

## **ВЛИЯНИЕ ЛЮПИНА БЕЛОГО НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ**

**Николай Васильевич Гапонов**, к.б.н., ведущий научный сотрудник  
ФГБНУ *Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФНЦ «ВИК имени В.П. Вильямса»* (241524, Россия, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Берёзовая, д. 2), *nv.1000@bk.ru*

Изучали влияние люпина белого на гематологические показатели крови радужной форели. При разработке экономически выгодных программ кормления рыбы с учетом технологических параметров производства максимально оптимизировали состав комбикормов по питательности на фоне снижения их себестоимости. При сбалансированном рационе биохимический состав крови форели довольно постоянен. Недостаточное или избыточное поступление в их организм макро- и микронутриентов нарушает метаболические процессы в тканях, что отражается на этих показателях. Установили, что у рыбы третьей группы при введении в рацион люпина белого, содержащего менее 0,02 % алкалоидов, уровень билирубина в крови был выше контрольных значений на 3,50 %, а по сравнению с таковым в четвертой группе – на 7,0 %, но находился в пределах нормы и статистической значимости различия не достигли ( $p>0,05$ ). Соответственно не нарушена экскреция и конъюгация билирубина. Содержание общего белка в крови форели третьей и четвертой группы относительно контроля увеличилось соответственно на 4,8 ( $p<0,01$ ) и 21,7 %, что обусловлено возрастными изменениями и сбалансированностью рецептур. **Ключевые слова:** люпин белый, форель, рецептура, фермент, протеин, алкалоид, кровь.

### **Changes in biochemical blood parameters of rainbow trout when white lupine is included in the diet**

**N.V. Gaponov**, PhD in Biology, Leading researcher

*All-Russian Lupine Scientific Research Institute – Branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology* (241524, Russia, Bryansk region, p/o Michurinskiy, Berezovaya str., 2), *nv.1000@bk.ru*

The effect of white lupine on hematological blood parameters of rainbow trout was studied. When developing cost-effective fish feeding programs, taking into account the technological parameters of production, we maximally optimized the composition of mixed feeds in terms of nutritional value against the background of reducing their cost. With a balanced diet, the biochemical composition of the blood of a trout is fairly constant. Insufficient or excessive intake of macro- and micronutrients into their body disrupts metabolic processes in tissues, which affects these indicators. It was found that in the fish of the third group, when white lupine containing less than 0,02 % alkaloids was introduced into the diet, the level of bilirubin in the blood was higher than the control values by 3,50 %, and compared with that in the fourth group – by 7,0 %, but was within the normal range and the differences did not reach statistical significance ( $p>0,05$ ). Accordingly, the excretion and conjugation of bilirubin is not impaired. The content of total protein in the blood of trout of the third and fourth groups increased by 4,8 ( $p<0,01$ ) and 21,7 %, respectively, relative to the control, which is due to age-related changes and the balance of recipes. **Key words:** white lupine, trout, recipe, enzyme, protein, alkaloid, blood. DOI:10.30896/0042-4846.2023.26.2.46-52

Радужная форель хорошо приспосабливается к искусственным условиям содержания, обладает высоким темпом роста при значительной плотности посадки, что является результатом многолетней селекции и отбора по этим признакам [15, 19, 20]. Для кормления рыбы разработаны различные рецептуры отечественных полноценных гранулированных кормов [2, 4, 5, 17]. При их включении в рацион скорость роста форели возрастает [8, 12]. Это объясняется

в первую очередь правильным подбором искусственных кормосмесей, высоким уровнем протеина и оптимальным соотношением аминокислот, а также повышенной энергетической ценностью [1, 6, 9, 21]. Для обработки кормовых смесей используют процесс экструдирования, что существенно повышает усвояемость питательных веществ, снижает удельные расходы корма на единицу прироста массы тела рыбы [13, 14, 25, 27].

