

УДК: 639.3.09:574.02

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.129

**ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ
У ОСЕДЛОЙ ПОПУЛЯЦИИ АРКТИЧЕСКОГО ГОЛЬЦА
SALVELINUS ALPINUS L. (SALMONIFORMES)
ПРИ ПАРАЗИТОЦЕНОЗАХ**

Гаврилин К.В.^{1,3} – д-р. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0004-1856-1047); Коколова Л.М.^{2*} – д-р ветеринар. наук, гл. науч. сотр., зав. лаб. гельминтологии (ORCID 0000-0002-0963-9623); Никифоров-Никишин А.Л.³ – д-р биол. наук, проф., декан факультета биотехнологий и рыбного хозяйства (ORCID 0000-00015932-2168); Сафронев А.Э.² – асп. лаб. гельминтологии; Григорьева Н.Н.⁴ – канд. биол. наук, доц. (ORCID 0000-0002-5325-7449); Никифоров-Никишин Д.Л.³ – канд. биол. наук доц. (ORCID 0000-0002-1715-057X); Кочетков Н.И.³ – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-2196-5421); Гаврильева Л.Ю.² – канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр. лаб. гельминтологии (ORCID 0000-0002-0512-2993)

¹ Национальный фонд экологической защиты и развития Крайнего Севера и приравненных к ним местностей «Якутия»

² ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова

³ Факультет биотехнологий и рыбного хозяйства, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

⁴ Факультет ветеринарной медицины, Арктический государственный университет

*kokolova_lm@mail.ru

Ключевые слова: гольц, иктиопатология, гематология, изолированные популяции, озеро, Якутия.

Keywords: char, ichthyopathology, hematology, isolated populations, lake, Yakutia.

Благодарности: Коллектив авторов выражает благодарность ООО «Республика-2007» руководителю Гаврилу Семеновичу Винокурову и сотрудникам за неоценимую помощь в проведении полевых исследований.

Поступила: 25.02.2025

Принята к публикации: 06.03.2025

Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Данная работа отражает результаты исследования половозрелых особей арктического гольца (*Salvelinus alpinus* L.) из озера Улу, расположенного в Оймяконском районе Республики Саха (Якутия). Исследование проведено в результате контрольного отлова, было выловлено пятьдесят две особи арктического гольца. У каждой рыбы измеряли следующие показатели: стандартная длина (SL), масса тела, возраст рыбы по чешуе и отолидам. Также оценивали состояние зрелости гонад и содержимое кишечника. Учет микроскопических паразитов осуществляли путем микроскопирования серий

компрессионных препаратов биоматериала в проходящем свете, при помощи микроскопа Bresser LSd5-005 (Bresser Ltd, Китай). Количество обнаруженных в каждой особи макроскопических паразитов, каждого вида регистрировали. Измерение размерно-массовых показателей и ихтиопатологическое исследование гольца выявили существенную паразитарную нагрузку, негативно влияющую на темпы роста и состояние популяции данного вида рыб. Менее половины (42,8%) исследованных особей были свободны от паразитов. Паразитоценоз был представлен двумя видами нематод (*Cystidicola farionis*, *Raphidascaris acus*), цестодой (*Proteocephalus thymalli*) и скребнем (*Neoechinorhynchus salmonis*). Наибольшая численность паразитов была выявлена в органах ЖКТ исследованных рыб. Гематологические показатели крови рыб без инвазии и инвазированных особей демонстрировали достоверные ($p < 0.05$) различия встречаемости лимфоцитов (снижение у инвазированных особей), нейтрофилов (увеличение до $16.9 \pm 2.0\%$ у инвазированных) и базофилов (увеличение до 1.9% у инвазированных). Полученные результаты диагностики и паразитологического состояния популяции гольца, характеризующейся низкой скоростью роста и малой встречаемостью старших возрастных групп, свидетельствуют о возможности повышения рыбопродуктивности водоема путем подавления паразитофауны.

ВВЕДЕНИЕ/INTRODUCTION

Водные ресурсы Крайнего Севера Российской Федерации, в частности Республики Саха (Якутия), представлены разветвленной речной сетью (включая такие крупные реки, как Лена, Индигирка, Колыма, Яна) и многочисленными озерами, как связанными с бассейнами основных рек, так и гидрологически изолированными на протяжении большей части года [12]. Озерные ихтиоценозы данного региона характеризуются преобладанием запасов рыбы над речными. В составе промысловой ихтиофауны озер доминируют арктический голец (*Salvelinus alpinus*), чир (*Coregonus nasus*), пелядь (*Coregonus peled*), щука (*Esox lucius*) и окунь (*Perca fluviatilis*) [6]. Ограниченная кормовая база и низкие среднегодовые температуры обуславливают низкую рыбопродуктивность озер, не превышающую 3-5 кг/га [5], что сдерживает развитие их полномасштабного промыслового освоения.

