

УДК: 639.3.091:612.11/.12(476)  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.4.285

## ОЦЕНКА БИОХИМИЧЕСКОГО СТАТУСА PARASAIMO MYKISS WALBAUM В УСЛОВИЯХ ФОРЕЛЕВОГО ХОЗЯЙСТВА, КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРИРОДНОГО АДАПТОГЕНА НА ОСНОВЕ ЗЕЛЕННЫХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Карпенко Л.Ю.<sup>1</sup> – д-р биол. наук, проф., зав. каф. биохимии и физиологии;  
Сидорова Н.А.<sup>2</sup> – канд. биол. наук, доц., доц. каф. зоологии и экологии;  
Полистовская П.А.<sup>1</sup> – канд. биол. наук, доц. каф. биохимии и физиологии;  
Бахта А.А.<sup>1</sup> – канд. биол. наук, доц., доц. каф. биохимии и физиологии;  
Савушкин А.И.<sup>2</sup> – науч. сотр.; Бабич О.О.<sup>3</sup> – д-р техн. наук, доц.; Сухих С.А.<sup>3</sup> – д-р  
техн. наук, доц., зав. лабораторией микробиологии и биотехнологии; Никонов И.Н.<sup>3</sup> –  
канд. биол. наук, ст. науч. сотр.

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной  
медицины»

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени И. Канта»

\* l.u.karpenko@mail.ru

**Ключевые слова:** радужная форель, гематология рыб, зеленые микроводоросли, каротиноиды.

**Keywords:** rainbow trout, fish hematology, green microalgae, carotenoids.

**Благодарность.** Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 322-23 (Соглашение № 23-16-20026), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).

Поступила: 16.10.2023

Принята к публикации: 17.11.2023

Опубликована онлайн: 08.12.2023



### РЕФЕРАТ

Увеличение выпуска продукции аквакультуры является важным условием поддержки продовольственной безопасности России и обеспечения социально-экономического развития регионов. Одним из ключевых факторов устойчивого функционирования форелевых хозяйств является своевременное и эффективное предупреждение возникновения и распространения заболеваний у выращиваемых рыб [8,10]. Целью представленного исследования был мониторинг состояния форели радужной на основе оценки биохимических показателей крови в возрастной динамике для выявления крити-

ческих периодов и разработки адаптогена из зеленых микроводорослей для коррекции обменных процессов. В представленном исследовании проведено изучение биохимического статуса форели радужной в условиях рыбного хозяйства Республики Карелия. Исследование проводилось в летний период на 4-х возрастных группах. В ходе исследования было выявлено, что возраст форели существенно влияет на изучаемые биохимические показатели крови. В результате исследований выявлено, что у изучаемых животных с возрастом наблюдается достоверное увеличение таких биохимических показателей как АлАТ, общий белок, альбумины, мочевины. Таким образом, в ходе проведенного мониторинга биохимического статуса форели радужной в условиях аквакультуры было установлено, что с возрастом ухудшается состояние организма рыб, что отражается на биохимических показателях крови, таких как общий белок, альбумины, мочевины.

Зеленые микроводоросли хлорелла могут в этом случае выступать в качестве природного адаптогена, нормализующего биохимические показатели крови за счет высокого содержания доступных каротиноидов. Установлено, что в биомассе суспензии препарата на основе хлореллы в заметных количествах накапливаются пигменты хлорофилл *a* (6,68 мг/г) и каротиноиды (3,36 %).

#### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Увеличение выпуска продукции аквакультуры является важным условием поддержки продовольственной безопасности России и обеспечения социально-экономического развития регионов. Особенно перспективно развитие аквакультуры для Северо-Западного региона и Сибири, в связи с благоприятными условиями среды для выращивания ценных пород лососевых рыб. В настоящее время лидирующие позиции по садковому форелеводству занимает Республика Карелия, поставляющая на внутренний рынок более 80% товарной форели, производимой в Российской Федерации. Одним из ключевых факторов устойчивого функционирования форелевых хозяйств является своевременное и эффективное предупреждение возникновения и распространения заболеваний у выращиваемых рыб [8,10].

