

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 636.2; 636.084; 612.12; 639.3.043.13, 639.3.043.2

Е.В. НЕСТЕРУК

магистр вет. наук¹

Н.П. ДМИТРОВИЧ, канд. с.-х. наук,

доцент кафедры биотехнологии

Полесский государственный университет,

г. Пинск, Республика Беларусь

Т.В. КОЗЛОВА, д-р с.-х. наук, доцент,

профессор кафедры микробиологии и эпизоотологии¹

¹Гродненский государственный аграрный университет,

г. Гродно, Республика Беларусь

Статья поступила 5 октября 2022 г.

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ У ПОЙКИЛО- И ГОМОЙОТЕРМНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СУСПЕНЗИИ ХЛОРЕЛЛЫ

*Одноклеточная пресноводная микроводоросль вида *Chlorella vulgaris* характеризуются относительной простотой выращивания, высокой продуктивностью и высоким содержанием белков и других ценных компонентов. Это связано с наличием пигментов, антиоксидантов, провитаминов, витаминов и веществ для роста, известных как «фактор роста хлореллы» (CGF), которые могут стимулировать иммунную систему, увеличивать потребление и использование корма и способствовать размножению. Ценными компонентами богата не только клеточная масса хлореллы, но и культуральная среда, используемая для ее выращивания.*

На сегодняшний день широко применяют суспензию хлореллы для улучшения рецептур комбикормов. Известно, что эффективность выращивания рыбы напрямую зависит от использования качественных, сбалансированных и недорогих кормов, однако применение новых комбикормов требует контроля физиологического состояния рыб, одним из критериев которого является биохимический состав крови.

Известно, что суспензия хлореллы может быть обогащена органическим селеном, который играет существенную роль в иммунорегуляции в организме.

В работе приводится сравнительный анализ действия суспензии хлореллы на уровень общего белка, трансаминаз и щелочной фосфатазы у пойкило- и гомойотермных животных.

Установлено, что введение в рацион телят суспензии хлореллы и суспензии хлореллы с добавлением селена активизировало физиологические процессы и способствовало оптимизации их некоторых биохимических показателей. Выраженный эффект наблюдался при добавлении в молоко суспензии хлореллы, обогащенной селеном. В результате проведенных опытов по применению суспензии хлореллы при выращивании пойкилотермных животных установлено, что водоросль оказывает достоверное влияние на изменение активности аспартатаминотрансферазы у молодых ленского осетра.

Ключевые слова: суспензия хлореллы, биохимические показатели, клариевый сом, ленский осетр, телята, селен.

NESTSIARUK Yauheni V.

Master of Veterinary Sciences, Junior Researcher of the Branch research Laboratory "Agro-vet"¹

DZMITROVICH Natallya P., PhD in Agric. Sc.,
Associate Professor of the Department of Biotechnology
Polessky State University, Republic of Belarus

KAZLOVA Tamara V., Doctor in Agric. Sc., Associate Professor,
Professor of the Department of Microbiology and Epizootology¹
¹Grodno State Agrarian University, Republic of Belarus

BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLOOD IN POIKILO- AND HOMOIOOTHERMAL ANIMALS USING CHLORELLA

*Unicellular freshwater microalgae of the *Chlorella vulgaris* species are characterized by relative ease of cultivation, high productivity and high content of proteins and other valuable components. This is due to the presence of pigments, antioxidants, provitamins, vitamins, and a growth agent known as "chlorella growth factor" (CGF), which can stimulate the immune system, increase feed intake and utilization, and promote reproduction. Valuable components are rich not only in the cell mass of chlorella, but also in the culture medium used for its cultivation.*

To date, chlorella suspension is widely used to improve compound of mixed fodders. As is known, the efficiency of fish rearing directly depends on the use of high-quality, balanced and inexpensive feeds, however, the use of new mixed fodders requires control of the physiological state of fish, one of the criteria of which is the biochemical composition of the blood. In this work, we studied the effectiveness of the use of domestic mixed fodders with a suspension of chlorella when growing fry of African catfish and Lena sturgeon.

It is known that chlorella suspension can be enriched with organic selenium, which plays an essential role in immunoregulation in the organism.

The article considers the effect of a chlorella suspension grown on a nutrient medium enriched with sodium selenite on the level of total protein, globulins, albumins, transaminases, and phosphatase in the blood of homoiothermal animals.

It was established that the introduction of chlorella suspension and chlorella suspension with the addition of selenium into the diet of calves activated physiological processes and contributed to the optimization of some of their biochemical parameters. A pronounced effect is observed when chlorella suspension enriched with selenium is added to milk. As a result of the experiments on the use of chlorella suspension in the rearing of poikilothermal animals, it was found that the algae has a significant effect on the change in the activity of aspartate aminotransferase in the fry Lena sturgeon.