Арктический голец (*Salvelinus alpinus* L.) является циркумполярным видом, широко распространённым в водоемах бассейна Северного Ледовитого океана, формируя проходные, речные и озерные формы [11]. Этот гидробионт представляется одним из наиболее изменчивых видов рыб [21], формируя множество форм, отличающихся темпом роста, питанием, морфологией, временем нереста и созревания, и предпочитаемым биотопам [1, 8,

14, 19]. В республике Якутия голец распространен в озерах тундровой зоны и горных озерах юга республики и выступает в качестве объекта традиционного и промышленного рыболовства [6]. Некоторые популяции этого вида находятся под охраной из-за низкой численности и длительного периода воспроизводства. В Европе и Северной Америке голец получил популярность в качестве объекта аквакультуры [16], а его продукция на 2022 год достигла 8 тыс. тонн [17]. В то же время, популяции, населяющие бассейны рек Лена и Индигирка, характеризуются определенным промысловым потенциалом, который в настоящее время остается нереализованным [6].

Целью настоящего исследования явилось изучение эпизоотического статуса промысловой фракции популяции арктического гольца (*Salvelinus alpinus*) как компонента ихтиофауны данного водоема, посредством сравнительного анализа патологоанатомических, гематологических показателей у особей с различной интенсивностью инвазии (ИИ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Объект исследования. Популяция арктического гольца (*Salvelinus alpinus*). Исследование проведено в результате контрольного отлова, было выловлено пятьдесят две особи арктического гольца (рис. 1, 2). У каждой рыбы измеряли следу-

щие показатели: стандартная длина (SL), масса тела, возраст рыбы по чешуе и отолитам [9]. Также оценивали состояние зрелости гонад и содержимое кишечника (Руководство..., 1961) [28].

Для ихтиопатологического исследования были использованы 52 особи гольца возрастом 3+. Для дальнейшего разделения особей на две группы (низкая и высокая ИИ) все особи исследовались индивидуально и помечались с помощью бирок. Детектирование паразитов проводили путем визуального осмотра поверхности тела, жаберной, ротовой, брюшной, кишечной, сердечной полостей и внутренних органов гольцов [3]. Учет микроскопических паразитов осуществляли путем микроскопирования серий компрессионных препаратов биоматериала в проходящем свете, при помощи микроскопа Bresser LSd5-005 (Bresser Ltd, Китай). Количество обнаруженных в каждой особи макроскопических паразитов, каждого вида регистрировали. В качестве групповых параметров характеризующих инвазию использовали: экстенсивность инвазии (ЭИ,%) – процент особей в группе у которых был обнаружен один и более паразитов определенного вида; ИИ (экз./особь) – среднеарифметическое число паразитов определенного вида, обнаруженных при исследовании инвазированных особей; индекс обилия паразитов (ИО, экз./особь) – среднее количество паразитов определенного вида приходящееся на каждую особь в выборке [5]. Идентификацию обнаруженных паразитических организмов проводили при помощи определителя паразитов пресноводных рыб СССР (Определитель..., 1987) [29].

Исходя из результатов ихтиопатологического осмотра, для гематологического и гистологического исследований образцы крови ткани были разделены на две равные группы (n = 6): группа с отсутствием инвазии (ОИ) и группа со высокой степенью инвазии (ВИ).

Забор крови осуществлялся у живых рыб, до момента ихтиопатологического осмотра, из задней хвостовой вены. Пре-

параты крови исследуемых рыб изготавливали по стандартной методике [4]. Препарат высушивался в течение 2-3 минут, далее фиксировался в смеси Никифорова (1:1, метиловый спирт: диэтиловый эфир) при экспозиции в течение 20 минут и хранились до дальнейшей обработки. Далее проводили окрашивание азур-эозином по Романовскому-Гимзе. Препараты окрашивали в течение 10 минут. Полученные препараты трижды промывали в контейнерах с дистиллированной водой и высушивали в стерильных условиях в течение 30 минут.

На готовых мазках производился подсчет следующих клеток крови: эритроциты и их незрелые формы (базофильные, полихромные, ортохромные эритроциты), лимфоциты (большие и малые), моноциты, нейтрофилы (сегментоядерные и палочкоядерные), базофилы и тромбоциты. Для каждого препарата крови просматривалось не менее 50 полей зрения. Количество подсчитанных клеток для одного препарата составляло не менее 10 тыс., что обеспечивает необходимые объем выборки. Количество клеток лейкоцитарного ряда выражено в процентах от общего числа лейкоцитов, а количество клеток эритроцитарного ряда – в процентах от общего числа эритроцитов. Подсчет и определение элементов крови производилось согласно общепринятым методикам [4, 18, 22].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Особи арктического гольца (*Salvelinus alpinus*) были выловлены из озера Улу (местное название «Хороту») (63°34' с.ш., 141°04' в.д.), Оймяконского района республики Якутия (Саха) в сентябре 2024 года. В результате исследования было установлено, что минерализация озера составляла 80 мг/л, pH 7,0, содержание растворенного кислорода 9,5-9,9 мг/л при средней температуре 9,4-10°C. Микробная обсемененность воды колебалась от 260-980 КОЕ/мл. Выявленные микробные сообщества были характерны для природного водоема и не представляли угрозы для здоровья рыб. Водоем, согласно методическим указаниям, по санитарно-

бактериологической оценке, рыбохозяйственных водоемов (МУК 13-4-2/1742 от 27.09.1999) может быть отнесен к первой категории «чистые».

В целом, выявленные показатели полностью соответствуют рыбоводным нормативам, а сам водоем может быть отнесен к олиготрофному типу.