Известно, что содержание культивируемой форели в условиях скученности и питания искусственными кормами провоцирует снижение иммунитета, быстрое распространение инфекций, подсоединение к первичной инфекции вторичных возбудителей с созданием ассоциированных комплексов, которые усугубляют заболевание и осложняют его клиническую картину. Из-за высокого уровня восприимчивости культивируемых видов гидробионтов к болезням, ухудшения качества воды и широкого спектра стрес-

совых состояний (от ферментативной недостаточности до инфекций и освоения новых условий обитания), индустрия аквакультуры испытывает постоянное ограничение в развитии, что в разы увеличивает важность разработки новых отечественных лечебно-профилактических препаратов со свойствами адаптогенов. Для решения этой проблемы активно исследуются не только морфометрические, но и физиолого-биохимические характеристики культивируемых рыб, которые на сегодняшний день остаются все еще малоизученными [11,12].

К экологически безопасным и эффективным лечебно-профилактическим способам увеличения иммунного статуса организма рыб и поддержания баланса нормальной микрофлоры как в организме, так и в среде обитания считают применение добавок к комбикормам: пробиотиков, фитобиотиков и пребиотиков. Существующий огромный экспериментальный материал доказывает важное значение пробиотических микроорганизмов и фитобиотиков для жизни всех живых организмов, включая и рыб. Основной эффект от их использования связывают с увеличением показателей роста, нормализацией обменных процессов, резистентностью к неблагоприятным факторам окружающей среды [6,14].

Зеленые микроводоросли, в зависимости от вида, являются доступным источ-

ником белков и липидов. В исследованиях Nakagawa H. (1997), посвященных изучению влияния водорослей на обмен веществ у рыб было отмечено, что включение от 2.5 до 10% водорослей в рацион рыб улучшает показатели роста, эффективность использования корма, кишечную микробиоту, физиологическую активность и товарный вид рыбы [2].

Среди фотосинтезирующих пигментов зеленых микроводорослей преобладают хлорофилл и каротиноидные пигменты. Хлорофилла содержится примерно в 10 раз больше, чем в люцерне, наиболее известном источнике этого пигмента. Каротиноиды относятся к обширному классу природных соединений - изопреноидов, наиболее ценным из которых является  $\beta$ -каротин или провитамин А.

Целью представленного исследования был мониторинг состояния форели радужной на основе оценки биохимических показателей крови в возрастной динамике для выявления критических периодов и разработки адаптогена из зеленых микроводорослей для коррекции обменных процессов.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

На первом этапе исследований проведена оценка биохимических показателей крови форели радужной в условиях рыбного хозяйства Республики Карелия. Исследование проводилось в летний период на 4-х возрастных группах (1+,2+,3+,4+), радужной форели (*Parasalmo mykiss* Walbaum, 1792) семейства лососевые – Salmonidae, род лосося – *Salmo* Linne. Количество в группах – 10 особей. Общее количество в исследовании – 40 особей.

Все исследования с рыбой проводили в соответствии с международным этическим стандартом, изложенным в Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в других научных целях, а также согласно требованиям, изложенным в заключении Комитета по этике в области исследований на животных Петрозаводского государственного университета № 274 от 7 мая 2020 года. Для оцен-

ки физиологического состояния рыб определяли следующие гематологические показатели сыворотки: аланинаминотрансферазу (АлАТ), аспаргатаминотрансферазу (АсАТ), щелочную фосфатазу, общий белок, альбумины, креатинин, мочевины, глюкозу, общий билирубин, общий холестерин по общепринятым методикам [7,9,13-14].

