

УДК 639.3.043 + 639.55

С.Е. Лескова, Н.Н. Ковалев, Ю.М. Позднякова, Е.В. Михеев, Р.В. Есипенко**ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ БАВ НА ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА
И ВЫЖИВАЕМОСТИ МОЛОДИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА
В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

Изучали влияние многокомпонентных рецептур кормов на массу, выживаемость, темп роста и скорость поглощения корма пигментированной и непигментированной молоди трепанга в экспериментальных условиях. Показано, что темп роста молоди при постоянных условиях температуры носит нелинейный характер. Отмечено снижение массы тела молоди трепанга на первый и второй месяц эксперимента. Отмечен стимулирующий эффект на показатели роста пигментированной молоди и выживаемости непигментированной молоди трепанга от включения в рецептуру корма ДНК из молок лососевых. Включение в корм ДНК и гаммаруса приводило к повышению массы тела экспериментальных животных по сравнению с таковой в контрольной группе в 216,7–222,2 раза. Исследование показало, что добавка в корма ДНК не оказывала влияния на скорость поглощения и темп роста молоди пигментированного трепанга. Внесение в рецептуру корма пигментированной молоди трепанга гаммаруса, напротив, увеличивало скорость его поглощения.

Ключевые слова: трепанг, аквакультура, корма, ДНК, гаммарус, выживаемость, темп роста, скорость поглощения корма.

S.E. Leskova, N.N. Kovalev, Y.M. Pozdnyakova, E.V. Mikheev, R.V. Esipenko**SOME SURFACTANTS INFLUENCE ON GROWTH AND SURVIVAL RATES OF FAR
EASTERN TREPANG JUVENILE IN EXPERIMENTAL CONDITIONS**

The influence of multicomponent feed formulations on weight, survival, growth rate and rate of feed absorption of pigmented and non-pigmented trepang juvenile in experimental conditions was investigated. It is shown that the growth rate of juveniles under constant temperature conditions is not linear. A decrease in body weight of trepang juvenile on the first and second month of the experiment was noted. The stimulating effect on the growth of pigmented juvenile and not-pigmented trepang juvenile survival caused by adding salmon roe DNA in the feed formulation. The addition of DNA and gammarus to the feed led to the weight increase of experimental animals compared to that in the control group by 216,7–222,2 times. The study showed that the addition of DNA to the feed had no effect on the absorption rate and growth rate of pigmented trepang juvenile. The introduction of gammarus into the feed formulation of pigmented juvenile trepang, on the contrary, increased the rate of its absorption.

Key words: trepang, aquaculture, feeds, DNA, gammarus, survival, growth rate, feed absorption rate.

DOI: 10.17217/2079-0333-2019-49-50-56

Введение

Дальневосточный трепанг, *Apostichopus japonicus*, является важным объектом марикультуры в России и ряде стран Юго-Восточной Азии. Рыночный спрос на этот вид увеличивается. Успешное выращивание молоди трепанга основывается на знании пищевого поведения и состава корма [1]. Однако сведения об искусственных кормах, способных вызывать быстрый рост и высокую выживаемость молоди трепанга, крайне ограничены [1, 2]. В целом известно, что они обычно состоят из порошка макроводорослей и морского ила.

В некоторых исследованиях сообщается об использовании в кормах для молоди трепанга порошка водорослей, таких как *Ulva lactuca*, *Laminaria japonica*, *Sargassum thunbergii*, *Sargassum polycystum*, и морского ила, и показано, что они оказывают значительное влияние на показатели роста животных [3, 4]. В то же время в исследовании Ю. Лю с соавторами [5] показано, что добавление к кормам ювенильного трепанга водорослевого детрита не оказало существенного влияния на его рост и энергетический баланс.

В научной литературе существует не много сведений об использовании биологически активных веществ нуклеиновой природы в составе кормов для трепанга. Так, было показано, что удельные темпы роста массы были значительно выше у молоди трепанга ($5,87 \pm 0,03$ г), диета которых включала 375 мг нуклеотидов на кг корма, по сравнению с животными, содержавшимися на контрольной диете [6]. В то же время введение только гуанозина в корма для молоди трепанга ($6,80 \pm 0,10$ г) в количестве 0,6 и 1,2 г/кг значительно увеличивало рост молоди [7].

