

УДК 57.013/639.312

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГУБЫ МОЛОЧНОЙ
ОЗЕРА ИМАНДРА В ЗОНЕ АКВАХОЗЯЙСТВА

В. С. Анохина, П. П. Кравец, С. С. Малавенда, П. Г. Приймак,
О. С. Тюкина

ESTIMATION OF THE ECOLOGICAL STATE OF MOLOCHNAYA BAY OF
LAKE IMANDRA NEAR FISH FARMS

V. S. Anokhina, P. P. Kravetz, S. S. Malavenda, P. G. Priymak, O. S. Tiukina

Озеро Имандра – уникальный северный водоём. Губа Молочная значительно удалена от источников промышленного загрязнения, однако по сбросному каналу Кольской атомной электростанции в губу поступают подогретые воды, содержащие тяжёлые металлы из географически удалённых районов озера. Отопленные воды атомной станции давно используются рыбоводами для круглогодичного выращивания осетров и форели. В 2014 г. на акватории губы создано новое хозяйство небольшой мощности по выращиванию молоди форели в зимний период. Расширение хозяйственной деятельности на локальном участке акватории усилило экологическое давление на экосистему губы Молочной.

Цель исследования – оценка экологического состояния локального участка акватории губы Молочной оз. Имандра по химическому составу вод и донных отложений в зоне влияния Кольской атомной станции и функционирования форелевых хозяйств.

Пробы воды и донных осадков отбирали в январе 2015 г. Наличие и интенсивность органического загрязнения вод оценивали по биологическому потреблению кислорода (БПК₅), концентрации фосфатов и аммонийного азота (ионы аммония) и определяли кислотность среды (рН). В пробах воды и грунта определяли содержание тяжёлых металлов (ртуть, железо, кадмий, свинец) и нефтепродуктов. Установлено, что качество вод и донных осадков в исследуемом районе подвержено влиянию множества факторов, в числе которых и деятельность рыбоводных хозяйств. Показано, что направление течений создаёт повышенную экологическую нагрузку на грунты в зоне размещения рыбоводных садков, однако типы грунтов в точках отбора проб свидетельствуют об удовлетворительной способности самоочищения дна при непродолжительном сезонном выращивании форели. Для снижения уровня потенциального загрязнения акватории губы Молочной рекомендовано ориентироваться на сезонное культивирование рыбы без существенного увеличения мощности хозяйств.

озеро Имандра, аквакультура, форель, органическое загрязнение, донные отложения, тяжёлые металлы

Imandra Lake is unique northern reservoir. The Molochnaya Bay is located on the territory of Ples Imandra Babinski. It is removed from sources of industrial pollution considerably. However, the channel of Kolskaya nuclear power plant comes to the Bay warmed water. There are heavy metals in warm waters from geographically remote areas of the Lake. On the Kola peninsula have long been used warm water for year-round growing of sturgeon fish and trout. In 2014, new the fish farm for growing of trout's fingerlings on the Molochnaya Bay was established. The expansion of fish industry activity on the local stretch of water area enhanced environmental pressures on the ecosystem, so it was important the response of ecosystems to additional exposure to determine. The purpose of the study is the starting estimation of environmental conditions of the local sector aquatorium the Molochnaya Bay by the chemical composition of the waters and bottom sediments. The importance for the fish industry of water quality in the wider environment is also considered. Water and bottom sediments were studied in January-February of the year 2015. The presence and intensity of organic pollution of waters assessed by biological oxygen consumption, concentrations of phosphate and ammonium nitrogen (ammonium ions), the acidity (pH) was determined.

The samples of water and bottom sediment from the Molochnaya Bay had of heavy metals (mercury, iron, cadmium, lead) and petroleum products. It was defined that the State of ecosystems in the study area is subject to summation the influence of many factors, including the activities of fish farms. It is shown that the direction of the currents creates increased environmental burden on the bottom sediments in the area of fish farms. However, the types of bottom sediments has indicated satisfactory self-cleaning ability when short-term seasonal trout on-growing. To reduce or minimise potential negative ecological impacts of aquaculture on the Molochnaya Bay was recommended to rely on seasonal cultivation of fish without significantly increasing the capacity fish farms.

