



УДК 639.3.043(06)

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА  
ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ**

Г.Е. Степанцова, Е.В. Нижникова, Н.П. Нефедова, В.И. Воробьев, О.Т. Лемперт

**EFFECT STUDY OF MICROELEMENTS ON FIZIOLOGO-BIOCHEMICAL  
INDICATORS OF THE RAINBOW TROUT**

G.E. Stepantsova, E.V. Nizhnikova, N.P. Nefedova, V.I. Vorobjov, O.T. Lempert

**Аннотация.** Проведено исследование минерального питания форели с целью установления обеспеченности организма микроэлементами. Определены показатели доступности микроэлементов (железа, цинка, меди и марганца) из корма РГМ-5В для форели, выращиваемой на солоноватых водах, а также приведены данные по динамике содержания их в скелете, печени и мышцах форели. Показатели доступности микроэлементов из корма, их содержание и накопление свидетельствуют, что на усвоение форелью железа, цинка, меди и марганца оказывает влияние не только поступление этих микроэлементов из корма, но и содержание их в воде. По изменению содержания микроэлементов в скелете, печени и мышцах форели сделан вывод об их избыточном количестве, поступающем в организм форели, выращиваемой на солоноватых водах.

**Ключевые слова:** железо; цинк; медь; марганец; радужная форель; солоноватые воды; корм.

**Abstract.** The study of the trout mineral nutrition with the purpose of the organism supply establishing by microelements was conducted. The availability indicators of microelements (iron, zinc, copper and manganese) from RGM-5V feed for trout, grown on brackish waters and the dynamics of their content in the skeleton, liver and muscles of trout are identified. The availability indicators of microelements from feed, their content and accumulation testify that at digestion by trout of iron, zinc, copper and manganese is influenced not only the supply of these microelements from the feed, but also by their content in water. A conclusion is drawn based on the content change in the content of microelement in the skeleton, liver and trout muscles about their excess quantity entering the trout body, rown on brackish waters.

**Key words:** iron; zinc; copper and iron; copper and manganese; rainbow trout; feed.

**Введение**

Ресурсы морей и океанов не безграничны. Поэтому в последние десятилетия в России, активно развивается аквакультура, т.е. выращивание рыб и других гидробионтов в управляемых условиях. Все большее значение приобретают сложные в технологическом отношении методы наивысшей интенсификации рыбоводства - индустриальные формы выращивания в садках, бассейнах, в системах замкнутого водоснабжения (УЗВ), что предполагает высокую концентрацию рыб на единице площади и полноценное кормление.

Наша страна традиционно отстает по развитию индустриальных форм аквакультуры, так как основной упор долгое время делался на добычу рыбы в открытых водоемах, а в рыбоводстве - на прудовое хозяйство. Развитие индустриальных методов рыбоводства, невозможно без сбалансированного кормления, разработкой которого занимается наука о физиологии и биохимии питания. В условиях, когда рыба лишена естественной пищи, обмен веществ её находится практически полностью под контролем человека и зависит от сбалансированности, качества и количества комбикормов.

В отличие от наземных животных рыбы, так же как другие гидробионты, получают макро- и микроэлементы не только из воды, но и непосредственно с пищей. Микроэлементы

содержатся в организме в минимальных количествах, но, тем не менее, они абсолютно необходимы для нормального роста и осуществления важнейших функций – дыхания, кроветворения, размножения и др. Микроэлементы участвуют в образовании скелета и гемоглобина крови, в поддержании осмотического давления и кислотно-щелочного равновесия, активизируют ферментативную и гормональную деятельность [1]. К биогенным микроэлементам у рыб относят железо, цинк, медь, марганец и др.

**Железо** является важной составной частью гема - простетической группы дыхательного пигмента гемоглобина, который связывает и переносит кислород. Входя в состав гемсодержащих ферментов, катализирующих тканевое дыхание, железо принимает активное участие в окислительно-восстановительных процессах.

Рыбы способны абсорбировать железо из воды через жабры, но считается, что из-за низкой его концентрации в водоемах основным источником железа служит комбикорм [2]. Потребности в железе у разных видов рыб колеблется в среднем 30-200 мг/кг корма. Доступность железа для радужной форели из корма РГМ-5В, по данным Н.Т. Сергеевой составляет 8,2% содержащегося в нем железа [3].