Гаммарус является массовым пресноводным видом амфипод на всей территории России. Его химический состав достаточно хорошо изучен [8, 9]. В настоящее время он активно используется на рыбозаводах для выращивания ценных видов рыб: форели, осетровых, карповых, а также в промышленном и декоративном птицеводстве в качестве высокопитательной белковой добавки, содержащей каротиноиды.

В настоящей работе приведены результаты изучения влияния кормов с добавлением ДНК и порошка гаммаруса на выживаемость и динамику роста молоди трепанга в аквариальных условиях.

Материалы и методы

Объектом исследования служила молодь дальневосточного трепанга, выращенная в контролируемых условиях в цеху для экспериментального выращивания гидробионтов в бух. Воевода (о. Русский, Приморский край). Экспериментальные исследования проводили с ноября по февраль в течение 95 дней. Молодь трепанга содержали в емкостях объемом 100 л при плотности посадки 1,5 экз. на л. Она была разделена на восемь экспериментальных групп: четыре группы пигментированных особей трепанга и четыре группы непигментированных особей. В начале эксперимента количество животных в каждой группе составляло 150 шт. Кормление трепанга осуществляли два раза в сутки из расчета 40 мг корма на 1 пигментированную особь и 20 мг на 1 непигментированную особь.

Смену воды производили ежедневно, два раза в сутки. Показатели температуры и солёности воды определяли три раза в день с помощью электронного термометра и солемера. В состав базовой рецептуры корма входили: сушеный саргассум, рыбная мука и сухой ил в соотношении 4 : 5 : 0,5. В качестве биологически активного компонента в корма вносили ДНК в виде нуклеопротеинового комплекса из молок лососевых рыб в количестве 5 г (корм № 1), порошок гаммаруса в количестве 50 г (корм № 2) и смесь ДНК и гаммаруса, в тех же количествах, на 1 кг массы корма (корм № 3). Для контрольной группы животных использовали корма, изготовленные в соответствии с базовой рецептурой, без добавок (корм № 4).

Биологически активную добавку из молок лососевых получали по методу, описанному в работе Ю.И. Касьяненко и Т.Н. Пивненко [10]. Она содержала 80% ДНК с молекулярной массой 300 кДа. В ходе эксперимента использовали также коммерческий препарат порошка гаммаруса, изготовленный ООО «Зоомир» в соответствии с ТУ 9692-001-50005735-2000 «Гаммарус. Корм, стимулирующий окраску, для крупных и средних рыб».

Обработку экспериментальных данных проводили по таким показателям, как выживаемость, специфический темп роста, скорость поглощения корма. Показатели рассчитывали по методу, предложенному Ю. Лю с соавторами [5], следующим образом:

$$\text{выживаемость (\%)} = 100 \times (N_2 / N_1);$$

$$\text{темп роста (\% сут}^{-1}\text{)} = 100 \times (\ln W_2 - \ln W_1) / T;$$

$$\text{скорость поглощения корма (г}^{-1}\text{ сут}^{-1}\text{)} = I / (T(W_2 + W_1) / 2);$$

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.

Для оценки эффективности кормов с содержанием разных БАВ ДНК (корм № 1), гаммаруса (корм № 2) и смеси ДНК и гаммаруса (корм № 3) проводили сравнительный анализ изучаемых показателей у экспериментальных и контрольной групп животных, получавших корм без добавления ДНК и гаммаруса (контроль).

Об эффективности кормов судили по изменению массы тела молоди трепанга. Для оценки изменений массы тела молоди ежемесячно проводили контрольные взвешивания. Для этого 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.

Результаты и обсуждение

Количественные данные по изменению массы тела молоди трепанга представлены на рис. 1 и 2. Об эффективности кормов с содержанием разных БАВ судили по изменению массы тела экспериментальных животных. Эти данные представлены на рис. 1. Они свидетельствуют о том, что не все экспериментальные рецептуры кормов способствовали увеличению массы тела животных и что за время эксперимента увеличение массы животных имело нелинейный временной характер.

