

*Н.Н. Ковалев, С.Е. Лескова., Ю.М. Позднякова*

## **РОСТ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ МОЛОДИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА, ВЫРАЩИВАЕМОГО С ВКЛЮЧЕНИЕМ В РЕЦЕПТУРУ КОРМОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ В АКВАРИАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

**Аннотация.** Исследована динамика массы тела, выживаемость мальков трепанга заводского выращивания с применением кормов, содержащих биологически активные компоненты. В состав разработанной рецептуры входили: сухая ламинария, рыбная мука, соевый шрот, измельченные раковины двустворчатых моллюсков, сухие внутренности трепанга в соотношении 4:2:1:3:0,5. В качестве биологически активных добавок вносили ДНК, холестерин, а также их сочетание. За первый месяц эксперимента наибольший привес массы тела отмечен для мальков трепанга содержащихся на кормах, включающих смесь ДНК и холестерина и ДНК (без холестерина) в количестве 5 мг на 1 кг корма. Максимальный 15-кратный рост массы мальков зафиксирован в группе, получавшей корм с ДНК в количестве 5 мг на 1 кг корма. Анализ выживаемости экспериментальных животных показал, что наименьшая выживаемость молоди трепанга отмечена в контрольной группе и составила 56,7%. Использование БАВ в рецептуре кормов способствовало увеличению количества выживших животных. Максимальная выживаемость (80 %) отмечена в группе мальков, содержащихся на рецептуре с добавлением 1 г ДНК на кг корма. Введение в данную рецептуру холестерина снижало количество выживших животных на 10%. Количество выживших животных при использовании кормов с более высоким содержанием ДНК составляло 70 %. Выявлены различия в поглощаемости корма мальками трепанга в разных экспериментальных группах. Скорость поглощения корма с ДНК в дозировке 1 мг/кг и корма, включающего и холестерин, и ДНК в дозировке 5 мг/кг была в 1,3 – 1,6 раз выше по сравнению с контрольным кормом. Оценка пищевой биоконверсии мальков трепанга показала, что она не зависит от скорости потребления корма и снижается к третьему месяцу онтогенеза во всех экспериментальных группах. Установлено что внесение смеси БАВ не оказывало синергического эффекта стимуляции роста массы мальков трепанга. Выявлено положительное влияние внесения в рецептуру корма ДНК в количестве 1 г/кг корма, показана перспективность ее использования в рецептуре мальков трепанга.

**Ключевые слова:** мальки, трепанг, корма, поглощаемость, выживаемость, биоконверсия.

## **GROWTH AND SURVIVAL OF YOUNG FAR EASTERN TREPANG GROWN WITH INCLUSION IN THE RECIPE OF FEEDS OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPONENTS UNDER AQUARIAL CONDITIONS**

**Abstract.** The dynamics of body weight, the survival of juvenile trepang plant-grown with the use of feed containing biologically active components was studied. The composition of the developed recipe included: dry kelp, fish meal, soybean meal, bivalve mollusks crushed shells, dry entrails of trepang in the ratio 4: 2: 1: 3: 0.5. As dietary supplements, DNA, cholesterol, and also their combination were added. For the first month of the experiment, the largest weight gain was observed for the fry of trepang contained in the feed, including a mixture of DNA (5 mg per 1 kg of feed) and cholesterol and DNA (in the amount of 5 mg per 1 kg of feed). The maximum 15-fold increase mass of fry was recorded in the group receiving food with DNA in the amount of 5 mg per 1 kg of food. The survival analysis of experimental animals showed that the smallest survival of juvenile sea cucumber was observed in the control group and amounted to 56.7%. The use of biologically active substances in the feed formulation contributed to an increase in the number of surviving animals. The maximum survival rate (80%) was observed in the group of fry contained in the formulation with the addition of 1 g of DNA per kg of feed. The introduction of cholesterol into this formulation reduced the number of surviving animals by 10%. The number of surviving animals using feeds with a higher DNA content was 70%. Differences in feed absorption by sea cucumber in different experimental groups were revealed. The rate of absorption of feed with DNA at a dose of 1 mg / kg and feed, including both cholesterol, and DNA at a dosage of 5 mg / kg was 1.3 - 1.6 times higher compared to the control feed. Evaluation of food bioconversion of sea cucumber showed that it does not depend on the rate of feed intake and decreases by the third month of growth in all experimental groups. It was found that the introduction of a BAS mixture did not have a synergistic effect of stimulating the growth of the mass of sea cucumber. The positive effect of introducing 1 g / kg of DNA into the feed formulation was revealed, and its use in the formulation of sea cucumber is promising.

**Keywords:** fry, trepang, feed, absorbability, survival, bioconversion.

**Введение.** Индустрия аквакультуры сильно зависит от промышленного производства кормов, основными компонентами которых являются рыбная мука, в качестве источника белка, незаменимые аминокислоты, жирные кислоты и углеводы [1]. В комбикормовом производстве для аквакультуры отмечается тенденция поиска альтернативных источников белков и липидов [2].