На втором этапе исследований была проведена оценка пигментного состава биомассы микроводоросли *Chlorella* для разработки в дальнейшем на ее основе природного адаптогена, для коррекции выявленных изменений в критические возрастные периоды. Для определения пигментов в биомассе микроводоросли *Chlorella* использовали модифицированную спектрофотометрическую методику, разработанную El-Sheekh и Fathy [1]. Для этого 1 г каждого образца высушенной измельченной биомассы суспендировали в 50 мл ацетона и энергично перемешивали магнитной мешалкой C-MAG HS 7 (КА, Германия). Затем растворы помещали в темноту при 4 °С и центрифугировали при 4000 об/мин в течение 10 мин. Полученные супернатанты использовали для определения концентрации хлорофилла *a* (Chl *a*), хлорофилла *b* (Chl *b*) и общих каротиноидов (Car). Концентрации Chl *a*, Chl *b* и Car определяли спектрофотометрически при длинах волн 662, 645 и 470 нм, соответственно с использованием двухлучевого спектрофотометра UV-3600 (Shimadzu, Япония).

Статистическая обработка полученных данных включала вычисление среднего арифметического, определение стандартного отклонения, расчет достоверности по Стьюденту.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты биохимического анализа сыворотки крови радужной форели представлены в таблице 1.

В результате исследований выявлено, что у радужной форели наблюдается возрастная динамика для всех изучаемых показателей. Так уровень показателей белкового и азотистого обмена характеризуется следующими изменениями: из-

менение концентрации общего белка носит линейный характер минимальные значения отмечаются у рыбы в возрасте 1 года и составляют  $33,17 \pm 1,1$  г/л, максимальные концентрации у рыбы в возрасте 4 лет-  $54,9 \pm 0,8$  г/л, достоверные изменения наблюдаются с 3 летнего возраста- у рыб данной группы уровень общего белка выше значений рыб 1 группы на 25% ( $p < 0,05$ ), у рыб 4 группы на 40%; изменение концентрации альбуминов носит линейный характер- минимальные значения отмечаются у форели в возрасте 1 года и составляют  $1,9 \pm 0,2$  ммоль/л, максимальные концентрации у форели в возрасте 4 лет –  $3,8 \pm 0,4$  ммоль/л. Достоверные изменения наблюдаются начиная с 2 летнего возраста – у форели данной группы уровень альбуминов выше значений форели 1 группы на 30%, у форели 3 группы на 40 % ( $p < 0,05$ ), у форели 4 группы на 50 % ( $p < 0,05$ ); изменение концентрации креатинина носит нелинейный характер минимальные значения отмечаются у форели в возрасте 1 года и составляют  $20,26 \pm 9,3$  мкмоль/л, максимальные концентрации у форели в возрасте 3 лет-  $62,18 \pm 9,3$  мкмоль/л. Достоверные изменения наблюдаются начиная с 2 летнего возраста – у форели данной группы уровень креатинина выше значений форели 1 группы в 2 раза, у форели 3 группы в 3 раза, у форели 4 группы в 2 раза.

Изменение концентрации мочевины носит линейный характер минимальные значения отмечаются у форели в возрасте 1 года и составляют  $1,9 \pm 0,2$  ммоль/л, максимальные концентрации у форели в возрасте 4 лет-  $3,8 \pm 0,4$  ммоль/л, достоверные изменения наблюдаются с 3 летнего возраста- у форели данной группы уровень мочевины выше значений форели 1 группы на 40 % ( $p < 0,05$ ), у форели 4 группы на 50 % ( $p < 0,05$ ). Увеличение с возрастом содержание в сыворотке крови общего белка может являться следствием увеличения физиологической активности, включая ростовые и метаболические процессы на уровне индивидуального организма. Высокие концентрации мочевины, обнаруженные в сыворотке крови стар-

ших возрастных групп форели вероятно обусловлены необходимостью накопления мочевины, как возможной антиоксидантной защиты в стрессовых условиях абиотического и биотического генеза.