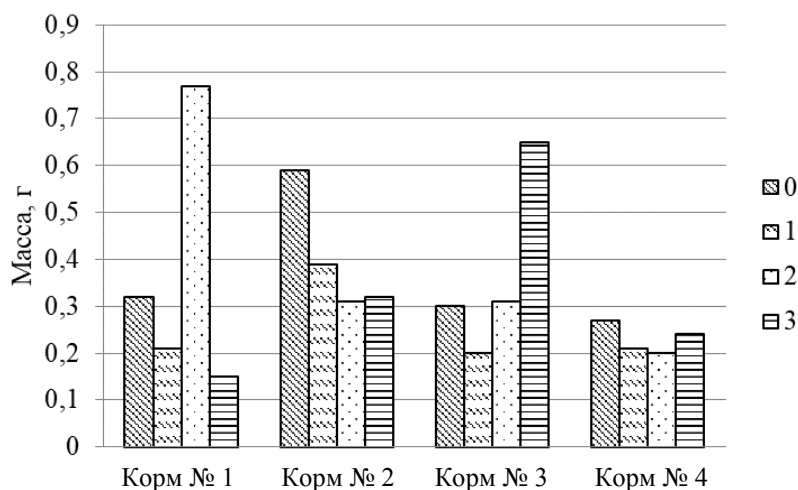


Рис. 1. Динамика массы тела молоди пигментированного трепанга при выращивании на кормах разной рецептуры. Условные обозначения: 0 – начало эксперимента, 1 – через 1 месяц эксперимента; 2 – через два месяца эксперимента, 3 – через 3 месяца эксперимента

Во-первых, следует отметить, что к концу первого месяца эксперимента во всех экспериментальных группах молоди пигментированного трепанга отмечалось снижение массы тела. Процент ее снижения при использовании экспериментальных кормов составил 33,3 – 34,4%. В то же время снижение массы тела животных в контрольной группе составило 22,2%.

Следует отметить, что масса тела молоди пигментированного трепанга, содержащегося на рецептуре корма с использованием гаммаруса, снижалась с первого по четвертый месяц эксперимента.

Проведение исследований в течение трех месяцев позволило выявить рост молоди пигментированного трепанга только при скармливании корма, содержащего ДНК. Разница роста массы молоди трепанга контрольной и экспериментальной групп за этот период составила 570,0 мг (385,0%). Другие рецептуры кормов были в 1,5 раза более эффективны по сравнению с контролем.

Дальнейшее проведение эксперимента (3 мес) показало отсутствие положительной динамики увеличения массы молоди трепанга в контрольной группе и группе, содержавшейся на корме с добавлением гаммаруса. В группе животных, содержавшейся на корме с внесением ДНК, отмечено резкое, пятикратное, снижение массы тела. В то же время в группе животных, получавших корм со смесью биологически активных компонентов, отмечен рост массы тела за один месяц в два раза. Разница массы тела животных этой группы по сравнению с контрольной группой составляла 3,1 раза (410 мг).

При определении изменений массы тела непигментированного трепанга была выявлена та же закономерность: снижение к концу первого месяца эксперимента массы тела животных, поедавших разный экспериментальный корм (рис. 2).

Следует отметить, что скармливание корма с добавлением гаммаруса в течение 3-го месяца эксперимента не оказывало влияния на массу тела экспериментальных животных.

К концу эксперимента во всех группах экспериментальных животных, получавших корм с добавлением ДНК, наблюдалось увеличение массы тела. Более эффективным оказался корм с добавкой смеси БАВ. Его использование привело более чем к двукратному увеличению массы тела особей непигментированного трепанга. При этом возрастание массы активно протекало в течение третьего месяца эксперимента.

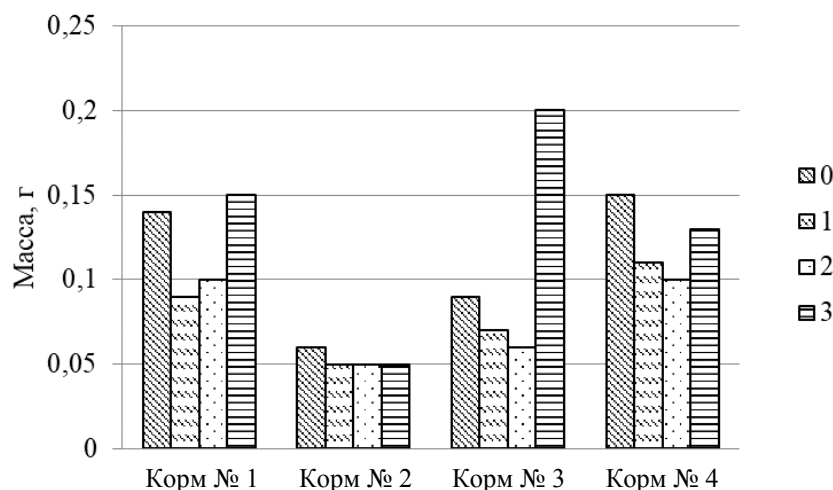


Рис. 2. Динамика массы тела молоди непигментированного трепанга при выращивании на кормах разной рецептуры. Условные обозначения как на рис. 1

В целом за время от начала до конца эксперимента применение корма, содержащего смесь БАВ, произошло двукратное увеличение массы тела непигментированного трепанга. При этом масса тела молоди трепанга в данной экспериментальной группе к концу эксперимента оказалась в 1,5 раза выше, чем в контрольной группе.