В большинстве исследования направлены на замену рыбной муки на продукты переработки растений, наземных или морских животных, полученные в результате рыболовства и аквакультуры [3].

Помимо альтернативных основных компонентов кормов продолжают поиски пищевых кормовых добавок влияющих на вес, выживаемость и темп роста объектов марикультуры.

В литературе имеются данные об использовании в аквакультуре рыб таких природных компонентов как нуклеиновые кислоты, как стимулятора обменных процессов и иммуномодулятора, и холестерина – основного мембранного липида, выполняющего энергетические функции.

Нуклеотиды признаны важными элементами в питании млекопитающих, особенно в периоды быстрого роста или физиологического стресса, а также, в регуляции функции иммунной системы [4,5]. Однако иммунные клетки и клетки кишечника не могут синтезировать нуклеотиды и зависят от нуклеотидов из внешних источников [6].

Инозинмонофосфат, например, усиливает питание у ряда видов рыб, включая скумбрию, камбалу и большеротого окуня [7].

Синтетические смеси нуклеотидов также оказались весьма эффективными в кормах для ракообразных, включая креветок, крабов и омаров [8, 9]. Takeda и Takii (1992) сообщили, что добавление в рацион аминокислот и нуклеотидов, стимулировало потребление корма японским угрем (*Anguilla japonica*), а также повышало эффективность его роста [10].

Исследования, проведенные с атлантическим лососем (*Salmo salar*) показали, что рыба, получавшая дополнительные нуклеотиды при комбинированном уровне включения 0,03 %, увеличила титры антител после вакцинации против *Aeromonas salmonicida* (возбудителя фурункулеза) при этом снижалась ее смертность. Эффект значительного увеличения скорости роста после кормления с добавлением нуклеотидов авторы связывают с увеличением площади слизистой оболочки кишечника, за счет значительного улучшения морфологии кишечной складки [11].

Отмечена высокая потребность в синтезе нуклеиновых кислот и белков во время размножения рыб, что позволило предположить, что добавление нуклеотидов в рацион маточного стада может оказывать благоприятное влияние на развитие икры [12, 13].

Для изучения влияния пищевых нуклеотидов на рост, иммунный ответ и устойчивость к болезням трепанга *Apostichopus japonicas* (начальная масса:  $5,87 \pm 0,03$  г) было проведено 9-недельное кормление. Результаты показали, что удельные темпы роста были значительно выше у морских огурцов, получавших диету с 375 мг нуклеотидов /кг, чем у тех, кто получал базовую диету без добавления нуклеотидов [14].

Проведено изучение влияния уровня холестерина в составе корма на рост, усвоение корма, химический состав тела и иммунные параметры молоди восточной речной креветки *Macrobrachium nipponense*. Темпы роста и усвоение корма *M. nipponense* были выше по мере увеличения уровня холестерина в пище. Прирост массы тела и удельная скорость роста были самыми высокими, когда креветок кормили рационом с добавлением  $9,0 \text{ г кг}^{-1}$  холестерина. Однако на конечную массу тела и выживаемость ювенильных *M. nipponense* холестерином не оказывал существенного влияния [15].

Оценка оптимального уровня пищевых n-3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в кормах для молоди *Apostichopus japonicas* ( $1,97 \pm 0,01$  г) показала их кормовую эффективность выразившуюся в более высоком приросте массы тела. Результаты исследования показателей роста и состава n-3 ПНЖК стенки тела показали, что оптимальный уровень n-3 жирных кислот в корме для молоди трепанга составляет от 0,22 до 0,46 % [16].

Оценка влияния источников липидов на рост и жирнокислотный состав молоди трепанга показала, что самый высокий прирост массы тела наблюдался у животных, получавшего корм с добавлением жира печени кальмара, по сравнению с растительными маслами [17].

Целью настоящего исследования являлась сравнительная оценка эффективности экспериментальных рецептур кормов для мальков дальневосточного трепанга, содержащих ДНК, холестерин и их смеси.

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования служила молодь трепанга *Apostichopus japonicas* заводского выращивания на базе цеха научно-производственного департамента марикультуры (НПДМ) ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» в б. Северная (залив Славянка, Приморский край). Молодь трепанга содержалась в емкостях объемом 100 л при плотности посадки на 0,3 экз./л. Кормление трепанга осуществляли 2 раза в сутки из расчета 100 мг корма на 1 особь.

В состав рецептуры разрабатываемого корма входили: сушеная ламинария, рыбная мука, соевый шрот, измельченные раковины двусторчатых моллюсков и сублимированные внутренности трепанга в соотношении 4:2:1:3:0,05.

В качестве биологически активных компонентов в рецептуры кормов вносили: ДНК в количестве 1 мг (корм № 1) и 5 мг (корм № 3) и холестерин (Производитель «Xian Salis Nutra Bio-Tech inc», Китай) в количестве 30 мг в сочетании с 1 мг ДНК (корм № 2) и с 5 мг ДНК (корм № 4).