При оценке возрастной динамики активности изучаемых ферментов выявлено, что с возрастом наблюдается повышение активности изучаемых показателей. Так уровень АлАТ повысился с минимальных значений, отмечаемых в возрасте 1 года с  $1,9 \pm 0,2$  МЕ/л до максимальных значений ( $3,8 \pm 7,6$ ) в возрасте 4 лет, достоверные изменения отмечаются с 2 летнего возраста: у данной группы активность АлАТ выше значений у форели 1 группы на 53 %, у форели 3 группы на 45 %, у форели 4 группы – на 71 %. Уровень АсАТ повысился с минимальных значений, отмечаемых в возрасте 1 года с  $234,1 \pm 63,4$  МЕ/л до максимальных значений ( $359,3 \pm 28,6$ ) в возрасте 4 лет. При оценке уровня ЩФ отмечаются достоверные изменения с 3-летнего возраста: у форели 3 группы активность ЩФ выше значений у форели 1 группы в 1,5 раза, у форели 4 группы в 2,2 раза.

Возрастные изменения характерны для уровня общего билирубина: они носят нелинейный характер: у рыбы в 4-летнем возрасте наблюдается максимальная концентрация, она достоверно выше значений у форели в годовалом возрасте на 30%.

Значительные изменения характерны для уровня общего холестерина: максимальные значения характерны для рыбы в возрасте 4 лет, у данного возраста значение концентрации общего холестерина в 4 раза достоверно выше по сравнению с рыбой в годовалом возрасте. Вероятно, в сыворотке крови самок рыб холестерин является необходимым условием для созревания гонад, а также для подготовки половозрелых самок рыб к фазам размножения и нереста.

При оценке возрастной динамики концентрации глюкозы достоверных изменений в концентрации данного показателя не выявлено.

Таблица 1 – Биохимические показатели сыворотки крови исследуемых групп радужной форели ( $M \pm m$ ,  $n=40$ )

Показатели	Исследуемые группы форели				Реф. значения /Standard values [Nabi, 2022]
	1+ (n = 10)	2+ (n = 10)	3+ (n = 10)	4+ (n = 10)	
АлАТ, МЕ\л	11,26 ±0,8	24,12±4,5*	20,73±0,3*	39,2±7,6*	8 - 21
АсАТ, МЕ\л	234,1 ±63,4	247,9±73,2	301,4±22,8	359,3±28,6	235 -713
Щелочная фосфатаза, МЕ\л	66,24 ±23,6	42,8±13,6	101,1±34,9*	145,6±26,1*	6 - 205
Глюкоза, ммоль/л	2,12 ±0,1	2,55±0,1	2,30±0,1	2,32±0,2	1,92 - 2,70
Общий белок, г/л	33,17 ±1,1	37,1±1,2	44,0±1,4*	54,9±0,8*	30 -39
Альбумины, г/л	1,06 ±0,1	1,5±0,1	2,20±0,1	1,70±0,2	1,2 – 1,6
Креатинин, мкмоль/л	20,26 ±9,3	42,12±4,6*	62,18±9,3*	42,10±6,2*	22,10 - 66,19
Мочевина, ммоль/л	1,9±0,2	2,7 ±0,1	3,2±0,4*	3,8±0,4*	0,56-2,82
Общий билирубин, мкмоль/л	3,12 ±0,3	2,7±0,3	4,30±0,6	4,48±0,8*	3,39 – 5,78
Общий холестерин, ммоль/л	2,07 ±0,3	4,96±0,5*	6,30±1,2*	8,12±1,4*	2,30 -10,60

Примечание: \*  $P < 0,05$  – относительно значений в возрасте 1 года.

При сравнении полученных результатов с референтными значениями для данного вида выявлено, что шесть из изучаемых биохимических показателей: АсАТ, щелочная фосфатаза, глюкоза, общий билирубин, общий холестерин и креатинин выходят за рамки. АлАТ превышала референтные значения в 1.9 раз в возрастной группе 4+. Незначительное превышение в сыворотке крови форели общего белка, альбуминов и мочевины относительно референтных значений отмечено для возрастных групп 3+ и 4+. Среди всех измеренных параметров глюкоза, общий белок, общий холестерин, креатинин значительно варьировали в зависимости от возраста рыбы ( $P < 0,05$ ). Обнаружено, что только три переменные из десяти, протестированные на независимых образцах крови, включая общий белок, общий холестерин и мочевину, оказались значимыми в пределах исследованных возрастных групп ( $P < 0,05$ ). Это означает, что возраст форели существенно влияет на перечисленные биохимические показатели сыворотки крови.