Среди выловленных особей наиболее представленной возрастной группой были трехлетки ($n = 30$), средний размер которых составлял $26,5 \pm 2,5$ см, и масса $223,1 \pm 21,3$ г (таб. 1). Возрастная группа 4+ ($n = 15$) имела чуть большую длину и массу – $35,91 \pm 1,9$ см и $272,2 \pm 8,4$ г. Возраст более крупных особей ($291,1$ г.) был определен как 5+ ($n = 7$) (табл.1).



Рисунок 1 – Арктический голец размером 26,5см, массой 229 г и возрастом 3+, выловленный в озере Улу.

Таблица 1 – Размерно-весовая характеристика выловленных особей арктического гольца

Возраст	Длина, см			Масса, г			n
	Min	Max	Cv, %	Min	Max	Cv, %	
5+	39.67±0.97	38.4-41.3	2.45	297.1±8.34	284-308.1	2.81	7
4+	35.91±1.94	32.7-38.2	5.4	272.25±8.44	261.2-283.4	3.1	15
3+	26.47±2.55	23.3-32.4	9.63	223.17±21.34	192.4-259.7	9.56	30



Рисунок 2 – Арктический голец – разновозрастных возрастов выловленный для проведения полного ихтиопатологического исследования (фото оригинал, Л.М. Кокколова).

При вскрытии арктического гольца и осмотре содержимого желудочно-кишечного тракта была выявлена его низкая заполненность. При этом в среднем отделе кишечника присутствовали остатки кормовых объектов в высокой степени деструкции. Были различимы хитиновые остатки водных ракообразных и наземных насекомых. У нескольких наиболее крупных особей ($n = 5$) были обнаружены полупереваренные мальки гольца. Исследования пищевого кома характеризует данную популяцию гольца как бентофагов, при этом для отдельных крупных особей свойственно хищничество (каннибализм), с поеданием мелких рыб собственного вида.

Самки составляли большую часть выловленных особей (80,0%). Гонады находились на III-IV стадией зрелости. Значительных различий зрелости гонад между разными возрастными группами выявлено не было. Исходя из приведенных данных о распределении размерно-массовых показателей арктического гольца, а также изучение состава пищевого кома, можно предложить, что исследуемые рыб принадлежат к мелкой оседлой форме, согласно классификации Alekseyev и соавторов (2002) [14].

Для проведения полного ихтиопатологического исследования было отобрано 14 особей возрастом 3+, как наиболее представленной возрастной группы. В результате проведенного внешнего ихтиопатологического осмотра было установлено, что все исследованные особи не имеют никаких заметных признаков патологий, за исключением незначительных механических повреждений, связанных с отловом и транспортировкой. Отмечено нормальное состояние покровов тела, глаз, жабр и т.д.

В результате паразитологических исследований были обнаружены нематоды *Cystidicola farionis* из семейства *Cystidicolidae* отряда *Rhabditida*, поражающие плавательный пузырь лососевых и хариусовых рыб. При проведении патолого-анатомического вскрытия у одной рыбы выявлено умеренное воспаление плавательного пузыря.

Мы сочли возможным объяснить воспаление пузыря паразитированием умеренного количества *Cystidicola farionis*, так как у других рыб (3 экз.) с меньшей интенсивностью инвазии, а также у рыб свободных от данного вида паразитов сколько ни будь существенных изменений, рассматриваемого органа мы не отметили (табл. 2).



Рисунок 3 – Паразитирование *Cystidicola farionis* в плавательном пузыре (фото оригинал, Л.М. Кокколова).



Рисунок 4 – В полости кишечника некоторых рыб обнаружен ряд гельминтов, идентифицированных как *Raphidascaris acus* (зрелая форма), *Proteocephalus thymalli*, *Neoechinorhynchus salmonis*. (фото оригинал, Л.М. Кокколова).

Таблица 2 – Паразитофауна популяции Арктического гольца из озера «Улу»

Вид паразита	Место локализации	Параметры инвазии			
		ЭИ, %	ИИ, экз./ особь	ИО, экз./особь	Кол-во паразитов, экз.
<i>Cystidicola farionis</i>	Плавательный пузырь	28,57	6,75	1,93	27
<i>Raphidascaris acus</i> (циста с личинкой)	Поверхность печени и ЖКТ	21,43	7,00	1,50	21
<i>Raphidascaris acus</i> (половозрелая особь)	Полость кишечника	14,29	6,50	0,93	13
<i>Proteocephalus thymalli</i>	Просвет ЖКТ	35,71	4,60	1,64	23
<i>Neoechinorhynchus salmonis</i>	Просвет ЖКТ	14,29	6,00	0,86	12

Еще у трех экземпляров на печени, внешней поверхности кишечной трубки и пилорических придатках отмечены цисты характерные для *Raphidascaris acus* (личиночная форма). При этом макроскопических признаков воспаления и (или) деструкции прилегающих тканей не отмечено.

Состояние слизистой оболочки кишечника у всех особей нормальное. Ворсин-

чатый слой хорошо выражен. Кровоизлияния или макроскопические нарушения целостности слизистой оболочки не выявлены. В полости кишечника некоторых рыб обнаружен ряд гельминтов, идентифицированных как *Raphidascaris acus* (половозрелая форма), *Proteocephalus thymalli*, *Neoechinorhynchus salmonis* (рис. 4).