Keywords: *chlorella suspension, biochemical parameters, African catfish, Lena sturgeon, calves, selenium.*

Введение. Одним из наиболее перспективных методов повышения эффективности выращивания сельскохозяйственных животных является улучшение переваримости ими кормов, что достигается за счет добавления различного рода биологически активных веществ. В связи с этим использование натуральных кормовых добавок в виде суспензии водорослей может способствовать повышению эффективности ведения сельского хозяйства.

Добавление в корма для животных такой водо росли, как хлорелла, оказывает положительное влияние на организм, что, возможно, связано с улучшением вкусовых качеств корма [0], его потреблением и конверсией [0, 0, 0, 0], а также с более высокой усвояемостью минералов [0], а не прямым влиянием на соматический рост. В клеточной массе хлореллы обнаружено до 350 различных веществ, а в культуральной среде – до 310. Следует отметить, что для хлореллы является нормой

выделение в среду различных полезных метаболитов [0]. Водоросль содержит 62% протеина, 30% углеводов, 5% жира, 3% минеральных солей [0]. В ее состав также входят витамины, микроэлементы, пигменты. Одним из них является хлорофилл, обладающий бактерицидным и антиоксидантным действием [0]. Также присутствует природный антибиотик “хлореллин”, губительно влияющий на патогенную микрофлору [0]. В ядре клетки хлореллы содержится уникальная группа веществ – CGF, которая составляет до 18% от общего веса водоросли и содержит свободные аминокислоты, пептиды, гликопротеины, полиамины, фитогормоны, некоторые витамины, минералы и другие, пока еще не определенные компоненты [0], что способствует регенерации тканей, росту и делению клеток. Поэтому скармливание хлореллы животным именно в виде суспензии, а не в сухом или пастообразном виде, с точки зрения биологической ценности предпочтительнее.

Как известно, биохимические особенности микроводорослей, в том числе клеток и суспензии хлореллы, в культуре зависят от многих факторов, особенно от состава питательной среды и способа выращивания. Интерес к добавлению в корма для животных селена, связанного с хлореллой, значительно возрос в связи с тем, что селен накапливается при выращивании водорослей в присутствии высоких уровней селенита в клетке и связывается с белками, 70% из которых представлены селенометионином [0]. Некоторая часть неорганического селена подвергается метилированию зеленой микроводорослью *Chlorella vulgaris* в водорастворимые менее токсичные органические селениды, которые далее экскретируются из клеток [0, 0, 0]. Именно с данной особенностью взаимодействия неорганического селена с клетками хлореллы связан научный и практический интерес использования его при выращивании животных, так как образующиеся при этом органические формы селена менее токсичны, способны включаются в большое число белков и обладают лучшей всасываемостью в кишечнике животных.

Важность потребления животными селена объясняется тем, что он является незаменимым микроэлементом, обладающим антиоксидантным действием [0, 0, 0, 0], играет существенную роль в синтезе гормонов щито-

видной железы [0], а также стимулирует превращение метионина в цистеин и синтез глутатиона, что способствует общему увеличению антиоксидантного потенциала клеток и детоксикации липопироксидов [0, 0, 0].

При использовании в составе кормов новых компонентов, в том числе суспензии хлореллы или суспензии хлореллы, обогащенной селеном, необходимо строго контролировать физиологическое состояние сельскохозяйственных животных. Известно, что кровь является индикатором изменений организма под влиянием внешних факторов, в связи с чем представляло научный интерес изучение воздействия индивидуального способа выпойки суспензии хлореллы и суспензии хлореллы с добавлением селена. Также известно, что физиологическое состояние рыб может быть оценено по нескольким критериям, в том числе и по биохимическому составу крови, т.к. кровь у рыб является информативным индикатором состояния их организма.

Целью исследований являлось определение влияния введения в состав комбикормов для молоди ленского осетра и клариевого сома суспензии хлореллы на некоторые биохимические показатели крови данных животных, а также воздействия индивидуального способа выпаивания молодняку крупного рогатого скота суспензии хлореллы и суспензии хлореллы, обогащенной селеном, на эти показатели.

Материал и методика исследований. В опыте с пойкилотермными животными молодь ленского осетра кормили экструдированным комбикормом для осетровых рыб с добавлением суспензии хлореллы (опытная группа), молодь клариевого сома кормили экструдированным комбикормом для сомовых рыб с добавлением суспензии хлореллы (опытная группа), в качестве контроля использовали корма фирмы «Соррепс» (контрольная группа). Каждый вид корма испытывали в двукратной повторности. Молодь ленского осетра кормили два раза в день, утром и вечером. Количество задаваемого корма рассчитывали в зависимости от возраста и массы рыб в соответствии со стандартными рекомендациями по кормлению соответствующих видов и рекомендаций производителей кормов. Также осуществляли контроль поедаемости кормов. Суспензию хлореллы добав-

ляли в количестве 5% от массы, концентрация клеток составляла 8 млн кл./мл.

Для определения биохимического состава (содержание общего белка, активность щелочной фосфатазы, аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ)) кровь у рыб отбирали, соблюдая общепринятые методики, в начале и в конце проведения опыта. Количество биохимических компонентов крови определяли с помощью биохимического анализатора «ChemWell» согласно методикам, разработанным фирмой «АнализМед».