Imandra Lake, aquaculture, trout, chemical composition, pollution, bottom sediment

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Имандра – уникальный северный водоём высшей рыбохозяйственной категории, включающий ценнейших представителей арктической биоты. Он десятки лет подвергается мощнейшему антропогенному воздействию со стороны промышленных предприятий региона, что приводит к заметным негативным изменениям состава вод и донных отложений в местах повышенной экологической нагрузки [1-6]. Губа Молочная значительно удалена от источников промышленного загрязнения. Однако сюда по сбросному каналу Кольской атомной электростанции (КАЭС) поступают подогретые воды, содержащие загрязняющие вещества, в том числе тяжёлые металлы [5, 6].

С 2014 г. на акватории губы появилось ещё одно хозяйство небольшой мощности по выращиванию молоди форели в зимний период. Любое масштабное промышленное культивирование гидробионтов сопровождается внесением в водную среду значительного количества кормов, поступлением продуктов метаболизма и биологических отходов [7-9]. Итоги многочисленных исследований свидетельствуют о преобладании негативных экологических

изменений в зоне функционирования открытых аквахозяйств [10]. Расширение хозяйственной деятельности на локальном участке акватории, несомненно, усилило экологическое давление на экосистему губы Молочной, поэтому было важно определить реакцию экосистемы на дополнительное воздействие.

В процессе эксплуатации рыбоводных ферм на открытой акватории органические загрязнители поступают в окружающую среду в количестве, пропорциональном мощности хозяйства, а удаляются из зоны загрязнения биологическим путём и течениями, при этом скорость процессов самоочищения водного объекта определяется его термальным режимом и интенсивностью течений [11]. Проблемы локального воздействия аквахозяйств на окружающую среду ясно осознаются мировым сообществом, поэтому при планировании и осуществлении работ по культивированию гидробионтов, а также при разработке комплекса мероприятий по минимизации антропогенных воздействий до рационального уровня необходимо учитывать все возможные факторы влияния на экосистему [12].

Цель настоящего исследования – оценка экологического состояния локального участка акватории губы Молочной озера Имандра по химическому составу вод и донных отложений в зоне функционирования форелевых хозяйств.

МЕТОДЫ

Оценку состояния водной среды и донных отложений выполняли в январе-феврале 2015 г. на локальном участке акватории губы Молочной в районе размещения форелевых ферм, функционирующих в зоне влияния отеплённых вод КАЭС. Пробы воды и грунта на гидрохимический анализ отбирали на пяти станциях, воду брали с горизонта 2,5 м (рисунок).

Для оценки фоновых параметров среды пробы воды и грунта отбирали на удалённой от акваполигона станции 5, на расстоянии более 200 м от условной границы вхождения чистых вод в зону расположения рыбоводных садков с рыбой. Станции 1 и 2 находились непосредственно в зоне эксплуатации форелевой фермы, станция 4 – на расстоянии 170 м от входа водного потока в рыбоводный участок по направлению основного течения, станция 3 – на расстоянии 80 м от границы акваполигона, в водах, вытекающих из рыбоводной зоны.

Наличие и интенсивность органического загрязнения и его легкоокисляемых компонентов оценивали в пробах воды по биологическому потреблению кислорода (БПК₅), концентрации фосфатов и аммонийного азота (ионы аммония) и определяли кислотность среды (рН). Пробы воды и грунта исследовали на содержание тяжёлых металлов (ртуть, железо, кадмий, свинец) и нефтепродуктов. Определение всех параметров выполнено по стандартным методикам в условиях сертифицированной лаборатории. Учитывая, что для донных осадков пресноводных гидрологических объектов экологические нормативы не разработаны, результаты анализа химического состава грунта в губе Молочной соотносили с показателями «условного фона» и сведениями из литературы [1-3,10, 12].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучение направления поверхностных течений выявило циклический характер движения воды, что, вероятно, обусловлено притоком тёплых водных масс канала КАЭС с постоянным направлением (рисунок).

Типы грунта в районе исследования. Аккумулирующая способность поверхностных донных слоёв определяется составом грунтов, которые в районе акваполигона были представлены илистым песком, песчаным илом и крупными каменистыми включениями (табл. 1).