Биологически активную добавку ДНК из молок лососевых получали по методу, описанному в работе Ю.И. Касьяненко и Т.Н. Пивненко [18]. Она содержала 80% ДНК с молекулярной массой 300 кДа.

Обработку экспериментальных данных проводили по показателям: выживаемость, специфический темп роста, скорость поглощения корма, и эффективность пищевой конверсии. Показатели рассчитывали по следующим формулам: выживаемость, % (формула 1); темп роста, % сут<sup>-1</sup> (формула 2); скорость поглощения корма, г<sup>-1</sup> сут<sup>-1</sup> (формула 3); эффективность пищевой конверсии, % (формула 4) [19]:

$$100 \times (N_2 \div N_1) \quad (1)$$

$$100 \times (\ln W_2) - (\ln W_1) \div T \quad (2)$$

$$I \div [T(W_2 + W_1) \div 2] \quad (3)$$

$$100 \times (W_2 - W_1) \div I \quad (4)$$

где  $N_1$  – число животных в начале эксперимента,  $N_2$  – число животных в конце эксперимента,  $W_1$  и  $W_2$  – начальные и окончательные значения массы трепангов в каждом экспериментальном аквариуме,  $T$  – экспериментальный период,  $I$  – сухой вес корма, подаваемого в аквариум.

Экспериментальные исследования проводили с июня по август в течение 101 дня. Показатели температуры и солености воды определяли три раза в день с помощью электронного термометра и солемера. Температура воды была в пределах 21-22 °С, соленость 31-32 ‰. Об эффективности кормов судили по изменению массы тела молоди трепанга. Оценка эффективности кормов с содержанием ДНК 1 (корм № 1) и 5 мг (корм № 3) и холестерина в количестве 30 мг в сочетании с 1 мг ДНК (корм № 2) и с 5 мг ДНК (корм № 4) проводилась в сравнении с кормом без добавления биологически активных компонентов (контроль). Для оценки изменения массы тела молоди ежемесячно проводили контрольное взвешивание. Животных извлекали из воды, обсушивали на фильтровальной бумаге, взвешивали на электронных весах с точностью до 0,01 г. Для определения средней массы мелкой молоди использовали объемно-весовой метод. После определения массы молодь помещали обратно в те же емкости, где они содержались для дальнейшего экспериментального выращивания. Выживаемость определяли по количеству выжившей молоди в каждом эксперименте. Количество животных в начале эксперимента составляло 30 шт. в каждой группе.

**Результаты и обсуждение.** Результаты проведенного исследования показывают, что динамика массы тела мальков трепанга одинакова для всех исследованных рецептов. Отмечается увеличение массы в первые два месяца эксперимента с последующим ее снижением (рис. 1). Темпы изменения массы тела мальков зависели от используемого корма.

За первый месяц эксперимента наибольший привес массы тела отмечен для мальков трепанга содержащихся на кормах, содержащих смесь ДНК и холестерина (№ 2) и ДНК в количестве 5 мг на 1 кг корма (№ 3). Следует отметить, что эффективность этих кормов практически равнялась таковой для контрольной группы. В случае экспериментальных рецептов прирост массы составлял 408,7 % и 381,6 %, соответственно.

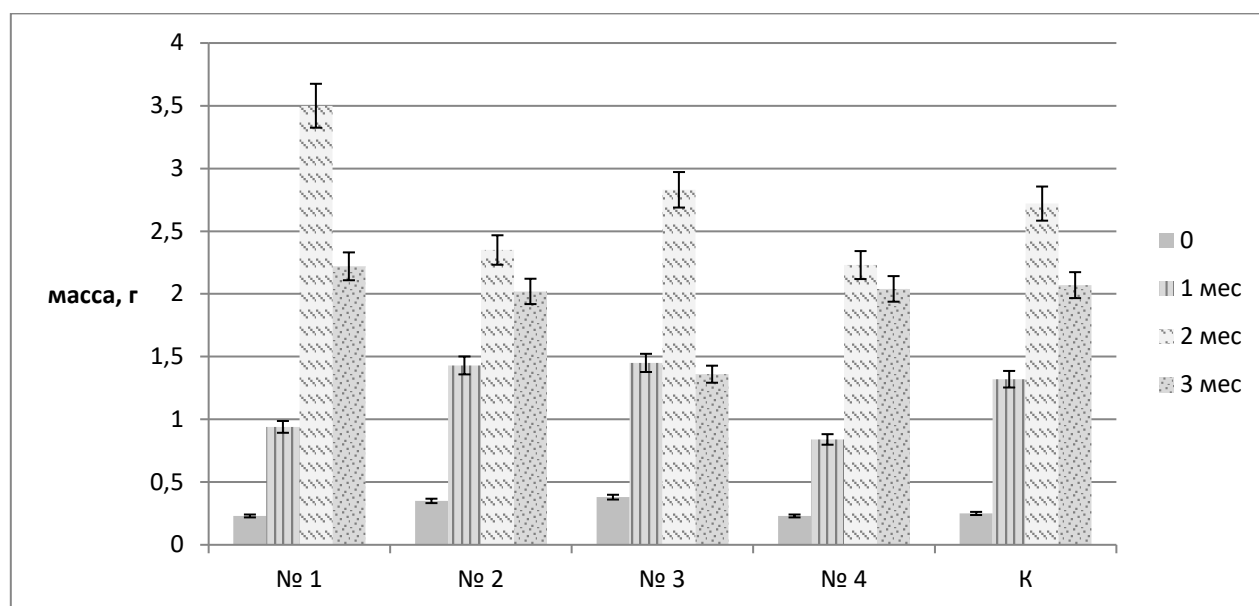
Кормление мальков трепанга кормами экспериментальных рецептов способствовало резкому росту массы мальков трепанга. Во-первых, отмечается 10-кратный рост массы мальков, в группе, содержащейся на контрольном корме по сравнению с массой мальков посадочного материала.