В опыте с гомойотермными животными телят содержали в одинаковых условиях, индивидуально в клетках, без выгула, обслуживали постоянные операторы, получали равное количество концентратов. Опыт проводили на телятах черно-пестрой породы, живой массой от 36 до 56 кг по 20 голов в каждой группе, от пятнадцатидневного до месячного возраста. Продолжительность опыта составила 30 календарных дней, формировали 3 группы животных (контрольная и две опытных). Подбор групп проводили по принципу пар-аналогов, на основании документации зоотехнического учета, данных взвешиваний, визуальной оценке [0] и результатам исследований показателей крови. Контрольная группа получала стартерную смесь + цельное молоко (4 л) в сутки на теленка; опытная группа I – стартерную смесь +

цельное молоко (4 л) + 300 мл суспензии хлореллы, выращенной на стандартной питательной среде в сутки на теленка; опытная группа II – стартерную смесь + цельное молоко (4 л) + 300 мл суспензии хлореллы, выращенной на питательной среде, обогащенной селенитом натрия в сутки на теленка. В молоко суспензию хлореллы добавляли с одинаковой численностью клеток.

В сыворотке крови бычков определяли общий белок, аланинаминотрансферазу (АЛТ), аспартатаминотрансферазу (АСТ), щелочную фосфатазу (ЩФ). Биохимический анализ крови проводили на биохимическом анализаторе DIALAB Autolyser на базе НИЛ УО «ГГАУ», согласно методическим указаниям по биохимическому исследованию крови животных с использованием диагностических наборов (МУ № 02-1-30/366 от 20.12.2016). Кровь отбирали на 1-ый и 30-ый день опыта.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты биохимических исследований сыворотки крови молоди ленского осетра и молоди клариевого сома при кормлении опытными и контрольным комбикормами представлены в таблице 1.

Содержание общего белка в крови ленского осетра было у нижней границы физиологической нормы в начале эксперимента, что могло быть связано со стрессом, полученным при транспортировке и пересадке.

Таблица 1. – Биохимические показатели крови ленского осетра и клариевого сома

Время отбора проб	Ленский осетр		Клариевый сом	
	Опытная группа	Контрольная группа	Опытная группа	Контрольная группа
Общий белок, г/л				
В начале опыта	13,26±2,03	14,70±0,45	22,04±0,00	29,07±0,00
В конце опыта	18,53±2,71	20,45±0,00	41,53±0,45	36,92±0,20
АЛТ, ед/л				
В начале опыта	31,61±8,94	32,16±0,39	36,94±8,40	43,71±6,61
В конце опыта	19,52±4,28	45,63±0,01	26,72±7,88	44,81±4,91
АСТ, ед/л				
В начале опыта	26,56±6,92*	34,86±11,12	415,42±2,94	478,74±30,00
В конце опыта	30,56±4,20*	52,52±0,00	47,47±10,49	85,16±13,01
Щелочная фосфатаза, ед/л				
В начале опыта	110,15±16,44	72,76±15,01	39,92±3,57	45,22±3,93
В конце опыта	66,44±7,50	114,19±0,01	20,21±5,00	3,76±0,68

Примечание –* – достоверно отличается от контроля при $p < 0,05$.

Однако в дальнейшем содержание общего белка увеличилось как в крови у рыб контрольной группы, так и в крови у рыб опытной группы, получавшей корма с добавлением суспензии хлореллы.

На протяжении всего эксперимента активность АЛТ и АСТ не превышала физиологическую норму. Кормление с добавлением суспензии хлореллы привело к небольшому увеличению активности АСТ.

Однако в контрольной группе активность данного фермента была гораздо выше, по сравнению с опытной группой, что свидетельствовало о положительном влиянии кормовой добавки. Таким образом, кормление ленского осетра комбикормами с суспензией водорослей приводило к снижению активности АЛТ.

Снижение активности щелочной фосфатазы при потреблении комбикормов с суспензией хлореллы также свидетельствовало об улучшении физиологического состояния молоди ленского осетра. Результаты согласуются с полученными ранее для ленского осетра и рыб семейства *Acipenseridae* [0, 0, 0].

После кормления сомов опытными кормами с хлореллой, содержание общего белка в плазме крови увеличилось также, как и в контрольной группе.

Кормление клариевого сома комбикормом с добавлением суспензии хлореллы привело к снижению активности АЛТ, АСТ и щелочной фосфатазы. Результаты проведенных ис-

следований согласуются с данными о биохимических показателях крови клариевого сома, полученными ранее другими учеными [0, 0].

Результаты биохимических исследований сыворотки крови телят, при выпаивании им суспензии хлореллы и суспензии хлореллы, обогащенной селеном, представлены в таблице 2.