Железо содержится практически во всех компонентах комбикормов, используемых при выращивании рыб. Наибольшим его количеством отличаются компоненты животного происхождения и микробиологического синтеза.

**Медь** принимает активное участие в обмене веществ, регулируя многие реакции клеточного дыхания. В больших количествах медь находится у рыб в органах и тканях с активным метаболизмом.

Между железом и медью имеются определенные взаимоотношения. Медь способствует всасыванию железа, необходимого для синтеза гемоглобина, и, таким образом, ее недостаток, так же как и дефицит железа может вызвать анемию.

В организм рыб медь поступает как из воды, так и из комбикормов и обладает способностью накапливаться в тканях. Печень является депо для меди и может служить индикатором обеспеченности рыб микроэлементами.

Потребность рыб в меди зависит от разных факторов, в том числе от физиологического состояния, концентрации меди в воде, уровня железа, цинка, молибдена, которые являются метаболическими антагонистами меди.

Доступность меди из корма у радужной форели составляет 22-32% [2].

Поскольку потребности в меди у рыб сравнительно небольшие и этот микроэлемент присутствует практически во всех компонентах корма и в природных водах, то рыбы могут обеспечить себя оптимальным для максимального роста количеством меди из искусственных комбикормов.

**Цинк** вовлекается во многие метаболические пути в организме рыб. Цинк оказывает влияние на рост рыб, развитие, размножение и принимает активное участие в образовании костей, кроветворении.

Дефицит цинка у рыб проявляется в плохом росте, потере аппетита, повышенной смертности. Для радужной форели помимо этих общих признаков характерны катаракта, эрозия плавников, укорочение тела [4].

Цинк - незаменимый компонент в кормлении производителей. Замечена связь иммунологической активности рыб с наличием цинка. Цинк поступает в организм рыб из воды и с пищей, причем первый путь имеет большее значение, особенно при высоких концентрациях цинка в воде [5]. Потребности в пищевом цинке колеблются в среднем в пределах 15-40 мг/кг комбикорма. Доступность цинка из корма колеблется, по данным Н.Т. Сергеевой [3], в широких пределах 22-72%.

Интенсивность поглощения цинка из разных источников может быть неодинаковой из-за антагонизма с другими микроэлементами. Так же как и марганец, цинк плохо усваивается из некоторых видов рыбной муки, особенно из белой муки, содержащей много костей, что связывают с присутствием в ней большого количества кальция и фосфора.

Отрицательное действие на доступность цинка оказывает и фитиновая кислота растительных компонентов, которая образует малодоступные минеральные комплексы.

**Марганец** входит в состав многих ферментных систем, активизируя обмен белков, жиров, углеводов. От количества марганца зависит рост рыб, образование костей, процессы кроветворения и размножения [6].

Основным депо марганца является скелет, где он присутствует преимущественно в виде неорганических соединений. При дефиците марганца происходят отклонения в костеобразовании, наблюдается укорочение тела.

Одним из нарушений, встречающихся при дефиците марганца у рыб, является развитие катаракты глаз. Это заболевание вызывается не столько недостатком марганца, сколько взаимосвязанностью его обмена с другими элементами.

Марганец поступает в организм рыб, как через жабры, так и через кишечник. Потребность рыб в марганце колеблется в пределах 2-20 мг/кг комбикорма. Степень усвоения марганца меняется в зависимости от разных факторов. Избыток в корме кальция и фосфора угнетает всасывание марганца у рыб.

В связи с этим задачами исследований было определение показателей усвоения микроэлементов у форели из комбикорма РГМ - 5В при выращивании на солоноватой воде.

#### Методы исследования

Исследования влияния микроэлементов на доступность и усвоение их из комбикорма РГМ-5В в пресной воде проводили в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) и в условиях солоноватых вод проводили в производственных условиях НВХ «Прибрежное», на продукционном комбикорме РГМ - 5В, объектом исследований в этих экспериментах служили годовики радужной форели.

Минеральный состав комбикорма РГМ-5В, пресной и солоноватой воды определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы «Hitachi» по прописям фирмы.

#### Обсуждение результатов

Ранее полученные данные свидетельствуют о том, что потребности рыб в ряде микроэлементов так незначительны, то можно поставить вопрос, следует ли в корма, содержащие 30-45% рыбной муки добавлять минеральные премиксы. При этом необходимо отметить, что форель хорошо усваивает некоторые металлы из воды [3].