В местах прикрепления массивных протеоцефалосов было заметно умеренное повышение слизиотделения и покраснение слизистой оболочки кишечника. Помимо этого, никаких макроскопических изменений в состоянии желудочно-кишечного тракта мы не обнаружили. Сколько-нибудь существенных отклонений от нормы при осмотре других внутренних органов выявить также не удалось.

Исходя из результатов ихтиопатологического осмотра для гематологического и гистологического исследований образцы крови ткани разделены на две равные группы (n = 6): группа с отсутствием инвазии (ОИ) и группа со высокой степенью инвазии (ВИ).

Исследование мазков крови арктического гольца без признаков инвазии пока-

зало высокую встречаемость незрелых эритроцитов, доля которых составляла $4,3 \pm 0,4\%$ (табл. 2). Наиболее встречаемым видом незрелых эритроцитов являлись ортохромные эритробласты, относительное количество которых находилось на уровне 3,5%. Базофильный эритробласт имел базофильную цитоплазму, круглое, расположенное в центре клетки ядро с зернистым хроматином (рис. 5а). Полихромный эритробласт имел меньший размер по сравнению с базофильным, светло-базофильную цитоплазму и ядро с глыбками хроматина (рис. 5б). Ортохромный эритробласт по размеру был сравним с эритроцитом, цитоплазма имела нейтрофильную окраску, ядро овальное с отдельными скоплениями хроматина (рис. 5в).

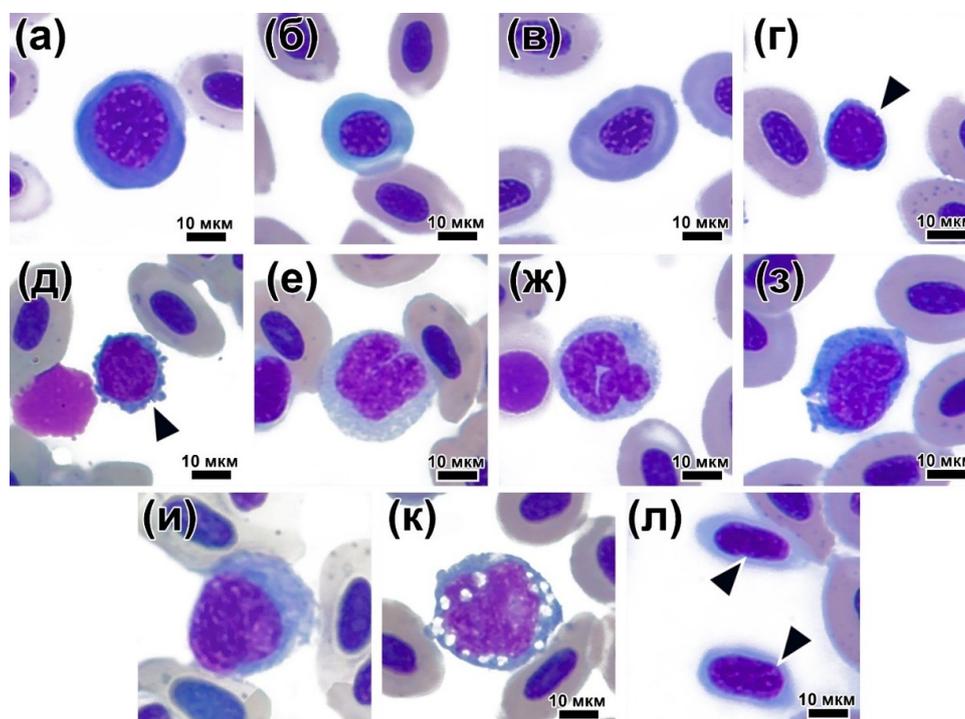


Рисунок 5 – Клетки периферической крови арктического гольца из оз. Улу: (а) базофильный эритробласт; (б) полихромный эритробласт; (в) ортохромный эритробласт; (г) малый лимфоцит; (д) большой лимфоцит; (е) палочкоядерный нейтрофил; (ж) сегментоядерный нейтрофил; (з) базофил; (и) моноцит; (к) макрофаг; (л) тромбоциты. Шкала масштаба 10 мкм.

Кровь арктического гольца имела лимфоцитарный профиль; доля лимфоцитов от общего числа лейкоцитов составляла 74,0%. В мазках крови лимфоциты можно было визуально разделить на две группы – малые и большие (рис. 5г, 5д). Для лимфоцитов было характерно округлое или овальное ядро с плотным хроматином и тонкой базофильной цитоплазмой, края которой могли быть неровными. Встречаемость малых и больших лимфоцитов в мазках крови была следующей: 59,5 и 14,4%, соответственно.

На препаратах среди клеток миелоидного ряда были обнаружены нейтрофильные гранулоциты двух видов: палочкоядерные (рис. 5е) и сегментоядерные (рис. 5ж). Также были найдены базофильные гранулоциты. Суммарная встречаемость нейтрофилов составляла 11,7% от

общего числа лейкоцитов. Относительная встречаемость базофилов составляла 1,6%. Нейтрофилы были немного крупнее эритроцитов, цитоплазма имела явную грануляцию, в ядре был различим крупнозернистый хроматин. Базофилы наиболее часто имели бобовидное ядро с плотным или крупнозернистым хроматином.