Все белковые компоненты, которые применяют при производстве экструдированных кормов для форели, имеют ряд особенностей. Протеины животного происхождения характеризуются низкими коэффициентом растворимости азота, абсорбцией воды и связывающими свойствами, но при этом имеют хороший аминокислотный состав, лучше влияют на прирост массы тела рыбы [7, 11, 22, 26, 28]. Их источником являются рыбная, мясная и кровяная мука. Для протеинов растительного происхождения свойственны высокий коэффициент растворимости азота, хорошая абсорбция воды и связывающие свойства, в то же время они обладают некоторыми ограничениями по аминокислотному составу. Таким образом, компоненты животного и растительного происхождения в оптимальном соотношении при включении в рецептуры кормов для форели способствуют получению необходимого количества сырого протеина и незаменимых аминокислот, обеспечивают нормальное течение процесса экструдирования [3, 23].

Цель работы – изучить биохимические показатели крови радужной форели породы Адлер при включении в состав полнорационного экструдированного комбикорма разное количество зерна люпина белого, содержащего менее 0,02 % алкалоидов.

**Материалы и методы.** Опыты проводили в АО «Племенной форелеводческий завод «Адлер» на молоди радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) поро-

ды Адлер массой около 55,5 г в 2022 г. Из отобранной рыбы сформировали четыре группы: одну контрольную и три опытных по 200 особей в каждой. Форель первой (контроль) группы получала полнорационный гранулированный комбикорм с диаметром гранул в соответствии с ее массой (ОР), а опытных групп – тот же комбикорм, но с замещением части высокопротеиновых кормов на люпин белый. Кормили рыбу 6 раз в сутки, днем через равные промежутки времени. Продолжительность эксперимента составила 16 недель.

Состав корма и питательность соответствовали периоду выращивания рыбы. Суточную норму рассчитывали по общепринятой методике, с учетом температуры воды и массы молоди (табл. 1).

Содержание алкалоидов в зерне люпина белого сорта «Дега» выявляли в лаборатории физиологии растений ВНИИ люпина – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Биохимический состав компонентов корма (шрот соевый, шрот подсолнечниковый, кукуруза, пшеница, мука рыбная, премикс П-5-1, трикальцийфосфат) определяли по стандартным методикам. Для изучения его неорганической части использовали рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный спектрометр «Спектроскан макс GVM», а для остальных показателей – спектральный анализатор кормов FOSS NIRS DS2500F (США).

Образцы крови (2 мл) брали из хвостовой вены форели. Биохимический анализ сыворотки крови (содержание

**Таблица 1**

**Схема проведения опыта (n=200)**

Группа	Условия кормления
Первая (контроль)	Основной рацион (ОР)
Вторая	ОР, где 1 % рыбной муки и 9 % кукурузы заменили на 10 % люпина нативного
Третья	ОР, где 14 % рыбной муки, 1 % шрота соевого, 5 % кукурузы и 2 % пшеницы заменили на 22 % люпина без оболочки
Четвертая	ОР, где 19 % рыбной муки, 1 % шрота соевого, 2 % кукурузы и 3 % пшеницы заменили на 25 % люпина без оболочки

общего белка, глюкозы, общего билирубина, кальция, фосфора) проводили в течение 2 – 3 ч после получения с помощью коммерческих наборов компании High Technology Inc (США) на полуавтоматическом анализаторе BioChem SA (США) в соответствии с инструкциями производителя.

Полученные результаты обрабатывали статистически в программе GraphPad Prism 8.0 (США) и выражали в виде средних арифметических и их стандартных ошибок. Статистическую значимость различий определяли с помощью однофакторного дисперсионного анализа с последующими апостериорными поправками на множественные сравнения по методу Тьюки и Сидак. Принятый уровень статистической значимости  $p < 0,05$ .