В таблицах 1 и 2 представлены данные по содержанию микроэлементов в комбикорме РГМ-5В, солоноватой и пресной воде. Соленость воды составляет 2 ‰.

Таблица 1 – Содержание микроэлементов в комбикорме РГМ- 5В и солоноватой воде

Показатель	Садки	
	Комбикорм, мг/кг	Вода, мг/л
Железо	885	0,05
Цинк	99,2	0,012
Медь	6,0	0,0015
Марганец	15,1	0,031

Таблица 2 – Содержание микроэлементов в комбикорме РГМ- 5В и пресной воде.

Показатель	УЗВ	
	Комбикорм, мг/кг	Вода, мг/л
Железо	262	0,005
Цинк	48,5	0,03
Медь	5,5	0,0006
Марганец	17,2	-

**Железо.** Результаты исследований показали, что доступность для форели железа зависит от содержания его в корме (табл. 3).

При содержании железа в количестве 262 мг/кг корма РГМ-5В, доступность его для форели составила 19%. Отмечено снижение доступности железа до 3% при увеличении его уровня в комбикорме до 885 мг/кг. При этом его содержание в печени уменьшилось с 518 до 369 мг/кг на фоне постоянного уровня в скелете и мышцах форели (табл. 6).

При содержании железа 262 мг на 1 кг комбикорма РГМ-5В его количество в организме и скелете форели за период опыта в УЗВ не изменилось. В то же время содержание железа в печени увеличилось в три раза (табл. 6).

Таблица 3 – Доступность для форели микроэлементов комбикорма РГМ-5В в солоноватой и пресной воде

Наименование микроэлемента	Доступность			
	Солоноватая вода		Пресная вода	
	%	мг/кг	%	мг/кг
Железо	3,1	27,4	19	50
Цинк	24,8	24,6	17	8
Медь	32,3	1,9	30,8	1,7
Марганец	6,6	1,0	11,6	2,0

Полученные данные по относительному содержанию железа в теле форели и накоплению в единице прироста массы свидетельствует о достаточном количестве его в комбикорме РГМ-5В и согласуются с данными С. Ogino [7]. По данным Огино введение 250 мг железа в 1 кг корма оптимально для форели.

По нашим данным железо поступает в организм форели только из корма и его резорбция обратно пропорциональна содержанию в корме. Увеличение уровня железа в комбикорме РГМ-5В с 262 до 885 мг /кг привело к снижению его доступности у форели, а также к выводу железа из основного депо (печени), что сопровождалось снижением накопления его в 1 кг прироста массы от 14 до 6 мг, а эффективности усвоения – от 89 до 33%.

Содержание 885 мг железа в 1 кг корма значительно превышает потребности форели в нем и подтверждает ранее полученные нами данные о том, что для удовлетворения потребностей форели в железе содержание его в корме должно составлять 260 мг/кг [2].

**Цинк.** Результаты доступности для форели цинка из корма РГМ-5В, накоплению его на 1 кг первоначальной массы и эффективности усвоения свидетельствует о том, что основное количество цинка в организм рыб поступает осмотическим путем (табл.3).

Выявлено, что доступность цинка зависит от содержания его в корме и воде. Так, при увеличении содержания цинка в воде в три раза его доступность для форели снизилась с 25 до 17% (табл.3). Установлено, что на доступность цинка также как у сельскохозяйственных животных, влияет содержание в корме кальция и кадмия. Так, увеличение содержания кальция на 25-45% и кадмия на 30-70% в корме РГМ- 5В, привело к снижению доступности цинка для форели с 21-25% до 17%. Необходимо также учитывать, что на доступность цинка для форели влияет наличие в корме фитиновой кислоты, которая образует с ним нерастворимый комплекс. Это может быть причиной их вторичной недостаточности [8].

Эффективность усвоения цинка из корма РГМ - 5В в условиях солоноватых вод составила 79%. Что свидетельствует о поступлении цинка в организм рыб осмотическим путем из воды. Расчет показателя накопления выявил, что на 1 кг первоначальной массы рыб поступило из воды 11,6 мг цинка, при этом потребности форели в цинке удовлетворяются за счет корма на 68%, абсорбции из воды – на 32%.