Анализ данных показал, что основные показатели крови подопытных животных в начале и в конце опыта находились в пределах физиологической нормы. Исследования показали, что у телят в начале опыта, как в контрольной, так и опытных группах, концентрация общего белка в крови была на одинаково невысоком уровне и составляла 51,08 (г/л) у контрольной группы, 49,26 (г/л) у I-ой опытной группы, 48,90 (г/л) у II-ой опытной группы. Однако к концу эксперимента, после применения суспензии хлореллы и суспензии хлореллы, обогащенной селеном, содержание общего белка в крови опытных групп увеличилось на 9,73% и 11,06% и составило 59,31 (г/л) ($p<0,01$) в I-ой опытной группе и 60,03 (г/л) ($p<0,01$) во II-ой опытной группе соответственно, против 54,05 (г/л) в контрольной группе.

Уровень содержания белка в сыворотке может повышаться вследствие дегидратации в результате потери части внутрисосудистой жидкости.

Таблица 2. – Результаты биохимических исследований сыворотки крови телят (n=10)

Время отбора проб	Группа		
	Контрольная группа	Опытная группа I	Опытная группа II
Общий белок, г/л			
В начале опыта	51,08±0,96	49,26±1,16	48,90±0,85
В конце опыта	54,05±0,61	59,31±1,41**	60,03±1,14**
АЛТ, ед/л			
В начале опыта	12,54±0,9	12,84±1,0	12,15±1,0
В конце опыта	34,41±1,15	32,75±1,36	31,37±1,69
АСТ, ед/л			
В начале опыта	38,41±1,84	38,20±1,86	39,42±2,13
В конце опыта	61,58±1,71	62,36±1,70	60,79±1,75
Щелочная фосфатаза, ед/л			
В начале опыта	130,59±9,4	139,31±4,6	126,87±8,3
В конце опыта	138,87±7,0	160,69±11,3	174,31±7,6**

Примечание – * – достоверно отличается от контроля при $p<0,05$, ** – достоверно отличается от контроля при $p<0,01$, *** – достоверно отличается от контроля при $p<0,001$.

Это возможно при тяжелых травмах, обширных ожогах и различных заболеваниях. При острых инфекциях содержание общего белка часто повышается вследствие дегидратации и одновременного возрастания синтеза белков острой фазы.

Животные контрольных и опытных групп находились под постоянным наблюдением и были клинически здоровыми. Похожие результаты по влиянию хлореллы на показатель общего белка были получены у зарубежных исследователей как у гомойотермных, так и у пойкилотермных животных [0, 0].

В клинической биохимии большое значение имеют показатели АЛТ и АСТ, поскольку при действии стресс-факторов, дисфункциях, деструкции клеток активность этих ферментов в крови значительно увеличивается [0].

Установлено, что в опытной группе, где животным задавали суспензию хлореллы, обогащенную селеном, наблюдалась тенденция к снижению уровня АЛТ. Так, у животных II-ой опытной группы уровень АЛТ был ниже, по сравнению с контролем на 3,04 ед/л, или 9,69%. Такое снижение активности фермента АЛТ объясняется присутствием микроэлемента селена, который снижает токсическое влияние на клетки печени, тем самым позволяя уменьшить уровень АЛТ. Анализ показал, что активность АСТ во II-ой опытной группе была ниже, но незначительно.

Зарубежными исследователями [0] обнаружено, что *Chlorella* обладает гепатозащитным действием, поскольку смягчает токсические эффекты афлатоксинов. Результаты этих исследований согласуются с Peng et al. (2009), которые сообщили о гепатопротекторном эффекте хлореллы против индуцированного четыреххлористого углерода (CCl_4) у крыс, основным механизмом которого, вызывающим повреждение печени, является окислительный стресс [0].

Щелочная фосфатаза (ЩФ) содержится во всех органах и тканях животных, особенно много ее в костной ткани, печени, слизистой оболочке кишечника. Фермент ЩФ используется в диагностике как индикатор повреждения печени. Примечательно, что у телят активность щелочной фосфатазы в 5–15 раз выше, чем у взрослых коров, что обусловлено гиперфункцией остеобластов [0]. Так, согласно Ježek (2007), колебания содержания

щелочной фосфатазы в организме телят в 3–8 недельном возрасте варьирует от $132,8 \pm 57,0$ до $216,2 \pm 97,7$ (Ед/л) [0].

Установлено, что у молодняка крупного рогатого скота I-ой и II-ой опытных групп уровень щелочной фосфатазы был достоверно выше и составил $160,69 \pm 11,3$ (ед/л) и $174,31 \pm 7,6$ (ед/л) ($p < 0,01$) соответственно, по сравнению с показателями у животных из контрольной группы – $138,87 \pm 7,0$ (ед/л).

Из полученных данных видно, что содержание щелочной фосфатазы у животных опытных групп выше, по сравнению с показателями у животных контрольных групп. Полученные результаты являются статистически значимыми. В сыворотке крови молодых быстрорастущих животных преобладает изофермент, содержащийся в костной ткани, у взрослых животных его активность снижается [0]. У молодняка высокое содержание щелочной фосфатазы является признаком интенсивного роста костяка.