Моноциты являлись одним из редко встречающихся типов клеток в крови гольца с относительной встречаемостью 2,3%. Моноциты являются наиболее крупными клетками в крови гольца, цитоплазма нейтрофильная без признаков грануляции, ядро неровной формы, занимает большую часть клетки (рис. 5и). Тромбоциты были круглой или овальной формы с плотным ядром и тонкой или отсутствующей цитоплазмой (рис. 5л).

Таблица 3 – Гематологические показатели периферической крови арктического гольца с разной степенью паразитарной инвазии

Тип клеток, %	Группы рыб (n = 6)	
	Отсутствием инвазии	Инвазированные
Зрелые эритроциты	95.68±0.41	96.03±0.53
Незрелые эритроциты	4.32±0.41	3.97±0.53
Базофильные эритробласты	0.08±0.04	0.09±0.01
Полихромные эритробласты	0.75±0.14	0.74±0.12
Ортохромные эритробласты	3.5±0.42	3.14±0.45
Лейкоциты	1.94±0.36	2.01±0.35
Лимфоциты	73.96±5.54	64.26±7.08
Малые лимфоциты	59.52±5.83	48.34±6.85
Большие лимфоциты	14.44±1.62	15.92±1.21
Моноциты	2.38±0.36	2.12±0.35
Палочкоядерные нейтрофилы	3.96±0.54	5.95±0.77
Сегментоядерные нейтрофилы	7.74±1.17	10.97±1.49
Сумма нейтрофилов	11.70±1.63	16.92±2.06
Базофилы	1.63±0.15	1.97±0.27
Тромбоциты	0.62±0.08	0.64±0.1

Примечание: значения, выделенные жирным ($p < 0.05$, $p < 0.01$) из t-критерия Уэлча.

При сравнении мазков крови групп гольца с различной паразитарной нагрузкой было установлено существенное ($p < 0.05$) снижение относительного числа лимфоцитов в крови инвазированных особей (табл. 3). Также достоверные различия наблюдались для показателя количества малых лимфоцитов, при этом количество больших лимфоцитов было на одном уровне у обеих групп рыб. В группе с инвазией установлено значимое увеличение доли нейтрофилов, как палочкоядерных, так и сегментоядерных форм ($p < 0.01$). У этих особей суммарная доля нейтрофилов в крови составила $16,9 \pm 2,0\%$. Кроме того, было выявлено достоверное увеличение количества базофилов ($p < 0.05$), доля которых достигала $1,9\%$. В группе рыб с высоким поражением также встречались единичные макрофаги (рис. 5к).

Гематологические показатели также являются интегральным маркером, который демонстрирует функциональные и патологические изменения в организме рыб при действии неблагоприятных факторов [7, 25].

Комплексное изучение клинической и патологоанатомической картин, а также гематологических изменений в организме рыб при различной степени паразитарной инвазии дает возможность оценить влияние паразитов на физиологический статус, имеющий непосредственное отношение к рыбоводно-биологическим показателям популяции арктического гольца.

Паразитофауна арктического гольца из озера Улу может быть охарактеризована как замкнутая внутри озера, а рыбы являются носителями половозрелых, продуцирующих инвазионное начало, жизненных стадий. Стратификация исследованных особей на две группы – с максимальной ИИ и интактную – позволила выявить характерные гематологические и гистопатологические изменения в органах. Выявленные показатели относительной встречаемости клеточных элементов крови гольца сходятся с данными других исследователей для этого вида и других лососёвых [2, 10, 23, 26]. Высокая встре-

чаемость незрелых форм эритроцитов в крови гольца также была описана ранее [2, 10] и может быть вызвана различными стресс-факторами. Например, существуют данные о значительном увеличении числа незрелых эритроцитов у гольца после зимовки и перехода к активному питанию [2, 20]. В лейкоцитарной формуле арктического гольца с высокой степенью инвазии было выявлено существенное повышение числа нейтрофилов и базофилов, что может указывать на течение хронического воспалительного процесса. Нейтрофилы выступают в качестве эффективных клеток, выполняющих фагоцитоз и киллинг чужеродных агентов [27], а их повышение при паразитарных болезнях является типичной ответной реакцией на заражение [13]. Наблюдаемое снижение числа лимфоцитов в данной группе рыб также указывает на длительность течения воспаления, при котором происходит тканевое рекрутирование мононуклеарных клеток для борьбы с инфекцией [24].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Популяция арктического гольца в озере Улу находится в угнетенном состоянии: это подтверждается низкой скоростью роста рыб, малой встречаемостью старших возрастных групп и высокой степенью инвазии внутренними паразитами.

Выявлена высокая паразитарная нагрузка на арктического гольца. Менее половины ($42,8\%$) исследованных особей были свободны от паразитов, а у зараженных особей наблюдались микстинвазии несколькими видами гельминтов (*Cystidicola farionis*, *Raphidascaris acus*, *Proteocephalus thymalli*, *Neoechinorhynchus salmonis*).

Паразитарная нагрузка оказывает влияние на гематологические показатели арктического гольца. У особей с высокой степенью инвазии наблюдалось значимое ($p < 0.05$) снижение относительного числа лимфоцитов и увеличение доли нейтрофилов (до $16,9 \pm 2,0\%$) и базофилов (до $1,9\%$), что свидетельствует о хроническом воспалительном процессе.