За период опыта (табл.6) наблюдалось перераспределение цинка между органами: снижение в печени на 42 % и увеличение в позвоночнике на 30%.

Выявлена взаимосвязь между содержанием цинка в комбикорме, в воде и эффективностью усвоения его форелью. Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что со-

держание цинка в комбикорме РГМ-5В в количестве 100 мг на кг при фоновом содержании в солоноватой воде 0,01 мг/л является избыточным.

Анализ полученных данных показывает, что для удовлетворения форели в цинке при выращивании в УЗВ на комбикорме РГМ-5В необходимо в его состав вводить минеральную добавку цинка в количестве около 15-30 мг на кг комбикорма.

**Медь.** Данные по эффективности усвоения форелью доступной меди (144-152%) из комбикорма РГМ-5В и по её накоплению в 1 кг прироста рыб (0,9-1,5 мг/кг) свидетельствует об активном усвоении меди из корма и воды (табл. 4).

Анализ показывает, что потребности форели в меди удовлетворяются за счет корма на 80%, за счет воды – на 20%. Выявлено, что на доступность и ретенцию меди у форели влияет содержание её в корме.

Таблица 4 – Накопление и эффективность усвоения микроэлементов у форели, выращиваемой в садках на солоноватых водах

Наименование микроэлемента	Накопление в теле форели, мг/кг	Абсорбция из воды, мг/кг	Эффективность усвоения, %
Железо	8,8	-	1,0
Цинк	36,2	11,6	79
Медь	2,4	0,5	46
Марганец	2,1	1,0	14

За периоды опытов у рыб, выращиваемых на комбикорме РГМ-5В в садках на солоноватой воде, отмечено резкое увеличение меди в скелете на 30-190%, в печени – на 70 – 300%, что свидетельствует об избыточном содержании его в корме. Это подтверждает данные С. Ogino [9]. Согласно которым оптимальный уровень меди в корме должен составлять 3 мг/кг. Учитывая, что медь является активным элементом обменных реакций, даже незначительное накопление её в тканях вызывает существенное изменение интенсивности и направленности обмена белков и липидов [5]. Показано, что избыточное содержание в корме меди отрицательно влияет на обмен веществ у форели (табл.5).

Таблица 5 – Накопление и концентрация органических и минеральных веществ в теле форели, выращиваемой на комбикорме РГМ-5В на солоноватых водах

Наименование показателя	Накопление на 1 кг первоначальной массы, г	Концентрация на 1 кг прироста массы, г
Сухое вещество	461,0	363,7
Сырой протеин	201,0	156,6
Минеральные вещества	15,3	11,6
Углеводы	11,5	8,9
Общие липиды, в том числе	233,2	171,6
Триацилглицерины	108,6	79,9
Фосфолипиды	21,4	16,2

Данные таблицы свидетельствуют о том, что синтез липидов превалирует над синтезом белка, при этом на долю триацилглицеринов - запасных липидов - приходится 70%, а фосфолипидов, являющихся важнейшими компонентами клеточных мембран, – 20% [10].

Установлено, что при повышенных концентрациях меди угнетается синтез белков. Таким образом, полученные данные свидетельствуют об избыточном содержании меди в комбикорме РГМ-5В.

**Марганец.** Полученные результаты свидетельствуют, что на доступность марганца для форели влияет его содержание в воде и количество кадмия в корме. В условиях нашего опыта было обнаружено, что в организм рыб марганец поступает из корма. В условиях УЗВ

из 17,2 мг марганца, содержащегося в 1 кг комбикорма РГМ-5В, форель получает 2,2 мг, при этом, за весь период опыта в теле форели накоплено 2,1 мг марганца на 1 кг первоначальной массы. Содержание марганца в теле и скелете форели уменьшилось на 72 и 96% соответственно, что диктуется необходимостью поддержания постоянного уровня марганца в печени (табл.4). Выявлено, что увеличение содержания марганца в комбикорме с 17,2 до 22,4 мг/кг привело к снижению его расхода из скелета рыб, выращиваемых в УЗВ на пресной воде, на 66%. Эти данные свидетельствуют о дефиците марганца в корме РГМ-5В при выращивании форели в УЗВ на пресной воде.