Повышение продуктивности и оптимизация биохимических показателей крови под влиянием селена объясняется его адаптогенным влиянием, обеспечивающим предупреждение или нивелирование последствий кормовых стрессов и стрессов, связанных с нарушением содержания гомойотермных животных [0].

Заключение. Таким образом, введение суспензии хлореллы в корма для пойкило- и гомойотермных сельскохозяйственных животных оказывает достоверное влияние на некоторые биохимические показатели крови. Так, влиянию суспензии хлореллы среди изученных животных подвергался фермент аспаратаминотрансфераза, активность которого у пойкилотермных животных повышалась, но, тем не менее, была ниже, чем у рыб, употреблявших корма без суспензии.

У гомойотермных животных введение суспензии хлореллы в рацион питания привело к достоверному увеличению количества общего белка. Так же применение суспензии хлореллы в основном рационе телят продемонстрировало стимулирующий эффект на рост щеточной фосфатазы в крови подопытных животных. Из полученных данных видно, что содержание щелочной фосфатазы у животных II-ой опытной группы достоверно выше, по сравнению с показателями у жи-

вотных контрольных групп.

Список литературы

1. Блинохватов, А. Ф. Селен в биосфере / А. Ф. Блинохватов, Г. В. Денисова. – Пенза : Пенз. гос. с.-х. акад., 2001. – 323 с.
2. Борознов, С. Л. Биохимические показатели крови высокопродуктивных коров и новорожденных телят / С. Л. Борознов, А. П. Курдеко, А. А. Мацинович // Учен. зап. УО «Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины». – 2006. – Т. 42, вып. 1, ч. 1. – С. 10–13.
3. Власов, В. А. Пробиотик в комбикорме для клариевого сома / В. А. Власов // Комбикорма. – 2013. – № 4. – С. 61–63.
4. Григорьева, Т. Е. Изоферментный состав щелочной фосфатазы сыворотки крови крупного рогатого скота в зависимости от возраста и физиологического состояния животных / Т. Е. Григорьева, Е. В. Юрьева, Г. И. Иванов // С.-х. биология. – 1991. – № 4. – С. 40–43.
5. Громыко, Е. В. Оценка состояния организма коров методами биохимии / Е. В. Громыко // Экол. вестн. Сев. Кавказа. – 2005. – № 2. – С. 80–94.
6. Действие биогелей из морских водорослей на облигатную микрофлору кишечника / Н. М. Аминина [и др.] // Здоровье. Мед. экология. Наука. – 2009. – № 4-5. – С. 20–23.
7. Кривошеин, В. В. Гематологические и интерьерные показатели осетров при тепловодной биотехнологии / В. В. Кривошеин // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. – 2006. – № 8. – С. 10–12.
8. Кудрявцев, А. А. Исследование крови в ветеринарной диагностике / А. А. Кудрявцев. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Селхозгиз, 1952–1953. – 2 т.
9. Мухрамова, А. А. Оценка состояния молоди русского осетра по рыбоводно-биологическим параметрам и биохимическим показателям крови после кормления экспериментальными кормами / А. А. Мухрамова // Вестник КазНУ. Сер. экологическая. – 2012. – № 1 (33). – С. 103–106.
10. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве / А. И. Овсянников. – М. : Колос, 1976. – 303 с.
11. Особенности накопления селена и его биологическая роль у водорослей (обзор) / О. И. Боднар [и др.] // Гидробиол. журн. – 2014. – Т. 50, № 5. – С. 72–79.
12. Сальникова, М. Я. Хлорелла – новый вид корма / М. Я. Сальникова. – М. : Колос, 1977. – 95 с.
13. Сорокина, Н. В. Влияние комбикорма с тыквенным жмыхом на рост и физиологическое состояние стерляди / Н. В. Сорокина, А. Р. Лозовский // Естественные науки. – 2010. – № 4 (33). – С. 74–79.
14. Станчев, П. И. Экзометаболиты водорослей и их биологически активные вещества / П. И. Станчев // Гидробиология. – 1980. – № 10. – С. 70–77.
15. Тимошко, М. А. Заселенность микрофлорой пищеварительного тракта отдельных видов сельскохозяйственных животных / М. А. Тимошко // Микрофлора пищеварительного тракта молодняка сельскохозяйственных животных / М. А. Тимошко ; отв. ред. И. Г. Пивняк. – Кишинев, 1990. – Гл. 2. – С. 31–42.
16. Третьяков, Е. А. Применение суспензии хлореллы в питании ремонтных телок / Е. А. Третьяков, М. В. Механикова, Т. С. Кулакова // Молодой ученый. – 2016 – № 6-5. – С. 102–105.
17. A little green helpmate / S. Jahn [et al.] // NeueLandwirtschaft. – 2005. – Vol. 1. – P. 64–65.
18. Abalaka, S. E. Evaluation of the haematology and biochemistry of *Clarias gariepinus* as biomarkers of environmental pollution in Tiga dam, Nigeria / S. E. Abalaka // Brazilian archives of biology and technology. – 2013. – Vol. 56, № 3. – P. 371–376.
19. Bender, J. Uptake and transformation of metals and metalloids by microbial mats and their use in bioremediation / J. Bender, R. F. Lee, P. Phillips // J. Industr. Microbiol. – 1995. – Vol. 14, № 2. – P. 113–118.
20. Doucha, J. The chlorella programme in the Czech Republic [Electronic resource] / J. Doucha / ResearchGate. – Mode of access: https://www.researchgate.net/publication/258697445_The_Chlorella_Programme_in_the_Czech_Republic. – Date of access: 16.04.2022.
21. Effect of dietary natural supplements on immune response and mineral bioavailability in piglets after weaning / I. Taranu [et al.] // Czech J. of Animal Science. – 2012. – Vol. 57, № 7. – P. 332–347.