Паразитофауна арктического гольца охарактеризована как замкнутая внутри озера, что указывает на относительную уязвимость популяций паразитов к различным воздействиям, например, «фармакологическому» при помощи потенциально доступного широкого арсенала антигельминтиков. Можно ожидать, что промысловое изъятие рыб старших возрастов, являющихся резерватами инвазии, также благоприятно повлияет на общую эпизоотологическую обстановку в данном водоеме.

HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF BLOOD IN A SEDENTARY POPULATION OF ARCTIC CHAR *SALVELINUS ALPINUS* L. (SALMONIFORMES) WITH PARASITOCENOSES

Gavrilin K.V.^{1,3} – Doct. biol. sc., ved. scien. (ORCID 0000-0004-1856-1047); **Kokolova L.M.**^{2*} – Doctor of Vet. Sc., Chief Scientific, head of the lab. Helminthology (ORCID 0000-0002-0963-9623); **Nikiforov-Nikishin A.L.**³ – Doctor. biol. Sc., Prof., Dean of the Faculty of Biotechnology and Fisheries (ORCID 0000-00015932-2168); **Safroneev A.E.**² – PhD student lab. Helminthology; **Grigorieva N.N.**⁴ – cand. biol. Sc., associate Professor. (ORCID 0000-0002-5325-7449); **Nikiforov-Nikishin D.L.**³ – cand. biol. sc., senior researcher (ORCID 0000-0002-1715-057X); **Kochetkov N.I.**³ – senior scientific (ORCID 0000-0002-2196-5421); **Gavrileva L.Yu.**² – cand. vet. sc., senior scientific. co-lab. Helminthology (ORCID 0000-0002-0512-2993)

¹National Fund for Environmental Protection and Development of the Far North and Equivalent Areas "Yakutia",

²FIC "Yakut Scientific Center SB RAS", Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after M. G. Safronov

³ Faculty of Biotechnology and Fisheries, Razumovsky Moscow State University of Technology and Management (MCU)

⁴ Faculty of Veterinary Medicine, Arctic State University

*kokolova_lm@mail.ru

Acknowledgments. *The authors express their gratitude to the LLC "Respublika-2007", director Gavril Semenovich Vinokurov and employees for invaluable assistance in conducting field research.*

ABSTRACT

This work presents the results of the study of mature individuals of Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.) from Lake Ulu located in the Oymyakon district of the Republic of Sakha (Yakutia). The study was conducted as a result of control catching; fifty-two individuals of Arctic char were caught. The following parameters were measured for each fish: standard length (SL), body weight, fish age by scales and otoliths. The maturity state of the gonads and intestinal contents were also assessed. Microscopic parasites were counted by microscopic examination of a series of compression preparations of biomaterial in transmitted light using a Bresser LSd5-005 microscope (Bresser Ltd, China). The number of macroscopic parasites of each species found in each individual was recorded. Measurement of size and weight parameters and ichthyopathological examination of the char revealed a significant parasitic load that negatively affects the growth rate and the state of the population of this fish species. Less than half (42.8%) of the examined fish were free of parasites. The parasitocenosis was represented by two nematode species (*Cystidicola farionis*, *Raphidascaris acus*), a cestode (*Proteocephalus thymalli*) and an acanthocephalan (*Neoechinorhynchus salmonis*). The highest number of parasites was found in the gastrointestinal tract of the examined fish. Hematological parameters of the blood of fish without invasion and invaded individuals demonstrated reliable ($p < 0.05$) differences in the occurrence of lymphocytes (decrease in invaded individuals), neutrophils (increase to $16.9 \pm 2.0\%$ in invaded) and basophils (increase to 1.9% in invaded). The obtained results of diagnostics and parasitological state of the char population, characterized by low growth rate and low occurrence of older age groups, indicate the possibility of increasing fish productivity of the