Таблица 6 – Содержание и концентрация микроэлементов в теле, мышцах, печени и скелете форели, выращиваемой на корме РГМ-5В на солоноватых водах.

Наименование микроэлемента	Продолжительность опыта, сутки	Содержание, мг на кг абсолютно сухой массы				Концентрация в 1 кг прироста массы
		скелет	печень	мышцы	рыба в целом	
Железо	1	22,5	518	10,9	77,8	-
	70	21,3	369	11,7	36,1	6,0
Цинк	1	155	77,6	23,7	80,1	-
	70	202	45,2	23,1	73,1	24,8
Медь	1	3,3	16,9	2,1	4,5	-
	70	5,5	47,4	2,1	3,2	0,9
Марганец	1	22,3	3,1	0,4	4,1	-
	70	28,9	2,3	0,4	3,8	1,4

В условиях солоноватых вод доступность кадмия для форели составила 55%, что привело к снижению доступности марганца.

Расчеты эффективности усвоения (14%), накопления на 1кг первоначальной массы (2.1мг/кг) показывают усвоение марганца из воды, абсорбция которого из воды достигает около 1,0 мг на 1кг первоначальной массы рыб (табл. 4). За период опыта на солоноватой воде содержание марганца в скелете увеличилось на 30%, в мышцах не изменилось, в печени уменьшилось на 30%. Полученные данные свидетельствуют, что содержание марганца в количестве 15 мг на 1 кг комбикорма РГМ-5В и в воде 0,03 мг/л избыточно для форели.

Учитывая важную роль марганца в процессах кроветворения, синтеза белков и липидов, роста и воспроизводства радужной форели, можно говорить о целесообразности дополнительного введения марганца в корм РГМ-5В в условиях УЗВ до 10-15 мг на 1 кг корма [9].

#### Выводы

1. Показатели доступности микроэлементов из корма, свидетельствуют, что на усвоение и накопление в организме форели железа, цинка, меди и марганца оказывает влияние не только поступление этих металлов из корма, но и содержание их в воде.

2. Данные по содержанию микроэлементов в скелете, печени, мышцах свидетельствуют об их избыточном количестве, поступающем в организм форели, выращиваемой на солоноватых водах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб. Санкт-Петербург: ГОСНИОРХ, 2001. 372 с.
2. Сергеева Н.Т. Биохимия витаминов и минеральных элементов. Калининград: Изд-во КГТУ, 1998. 122 с.

3. Сергеева Н.Т. К вопросу о минеральном составе корма РГМ-5В для форели, выращиваемой в установке с замкнутым водоснабжением // Вопросы физиологии и биохимии питания рыб: Сб. науч. тр. М.: ВНИИПРХ, 1987. Вып. 52. С.18-28.
4. Steffens W. Grundlagen der Fischernahrung. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1985. 226s.
5. Романенко В.Д., Романенко В.Д., Малышева Т.Д., Евтушенко Н.Ю. Роль отдельных органов в механизмах регуляции обмена цинка у рыб // Гидробиологический журнал. 1985. Т. 21, № 3. С. 57-62.
6. Воробьев В.И. Микроэлементы и их применение в рыбоводстве. М.: Пищевая промышленность, 1979. 183 с.
7. Ogino C. Mineral requirements in fish. Proc. Zht Jap. Sov. Joint. Symp aquaculture. Tokyo, 1979. P. 14-18.
8. Москалев Ю.Н. Минеральный обмен. М.: Медицина, 1985. 228 с.
9. Ogino C., Takasima F., Chin J. Requirements of rainbow trout for dietary magnesium // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1978. Vol. 44, No. 10, pp. 1105-1108.
10. Грибанов Г.А. Структура и биологическое значение фосфолипидов // Успехи современной биологии. 1975. Т. 80, № 3. С.382-393.