Максимальный рост массы мальков зафиксирован в группе, получавшей корм № 3: прирост массы мальков был 15-кратным, по сравнению с массой мальков посадочного материала.

Близкой эффективностью к контрольной группе были мальки, содержащиеся на корме с добавлением ДНК (№ 5): прирост массы по сравнению с посадочным материалом был 7,5 – кратным. Следует отметить, что эффективность кормов с различным содержанием ДНК, на второй месяц скармливания была различной: корм с меньшим содержанием ДНК (№ 1) был на 57% более эффективным, чем корм с более высоким содержанием ДНК (№ 3). В то же время корма содержащие смесь БАВ (№ 2 и № 4) были равноэффективными за два месяца кормления.

Как отмечалось выше, третий месяц кормления мальков трепанга кормами экспериментальных рецептов сопровождался снижением массы тела экспериментальных животных. Количественные показатели снижения массы зависели от состава рецептов кормов. В контрольной группе за третий месяц скармливания масса тела мальков уменьшалась вдвое.

Анализ данных по кормам, содержащим различные дозировки ДНК показывает, что снижение массы мальков в группе, содержащейся на н корме № 1 составляло 63,4%, а в группе № 3 – 48,1%.



**Рис. 1.** Динамика массы мальков трепанга

Незначительное снижение массы отмечено для групп мальков, содержащихся на кормах со смесью БАВ: для корма № 2 масса мальков снижалась на 13,7%, для мальков группы № 3 – на 8,5%.

Результирующим показателем использования различных рецептур кормов является выживаемость экспериментальных животных. Как видно из представленных в таблице данных наименьшая выживаемость молоди трепанга отмечена в контрольной группе: выживаемость животных составляла 56,7%.

**Таблица 1 – Показатели выживаемости, темпа роста и эффективности экспериментальных кормов молоди трепанга**

Показатель	Корма				
	№1	№2	№3	№4	К
Количество мальков в эксперименте					
Начало эксперимента	30	30	30	30	30
1 мес.	23	24	25	25	26
2 мес.	23	24	22	24	25
3 мес.	24	21	21	21	17
Выживаемость (%)	80	70	70	70	56,7
Темп роста (% сут-1)					
за весь период	2,4	1,9	1,4	2,3	2,3
1 мес.	4,7	4,7	4,5	4,3	5,6
2 мес.	8,9	3,2	3,3	3,7	3,9
Скорость поглощения корма (мг-1 сут-1)					
за весь период	1,8	1,8	2,5	1,9	1,8
1 мес.	11,4	7,6	7,3	12,4	8,5
2 мес.	3,0	3,4	3,0	4,2	3,2
3 мес.	2,1	2,8	2,9	2,8	2,5
Эффективность пищевой конверсии (%)					
за весь период	10,6	8,9	5,2	9,6	9,7
1 мес.	11,8	18,0	17,8	10,2	17,8
2 мес.	8,3	15,2	22,3	23,2	23,3
3 мес.	26,8	16,3	20,1	16,4	20,0

Результаты эксперимента показывают, что использование БАВ в рецептуре кормов способствовало увеличению количества выживших животных. Максимальная выживаемость (80 %) отмечена в группе мальков, содержащихся на рецептуре № 1 с добавлением 1 г ДНК на кг корма. Введение в данную рецептуру холестерина (корм № 2) снижало количество выживших животных на 10%. Количество выживших животных при использовании кормов с более высоким содержанием ДНК (№ 3 и № 4) так же составляло 70 %.

Положительная динамика массы тела характеризуется суточным темпом роста. Из представленных в таблице данных видно, что за весь период эксперимента только для группы мальков трепанга, содержащихся на корме № 4 характерен более низкий, чем в контроле, темп роста. Интересно отметить тот факт, что увеличение содержания ДНК в рецептуре корма (сравнение кормов № 1 и № 3) приводит к снижению темпа роста животных практически вдвое. В тоже время введение в данные рецептуры холестерина вызывает снижение темпа роста в случае корма с низким содержанием ДНК (№ 2) и увеличение темпов роста мальков, в случае корма с высоким содержанием ДНК (№ 4).