22. Efficacy of *Chlorella pyrenoidosa* to ameliorate the hepatotoxic effects of aflatoxin B1 in broiler chickens / Z. Subhani [et al.] // Pakistan Veterinary J. – 2018. – Vol. 38, № 1. – P. 13–18.
23. Hepatoprotection of chlorella against carbon tetrachloride-induced oxidative damage in rats / H.-Y. Peng [et al.] // In Vivo. – 2009. – Vol. 23, № 5. – P. 747–754.
24. Jahn, S. Investigation of economic efficiency from Chlorella biomass in the piglet production / S. Jahn, D. Sparborth, H. J. Thieme // Abstracts of 2nd European Workshop Biotechnology of Microalgae, Bergholz-Rehbrücke, 11–12 Sept. 1995 / IGV Inst. Für Getreideverarbeitung [et al.]. – Bergholz-Rehbrücke, 1995. – P. 108–111.
25. Ježek, J. The dynamics of serum immunoglobulin concentrations and hematological and biochemical parameters in the period to the age of 24 weeks in differently reared calves / J. Ježek. – Slovenija ; Ljubljana : Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta, 2007. – 172 p.
26. Kaneko, J. J. Serum proteins and the disproteinemias / J. J. Kaneko // Clinical biochemistry of domestic animals / ed.: J. J. Kaneko, J. W. Harvey, M. L. Bruss. – 5th ed. – San Diego, 1997. – P. 117–138.
27. Low selenium status of inhabitants of South Bohemia and its relation to iodine and thyroid hormone metabolism / J. Kvičala [et al.] // Biomarkers a. Environment. – 1997. – Vol. 1. – P. 12–20.
28. Oyamada, N. Methylation of inorganic selenium compounds by freshwater green algae *Ankistrodesmus sp.*, *Chlorella vulgaris* and *Selenastrum sp.* / N. Oyamada, G. Takahashi, M. Ishizaki // Eisei Kagaku. – 1991. – Vol. 37, № 2. – P. 83–88.
29. Price, N. M. Specific selenium-containing macromolecules in the marine diatom *Thalassiosira pseudonana* / N. M. Price, P. J. Harrison // Plant Physiology. – 1988. – Vol. 86, № 1. – P. 192–199.
30. Riedel, G. F. Uptake, transformation, and impact of selenium in freshwater phytoplankton and bacterioplankton communities / G. F. Riedel, J. G. Sanders, C. C. Gilmour // Aquatic Microbial Ecology. – 1996. – Vol. 11, № 1. – P. 43–51.
31. Storandt, R. Algae in animal production / R. Storandt, O. Pulz, H. Franke // Tierernährung–Ressourcen und neue Aufgaben : Expo 2000, Hannover, 15-16 Juni 2000 : Workshop / Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover, Inst. Für Tierernährung ; hrsg. J. Kamphues. – Braunschweig, 2000. – S. 31.
32. Synthesis and structure characterization of selenium metabolites / T. W.-M. Fan [et al.] // Analyst. – 1998. – Vol. 123, № 5. – P. 875–884.
33. The effects of *Chlorella vulgaris* supplementation on growth performance, blood characteristics, and digestive enzymes in Koi (*Cyprinus carpio*) / M. Khani [et al.] // Iranian J. of Fisheries Sciences. – 2017. – Vol. 16, № 2. – P. 832–834.
34. Yamaoka, Y. Biosynthesis of glutathione and environmental factors relating to selenium accumulation by algae / Y. Yamaoka, O. Takimura, H. Fuse // Program of the First International Marine Biotechnology Conference (IMBC'89). – Tokyo, 1989. – P. 63.
35. Yan, L. Effect of fermented Chlorella supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, fecal microbial and fecal noxious gas content in growing pigs / L. Yan, S. U. Lim, I. H. Kim // Asian-Australasian J. of Animal Sciences. – 2012. – Vol. 25, № 12. – P. 1742–1747.