**Результаты исследований и обсуждение.** Главным направлением при разработке полнорационных кормов в форелеводстве является замена рыбной муки на альтернативные источники белка бобовых культур. С этой целью мы использовали люпин белый сорта «Дега» нативный и без оболочки. В образцах его зерна содержалось 13,8 МДж обменной энергии, 35,85 % сырого протеина, 14,62 % клетчатки, 4,01 % сырого жира, алкалоидность 0,02 %.

В состав заводского основного рациона входят корма растительного и животного происхождения, а также премикс и минеральные добавки. Из них на долю шрота соевого приходится 17 %, шрота подсолнечникового – 16 %, кукурузы – 14 %, пшеницы – 7 %, муки рыбной – 44 %. Недостаток в рецепте витаминов, микро- и макроэлементов (кальция и фосфора) компенсировали введением трикальцийфосфата (1%) и премикса (1 %), согласно рекомендациям (табл. 2).

В рецептуре полнорационных комбикормов для радужной форели второй группы количество люпина нативно-

го с оболочкой составило 10 %, муки рыбной – 37 %, шрота соевого – 20 %, шрота подсолнечникового – 16 %, кукурузы – 5 %, пшеницы – 10 %, трикальцийфосфата – 1% и премикса – 1 %. Замена рыбной муки на люпин позволила увеличить содержание клетчатки. Она придает объемность концентрированным кормам, усиливает перистальтику кишечника и частично активизирует переваривание основных питательных веществ. Однако уровень клетчатки не должен превышать 3 %. Введение в структуру рецепта 10 % люпина с оболочкой позволило снизить количество муки рыбной на 7 %, но увеличить содержание шротов.

В рецепте для рыбы третьей группы количество люпина белого без оболочки достигало 22 %, муки рыбной – 30 %, шрота соевого – 16 %, шрота подсолнечникового – 16 %, кукурузы – 9 %, пшеницы – 5 %, трикальцийфосфата – 1 % и премикса – 1 %. При этом содержание рыбной муки снизилось на 14 %, шрота соевого – на 1 %, кукурузы – на 5 % и пшеницы – на 2 %.

Рацион для форели четвертой группы на 25 % состоял из люпина без оболочки, на 25 % – из муки рыбной, на 17 % – из шрота соевого, на 18 % – из шрота подсолнечникового, на 8 % – из кукурузы, на 5 % – из пшеницы, на 1 % – из трикальцийфосфата и на 1 % – из премикса. При введении в рецептуру 25 % люпина без оболочки количество рыбной муки снизилось на 19 %. Однако для сбалансированного содержания аминокислот, дефицитных в люпине, на 1 % увеличили содержание шрота соевого.

Биохимический анализ крови – один из основных методов лабораторной диагностики состояния внутренних органов (печени, почек и др.) рыб. При их сбалансированном кормлении биохимический состав крови довольно постоянный. Недостаточное или избыточное

Питательность полнораціонных комбикормов для форели

Показатель	Полнораціонный корм (ПК)	ПК + 10 % люпин с оболочкой	ПК + 22 % люпин без оболочки	ПК + 25 % Люпин без оболочки
Экономические кормовые единицы	1,31	1,31	1,30	1,30
Обменная энергия, МДж	13,20	13,06	13,00	12,80
Сухое вещество, г	877,90	880,90	881,40	883,70
Сырой протеин, г	403,50	403,91	403,91	404,00
ПП, г	343,00	340,29	324,89	315,22
Лизин, г	64,60	69,28	54,04	55,93
Метионин+цистин, г	106,67	116,87	99,30	113,33
Триптофан, г	103,22	114,88	98,76	114,34
Сырой жир, г	95,03	99,24	93,17	104,58
Сырая клетчатка, г	14,08	12,84	11,50	11,54
Крахмал, г	126,21	119,46	137,10	126,62
Сахар, г	95,12	109,58	85,75	87,77
Кальций, г	77,80	75,59	67,50	70,38
Фосфор, г	128,60	130,35	122,05	135,48
Магний, г	78,35	87,79	75,46	87,51
Калий, г	14,95	14,11	12,42	12,57
Сера, г	28,51	31,27	27,18	31,04
Железо, мг	56,12	45,18	39,60	33,38
Медь, мг	12,52	12,34	9,27	8,33
Цинк, мг	61,68	55,38	51,37	47,86
Марганец, мг	17,72	19,61	20,04	20,09
Кобальт, мг	4,28	6,38	4,69	4,56
Йод, мг	37,90	44,20	35,37	41,72
Каротин, мг	6,66	7,13	6,47	7,44
Витамин А, МЕ	18,13	19,41	17,69	20,30
Витамин Д, МЕ	42,80	38,66	31,93	29,72
Витамин Е, мг	10,62	7,92	7,16	5,90
V <sub>1</sub> , мг	1,91	1,82	1,33	1,09
V <sub>2</sub> , мг	3,02	2,64	2,07	1,72
V <sub>3</sub> , мг	7,27	5,90	4,94	4,10
V <sub>4</sub> , мг	73,77	28,93	48,01	37,86
V <sub>5</sub> , мг	104,12	126,55	73,25	59,52
V <sub>12</sub> , мкг	119,06	102,59	81,55	68,20

