeneniya loticheskikh ehkosistem Murmanskoy oblasti. Chast 1: Kovdorskij rajon. [Anthropogenic changes of lotic ecosystems in the Murmansk region. Kovdor region] 2005 // Pod red. N.A.Kashulina. Apatity: izd-vo Kolsk. nauchn. centra. 234 s.
- Balabanova L.V., Mikryakov D.V., Mikryakov V.R. 2009. Reakciya lejkocitov karpa *Cyprinus carpio* L. na-gormoninducirovannyj stress [Response of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) Leucocytes to Hormone-



- Induced Stress] // *Biologiya vnutrennih vod.* № 1. S. 91–93.
- Bugaev L.A., Rudnickaya O.A., Zasyadko A.C.* 2005. Monitoring gematologicheskikh pokazatelej azovskogo sudaka [Monitoring of haematological parameters Azov pike perch] // *Aktualnye problem ekologicheskoy fiziologii biohimii i genetiki zhivotnyh. Materialy mezhdunarodnoj konferencii.* Saransk: izd-vo Mordovskogo universiteta. S. 36–38.
- Glagoleva T.P.* 1981. Instrukciya po gematologicheskomu kontrolyu za-iskusstvenno vyrashchivaemoj molodyu lososevyh ryb. [Instructions hematological control of farmed juvenile salmonids] Riga: BaltNNIRKH. 38 s.
- Golovina N.A.* 1979. Metody gematologicheskikh issledovanij v ihtiologicheskoy praktike [Methods of hematologic research in ichthyological practice] // *Rybohozyajstvennoe ispolzovanie vnutrennih vodoemov.* Vyp. 4. S. 8–18.
- Golovina N.A.* 1996. Morfofunkcionalnaya karakteristika krovi ryb obektov akvakultury [Morphofunctional characteristic of fish blood — aquaculture facilities]. Avtoref. diss. doc. boil. nauk. Moskva. VNIIPRH. 54 s.
- Zhiteneva L.D., Poltavceva T.G., Rudnickaya O.A.* 1989. Atlas normalnyh i patologicheskii izmenennyh kletok krovi ryb [Atlas of normal and pathologically altered blood cells of fish]. Rostov-na-Donu: Rostovskoe knizhnoe izdatelstvo. 112 s.
- Zabotkina E.A., Lapirova T.B., Serebnyakov V.E., Nesterova T.A.* 2015. Ekologicheskaya plastichnost gematologicheskikh pokazatelej presnovodnyh kostistyh ryb [Ecological plasticity of hematological parameters of freshwater bony fishes] // *Trudy IBVV.* № 72 (75). S. 16–29.
- Zaprudnova R.A., Kamshilov I.M., Chalov U.P.* 2015. Funkcionalnye svojstva gemoglobina v adaptacii ryb k nizkim znacheniyam pH srede [The functional properties of hemoglobin in the fish to adapt to low pH environment] // *Biologiya vnutrennih vod.* № 2. S. 91.
- Ivanova N.T.* 1983. Atlas kletok krovi ryb [Atlas fish blood cells]. M.: Legkaya i pishcheyaya prom-st. 184 s.
- Ivanova N.T., Golovina N.A.* 1984. Sovremennye gematologicheskii issledovaniya v ihtiopatologii i ih diagnosticheskoe znachenie [Modern research in hematological ichthyopathology and their diagnostic value] // *Biologicheskii osnovy rybolovstva.* M. S. 160.
- Kvasovarov A.N., Anohina V.S.* 2011. Morfofiziologicheskoe testirovanie golca ozernogo s rybovodnyh zavodov Murmanskoy oblasti [Morfofiziologicheskii testing char lake with hatchery Murmansk region] // *Uspekhi sovremenno go estestvoznaniya* № 8. S. 41–42.
- Koroleva I.M.* 2001. Vliyanie zagryazneniya na morfofiziologicheskii pokazateli sigov Coregonus-lavaretus v vodoemah Kolskogo Severa. [The impact of pollution on morphological and physiological indicators of whitefish Coregonus lavaretus in the reservoirs of the Kola North] Diss. kand. boil. Nauk. Apatity. 186 s.
- Koroleva I.M.* Gematologicheskii pokazateli sigov v vodoemah Kolskogo poluostrova [Hematological parameters of whitefish in the waters of the Kola Peninsula]. 2004 // *Ehkologicheskii problem severnyh regionov i puti ih resheniya.* Tez. mat. mezhd. konf. Ch. 1. Apatity: izd-vo KNTs. S. 191–193.
- Kudryavcev A.A., Kudryavceva L.A., Privolnev T.I.* 1969. Gematologiya zhivotnyh i ryb [Hematology animals and fish]. M.: izd-vo Kolos. 320 s.
- Lukyanenko V.I.* 1990. Vliyanie mnogofaktornogo antropogenno go pressa na usloviya obitaniya, vosproizvodstvo, chislennost i ulovy osetrovyyh ryb [Influence of multifactor anthropogenic pressure on the habitat, reproduction, and the number of catches of sturgeon] / *Fiziologo-biohimicheskii status volgo-kaspijskikh osetrovyyh v norme i pri rassloenii myshechnoy tkani (kumulyativnyj politoksikoz).* Rybinsk: IBVV. S. 25–44.
- Mikryakov V.R., Balabanova L.V., Mikryakov D.V.* 2009. Reakciya lejkocitov sterlyadi Acipenser ruthenus (L.) na gormoninduciruemyj stress [The Reaction of Leukocytes of Sterlet *Acipenser ruthenus* to Hormone \_ Induced Stress] // *Voprosy ihtiologii.* T. 49. № 4. S. 554–557.
- Mikryakov D.V., Mikryakov V.R., Silkina N.I.* 2014. Vliyanie deksametazona na oksiditelnye processy v immunokompetentnyh organah sterlyadi Acipenser ruthenus L. [Effect of Dexamethasone on Oxidative Processes in the Immunocompetent Organs of Sterlet *Acipenser ruthenus* L.] // *Biologiya vnutrennih vod.* № 4. S. 86–92.
- Mikryakov V.R., Mikryakov D.V.* 2015. Immunologicheskaya indikaciya zdorov'ya ryb [Immunological Indication of Fish Health] // *Voprosy ihtiologii.* T. 55. № 1. S. 143–146.
- Moiseenko T.I.* 1998. Gematologicheskii pokazateli ryb v ocenke ih toksikozov [Hematological parameters in assessing their fish toxicosis] // *Voprosy ihtiologii.* T. 38, № 3. S. 371–380.
- Ryzhkov L.P., Polina A.V., Gromova Yu.V., Alenichev S.V.* 1998. Fiziologo-biohimicheskii osobennosti ryb vodoemov s razlichnym antropogenym vozdeystviem [Physiological and biochemical characteristics of fish ponds with different anthropogenic impact] // *Problemy ekologicheskoy toksikologii.* Petrozavodsk. S. 152–157.
- Serpunin G.G., Korobejnikova E.G.* 1997. Reakciya sistemy krovi karpa na-vozdeystvie tyazhelyh metallov [The reaction of the blood system of carp to the impact