References

1. Blinohvatov, A. F. *Selen v biosfere* [Selenium in the biosphere]. Penza, Penz. gos. s.-h. akad., 2001, 323 p. (In Russian)
2. Boroznov, S. L. *Biohimicheskie pokazateli krovi vysokoproduktivnyh korov i novorozhdennyh telyat* [Biochemical parameters of blood of highly productive cows and newborn calves]. *Uchen. zap. UO «Viteb. gos. akad. veterinar. mediciny»* [Uchen.zap. UO "Viteb. state acad. veterinarian. medicine"], 2006, no. 42, iss. 1, ch. 1, pp. 10–13. (In Russian)
3. Vlasov, V. A. *Probiotik v kombikorme dlya klariyevogo soma* [Probiotic in feed for clariid catfish]. *Kombikorma* [Compound feed], 2013, no. 4, pp. 61–63. (In Russian)
4. Grigor'eva, T.E. *Izofermentnyj sostav shchelochnoj fosfatazy syvorotki krovi krupnogo rogatogo skota v zavisimosti ot vozrasta i fiziologicheskogo sostoyaniya zhivotnyh* [Isoenzyme composition of alkaline phosphatase in blood serum of cattle depending on the age

- and physiological state of animals]. *S.-h. biologiya* [Agricult. biology], 1991, no. 4, pp. 40–43. (In Russian)
5. Gromyko, E. V. *Ocenka sostoyaniya organizma korov metodami biohimii* [Evaluation of the state of the body of cows by biochemistry methods]. *Ekol.vestn. Sev. Kavkaza* [Ecological Vestn. North Caucasus], 2005, no. 2, pp. 80–94. (In Russian)
 6. *Dejstvie biogelej iz morskih vodoroslej na obligatnuyu mikrofloru kishhechnika* [The effect of seaweed biogels on the obligate intestinal microflora]. *Zdorov'e. Med. ekologiya. Nauka* [Health. Medical ecology. The science.], 2009, no. 4–5, pp. 20–23. (In Russian)
 7. Krivoshein, V. V. *Gematologicheskie i inter'ernye pokazateli osetrov pri teplovodnoj biotekhnologii* [Hematological and interior indicators of sturgeon in warm-water biotechnology]. *Vestnik KGU im. N. A. Nekrasova* [Bulletin of KGU im. N. A. Nekrasova], 2006, no. 8, pp. 10–12. (In Russian)
 8. Kudryavcev, A.A. *Issledovanie krovi v veterinarnoj diagnostike* [Blood study in veterinary diagnostics]. Moscow, Selhozgiz, 1952–1953. – 2 t. (In Russian)
 9. Muhramova, A. A. *Ocenka sostoyaniya molodi russkogo osetra po rybovodnobiologicheskim parametram i biohimicheskimi pokazatelyam krovi posle kormleniya eksperimental'nymi kormami* [Assessment of the state of Russian sturgeon juveniles according to fish-breeding and biological parameters and biochemical parameters of blood after feeding with experimental feeds]. *Vestnik KazNU. Ser. ekologicheskaya* [Bulletin of KazNU. Ser.ecological], 2012, no. 1 (33), pp. 103–106. (In Russian)
 10. Ovsyannikov, A. I. *Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve* [Fundamentals of experimental work in animal husbandry]. Moscow, Kolos, 1976, 303 p. (In Russian)
 11. *Osobennosti nakopleniya selena i ego biologicheskaya rol' u vodoroslej (obzor)* [Features of selenium accumulation and its biological role in algae (review)]. *Gidrobiol. zhurn.* [Gidrobiol. J.], 2014, iss. 50, no. 5, pp. 72–79. (In Russian)
 12. Sal'nikova, M. YA. *Hlorella – novyj vid korma* [Chlorella is a new type of feed]. Moscow, Kolos, 1977, 95 p. (In Russian)
 13. Sorokina, N. V. *Vliyanie kombikorma s tykvennym zhmyhom na rost i fiziologichesкое sostoyanie sterlyadi* [Influence of compound feed with pumpkin cake on the growth and physiological state of sterlet]. *Estestvennye nauki* [Natural Sciences], 2010, no. 4 (33), pp. 74–79. (In Russian)
 14. Stanchev, P. I. *Ekzometabolity vodoroslej i ih biologicheski aktivnye veshchestva* [Exometabolites of algae and their biologically active substances]. *Gidrobiologiya* [Hydrobiology], 1980, no. 10, pp. 70–77. (In Russian)
 15. Timoshko, M.A. *Zaselennost' mikrofloroy pishchevaritel'nogo trakta otdel'nykh vidov sel'skokozyajstvennykh zhivotnykh* [Population of the microflora of the digestive tract of certain types of farm animals]. *Mikroflora pishchevaritel'nogo trakta molodnyaka sel'skokozyajstvennykh zhivotnykh* [Microflora of the digestive tract of young farm animals], Kishinev, 1990, Ch. 2, pp. 31–42. (In Russian)
 16. Tret'yakov, E. A. *Primenenie suspenzii hlorelly v pitanii remontnykh telok* [The use of chlorella suspension in the nutrition of replacement heifers]. *Molodoj uchenyj* [Young scientist], 2016, no. 6–5, pp. 102–105. (In Russian)
 17. A little green helpmate / S. Jahn [et al.] // *Neue Landwirtschaft*. – 2005. – Vol. 1. – P. 64–65.
 18. Abalaka, S. E. Evaluation of the haematology and biochemistry of *Clarias gariepinus* as biomarkers of environmental pollution in Tiga dam, Nigeria / S. E. Abalaka // *Brazilian archives of biology and technology*. – 2013. – Vol. 56, № 3. – P. 371–376.
 19. Bender, J. Uptake and transformation of metals and metalloids by microbial mats and their use in bioremediation / J. Bender, R. F. Lee, P. Phillips // *J. Industr. Microbiol.* – 1995. – Vol. 14, № 2. – P. 113–118.
 20. Doucha, J. The chlorella programme in the Czech Republic [Electronic resource] / J. Doucha / ResearchGate. – Mode of access: https://www.researchgate.net/publication/258697445_The_Chlorella_Programme_in_the_Czech_Republic. – Date of access: 16.04.2022.
 21. Effect of dietary natural supplements on immune response and mineral bioavailability in piglets after weaning / I. Taranu [et al.] // *Czech J. of Animal Science*. – 2012. – Vol. 57, № 7. – P. 332–347.