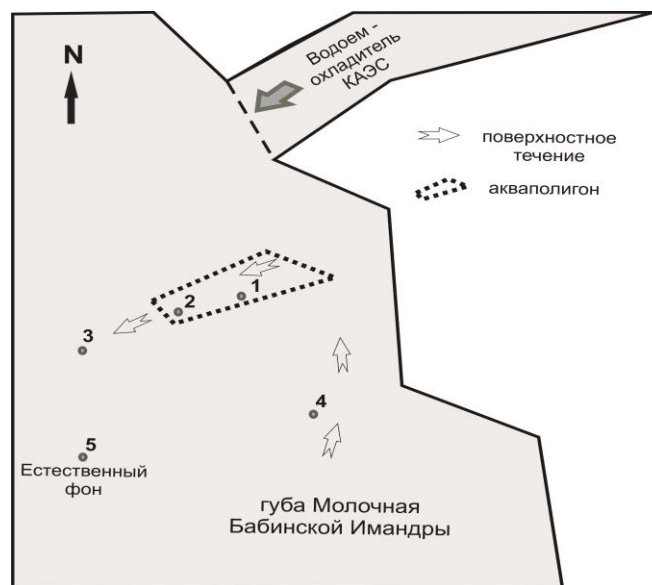


Рис. Карта-схема локального участка губы Молочной с точками отбора проб 1-5
Fig. Schematic map of a local sector of the Molochnaya Bay with sampling points 1-5

Таблица 1. Тип грунта в местах отбора проб
Table 1. The type of bottom sediment at the sampling sites

Станция	Тип грунта
1	Песчанистый ил, однородная масса черно-коричневого цвета со специфическим запахом рыбы
2	Песчанистый ил, однородная масса черно-коричневого цвета со специфическим запахом рыбы
3	Песчанистый ил, однородная масса черно-коричневого цвета со специфическим запахом рыбы
4	Песчаная однородная масса светло-серого цвета с включениями мелких камней размером до 3 мм, обладает специфическим запахом рыбы
5	Илистый песок, однородная масса бежево-серого цвета с включениями растительных остатков и мелких камней размером до 3 мм, обладает специфическим запахом рыбы

Результаты химического анализа донных осадков. Результаты химического анализа донных отложений в точках отбора проб представлены в табл. 2. В пробах грунта на станциях 1-3 концентрация тяжёлых металлов выше, чем на станциях 4-5, расположенных за пределами акваполигона. Высокое содержание ртути, на порядок превышающее известные литературные данные [1-4] (табл. 2), характерно для всего исследованного участка губы.

Таблица 2. Содержание химических элементов и соединений в донных отложениях (мг/кг)

Table 2. Chemical analysis of bottom sediment (mg/kg)

Показатель	Станция					По данным литературы (минимальные и средние значения)
	1	2	3	4	5 (фон)	
Нефтепродукты	64	34	20	6	11	-
Ртуть (Hg)	39	24	20	6	11	0,2 - 3
Железо (Fe)	15000	13000	11100	5900	6300	23500
Кадмий (Cd)	0.11	0,08	0,08	0,05	0,05	2,17
Свинец (Pb)	6.10	4,60	2,70	1,05	2,50	39,8
Фосфор валовый (P)	430	340	370	180	260	< 1000
Нитрит-ион (NO ₂ ⁻)	<1	<1	1,2	<1	<1	-
Ион аммония (NH ₄ ⁺)	20,5	11,3	13,0	14,9	8,0	-

В зоне расположения рыболовного хозяйства и по направлению течения в донных отложениях отмечено повышенное по сравнению с условным фоном (станция 5) содержание ионов аммония и нефтепродуктов.

Результаты химического анализа воды. Концентрация органических веществ и тяжёлых металлов в пробах воды в зоне расположения рыболовных садков (станции 1 и 2) и в зоне их влияния (станция 3) соответствовала фоновым показателям (станция 5) и гидрохимической характеристике втекающих вод (станция 4) (табл. 3). В зоне влияния рыболовного хозяйства (станции 1-4) отмечено повышенное по сравнению с условным фоном (станция 5) содержание ионов аммония, что свидетельствует о текущих процессах органического разложения в донных осадках. Концентрация химических элементов во всех точках не выходит за пределы допустимых значений для воды рыбохозяйственных водных объектов и по большинству показателей находится ниже рекомендуемых [14].

ОБСУЖДЕНИЕ

Акватория губы Молочной является частью Бабинской Имандры, в водах которой, как установлено разными авторами, содержание биогенных элементов имеет хорошо выраженный колебательный характер с межгодовой и сезонной изменчивостью, достигая своих наибольших значений в зимний период [1-3].

Исследования показали, что в феврале 2015 г. концентрация биогенов и тяжёлых металлов в воде губы Молочная во всех точках отбора проб была ниже рекомендуемых для водоёмов рыбохозяйственного значения (табл. 3).