#### REFERENCES

1. Ostroumova I.N. *Biologicheskie osnovyi kormleniya ryib* [Biological bases of fish feeding]. Sankt-Peterburg, GOSNIORH Publ., 2001. 372 p.
2. Sergeeva, N.T. *Biohimiya vitaminov i mineralnyih elementov* [Biochemistry of vitamins and mineral elements ]. Kaliningrad: KGTU Publ., 1998. 122 p.
3. Sergeeva N.T. *K voprosu o mineralnom sostave korma RGM-5V dlya foreli, vyirashivaemoy v ustanovke s zamknutyim vodosnabjeniem* [To the question of the mineral composition of RGM-5B feed for trout, grown in an installation with closed water supply]. *Voprosyi fiziologii i biohimii pitaniya ryib: Sb. nauch. tr.* Moscow: VNIRO Publ., 1987. V.52. pp.18-28.
4. Steffens, W. Grundlagen der Fischernahrung. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1985. 226s.
5. Romanenko, V.D., Romanenko V.D., Malyijeva T.D., Evtushenko N.YU. *Rol otdelnyih organov v mehanizmah regulyatsii obmena tsinka u ryib* [The role of individual organs in the mechanisms of zinc metabolism in fish ]. *Gidrobiol. jurn.*, 1985. V.21. No.3. pp. 57-62.
6. Vorobjov V.I. *Mikroelementyi i ih primeneniye v ryibovodstve* [Microelements and their use in fish farming ]. Moscow: Pisch. prom-st, 1979. 183 p.
7. Ogino C. Mineral requirements in fish. Proc. Zht Jap. Sov. Joint. Symp aquaculture. Tokyo, 1979, pp. 14-18.
8. Moskalev Yu. N. *Mineralnyiy obmen* [Mineral exchange]. Moscow: Meditsina Publ., 1985. 228 p.
9. Ogino C., Takasima F., Chin J. Requirements of rainbow trout for dietary magnesium // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1978. V. 44. No. 10. pp. 1105-1108.
10. Griбанov G.A. *Struktura i biologicheskoe znachenie fosfolipidov* [Structure and biological significance of phospholipids]. *Uspеhi sovremennoy biologii.* 1975. V.80. No.3. pp.382-393.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Степанцова Галина Егоровна*

Калининградский государственный технический университет, Россия, г. Калининград, кандидат технических наук, доцент кафедры химии.

E-mail: [liuba127@klgtu.ru](mailto:liuba127@klgtu.ru)



*Stepantsova Galina Egorovna*

Kaliningrad State Technical University, Russia, Kaliningrad, Candidate of Technical, Associate Professor Chemistry Department.

E-mail: [liuba127@klgtu.ru](mailto:liuba127@klgtu.ru)

*Нижникова Елена Владимировна*

Калининградский государственный технический университет, Россия, г. Калининград, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии.

E-mail: [nizhnikova6462@mail.ru](mailto:nizhnikova6462@mail.ru)

*Nizhnikova Elena Vladimirovna*

Kaliningrad State Technical University, Russia, Kaliningrad, Candidate of Biology, Associate Professor Chemistry Department

E-mail: [nizhnikova6462@mail.ru](mailto:nizhnikova6462@mail.ru)

*Нефедова Наталья Павловна*

Калининградский государственный технический университет, Россия, г. Калининград, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии.

E-mail: [NPNef@mail.ru](mailto:NPNef@mail.ru)

*Nefedova Natal'ya Pavlovna*

Kaliningrad State Technical University, Russia, Kaliningrad, Candidate of Biology, Associate Professor Chemistry Department

E-mail: [NPNef@mail.ru](mailto:NPNef@mail.ru)

*Воробьев Виктор Иванович*

Калининградский государственный технический университет», Россия, 236022, г. Калининград, доцент кафедры химии.

E-mail: [mobi.dik.10@mail.ru](mailto:mobi.dik.10@mail.ru)

*Vorob'yev Viktor Ivanovich*

Kaliningrad State Technical University, Russia, Kaliningrad, Associate Professor Chemistry Department.

E-mail: [mobi.dik.10@mail.ru](mailto:mobi.dik.10@mail.ru)

*Лемперт Ольга Тимофеевна*

Калининградский государственный технический университет, Россия, г. Калининград, кандидат биологических наук, доцент.

E-mail: [olgasergeeva\\_1950@mail.ru](mailto:olgasergeeva_1950@mail.ru)

*Lempert Ol'ga Timofeevna*

Kaliningrad State Technical University, Russia, Kaliningrad, Candidate of Biology, Associate Professor.

E-mail: [olgasergeeva\\_1950@mail.ru](mailto:olgasergeeva_1950@mail.ru)

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:  
236022, Россия, Калининград, Советский пр., 1, КГТУ, ГУК, каб. 127. Степанцова Г.Е.  
8(4012) 99-53-39