Оценка темпов роста отдельно за каждый месяц эксперимента показывает, что контрольная рецептура обеспечивала максимальный темп роста мальков трепанга. Различий в темпе роста мальков содержащихся на экспериментальных рецептурах кормов за этот период не выявлено. Анализ данных за второй месяц эксперимента свидетельствует, что максимальный темп роста мальков отмечен в группе животных, содержащихся на корме № 1 с добавлением ДНК в количестве 1 г/кг. Темп роста мальков трепанга содержащихся на иных кормах практически не отличался.

Скорость роста организма связан с скоростью поглощения корма и эффективностью его пищевой конверсии. Проведенное исследование показало, что за все время эксперимента скорость поглощения корма экспериментальными животными была одинаковой за исключе-

нием группы мальков трепанга содержащихся на корме № 3 с содержанием ДНК 5 г/кг корма.

Приведённые наблюдения показали, что в течение первого месяца эксперимента скорость поглощения корма животными экспериментальных групп различалась. Так, скорость поглощения корма № 1 и № 4 была в 1,3 – 1,6 раз выше по сравнению с контрольным кормом. В тоже время скорость поглощения кормов № 2 и № 3 была немного ниже таковой для контрольной группы.

Эффективность корма определяется не только составом его компонентов, но и способностью ферментных систем пищеварительного тракта его биоконверсии и, следовательно, усваиваемости. Эффективность пищевой конверсии экспериментальных рецептур кормов мальками трепанга значительно различалась. Так, за весь период эксперимента только эффективность пищевой конверсии корма № 1 была выше таковой для контрольной группы. Следует отметить, что кроме низкой скорости поглощения корм № 3 характеризовался самой низкой эффективностью конверсии. Эффективность его конверсии была в 1,9 раза ниже, чем в контрольной группе.

Оценка ежемесячных значений эффективности пищевой конверсии позволят сделать несколько важных заключений. Так, за первый месяц наблюдений отмечено, что, не смотря на высокую скорость поглощения кормов № 1 и № 4, эффективность их конверсии была более низкой по сравнению с другими рецептурами. Результаты анализа данных за второй месяц эксперимента позволяет отметить факт низкой эффективности конверсии кормов с низким содержанием ДНК (№ 1 и № 2) в сравнении с другими экспериментальными рецептурами. Приведенные в таблице данные за третий месяц эксперимента позволяет сделать заключение, что на фоне снижения скорости поглощения кормов эффективность их пищевой конверсии либо не изменялась (корм № 2), либо не значительно снижалась (корм № 3, № К). Наибольшее снижение эффективности конверсии за этот период отмечено для корма для корма № 4. В тоже время эффективность конверсии корма № 1 за этот период была выше таковой за второй месяц эксперимента в 3,2 раза.

Возможным механизмом изменения эффективности пищевой конверсии является ферментативная активность пищеварительного тракта трепанга.

Ферменты пищеварительного тракта трепанга вырабатываются клетками слизистой оболочки. рН внутренней среды кишечника (6,1) является оптимальной для действия амилаз, пектиназ и некоторых протеаз. Ранее проведенные исследования показали присутствие высокой активности амилаз (0,26 Е/г ткани) и хитиназ (40,0 Е/г) [20]. Приведенные авторами данные также свидетельствуют о присутствии сериновых протеиназ, в частности, трипсинового типа и металлопротеиназ. В экстрактах кишечника трепанга *A. japonicus* выявлено преобладание активных в низкотемпературных условиях кислых и нейтральных протеаз, нестабильных при высоких температурах. Показано, что активность ферментов пищеварительной и мускульной системы трепанга варьирует в зависимости от возраста, времени года и физиологического состояния животных.

Анализ литературных и собственных данных позволяет высказать предположение, что в начальной стадии жизненного цикла трепанга, важную роль в конверсии корма выполняют ферменты пищеварительного тракта. Высокая активность углеводрасщепляющих ферментов обеспечивает высокую конверсию водородселевой компоненты корма, о чем свидетельствует высокий темп роста мальков трепанга за первый месяц культивирования. Введение БАВ стимулирующих обменные процессы (ДНК), по-видимому, связано с повышением выработки сериновых протеиназ, обеспечивающих усвоение белковой компоненты кормов.