Хорошо известно, что низкая комплексообразующая способность северных вод способствует их загрязнению подвижными формами тяжёлых металлов, тогда как аккумуляционная способность поверхностных донных слоёв зависит от состава грунтов и отложений [1-4].

Таблица 3. Результаты анализа воды в губе Молочной
Table 3. The results of analysis of Molochnaya Bay water quality

№ п/п	Определяемый показатель	Единицы измерения	Станция 1		Станция 2		Станция 3		Станция 4		Станция 5		ПДК ¹
			концентрация	погрешность (при P=0,95)	концентрация	погрешность (при P=0,95)	концентрация	Погрешность (при P=0,95)	концентрация	Погрешность (при P=0,95)	концентрация	Погрешность (при P=0,95)	
1	Водородный показатель	ед. рН	7,10	±0,20	7,12	±0,20	7,12	±0,20	7,13	±0,20	7,11	±0,20	6,5-8,5
2	БПК ₅	мг/дм ³	0,40	±0,10	0,48	±0,12	0,41	±0,11	0,48	±0,12	0,40	±0,10	3
3	Аммоний-ион	мг/дм ³	<0,05	-	<0,05	-	<0,05	-	<0,05	-	<0,05	-	0,05
4	Нитрит-ион	мг/дм ³	<0,02	-	<0,02	-	<0,02	-	<0,02	-	<0,02	-	0,08
5	Фосфат-ион	мг/дм ³	<0,05	-	<0,05	-	<0,05	-	<0,05	-	<0,05	-	0,05
6	Нефтепродукты	мг/дм ³	<0,005	-	<0,005	-	<0,005	-	<0,005	-	<0,005	-	0,05
7	Железо	мг/дм ³	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	0,1
8	Кадмий	мг/дм ³	<0,0001	-	<0,0001	-	<0,0001	-	<0,0001	-	<0,0001	-	0,05
9	Ртуть	мг/дм ³	<0,00001	-	<0,00001	-	<0,00001	-	<0,00001	-	<0,00001	-	0,00001
10	Свинец	мг/дм ³	<0,002	-	<0,002	-	<0,002	-	<0,002	-	<0,002	-	0,006

¹ Перечень рыбохозяйственных нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение, утв. приказом Росрыболовства N 96 от 28 апреля 1999 г.

На исследуемом участке губы Молочной (на станциях отбора проб) грунты были представлены в основном песчаным илом с крупными каменными включениями, следовательно, самоочищающую способность этой части озера можно считать удовлетворительной. Вместе с тем тип и характерный рыбный запах грунта в районе акваполигона (станции 1-3) свидетельствуют о незначительном накоплении и аккумуляции взвешенных веществ и органики непосредственно в зоне аквахозяйства.

В губу Молочную загрязняющие вещества поступают за счет техногенного переноса. Некоторая доля техногенных загрязнений из Йокостровской Имандры через канал КАЭС выносится в кут губы со скоростью 2-5 м/с локальными круговыми течениями. Здесь загрязнения депонируются донными отложениями в относительно мелководной зоне акваполигона (глубина от 4 м на станции 4 до 5,6 м на станции 5), что может создавать дополнительные экологические риски. Действительно, в грунте на станциях 1-3 выявлена аккумуляция тяжёлых металлов. К сожалению, для донных осадков пресных водоёмов экологических нормативов не имеется. По нашим данным кадмий и свинец содержатся в районе исследования в концентрациях, меньших ранее установленных другими авторами для плёса Бабинская Имандра (табл. 2).

Вероятной причиной усиленного накопления ртути и нефтепродуктов в зоне функционирования аквахозяйств может являться не только поступление тяжёлых металлов по сбросовому каналу АЭС, но и геофизические особенности, и географическое положение этого участка губы Молочной. Так, вблизи береговой черты кута губы пролегает федеральная автотрасса, загрязняющая воды в зоне размещения акваполигонов через атмосферные выпадения и поверхностные стоки дождевых и талых вод. Это объясняет высокое содержание ртути на станции 5, за пределами рыбоводных участков. Форелевые хозяйства, несомненно, привносят в донные осадки свою долю загрязнений, но, учитывая гидрохимические показатели воды в точках отбора проб (табл. 2), их вклад в загрязнение грунта тяжёлыми металлами и нефтепродуктами можно считать ничтожным. Повышенное содержание ионов аммония в зоне влияния рыбоводного хозяйства свидетельствует об активных процессах первичного разложения органики в донных осадках под рыбоводными садками. Крайне низкое содержание нитрит-ионов – промежуточных продуктов окисления азота – на фоне стабильных, нормативных показателей БПК (табл. 3) позволяет предположить ослабление интенсивности процессов на завершающих этапах органического окисления. Создаётся потенциально рискованная ситуация, которая может привести к накоплению продуктов неполного разложения при условии длительной и круглогодичной эксплуатации аквафермы. Поэтому в качестве оптимального режима выращивания форели в куту губы Молочной можно рекомендовать сезонное культивирование рыбы в летне-осенний период. Такой режим эксплуатации рыбоводного участка позволит в значительной мере минимизировать потенциальное загрязнение акватории губы Молочной: как за счёт естественных процессов окисления в отепленных водах с КАЭС, так и за счёт выноса накопившейся органики течениями в открытую часть озера.