Во втором этапе исследований нами был изучен пигментный состав биомассы микроводоросли *Chlorella* для разработки в дальнейшем на ее основе природного адаптогена для коррекции метаболизма форели в выявленных возрастных критических периодах.

Данные по пигментному составу биомассы микроводоросли *Chlorella* представлены в таблице 2.

Согласно таблице 2, в биомассе микроводоросли *Chlorella* в заметных количествах накапливаются пигменты хлорофилл а (6,68 мг/г) и каротиноиды (3,36 %). Хлорофилл b присутствует в меньших количествах – 1,58 мг/г.

В литературе имеются сведения о накоплении в биомассе микроводоросли *Chlorella kessleri* хлорофилла а на уровне 32,7 мг/г в миксотрофных условиях культивирования по сравнению с 13,1 мг/г в гетеротрофных условиях [10]. Таким образом, варьирование условий выращивания микроводорослей позволяет регулировать уровень фотосинтетических пигментов в клетках.

Таблица 2 – Содержание пигментов в биомассе микроводоросли *Chlorella*

Наименование пигмента	Содержание пигмента
Хлорофилл <i>a</i> , мг/г	6,68±0,10
Хлорофилл <i>b</i> , мг/г	1,58±0,03
Каротиноиды, %	3,36±0,12

Сообщалось о содержании хлорофилла *a* в биомассе *Chlorella vulgaris* в количестве 0,25–9,6 мг/г сухой массы, хлорофилла *b* – 0,07–5,8 мг/г [8], β-каротина – 0,007–0,012 мг/г [49], астаксантина – 0,55 мг/г, лютеина – 0,052–3,8 мг/г, виолаксантина – 0,01–0,04 мг/г [8-9].

Необходимо отметить известные свойства β-каротина, проявляющиеся в антиоксидантном эффекте, что связано с защитой клеток и тканей организма от неблагоприятного воздействия свободных радикалов, которые нарушают гомеостаз клеточных структур и снижают сопротивляемость организма болезням.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSIONS

Таким образом, в ходе проведенного мониторинга возрастной динамики биохимических показателей крови форели радужной в условиях аквакультуры было установлено, что с возрастом ухудшается состояние организма рыб, что отражается на биохимических показателях крови, таких как общий белок, альбумины, мочевины.

Зеленые микроводоросли хлорелла могут в этом случае выступать в качестве природного адаптогена, нормализующего биохимические показатели крови за счет высокого содержания доступных каротиноидов.

#### ASSESSMENT OF THE BIOCHEMICAL STATUS OF PARASAIMO MYKISS WALBAUM IN TROUT FARMING CONDITIONS AS A BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF A NATURAL ADAPTOGEN BASED ON GREEN MICROALGAE

Karpenko L.Yu. – D. Biol. sc., Professor; Sidorova N.A. – Cand. of Biol. Sc., Assoc. Professor; Polistovskaya P.A. – Cand.biol.sc., Assoc. Professor; Bakhta A.A. – Cand.biol.sc., Assoc. Professor; Savushkin A.I. – Researcher; Babich O. O. –

D.Technical sc., Docent; Sukhikh S.A. – D. Technical sc., Docent; Nikonov I.N. – Cand.biol.sc.,

<sup>1</sup> St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

<sup>2</sup> Petrozavodsk State University

<sup>3</sup> Immanuel Kant Baltic Federal University

\* l.u.karpenko@mail.ru

**Gratitude.** The research was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 322-23 (Agreement No. 23-16-20026), conducted jointly with the Republic of Karelia with funding from the Venture Capital Investment Fund of the Republic of Karelia (FVI RK).