22. Efficacy of *Chlorella pyrenoidosa* to ameliorate the hepatotoxic effects of aflatoxin B1 in broiler chickens / Z. Subhani [et al.] // Pakistan Veterinary J. – 2018. – Vol. 38, № 1. – P. 13–18.
23. Hepatoprotection of chlorella against carbon tetrachloride-induced oxidative damage in rats / H.-Y. Peng [et al.] // In Vivo. – 2009. – Vol. 23, № 5. – P. 747–754.
24. Jahn, S. Investigation of economic efficiency from Chlorella biomass in the piglet production / S. Jahn, D. Sparborth, H. J. Thieme // Abstracts of 2nd European Workshop Biotechnology of Microalgae, Bergholz-Rehbrücke, 11–12 Sept. 1995 / IGV Inst. Für Getreideverarbeitung [et al.]. – Bergholz-Rehbrücke, 1995. – P. 108–111.
25. Ježek, J. The dynamics of serum immunoglobulin concentrations and hematological and biochemical parameters in the period to the age of 24 weeks in differently reared calves / J. Ježek. – Slovenija ; Ljubljana : Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta, 2007. – 172 p.
26. Kaneko, J. J. Serum proteins and the disproteinemias / J. J. Kaneko // Clinical biochemistry of domestic animals / ed.: J. J. Kaneko, J. W. Harvey, M. L. Bruss. – 5th ed. – San Diego, 1997. – P. 117–138.
27. Low selenium status of inhabitants of South Bohemia and its relation to iodine and thyroid hormone metabolism / J. Kvíčala [et al.] // Biomarkers a. Environment. – 1997. – Vol. 1. – P. 12–20.
28. Oyamada, N. Methylation of inorganic selenium compounds by freshwater green algae *Ankistrodesmus sp.*, *Chlorella vulgaris* and *Selenastrum sp.* / N. Oyamada, G. Takahashi, M. Ishizaki // Eisei Kagaku. – 1991. – Vol. 37, № 2. – P. 83–88.
29. Price, N. M. Specific selenium-containing macromolecules in the marine diatom *Thalassiosira pseudonana* / N. M. Price, P. J. Harrison // Plant Physiology. – 1988. – Vol. 86, № 1. – P. 192–199.
30. Riedel, G. F. Uptake, transformation, and impact of selenium in freshwater phytoplankton and bacterioplankton communities / G. F. Riedel, J. G. Sanders, C. C. Gilmour // Aquatic Microbial Ecology. – 1996. – Vol. 11, № 1. – P. 43–51.
31. Storandt, R. Algae in animal production / R. Storandt, O. Pulz, H. Franke // Tierernährung–Ressourcen und neue Aufgaben : Expo 2000, Hannover, 15-16 Juni 2000 : Workshop / Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover, Inst. Für Tierernährung ; hrsg. J. Kamphues. – Braunschweig, 2000. – S. 31.
32. Synthesis and structure characterization of selenium metabolites / T. W.-M. Fan [et al.] // Analyst. – 1998. – Vol. 123, № 5. – P. 875–884.
33. The effects of *Chlorella vulgaris* supplementation on growth performance, blood characteristics, and digestive enzymes in Koi (*Cyprinus carpio*) / M. Khani [et al.] // Iranian J. of Fisheries Sciences. – 2017. – Vol. 16, № 2. – P. 832–834.
34. Yamaoka, Y. Biosynthesis of glutathione and environmental factors relating to selenium accumulation by algae / Y. Yamaoka, O. Takimura, H. Fuse // Program of the First International Marine Biotechnology Conference (IMBC'89). – Tokyo, 1989. – P. 63.
35. Yan, L. Effect of fermented Chlorella supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, fecal microbial and fecal noxious gas content in growing pigs / L. Yan, S. U. Lim, I. H. Kim // Asian-Australasian J. of Animal Sciences. – 2012. – Vol. 25, № 12. – P. 1742–1747.

Received 5 October 2022