ВЫВОДЫ

1. В зоне расположения аквахозяйства выявлено повышенное содержание аммония, что свидетельствует о накоплении и текущем первичном разложении органики в донных осадках под рыбоводными садками.
2. Повышенное содержание ртути и нефтепродуктов в донных осадках связано, вероятно, с близким расположением автомобильной трассы и выносом охладительным каналом загрязненных вод.
3. Для снижения уровня потенциального загрязнения акватории губы Молочной рекомендовано ориентироваться на сезонное культивирование рыбы без существенного увеличения мощности хозяйств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Накопление тяжелых металлов в оз. Имандра в условиях его промышленного загрязнения / В. А. Даувальтер [и др.] // Водные ресурсы. – 2000. – Т. 27, № 3. – С. 313-321.
2. Антропогенные модификации экосистем озера Имандра / Т. И. Моисеенко [и др.]. – Москва: Наука, 2002. – 476 с.
3. Моисеенко, Т. И. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера / Т. И. Моисеенко, В. А. Яковлев. – Ленинград: Наука, 1999. – 220 с.
4. Антропогенная трансформация арктической экосистемы озера Имандра: тенденции к восстановлению после длительного периода загрязнения / Т.И. Моисеенко [и др.] // Водные ресурсы. – 2009. – Т. 26, № 3. – С. 312-325.
5. Вандыш, О. И. Влияние теплового потока крупных энергетических объектов на зоопланктонное сообщество в условиях субарктики / О. И. Вандыш // Водные ресурсы. – 2009. – Т. 36, № 3. – С. 326-334.
6. Крючков, В. В. Экология водоемов-охладителей в условиях Заполярья / В. В. Крючков, Т. И. Моисеенко, В. А. Яковлев. – Апатиты: Изд-во Кольск. фил. АН СССР, 1985. – 132 с.
7. Anon. 2003. Disposal and re-utilisation of fish and processing waste (including aquaculture wastes) // Nautilus Consultants (Ireland) Ltd DK/01/03
8. Baker, R.T., Smith-Lemmon, L.L., and Cousins, B. 2001. Phytase Unlocks Plant Potential in Aquafeeds. // Global Aquaculture Advocate: Vol. 4, Issue 2, April 2001
9. Steven E. Yeo & Frederick P. Binkowski Joseph E. Morris 2004. Aquaculture Effluents and Waste By-Products: Characteristics, Potential Recovery, and Beneficial Reuse // North Central Regional Aquaculture Center (NCRAC). 61 p. <http://aqua.wisc.edu/publications/PDFs/AquacultureEffluents.pdf>
10. Biology of farmed fish / edited by Kenneth D. Black, Alan D. Pickering // Sheffield Academic Press Ltd. - 1998.-P. 284-326. ISBN 1-85075-877-8
11. Анохина, В. С. Инновационный потенциал в аквакультуре Европейского Севера России / В. С. Анохина, Е. В. Шошина, П. П. Кравец // Рыбное хозяйство. – 2011. – № 5. – С. 55-59.

12. Алехин, О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алехин. – Ленинград: Гидрометеиздат. – 1953. – 296 с.

13. ГОСТ 155 372-87 Охрана природы, гидросфера, вода для рыбоводных хозяйств, общие требования и нормы.

REFERENCES

1. Dauval'ter, V. A. Nakoplenie tyazhelykh metallov v oz. Imandra v usloviyakh ego promyshlennogo zagryazneniya / V. A. Dauval'ter [i dr.] // Vodnye resursy. - 2000. T. 27, № 3.- S. 313-321.