Углубленный анализ экспериментальных данных показывает, что изучаемые нами корма оказали разное влияние на выживаемость пигментированной и непигментированной молоди трепанга (табл. 1). Для пигментированной молоди трепанга показано отсутствие влияния кормов с внесением ДНК и смеси БАВ на ее выживаемость по сравнению с влиянием корма без добавок. Внесение в рецептуру корма гаммаруса повышало показатель выживаемости до 58,7%, что в 1,6 раза больше, чем в контрольной группе.

Таблица 1

Выживаемость молоди трепанга при кормлении разными кормами, (%)

Изучаемая группа животных	Корм № 1	Корм № 2	Корм № 3	Корм № 4
Пигментированные	38,7	58,7	36,7	36,0
Непигментированные	44,7	25,3	20,0	35,3

В то же время выживаемость непигментированного трепанга при использовании кормов с добавлением гаммаруса и смеси БАВ была в 1,4–1,8 раза ниже, чем в контрольной группе. Наибольшее количество выживших непигментированных животных (44,7%) зафиксировано при скармливании корма с ДНК. Этот показатель для данной группы выше, чем в контрольной группе в 1,3 раза.

Для более полной оценки влияния на развитие молоди трепанга был рассмотрен такой показатель, как темп роста. Он характеризует суточную динамику массы тела (%) в течение всего эксперимента. Из приведенных в табл. 2 данных видно, что темп роста для молоди пигментированного трепанга имел положительную динамику только у группы животных, поедавших корм с добавкой смеси БАВ (корм № 3). Следует отметить, что в обеих группах экспериментальных животных, содержащихся на корме без добавок (контроль), положительная динамика темпов роста не отмечалась.

Таблица 2

Темп роста молоди трепанга при кормлении разными кормами, (% сут⁻¹)

Изучаемая группа животных	Корм № 1	Корм № 2	Корм № 3	Корм № 4
Пигментированные	-0,8	-0,45	0,8	-0,12
Непигментированные	0,08	-0,19	0,53	-0,15

У непигментированной молоди трепанга положительная динамика темпов роста в течение всего времени эксперимента отмечена для групп животных, рецептура кормов которых содержала ДНК и смесь БАВ.

Морфометрические показатели молоди трепанга и его масса во многом зависят от скорости поглощения корма. Этот показатель также позволяет оценить эффективность использовавшихся нами кормов. Результаты проведенного нами эксперимента показывают, что скорость поглоще-

ния корма пигментированной и непигментированной молодью трепанга значительно различались: непигментированная молодь трепанга поглощала контрольного корма в 2,8 раза больше, чем группа пигментированного трепанга (табл. 3).

Таблица 3

Скорость поглощения разного корма молодью трепанга, ($\text{г}^{-1} \text{сут}^{-1}$)

Изучаемая группа животных	Корм № 1	Корм № 2	Корм № 3	Корм № 4
Пигментированные	$0,27 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,01$	$0,13 \pm 0,02$	$0,25 \pm 0,03$
Непигментированные	$0,7 \pm 0,06$	$1,82 \pm 0,08$	$0,69 \pm 0,04$	$0,71 \pm 0,05$

Следует отметить, что внесение ДНК в рецептуру корма для пигментированного трепанга не оказывало влияния на скорость его поглощения по сравнению с контролем. В то же время внесение в рецептуру корма гаммаруса и смеси БАВ приводило к снижению скорости его поглощения в 1,8–1,9 раза по сравнению с контрольной группой. У непигментированного трепанга увеличение скорости поглощения корма отмечалось только при введении в корм добавки гаммаруса. В этом случае скорость поглощения корма по сравнению с контролем возрасла в 2,6 раза.