поступление макро- и микронутриентов нарушает характер метаболических процессов в тканях, что отражается на этих показателях. Данные о влиянии люпина белого, содержащего менее 0,02 % алкалоидов, на обмен веществ рыб представлены в таблицах 3 и 4.

В рамках стандартного биохимического анализа крови определяли активность аланинаминотрансферазы (ALT), аспаратаминотрансферазы (AST) и щелочной фосфатазы (ALP). Эти ферменты отражают состояние печени, сердца и костной ткани. В начале эксперимента их содержание соответствовало физиологической норме, как у форели кон-

трольной, так и опытных групп. Через 16 недель данные показатели увеличились в пределах референсных значений. Так как ферменты находятся внутри клеток, то логично, что повышение их количества в плазме крови связано со значительным повреждением и даже разрушением клеточной структуры органов. J. Rehulka et al. [29] указывают на зависимость этих показателей от возраста и пола особи. Они характеризуют адаптацию организма к воздействиям внешних факторов, в том числе кормов [30].

Амилаза расщепляет крахмал до олигосахаридов. Поскольку форель хищная рыба, содержание этого фермента влия-

Биохимические показатели крови форели в начале опыта (n=4)

Показатель	Группа			
	первая	вторая	третья	четвертая
ALT, у/л	45,9±3,4	62,0±4,6	42,2±3,5	39,0±2,2
AST, у/л	34,5±3,4	32,1±2,9	28,4±3,1	26,1±2,8
ALP, у/л	60,6±3,2	50,7±3,1*	40,1±4,7	45,3±3,5
Амилаза, ммоль/л	25,21±2,1	19,79±5,6	17,55±3,1	26,81±4,2
Мочевина, ммоль/л	5,1±0,2	5,0±0,3	4,80±0,1	5,0±0,9
Креатинин, мкмоль/л	88,00±2,4	85,31±1,8	80,0±3,0	90,10±2,1
Глюкоза, ммоль/л	3,8±0,8	3,7±0,7	4,2±0,6	4,6±0,8
Билирубин, мкмоль/л	7,5±0,7	7,8±0,6	8,5±0,5	5,8±0,6
Белок, г/л	54,12±3,2	42,92±2,7*	50,22±1,2	45,44±6,8
Альбумин, г/л	15,14±5,0	11,31±4,8	10,72±4,2	12,26±4,08
Глобулин, г/л	38,98±6,2	31,61±5,1	53,5±5,2	33,18±4,8
Ca, ммоль/л	2,4±0,38	2,8±0,71	2,5±0,91	2,9±0,43
P, ммоль/л	3,6±0,49	4,1±0,82	3,8±0,78	3,7±0,66

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$  – по сравнению с контрольной группой

Таблица 4

Биохимические показатели крови форели в конце опыта (n=4)