Однако существует мнение, что пищевая конверсия трепанга в большей степени связана с активностью ферментов микрофлоры кишечника животных. У микроорганизмов из кишечника трепанга, культивированных на рыбо-пептонном агаре, выявлена высокая (32,2 Е/мг белка) активность амилаз и не высокая активность (0,063 Е/мг белка) кислых протеаз. Активность нейтральных и щелочных протеаз в микробной массе не выявлена. В сырой микробной массе определяется следовая активность хитиназ [21]. Приведенные данные позво-

ляют предположить, что формирование микрофлоры кишечника мальков трепанга происходит в период между 2-м и 3-м месяцами онтогенеза, что сопровождается изменением пищевых предпочтений и как следствие снижением массы животных. Подтверждением данного предположения является снижение скорости поглощения корма и снижение эффективности его конверсии.

Таким образом, проведенное исследование показывает, что на разных стадиях развития молоди трепанга рост массы, скорость поглощения корма и эффективность его пищевой конверсии значительно различаются. Выявлено положительное влияние внесения в рецептуру корма БАВ стимулирующих обменные процессы (ДНК) в количестве 1 г/кг корма, перспективность использования БАВ в рецептуре мальков трепанга. В тоже время введение в рецептуру корма смеси БАВ не оказывало синергического эффекта стимуляции роста массы мальков трепанга. В тоже время введение БАВ в рецептуры кормов способствовало значительному увеличению выживаемости животных. Отмечаемое снижение массы мальков трепанга, по-видимому, связано с онтогенетическим формированием микробиома кишечника животных, что находит подтверждение в результатах определения ферментативной активности микрофлоры.

Полученные данные могут быть использованы в практике марикультуры молоди трепанга, при организации и производстве кормов и биотехнологии их применения.

#### Библиография

- Tacon A.G.J., Hasan M. R., Subasinghe R. P. Use of fishery resources as feed inputs for aquaculture development: Trends and policy implications // *FAO Fisheries Circular*. – 2006, No. 1018 (p. 99). Rome Italy: FAO.
- Bendiksen E. A., Johnsen C. A., Olsen, H. J., Jobling M. Sustainable aquafeeds: Progress towards reduced reliance upon marine ingredients in diets for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) // *Aquaculture*, - 2011, №314. – P. 132–139.
- López L.M., Flores-Ibarra M., Bañuelos-Vargas I., Galaviz M. A., True C. D. Effect of fishmeal replacement by soy protein concentrate with taurine supplementation on growth performance, hematological and biochemical status, and liver histology of totoaba juveniles (*Totoaba macdonaldi*) // *Fish Physiology and Biochemistry*. - 2015, V. 41(4). – P. 921–936.
- Barnes LA. Dietary sources of nucleotides – from breast milk to weaning // *J. Nutr.* – 1994, V. 124(Suppl. 1S). P.128-130.
- Van Buren C.T., Kulkarni A.D., Rudolph .FB. 1995 The role of nucleotides in adult nutrition. *J. Nutr.* – 1995, V. 124(1 Suppl). – P. 160-164.
- Ikeda I., Hosokawa S., Shimeno Y., Takeda M. Feeding stimulant activities of nucleotides, tryptophan, and their related compounds for jack mackerel // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* – 1991, V. 57. – P.1539-1542.
- Quan R. Dietary nucleotides: potential for immune enhancement. In: *Foods, Nutrition and Immunity* (M. Paubert-Braquet, C. Dupont and R. Paoletti, eds). Dyn. Nutr. Res. 1. Karger, Basel. 1992. Pp. 13-21.
- Ikeda I., Hosokawa S., Shimeno Y., Takeda M. Feeding stimulant activities of nucleotides, tryptophan, and their related compounds for jack mackerel // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* – 1991, V. 57. – P.1539-1542.
- Mackie A.M. The chemical basis of food detection in the lobster *Homarus gammarus* // *Mar. Biol.* 1973, V. 21. – P.103-108.
- Carr W.E.S., Netherton J.C., Milstead M.L.. Chemo-attractants of the shrimp, *Palaemonetes pugio*: Variability in responsiveness and the stimulatory capacity of mixtures containing amino acids, quaternary ammonium compounds, purines and other substances // *Comp. Biochem. Physiol.* - 1984, V. 77A(3). – P.469-474.
- Takeda M., Takii K. Gustation and nutrition in fishes: application to aquaculture. In: *Fish Chemoreception* (T.J. Hara, ed.). Chapman and Hall, London, UK. - 1992. - P. 271- 287.
- Burrells C., Williams P.D., Forno P.F. Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds: 1. Effects on resistance to disease in salmonids // *Aquaculture* - 2001, V. 199. – P.159- 169.
- Gonzalez-Vecino J.L., Cutts C.J., Mazorra de Quero C., Batty R.S., Burrells C. Nucleotide-supplemented diet can improve marine fish broodstock performance // *Fish Farming Today* - 2003.- P. 179-185.
- Gonzalez-Vecino J.L., Cutts C.J., Batty R.S, Mazorra de Quero C., Greenhaff P.L., Wadsworth S.. Short and long-term effects of a nucleotide-enriched broodstock diet on the reproductive performance of haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.) // 11th International Symposium on Nutrition and Feeding in Fish - 2004. May 2- 7, Phuket, Thailand (Abstract).
- Zehong W., Lina Y., Wei X., Huihui Z., Yanjiao Z., Wenbing Z., Kangsen M. Effects of dietary nucleotides on growth, non-specific immune response and disease resistance of sea cucumber *Apostichopus japonicus* // *Fish & Shellfish Immunology*. - 2015, V. 47 (1). - P. 1-6.
- Xizhang Gu, Shengming Sun, Hui Qiao, Sufei Jiang, Yiwei Xiong, Yongsheng Gong, Hongtuo Fu, Wenyi Zhang, Shubo Jin, Yan Wu. Effects of cholesterol on growth, feed utilization, body composition and immune parame-