Заключение

Исследования других авторов свидетельствуют о том, что в контролируемых оптимальных для выращивания молоди трепанга условиях содержания критическим фактором роста является качество корма [2, 5, 11, 12]. Проведенное исследование показало, что молодь пигментированного и непигментированного трепанга, питавшаяся обычным кормом, не содержащим биологически активных добавок, развивалась одинаково: масса тела экспериментальных животных обеих групп снижалась на 1-й и 2-й месяц эксперимента и увеличивалась к окончанию 3-го месяца до значений, близких к их исходной массе. Показатели выживаемости пигментированной и непигментированной молоди так же были близки.

Введение в рецептуру корма высокобелковой добавки (гаммарус) не влияло на эти особенности развития и изменение массы животных в течение всего эксперимента. Оно было близко к таковым у животных обеих контрольных групп. Однако у непигментированного трепанга при применении данного корма процент выживших животных был ниже, чем в соответствующей контрольной группе, а для пигментированных животных на 22,7% выше.

Различное действие БАВ было отмечено при применении корма с добавлением ДНК (корм № 1). Так, у пигментированной молоди трепанга максимальный эффект отмечался в конце 2-го месяца эксперимента, у непигментированной – к концу 3-го месяца.

Применение корма с внесением смеси БАВ показало эффективность данной рецептуры только на 3-й месяц эксперимента. При этом масса тела молоди трепанга по сравнению с таковой в начале эксперимента увеличилась на 216,7–222,2%. Преимущество этого вида корма подтверждается и более высокими показателями темпов роста молоди трепанга, содержавшейся на корме с добавлением смеси БАВ.

Проведенное исследование показало, что поглощение непигментированными и пигментированными животными обычного корма ($\text{г}^{-1} \text{сут}^{-1}$) значительно различалось. У первой группы особей оно было в 2,8 раза больше, чем у второй.

Следует отметить, что введение в рецептуру корма ДНК не оказывало влияния на его поглощение молодью пигментированной трепанга. В то же время введение в рецептуру белковой добавки (гаммарус) и смеси БАВ вызывало снижение количества поглощаемых кормов в 1,8 и 1,9 раза соответственно. Аналогичная ситуация при выращивании непигментированной молоди трепанга имела место и при использовании корма со смесью БАВ.

Явление снижения скорости поглощения корма в ответ на увеличение в рационе корма органического вещества от 8 до 74% уже отмечали зарубежные ученые [2, 5]. В нашем эксперименте у непигментированной молоди трепанга было зарегистрировано увеличение этого показателя при ее вскармливании кормом с добавкой гаммаруса. Разница с аналогичными по окрасу животными, питавшимися кормом № 4 без добавок БАВ, составляла 2,6 раза.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными других авторов [13]. Они свидетельствуют о том, что повышение в корме органического вещества до 20%, при его содержании в естественной среде обитания 4%, приводит к увеличению поглощения молодью трепанга питательных веществ.

Таким образом, проведенное исследование расширило представление об особенностях искусственного выращивания молоди пигментированного и непигментированного трепанга. Оно позволяет говорить о том, что повышение доступности органических (питательных) веществ в корме мальков трепанга приводит к увеличению темпов их роста только на определенной стадии развития. Однако использование обогащенных кормов в товарной культуре молоди *A. japonicas* потребует от рыбопромышленников соблюдения тщательного режима кормления молоди трепанга на ранних стадиях развития, а также контроля состояния среды во избежание чрезмерной ее элиминации при загрязнении воды разложившейся органикой при недоиспользовании пищи.