Показатель	Группа			
	первая	вторая	третья	четвертая
ALT, у/л	82,9±5,4	93,0±5,6	76,2±5,5	48,0±5,2
AST, у/л	54,5±3,4	52,1±2,9	48,4±3,1	24,1±2,8
ALP, у/л	96,6±3,2	70,7±3,1*	99,10±4,1	83,11±7,1
Амилаза, ммоль/л	25,21±5,1	19,79±8,3	17,55±4,7	26,81±5,1
Мочевина, ммоль/л	5,0±0,2	4,8±0,3	4,5±0,1**	5,2±1,1
Креатинин, мкмоль/л	80,20±5,1	75,4±4,8	91,8±4,4	77,10±4,9
Глюкоза, ммоль/л	5,8±0,8	5,7±0,7	6,2±0,6	7,6±0,8
Билирубин, мкмоль/л	8,5±0,7	8,8±0,6	9,1±0,5	7,8±0,6
Белок, г/л	51,6±6,1	45,4±6,3	54,1±6,2**	62,8±6,0
Альбумин, г/л	17,29±5,0	13,41±7,3	14,32±6,8	17,12±7,2
Глобулин, г/л	34,31±3,1	31,99±6,3	39,78±2,1	45,68±6,4
Ca, ммоль/л	2,44±0,34	2,50±0,71	3,45±0,11	3,60±0,2
P, ммоль/л	6,50±0,49	6,41±0,30	7,04±0,21	6,93±0,1

\*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$  – по сравнению с контрольной группой

ет на усвоение сложных углеводов из их рациона. Уровень амилазы в сыворотке крови молоди в начале и конце опыта был в пределах физиологической нормы. Наблюдала лишь незначительное увеличение этого показателя (на 6,34 %) у форели четвертой группы относительно контроля.

Мочевина является конечным продуктом азотистого обмена в организме. Исходно и через 16 недель количество мочевины в сыворотке крови рыбы не выходило за пределы нормативных значений. При этом в конце эксперимента у форели четвертой группы этот показате-

ль по сравнению с контролем возрос на 3,9 %. Полученные данные указывают на хороший обмен веществ в почках и сбалансированность полнорационного комбикорма, в частности по протеину.

Креатинин играет центральную роль в энергетическом обмене многих тканей, а его уровень зависит главным образом от мышечной массы и свидетельствует о работе почек. В начале опыта уровень креатина в сыворотке крови рыбы соответствовал физиологической норме. К концу периода наблюдений у форели третьей группы по отношению

к контролю он увеличился на 14,46 %, что обусловлено более высокой массой особей. Следовательно, люпин белый не оказывает отрицательного влияния на фильтрационную функцию почек.

Глюкоза – главный источник энергии для нормальной работы организма. В начале эксперимента уровень глюкозы в сыворотке крови молоди всех групп был в пределах нормы. Через 16 недель у рыбы четвертой группы этот показатель увеличился ( $p < 0,05$ ) до верхней границы референсных значений.

Переработка билирубина в печени нарушается при поражении гепатоцитов, что возникает при дистрофических изменениях в органе. При этом не происходит конъюгации пигмента, что приводит к росту его токсической фракции. Данный показатель исходно соответствовал физиологической норме. К концу эксперимента содержание билирубина в сыворотке крови форели второй группы по сравнению с контролем возросло на 3,5 %, а третьей – на 7,0 %, однако статистической значимости различия не достигли ( $p > 0,05$ ). Соответственно экскреция и конъюгация билирубина не нарушена.