ters in juvenile oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* (De Haan) // *Aquaculture Research* - 2017, V. 48. - P. 4262-4271.

Liao M., Liao T., Ren T., Ren W. Optimum Level of Dietary n-3 Highly Unsaturated Fatty Acids for Juvenile Sea Cucumber, *Apostichopus japonicus* // *Journal of the World Aquaculture Society* - 2015, V. 46(6). - P. 642-649.

Haibo Yu, Qinfeng Gao, Shuanglin Dong, Jishu Zhou, Zhi Ye, Ying Lan. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids (HUFAs) on growth, fatty acid profiles, antioxidant capacity and immunity of sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) // *Fish & Shellfish Immunology* - 2016, V. 54. - P. 211-219.

Касьяненко Ю.И., Пивненко Т.Н. Сравнительные физико-химические характеристики низкомолекулярной дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) из морских гидробионтов // *Известия ТИНРО*. - 1999.- Т. 125. - С. 152-158.

Liu Y, Dong S, Tian X, Wang F, Gao Q. Effects of dietary sea mud and yellow soil on growth and energy budget of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) // *Aquaculture* - 2009, Vol. 286 - P.266 - 270.

Пивненко Т.Н., Позднякова Ю.М., Ковалев Н.Н., Михеев Е.В., Есипенко Р.В. Ферментативная активность различных органов и тканей дальневосточного трепанга как система индикаторов созревания и качества продукции // *Вестник МГТУ*. 2018. Т. 21, №3. - С. 402-411.

Ковалев Н.Н., Позднякова Ю.М., Панчишина Е.М. Кращенко В.В. Ферментативная активность культивируемых микроорганизмов кишечника трепанга // *Вестник АГТУ. Серия: рыбное хозяйство*. - 2019, № 1. - С. 91-100.

### References

Tacon A. G. J., Hasan M. R., Subasinghe R. P. Use of fishery resources as feed inputs for aquaculture development: Trends and policy implications // *FAO Fisheries Circular*. - 2006, No. 1018 (p. 99). Rome Italy: FAO.

Bendiksen E. A., Johnsen C. A., Olsen, H. J., Jobling M. Sustainable aquafeeds: Progress towards reduced reliance upon marine ingredients in diets for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) // *Aquaculture*, - 2011, №314. - P. 132-139.

López L. M., Flores-Ibarra M., Bañuelos-Vargas I., Galaviz M. A., True C. D. Effect of fishmeal replacement by soy protein concentrate with taurine supplementation on growth performance, hematological and biochemical status, and liver histology of totoaba juveniles (*Totoaba macdonaldi*) // *Fish Physiology and Biochemistry*. - 2015, V. 41(4). - P. 921-936.

Barnes LA. Dietary sources of nucleotides - from breast milk to weaning // *J. Nutr.* - 1994, V. 124(Suppl. 1S). P.128-130

Van Buren C.T., Kulkarni A.D., Rudolph .FB. 1995 The role of nucleotides in adult nutrition. *J. Nutr.* - 1995, V. 124(1 Suppl). - P. 160-164. Ikeda I., Hosokawa S., Shimeno Y., Takeda M. Feeding stimulant activities of nucleotides, tryptophan, and their related compounds for jack mackerel // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* - 1991, V. 57. - P.1539-1542.

Quan R. Dietary nucleotides: potential for immune enhancement. In: *Foods, Nutrition and Immunity* (M. Paubert-Braquet, C. Dupont and R. Paoletti, eds). *Dyn. Nutr. Res.* 1. Karger, Basel. 1992. Pp. 13-21.

Ikeda I., Hosokawa S., Shimeno Y., Takeda M. Feeding stimulant activities of nucleotides, tryptophan, and their related compounds for jack mackerel // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* - 1991, V. 57. - P.1539-1542.

Mackie A.M. The chemical basis of food detection in the lobster *Homarus gammarus* // *Mar. Biol.* 1973, V. 21. - P.103-108.

Carr W.E.S., Netherton J.C., Milstead M.L.. Chemo-attractants of the shrimp, *Palaemonetes pugio*: Variability in responsiveness and the stimulatory capacity of mixtures containing amino acids, quaternary ammonium compounds, purines and other substances // *Comp. Biochem. Physiol.* - 1984, V. 77A(3). - P.469-474.