- of heavy metals] // Tezisy dokl I kongressa ihtiologov v Rossii. Astrahan. S. 237–238.
- Silkina N.I., Mikryakov V.R., Mikryakov D.V.* 2016. Ekologo-immunofiziologicheskaya karakteristika golovlya *Leuciscus cephalus* (L.), obitayushchego v rechnyh ekosistemah Khavkaza [Ecological immunofiziologicheskaya characteristics of chub *Leuciscus cephalus* (L.), inhabiting the river ecosystems of the Caucasus] // *Biologiya vnutrennih vod*. № 1. S. 86–90.
- Chistova M.N.* 1967. Morfoogiya I klassifikaciya formennyh elementov krovi gorbushi *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) [Morphology and classification of formed elements of blood salmon] // *Voprosy ihtiologii*. T. 7, vyp. 1 (42). S. 142–148.
- Ekologicheskij catalog ozer Murmanskoy oblasti. Severo-zapadnaya chast Murmanskoy oblasti i prigranichnye territorii sopredelnyh stran [Ecological catalogue of lakes in the Murmansk region. North-west area of the Murmansk region and border area of the contiguous countries]. 2009 // Pod red. N.A.Kashulina. Apatity: izd-vo KNTs. Ch 2. 262 s.
- Yakhnenko V.M.* 1984. Morfologicheskaya karakteristika krovi ryb ozera Bajkal-(ehkologo-ehvolucionnyye aspekty) [Morphological characteristics of blood Baikal fish (ecological and evolutionary aspects)]. Nauka: Sibirskoe otделение. 120 s.

Поступила в редакцию 15.04.16 г.  
Принята после рецензии 14.07.16 г.

## Hematological indices of whitefish *Coregonus lavaretus* in the waters of the Kola North

*I.M.Koroleva*

Institute of the North Industrial Ecology Problems of Kola Science Centre

Hematological parameters are an essential element in biological research, as they reflect a variety of physiological and pathological changes in the body. Differential haematological characteristics (haemoglobin content, RBC, mean corpuscular haemoglobin and lymphocytes, neutrophilic granulocytes and monocytes count) were measured in whitefish, *Coregonus lavaretus*, collected from contaminated and uncontaminated lakes of the Murmansk region. The example of the population of the lake Imandra found that with age, hemoglobin and red blood cell count decreases. Spring revealed an increase in the red blood parameters. Significant changes are connected with the preparation for reproduction. At levels of spawning males haemoglobin content and RBC 1,4 times higher than in females. The haemoglobin content in fish in uncontaminated lakes were still 108 g / l, RBC on the average ranged from 1 to 1,45 million / cu. mm. Total white blood cell count ranged from 13 to 20 thousand. on the average ranged from 1 to 1,45 million / cu. mm. Total white blood cell count ranged from 13 to 20 thousand. Wbc represented lymphocytes (85–95%), monocytes (0–5%), neutrophils (10,2%). leukocyte abundance index varied from 0,5 to 1,2. Wbc represented lymphocytes (85–95%), monocytes (0–5%), neutrophils (10,2%). leukocyte abundance index varied from 0,5 to 1,2. The haemoglobin content in fish in contaminated lakes ranged from 80 to 120 g / l, the number of red blood cells — from 0,82 to 1,2 million. The level of erythropoiesis varied over a wide range: from 1,60% to 10,3% of immature cells. Wbc represented lymphocytes (92–94%), monocytes (0,5–5,4%), neutrophils (2–4,8%). Leukocyte abundance index varied from 0,9 to 1,7. Cytomorphological analysis revealed changes in the shape and size of red blood cells, atypia of the structure and shape of the nucleus (and pycnosis chromatinoliz). The characteristics obtained in a natural uncontaminated lakes, can be recommended as a regional physiological norm for the species. In order to monitor advisable except for the definition of quantitative indicators, to take into account the pathological changes in the structural units of cells.

**Key words:** hematology, cytomorphological analysis, water quality, heavy metals, eutrophication, whitefish *Coregonus lavaretus*, Murmansk region, Subarctic.