Общий белок, глобулин и альбумин создают особое (онкотическое) давление, что регулирует транспорт веществ между сосудами и тканями. Некоторые глобулины являются антителами против болезнетворных микроорганизмов. Большую часть белков плазмы крови составляют альбумины, которые являются транспортными системами для многих нерастворимых в воде соединений (в частности, билирубина) и создают депо аминокислот. Альбумины синтезируются в печени, поэтому их уровень во многом зависит от функционирования органа. Содержание белка в крови радужной форели всех групп в начале эксперимента было в диапазоне референсных зна-

чений. Через 16 недель у рыбы третьей группы этот показатель относительно контроля увеличился на 4,8 % ( $p < 0,01$ ) и в четвертой – на 21,7 %, что обусловлено возрастными изменениями и сбалансированностью рациона. Уровень альбумина и глобулина, а также общего белка в крови свидетельствует о хорошей синтетической функции печени и почек, достаточным поступлением протеина.

Важными элементами в организме являются кальций и фосфор. В основном они содержатся в костной ткани (98 %). Изначально у рыб всех групп уровень кальция и фосфора в крови находился в пределах нормативных значений. К завершению эксперимента эти показатели статистически значимо не изменились. Таким образом, обмен кальция (гипокальциемия, гиперкальциемия) и фосфора (гипофосфатемия, гиперфосфатурия) не нарушался. Это подтверждают данные по активности щелочной фосфатазы и аланинаминотрансферазы, участвующих в кальциево-фосфорном обмене, а именно, в процессе расщепления фосфорной кислоты.

**Заключение.** Люпин белый, содержащий менее 0,02 % алкалоидов, при введении в рацион радужной форели в качестве кормовой добавки улучшает питательность экструдированных комбикормов по протеину, без дополнительного применения других высокобелковых бобовых культур. При этом показатели крови свидетельствуют, что он не вызывает патологических отклонений в организме рыбы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Артюхов А.И., Гапонов Н.В. Энергосахаропротеиновый концентрат и способ его приготовления. Патент на изобретение RU 2461211 C2, 20.09.2012.
2. Власов В.А. Фермерское рыбководство. М.: ООО «Столичная типография», 2008; 168 с.
3. Гамыгин Е.А., Канидьева А.Н., Подоскин А.Г. Новые кормосмеси для радужной форели с использованием муки из криля. Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. 1979; 24:44 – 59.