#### ABSTRACT

Increasing the output of aquaculture products is an important condition for supporting food security in Russia and ensuring the socio-economic development of the regions. One of the key factors for the sustainable functioning of trout farms is the timely and effective prevention of the occurrence and spread of diseases in farmed fish [8,10]. The purpose of the presented study was to monitor the condition of rainbow trout based on the assessment of biochemical and morphological blood parameters in age dynamics to identify critical periods and develop an adaptogen from green microalgae for the correction of metabolic processes. In the presented study, the hematological status of rainbow trout was studied in the conditions of the fisheries of the Republic of Karelia. The study was conducted in the summer in 4 age groups. During the research, it was revealed that the age of trout significantly affects the biochemical blood levels studied. As a result of the research, it was revealed that in the studied animals with age there is a significant increase in such biochemical parameters as ALT, Total protein, albumin,

and urea. Thus, during the monitoring of the biochemical status of rainbow trout under aquaculture conditions, it was found that the condition of the fish's body worsens with age, which is reflected in the biochemical parameters of the blood, such as total protein, albumin, and urea. In this case, green microalgae *Chlorella* can act as a natural adaptogen that normalizes blood biochemical parameters due to the high content of available carotenoids. It has been established that the pigments chlorophyll a (6.68 mg/g) and carotenoids (3.36%) accumulate in noticeable quantities in the biomass of.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1.El-Sheekh, M.M. Variation of some nutritional constituents and fatty acid profiles of *Chlorella vulgaris* Beijerinck grown under auto and heterotrophic conditions / M.M. El-Sheekh, A.A. Fathy // *International Journal of Botany*. – 2009. – V. 5. – № 2. – P. 153–159.
- 2.Nakagawa H. Effect of dietary algae on improvement of lipid metabolism in fish // *Biomed. Pharmacother.* -1997. - № 51. - P. 345-348.
- 3.Optimization of pressurized liquid extraction of carotenoids and chlorophylls from *Chlorella vulgaris* / K.H. Cha, H.J. Lee, S.Y. Koo, et al. // *J. Agric. Food Chem.* – 2010. – V. 58, 2. – P. 793–797.
- 4.Optimization of seawater-based triacylglycerol accumulation in a freshwater green alga, *Chlorella kessleri*, through simultaneous imposition of lowered-temperature and enhanced-light intensity / T. Hayashi, R. Otaki, K. Hirai, et al. // *Algal Research*. – 2017. – V. 28. – P. 100–107.
- 5.Singh, J. Commercialization potential of microalgae for biofuels production / J. Singh, S. Gu // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2010. – V. 14, 9. – P. 2596–2610.
- 6.Богданов Н. И. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных. Пенза: НИЦ ПГУ. - 2006. 54 с. eUBRARY IO 28340038.
- 7.Зубрихина Г. Н., Блиндарь В. Н., Тимофеев Ю. С. Теория и практика лабораторных гематологических исследований:

учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. - 288 с.

- 8.Мамонтов, И. Ю. Российское форелеводство и перспектива развития / И. Ю. Мамонтов // *Наука без границ*. – 2021. – №1 (53). – С. 55-59.
- 9.Меньшиков, В. В. Клинический диагноз — лабораторные основы. / В.В. Меньшиков – М.: Изд-во "Лабинформ", 1997. – 320 с.
- 10.Полистовская, П. А. Влияние цинка на гематологические показатели карпа / П. А. Полистовская, Л. Ю. Карпенко, А. И. Енукашвили [и др.] // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. – 2019. – Т. 240. – № 4. – С. 151-154.
- 11.Померанцев, Д. А. Актуальные вопросы состояния аквакультуры в Ленинградской области / Д. А. Померанцев, Н. А. Семенов // *Роль и место инноваций в сфере агропромышленного комплекса : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора А.А. Сысоева, Курск, 20 ноября 2019 года*. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2020. – С. 146-149.
- 12.Пронина, Г. Ю. Сравнительная оценка двухлетков карпа (*Cyprinus carpio* L.) разного происхождения по морфологическим, гематологическим и иммунологическим показателям / Г. Ю. Пронина // *Известия ОГАУ*. 2010. №27-1. – С. 247-251.
- 13.Руководство по современным биохимическим методам исследования водных экосистем, перспективных для промысла и марикультуры. - М.: Изд-во ВНИРО, 2004. -123 с.
- 14.Шеховцева Н. В. Экология водных микроорганизмов: методические указания. - Ярославль: Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, 2011. - 84 с.