2. Antropogennyye modifikatsii ekosistem ozera Imandra / T. I. Moiseenko, A. A.Lukin, L. P. Kudryavtseva i dr. // M.: Nauka, 2002. - 476 s.

3. Moiseenko, T. I. Antropogennyye preobrazovaniya vodnykh ekosistem Kol'skogo Severa/ T. I. Moiseenko, V. A. Yakovlev. // L.: Nauka, 1999. - 220 s.

4. Moiseenko, T. I. Antropogennaya transformatsiya arkticheskoy ekosistemy ozera Imandra: tendentsii k vosstanovleniyu posle dlitel'nogo perioda zagryazneniya / T. I. Moiseenko, N. A. Gashkina, A. N. Sharov, O. I. Vandysh, L. P. Kudryavtseva // Vodnye resursy.- 2009. T.26. №3. - S. 312-325.

5. Vandysh, O. I. Vliyanie teplovogo potoka krupnykh energeticheskikh ob"ektov na zooplanktonnoe soobshchestvo v usloviyakh subarktiki // Vod. resursy. 2009. T. 36. № 3. - S. 326-334.

6. Anon. 2003. Disposal and re-utilisation of fish and processing waste (including aquaculture wastes) // Nautilus Consultants (Ireland) Ltd DK/01/03/

7. Baker, R.T., Smith-Lemmon, L.L., and Cousins, B. 2001. Phytase Unlocks Plant Potential in Aquafeeds. // Global Aquaculture Advocate: Vol. 4, Issue 2, April 2001

8. Steven E. Yeo & Frederick P. Binkowski Joseph E. Morris 2004. Aquaculture Effluents and Waste By-Products:Characteristics, Potential Recovery, and Beneficial Reuse // North Central Regional Aquaculture Center (NCRAC). 61 p. <http://aqua.wisc.edu/publications/PDFs/AquacultureEffluents.pdf>

9. Biology of farmed fish / edited by Kenneth D. Black, Alan D.Pickering // Sheffield Academic Press Ltd. - 1998. - P. 284-326. ISBN 1-85075-877-8

10. Kryuchkov, V. V. Ekologiya vodoemov-okhladiteley v usloviyakh Zapolyar'ya / V. V. Kryuchkov, T. I. Moiseenko, V. A. Yakovlev // Apatity: Izd-vo Kol'sk. fil. AN SSSR. - 1985. -132 s.

11. Anokhina, V. S. Innovatsionnyy potentsial v akvakul'ture Evropeyskogo Severa Rossii / V. S. Anokhina, E. V. Shoshina, P. P. Kravets // Rybnoe khozyaystvo. – 2011. № 5. - S.55-59.

12. Alekhin, O. A. Osnovy gidrokhimii//L.:Gidrometeoizdat.-1953.- 296 s.

13. GOST 155 372-87 Okhrana prirody, gidrosfera, voda dlya rybovodnykh khozyaystv, obshchie trebovaniya i normy.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Анохина Валентина Сергеевна – Мурманский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент; профессор кафедры биологии; E-mail: *anohinavs@mstu.edu.ru*

Anokhina Valentina Sergeevna – Murmansk state technical university; PhD, Associate Professor; Professor biology department; E-mail: *anohinavs@mstu.edu.ru*

Кравец Петр Петрович – Мурманский государственный технический университет; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры биологии; E-mail: *ppkravec@mail.ru*

Kravets Peter Petrovich – Murmansk state technical university; PhD, Senior researcher; Associate Professor biology department; E-mail: *ppkravec@mail.ru*

Малавенда Сергей Сергеевич – Мурманский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии; E-mail: *msergmstu@yandex.ru*

Malavenda Sergey Sergeevich – Murmansk state technical university; PhD, Associate Professor; Associate Professor biology department; E-mail: *msergmstu@yandex.ru*

Приймак Павел Георгиевич – Мурманский государственный технический университет; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры биологии; E-mail: *priymakpg@mstu.edu.ru*

Priymak Pavel Georgievich – Murmansk state technical university; PhD; Associate Professor biology department; E-mail: *priymakpg@mstu.edu.ru*

Тюкина Ольга Сергеевна – Мурманский государственный технический университет; младший научный сотрудник; E-mail: *tyukinaos@mstu.edu.ru*

Tyukina Olga Sergeevna – Murmansk state technical university; Junior researcher biology department; E-mail: *tyukinaos@mstu.edu.ru*