reservoir by suppressing parasite fauna.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев С. С. и др. Три симпатрические формы арктического гольца *Salvelinus alpinus* complex (Salmoniformes, Salmonidae) из озера Камканда, северное Забайкалье // Вопросы ихтиологии. – 2014. – Т. 54. – №. 4. – С. 387-387.
2. Анохина В. С., Квасоварова А. Н., Щербак К. С. Характеристика крови и гистология половых желез заводского и дикого гольца озерного // Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2012. – Т. 15. – №. 4. – С. 691-700.
3. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб: руководство по изучению. – Л.: Наука, 1985. – 123 с.
4. Иванова Н. Т. Атлас клеток крови рыб: сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб. – Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 283 с.
5. Кириллов Ф.Н. Рыбы Якутии. М.: Наука, 1972, 360 с.
6. Кириллов А.Ф. Промысловые рыбы Якутии. – М.: Научный мир, 2002.
7. Королева И. М. Гематологические показатели сига обыкновенного *Coregonus lavaretus* в водоёмах Кольского севера // Труды ВНИРО. – 2016. – Т. 162. – С. 36-45.
8. Маркевич Г. Н., Есин Е. В. Эволюция гольцов рода *Salvelinus* (Salmonidae). 2. Симпатрическая внутриозёрная диверсификация (экологические черты и эволюционные механизмы с примерами из разных групп рыб) // Вопросы ихтиологии. – 2018. – Т. 58. – №. 3. – С. 292-312.
9. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб (Преимущественно пресноводных) – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
10. Пронина Г. И. и др. Влияние Ронколейкина на морфометрические и гематологические показатели и фагоцитарную активность нейтрофилов арктического гольца // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – Т. 1. – №. 1. – С. 110-120.
11. Решетников Ю. С. и др. Список рыбообразных и рыб пресных вод России // Вопросы ихтиологии. – 1997. – Т. 37. – №. 6. – С. 723-771.
12. Трофимова Т. П. и др. Современное состояние озер бассейна реки Яны // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. – 2018. – №. 2. – С. 32-40.
13. Шеина, Т. А., Костицына, Н. В., Бакланов, М. А. Гематологические показатели и паразитофауна ротана *Perccottus Glenii* моновидового ихтиоценоза малого городского водоема // Вестник Пермского университета. Серия Биология. – 2020. – № 3. – С. 227–235.
14. Alekseyev S. S. et al. 2002. Diversification, sympatric speciation, and trophic polymorphism of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* complex, in Transbaikalia // Ecology, behaviour and conservation of the charrs, genus *Salvelinus*. P. 97-114.
15. Bush A.O., Lafferty K.D., Lotz J.M., & Shostak A.W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited // J. Parasitol. V. 83. № 4. P. 575–583. <https://doi.org/10.2307/3284227>.
16. Bystriansky J. S., LeBlanc P. J., & Ballantyne J. S. 2006. Anaesthetization of Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.) with tricaine methanesulphonate or 2-phenoxyethanol for immediate blood sampling // Journal of fish biology. V. 69. № 2. P. 613-621. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01118.x>
17. FAO. Global Production [Электронный ресурс] // Fisheries and Aquaculture / Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2022. – URL: https://www.fao.org/fishery/en/collection/global_production?lang=en
18. Fijan N. Morphogenesis of blood cell lineages in channel catfish. Journal of fish biology. 2002;60(4):999-1014. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2002.tb02424.x>
19. Jonsson B., Jonsson N. Polymorphism and speciation in Arctic charr // Journal of Fish Biology. – 2001. – Т. 58. – №. 3. – С. 605-638.
20. Hofer R. et al. Seasonal changes in blood cells of Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.)

- from a high mountain lake //Aquatic sciences. – 2000. – Т. 62. – С. 308-319.
21. Klemetsen A. The charr problem revisited: exceptional phenotypic plasticity promotes ecological speciation in postglacial lakes //Freshwater Reviews. – 2010. – Т. 3. – №. 1. – С. 49-74.
22. Kondera E. Haematopoiesis in the head kidney of common carp (*Cyprinus carpio* L.): a morphological study //Fish physiology and biochemistry. 2011. Т. 37. С. 355-362.
23. Lahnsteiner F. Differences in immune components of blood, spleen and head kidney between diploid and auto-and allotriploid Salmonidae //Tissue and Cell. – 2020. – Т. 67. – С. 101445.
24. Mokhtar, D. M., Zaccone, G., Alesci, A., Kuciel, M., Hussein, M. T., & Sayed, R. K. (2023). Main components of fish immunity: An overview of the fish immune system. *Fishes*, 8(2), 93.
25. Pavlidis M. et al. Blood cell profile of six Mediterranean mariculture fish species // Journal of Applied Ichthyology. – 2007. – Т. 23. – №. 1. – С. 70-73.
26. Suljević D., Mitrašinović-Brulić M. The first record of brook trout (*Salvelinus fontinalis*, Salmonidae) blood cell characteristics and hematological profile: the influence of fish sex on leukocyte count //Aquaculture International. – 2020. – Т. 28. – №. 6. – С. 2505-2516.
27. Wang T., Secombes C.J. The cytokine networks of adaptive immunity in fish // Fish Shellfish Immunol. — 2013. — Vol. 35, Iss. 6. — P. 1703–1718. DOI: 10.1016/j.fsi.2013.08.030.
28. Руководство по изучению питания рыб в естественных условиях / Акад. наук СССР, Отд-ние биол. наук; [отв. ред. акад. Е. Н. Павловский]. - Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1961. - 262 с.
29. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3: Многоклеточные. Ч. 2 / под ред. О. Н. Бауера; Акад. наук СССР, Зоол. ин-т. - М.: Наука, 1987. - 583 с.
- REFERENES**
1. S. Alekseev. S. not others. Thematic *salvelinus alpinus* three forms of the Arctic Oglio Complex (Salmoniformes, Salmonidae) are reduced by Lake cocoon, Northern Transbaikalia //Metrology issue. – 2014. – Vol. 54. – No. 4. – pp. 387-387.
2. Anokhina. S., A. Engineering. N., K. Shcherbak. S. Factory characteristics of the lake glands histology is not related to the blood of children's reproductive years // Bulletin of the State Technical University of Murmansk, 2012, vol. 15, no. 4, pp. 691-700.
3. Bykhovsky-Pavlovsky Ne.Family. The Fish parasite: a cauldron for study. Tsok – tsok.: Nauka, 1985. – p. 123.
4. Ivanova N. T. Atlas of fish blood: classification of morphology of shaped relatively non-elemental fish blood. – A sharp turn in the food industry, 1983. – p. 283.
5. Kirillov F. N.Fishes of Yakutia. Moscow: Nauka Publ., 1972, 360 P.
6. Kirillov A. F. Commercial fish of Yakutia, Moscow: nauchny mir Publ., 2002.7. Koroleva. M. How common is *Coregonus lavaretus* in the same way as *V. thematic whitefish* indicators of the North //VNIRO eto tr. – 2016. – Vol. 162. – Pp. 36-45.
8. Markevich, G. N., Yesin, N. V. Evolution of the Char *salvelinus* test (Salmonidae). 2.Thematic internal diversification (using the example of ecologically diverse fish as an example, the features of an evolutionary mechanism do not decrease.) //Metrology issue. – 2018. – Vol. 58. – №. 3. – pp. 292-312.
9. Pravdin, Ne. F. Studying the leadership of fish boilers (Mainly freshwater) – Moscow: Food Industry, 1966. – p. 376.
10. Gorely G. Year. not others. Neutrons do not affect the activity of thematic morphological Arctic roncolake phagocytic parameters of the year //Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy. – 2023. – Vol. 1. – №. 1. – pp. 110-120.
11. Reshetnikova N. S. not others. The root of this list is not the fish sand of the Defense of Russia //Metrology issue. – 1997. – Т. Bank loan provided to master 37. – №. 6. – pp. 723-771.
12. Trofimov T. Very. not others. Sharpening the state of the modern lakes of the river basin //Bulletin of the Northeastern University of 2006. MK Ammosova. Series: the