Takeda M., Takii K. Gustation and nutrition in fishes: application to aquaculture. In: *Fish Chemoreception* (T.J. Hara, ed.). Chapman and Hall, London, UK. - 1992. - P. 271-287.

Burrells C., Williams P.D., Forno P.F. Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds: 1. Effects on resistance to disease in salmonids // *Aquaculture* - 2001, V. 199. - P.159-169.

Gonzalez-Vecino J.L., Cutts C.J., Mazorra de Quero C., Batty R.S., Burrells C. Nucleotide-supplemented diet can improve marine fish broodstock performance // *Fish Farming Today* - 2003.- P. 179-185.

Gonzalez-Vecino J.L., Cutts C.J., Batty R.S, Mazorra de Quero C., Greenhaff P.L., Wadsworth S.. Short and long-term effects of a nucleotide-enriched broodstock diet on the reproductive performance of haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.) // 11th International Symposium on Nutrition and Feeding in Fish - 2004. May 2- 7, Phuket, Thailand (Abstract).

Zehong W., Lina Y., Wei X., Huihui Z., Yanjiao Z., Wenbing Z., Kangsen M. Effects of dietary nucleotides on growth, non-specific immune response and disease resistance of sea cucumber *Apostichopus japonicus* // *Fish & Shellfish Immunology*. - 2015, V. 47 (1). - P. 1-6.

Xizhang Gu, Shengming Sun, Hui Qiao, Sufei Jiang, Yiwei Xiong, Yongsheng Gong, Hongtuo Fu, Wenyi Zhang, Shubo Jin, Yan Wu. Effects of cholesterol on growth, feed utilization, body composition and immune parameters in juvenile oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* (De Haan) // *Aquaculture Research* - 2017, V. 48. - P. 4262-4271.

Liao M., Liao T., Ren T., Ren W. Optimum Level of Dietary n-3 Highly Unsaturated Fatty Acids for Juvenile Sea Cucumber, *Apostichopus japonicus* // *Journal of the World Aquaculture Society* - 2015, V. 46(6). - P. 642-649.



Haibo Yu, Qinfeng Gao, Shuanglin Dong, Jishu Zhou, Zhi Ye, Ying Lan. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids (HUFAs) on growth, fatty acid profiles, antioxidant capacity and immunity of sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) // *Fish & Shellfish Immunology* - 2016, V. 54. – P. 211- 219.

Kas'yanenko YU.I., Pivnenko T.N. Sravnitel'nye fiziko-himicheskie harakteristiki nizkomolekulyarnoj dezo-ksiribonukleinovoj kisloty (DNK) iz morskikh gidrobiontov // *Izvestiya TINRO*. – 1999.- T. 125. - S. 152-158.

Liu Y, Dong S, Tian X, Wang F, Gao Q. Effects of dietary sea mud and yellow soil on growth and energy budget of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) // *Aquaculture* – 2009, Vol. 286 – P.266 – 270.

Pivnenko T. N., Pozdnyakova Yu. M., Kovalev N. N., Miheev E. V., Esipenko R. V. Fermentativnaya aktivnost' razlichnyh organov i tkanej dal'nevostochnogo trepanga kak sistema indikatorov sozrevaniya i kachestva produktsii // *Vestnik MGTU*. 2018. T. 21, №3. - S. 402–411.

Kovalev N.N., Pozdnyakova Yu.M., Panchishina E.M, Krashchenko V.V. Fermentativnaya aktivnost' kul'tiviruemykh mikroorganizmov kishhechnika trepanga // *Vestnik AGTU. Seriya: rybnoe hozyajstvo*. - 2019, № 1. - S. 91-100.

#### **Сведения об авторах**

Ковалев Николай Николаевич - Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52 Б, главный научный сотрудник НИИ инновационных биотехнологий, доктор биологических наук; kovalevnn61@yandex.ru

Лескова Светлана Евгеньевна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52 Б, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», svetaleskova@mail.ru

Позднякова Юлия Михайловна - Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52 Б, директор НИИ инновационных биотехнологий; кандидат технических наук, pozdnyakova.julia@yandex.ru

#### **Information about authors**

Kovalev Nikolay Nikolaevich - Far Eastern State Technical Fisheries University, 690087, Vladivostok, Lugovaya str., 52 B, Chief Researcher, Research Institute of Innovative Biotechnologies, Doctor of Biological Sciences, kovalevnn61@yandex.ru

Leskova Svetlana Evgenievna - Far Eastern State Technical Fisheries University, 690087, Vladivostok, Lugovaya str., 52 B, candidate of biological sciences, associate professor of the department "Aquatic bioresources and aquaculture", svetaleskova@mail.ru

Pozdnyakova Yuliya Mikhaylovna - Far Eastern State Technical Fisheries University, 690087, Vladivostok, Lugovaya str., 52 B, Director of Research Institute of Innovative Biotechnology; candidate of Technical Sciences, pozdnyakova.julia@yandex.ru