4. Гапонов Н.В. Белый люпин в полнорационных комбикормах. Адаптивное кормопроизводство. 2021; 3:60 – 70. DOI: 10.33814/AFP-2022-5366-2021-3-60-70
5. Гапонов Н.В. Способ оптимизации полнорационного комбикорма рыбной мукой для снижения себестоимости содержания приматов. Патент № 2733291 от 01 октября 2020. Заявка № 2019144389.
6. Гапонов Н.В. Значение люпина в продовольственной безопасности страны. Инновации и продовольственная безопасность. 2020; 4(30):101 – 107. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-30-4-101-107
7. Кошак Ж.В., Рукшан Л.В., Кошак А.Э. Качество промышленных комбикормов для осетровых рыб и сохранение в них метионина при экструдировании. Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. 2020; 1(28):49 – 59.
8. Крымов В.Г., Вершинин С.И., Юрина Н.А. Использование комбикормов с разным содержанием протеина и жира в процессе индустриального товарного выращивания осетровых. Вестник Камчатского государственного технического университета. 2019; 47:68 – 78.
9. Кузнецова Е.Г., Давыдова А.С. Эффективность выращивания радужной форели в различных технологических условиях. Актуальные вопросы развития науки и технологии: Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых учёных. Караваев: Костромская ГСХА, 2018; 100 – 103.
10. Мишанин Ю.Ф., Хворостова Т.Ю., Басова Е.В. Состав мяса рыб в зависимости от состава кормов. Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2016; 9(129):47 – 51.
11. Молчанова К.А., Хрусталева Е.И., Курапова Т.М. Возможности раскрытия ростовой потенции у радужной форели в УЗВ и открытых рыбоводных системах. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016; 5(13):43 – 47. EDN XXEMMP.
12. Овчинников А.С., Скоков Р.Ю., Сейдалиев Т.А. и др. Управление эффективным импортозамещением кормов в отечественном рыбном хозяйстве. Рыбное хозяйство. 2018; 6:67 – 71.
13. Павловская А.Н., Гапеева Л.А. Прудовая рыба – перспективное сырьё для промышленной переработки. Пищевая промышленность: наука и технологии. 2018; 3(41):58 – 95.
14. Поддубная И.В. Влияние органического йода на биохимические показатели крови товарной радужной форели в условиях индустриального рыбоводства. Основы и перспективы органических биотехнологий. 2019; 2:24 – 27.
15. Привезенцев Ю.А., Власов В.А. Рыбоводство. М.: Мир, 2004; 455 с.
16. Ранделин Д.А., Сейдалиев Т.А., Шкаленко В.В., Калмыков В.Г. Оценка результативности использования белковых компонентов отечественного производства в комбикормах для ценных видов. Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2018; 300 – 305.
17. Руцкая В.И., Гапонов Н.В. Опыт использования люпина и продуктов его переработки в пищевой промышленности (обзор). Зернобобовые и крупяные культуры. 2021; 1(37):83 – 89. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-1-83-89
18. Щербина М.А., Гамыгин Е.А., Салтыкова И.А. Влияние экструзии на питательную ценность кормового сырья для рыб. Рыбное хозяйство. Сер. Аквакультура. Корма и кормление рыб. ВНИЭРХ. 1996; 2:1 – 11.
19. Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: ВНИРО, 2006; 364 с.
20. Bogevis A.S., Hendersen H., Mundheim R., Waagbo D.R., Tocher R.E. Olsen The influence of temperature on the apparent lipid digestibility in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed *Calanus finmarchicus* oil at two dietary levels. Aquaculture. 2010; 309:143 – 151.
21. Gaponov N.V., Loretts O.G. Nutrient bioavailability of white lupine in complete feed for non-human primates. BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference. 2021; 05011. DOI: 10.1051/bioconf/20213605011
22. Gaponov N.V., Nersesyan J.L., Neverova O.P. White lupine as a way to improve the biochemical and economic indicators of diets of non-great apes. E3S Web of Conferences. International Conference “Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic” (EFSC2021). 2021; 04012. DOI: 10.1051/e3sconf/202128204012
23. Gaponov N.V., Yagovenko G.L. The lupine significance for forage production: lupin-and rape concentrate as a source of valuable nutrients for animal feeding. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference “Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science”. 2021; 022005. DOI: 10.1088/1755-1315/723/2/022005
24. Goodwin J.C.A. et al. A small number of anadromous females drive reproduction in a brown trout (*Salmo trutta*) population in an English chalk stream. Freshwater Biology. 2016; 61(7):1075 – 1089.
25. Grisdale-Helland B., Gatlin D.M., Corrent E., Helland S.J. The minimum dietary lysine requirement, maintenance requirement and efficiency of lysine utilization for growth of Atlantic salmon smolts. Aquaculture Research. 2011; 42:1509 – 1529.
26. Khater E.S.G., Bahnasawy A.H., Ali hater E.S.G. Physical and mechanical properties of fish feed pellets. Journal of Food Processing & Technology. 2014; 5(10):1 – 6.
27. Singh S.K. Muthukumarapan Effect of feed moisture, extrusion temperature and screw speed on properties of soy white flakes based aquafeed: a response surface analysis. Journal of The Science of Food and Agriculture. 2015; 96(6):2220 – 2229.
28. Zeraatpisheh F., Firozabakhsh F., Khalili K.J. Effects of the macroalga *Sargassum angustifolium* hot water extract on hematological parameters and immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) infected with *Yersinia ruckeri*. Journal of Applied Phycology. 2018; 30(3):2029 – 2037.
29. Rehulka J., Minarik B., Adamec V., Rehulkova E. Investigations of physiological levels of total plasma protein in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture Research. 2005; 36(1):22 – 32.
30. Palmer T.K., Ryman B.E. Studies on oral glucose intolerance in fish. Journal of Fish Biology. 1972; 4(2):311 – 319.