- earth is not science. - 2018. - No. 2. - pp. 32-40.
13. Shein, T. A., Kostitsa, N. V., Baklanov, M. A. The thematic evening of perccottus glenii parasites is absolutely not an indicator of ichthyocenosis of the monospecies insect. Vestnik Permskogo universiteta. Biology series. - 2020. - №. 3. - pp. 227-235.
14. Alekseyev S. S. et al. 2002. Diversification, sympatric speciation, and trophic polymorphism of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* complex, in Transbaikalia // Ecology, behaviour and conservation of the charrs, genus *Salvelinus*. P. 97-114.
15. Bush A.O., Lafferty K.D., Lotz J.M., & Shostak A.W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited // J. Parasitol. V. 83. № 4. P. 575-583. <https://doi.org/10.2307/3284227>.
16. Bystriansky J. S., LeBlanc P. J., & Balantyne J. S. 2006. Anaesthetization of Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.) with tricaine methanesulphonate or 2-phenoxyethanol for immediate blood sampling // Journal of fish biology. V. 69. № 2. P. 613-621. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01118.x>
17. FAO. Global Production [Электронный ресурс] // Fisheries and Aquaculture / Food and Agriculture Organization of the United Nations. - 2022. - URL: https://www.fao.org/fishery/en/collection/global_production?lang=en
18. Fijan N. Morphogenesis of blood cell lineages in channel catfish. Journal of fish biology. 2002;60(4):999-1014. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2002.tb02424.x>
19. Jonsson B., Jonsson N. Polymorphism and speciation in Arctic charr // Journal of Fish Biology. - 2001. - T. 58. - №. 3. - C. 605-638.
20. Hofer R. et al. Seasonal changes in blood cells of Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.) from a high mountain lake // Aquatic sciences. - 2000. - T. 62. - C. 308-319.
21. Klemetsen A. The charr problem revisited: exceptional phenotypic plasticity promotes ecological speciation in postglacial lakes // Freshwater Reviews. - 2010. - T. 3. - №. 1. - C. 49-74.
22. Kondera E. Haematopoiesis in the head kidney of common carp (*Cyprinus carpio* L.): a morphological study // Fish physiology and biochemistry. 2011. T. 37. C. 355-362.
23. Lahnsteiner F. Differences in immune components of blood, spleen and head kidney between diploid and auto- and allotriploid Salmonidae // Tissue and Cell. - 2020. - T. 67. - C. 101445.
24. Mokhtar, D. M., Zaccane, G., Alesci, A., Kuciel, M., Hussein, M. T., & Sayed, R. K. (2023). Main components of fish immunity: An overview of the fish immune system. *Fishes*, 8(2), 93.
25. Pavlidis M. et al. Blood cell profile of six Mediterranean mariculture fish species // Journal of Applied Ichthyology. - 2007. - T. 23. - №. 1. - C. 70-73.
26. Suljević D., Mitrašinović-Brulić M. The first record of brook trout (*Salvelinus fontinalis*, Salmonidae) blood cell characteristics and hematological profile: the influence of fish sex on leukocyte count // Aquaculture International. - 2020. - T. 28. - №. 6. - C. 2505-2516.
27. Wang T., Secombes C.J. The cytokine networks of adaptive immunity in fish // Fish Shellfish Immunol. - 2013. - Vol. 35, Iss. 6. - P. 1703-1718. DOI: 10.1016/j.fsi.2013.08.030.
28. Under the guidance of V. the study of fish conditions and boiler power supply / it looks like. the science of the USSR, this is not a bio. science; [ed. land rent.. It's similar. Family of N. N. Pavlovsky]. - Moscow: this is decreasing-it looks like the root. naukom USSR, 1961. - p. 262.
29. Determinant of freshwater fauna of the USSR of fish parasites. Vol. 3: Multicellular. p. 2 / boilers and land rent. Fright. N. Browser; It Looks Like. naukom of the USSR, Zoo. INN. - M.: Nauka, 1987. - p. 583.