Литература

1. Slater M.J., Carton, A.G. Survivorship and growth of the sea cucumber *Australostichopus* (*Stichopus*) *mollis* (Hutton 1872) in polyculture trials with green-lipped mussel farms // *Aquaculture*. – 2007. – V. 272. – P. 389–398.
2. The influence of diets containing dried bivalve feces and/or powdered algae on growth and energy distribution in sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) (Echinodermata: Holothuroidea) / X. Yuan, H. Yang, Y. Zhou, Y. Mao, T. Zhang, Y. Liu // *Aquaculture*. – 2006. – V. 256. – P. 457–467.
3. The effect of different macroalgae on the growth of sea cucumbers (*Apostichopus japonicus* Selenka) / Y. Liu, S. Dong, X. Tian, F. Wang, Q. Gao // *Aquaculture Research*. – 2010. – V. 41(11). – P. 881–885.
4. Study on dietary protein and lipid requirement for sea cucumber, *Stichopus japonicas* / W. Zhu, K. Mai, B. Zhang, F. Wang, G. Xu // *Mar. Sci.* – 2005. – V. 3. – P. 54–8.
5. Effects of dietary sea mud and yellow soil on growth and energy budget of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) / Y. Liu, S. Dong, X. Tian, F. Wang, Q. Gao // *Aquaculture*. – 2009. – V. 286. – P. 266–270.
6. Effects of dietary nucleotides on growth, non-specific immune response and disease resistance of sea cucumber *Apostichopus japonicus* / Z. Wei, L. Yi, W. Xu, H. Zhou, Y. Zhang, W. Zhang, K. Mai // *Fish & Shellfish Immunology*. – 2015. – Vol. 47, iss. 1. – P. 1–6.
7. Dietary supplements of guanosine improve the growth, nonspecific immunity of sea cucumber, *Apostichopus japonicus* Selenka, and its resistance against *Vibrio splendidus* / X.R. Chen, K.S. Mai, W.B. Zhang, B.P. Tan, Y.H. Yuan, Q.C. Wang, H.O. Liang, L.M. Zhao // *Aquaculture Nutrition* – 2018. – V. 24. – P. 571–578.
8. РЫБПРОМ: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов / А.В. Подкорытова, Н.В. Семикова, А.И. Литвиненко, О.В. Козлов. – 2010. – № 4. – С. 60–63.
9. Корляков В.А., Шапошников В.В. Некоторые данные по химическому составу гаммаруса озера Кадкуль (Челябинская область) // *Вестник молодых ученых и специалистов Челябинской области*. – 2017. – Т. 1, № 4 (19). – С. 3–4.
10. 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.
11. Preliminary study of the optimum dietary ascorbic acid level in sea cucumber *Apostichopus japonicas* / O.E. Okorie, S.H. Ko., S. Go, S. Lee, J.Y. Bae, K. Han, S.C. Bai // *J. World Aquacult. Soc.* – 2008. – V. 39. – P. 758–765.
12. Giraspy D.A.B., Ivy G. The influence of commercial diets on growth and survival in the commercially important sea cucumber *Holothuria scabra* var. *versicolor* (Conand, 1986) (Echinodermata: Holothuroidea) // *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*. – 2008. – V. 28. – P. 46–52.
13. Zamora L.N., Jeffs A.G. Feeding, selection, digestion and absorption of the organic matter from mussel waste by juveniles of the deposit-feeding sea cucumber, *Australostichopus mollis* // *Aquaculture*. – 2011. – V. 2. – P. 1–6.

Информация об авторе Information about the author

Лескова Светлана Евгеньевна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Владивосток; кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры; svetaleskova@mail.ru

Leskova Svetlana Evgen'evna – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Vladivostok; Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Aquatic Bioresources and Aquaculture Chair; svetaleskova@mail.ru

Ковалев Николай Николаевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Владивосток; главный научный сотрудник НИИ инновационных биотехнологий, доктор биологических наук; kovalevnn61@yandex.ru

Kovalev Nikolai Nikolaevich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Vladivostok; Chief Researcher, Research Institute of Innovative Biotechnologies, Doctor of Biological Sciences; kovalevnn61@yandex.ru

Позднякова Юлия Михайловна – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Владивосток; директор НИИ инновационных биотехнологий; кандидат технических наук; pozdnyakova.julia@yandex.ru

Pozdnyakova Yulia Mikhailovna – Far Eastern State Technical Fisheries University, 690087, Vladivostok; Director of Research Institute of Innovative Biotechnology; Candidate of Technical Sciences; pozdnyakova.julia@yandex.ru

Михеев Евгений Валерьевич – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Владивосток; старший научный сотрудник НИИ инновационных биотехнологий, кандидат технических наук; zhenyasuper79@mail.ru

Mikheev Evgeny Valer'evich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Vladivostok; Senior Researcher of Research Institute of Innovative Biotechnology, Candidate of Technical Sciences; zhenyasuper79@mail.ru

Есипенко Роман Владимирович – Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; 690087, Владивосток; младший научный сотрудник НИИ инновационных биотехнологий, кандидат технических наук; azt@bk.ru

Esipenko Roman Vladimirovich – Far Eastern State Technical Fisheries University; 690087, Vladivostok; Junior Researcher, Research Institute of Innovative Biotechnology, Candidate of Technical Sciences; azt@bk.ru