#### REFERENCES

1. El-Sheekh, M.M. Variation of some nutritional constituents and fatty acid profiles of *Chlorella vulgaris* Beijerinck grown under auto and heterotrophic conditions / M.M. El-

- Sheekh, A.A. Fathy // International Journal of Botany. – 2009. – V. 5. – No. 2. – R. 153–159.
2. Nakagawa H. Effect of dietary algae on improvement of lipid metabolism in fish // Biomed. Pharmacother. -1997. - No. 51. - R. 345-348.
3. Optimization of pressurized liquid extraction of carotenoids and chlorophylls from *Chlorella vulgaris* / K.H. Cha, H.J. Lee, S.Y. Koo, et al. // J. Agric. Food Chem. – 2010. – V. 58, 2. – R. 793–797.
4. Optimization of seawater-based triacylglycerol accumulation in a freshwater green alga, *Chlorella kessleri*, through simultaneous imposition of lowered-temperature and enhanced-light intensity / T. Hayashi, R. Otaki, K. Hirai, et al. // Algal Research. – 2017. – V. 28. – R. 100–107.
5. Singh, J. Commercialization potential of microalgae for biofuels production / J. Singh, S. Gu // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2010. – V. 14, 9. – R. 2596–2610.
6. Bogdanov N.I. Suspension of chlorella in the diet of farm animals. Penza: Research Center PSU. - 2006. 54 p. eUBRARY IO 28340038.
7. Zubrikhina G.N., Blindar V.N., Timofeev Yu.S. Theory and practice of laboratory hematological studies: textbook. M.: GEOTAR-Media, 2020. - 288 p.
8. Mamontov, I. Yu. Russian trout farming and development prospects / I. Yu. Mamontov // Science without borders. – 2021. – No. 1 (53). – pp. 55-59.
9. Menshikov, V.V. Clinical diagnosis - laboratory fundamentals. / V.V. Menshikov – M.: Labinform Publishing House, 1997. – 320 p.
10. Polistovskaya, P. A. The influence of zinc on the hematological parameters of carp / P. A. Polistovskaya, L. Yu. Karpenko, A. I. Erukashvili [et al.] // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after. N.E. Bauman. – 2019. – T. 240. – No. 4. – P. 151-154.
11. Pomerantsev, D. A. Current issues of the state of aquaculture in the Leningrad region / D. A. Pomerantsev, N. A. Semenenko // The role and place of innovation in the agricultural sector: materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to 100 -anniversary of the birth of Professor A.A. Sysoeva, Kursk, November 20, 2019. – Kursk: Kursk State Agricultural Academy named after. Professor I.I. Ivanova, 2020. – pp. 146-149.
12. Pronina, G. Yu. Comparative assessment of two-year-old carp (*Cyprinus carpio* L.) of different origins according to morphological, hematological and immunological parameters / G. Yu. Pronina // Izvestia OGAU. 2010. No. 27-1. – pp. 247-251.
13. Guide to modern biochemical methods for studying aquatic ecosystems that are promising for fishing and mariculture. - M.: Publishing house VNIRO, 2004. -123 p.
14. Shekhovtseva N.V. Ecology of aquatic microorganisms: guidelines. - Yaroslavl: Yarosl. state University named after P. G. Demidova, 2011. - 84 p.