

УДК 543.3 : 546.23

ЕВДОКИМОВА Валентина Петровна кандидат химических наук, доцент, заведующая кафедрой химии института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 48 научных публикаций

БАХМАТОВА Юлия Алексеевна, ассистент кафедры химии института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 3 научных публикаций

СОДЕРЖАНИЕ СЕЛЕНА В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ, БЕЛОГО И БАРЕНЦЕВОГО МОРЕЙ

В статье представлены результаты определения содержания селена в водах рек и озер Архангельской области, Белого и Баренцева морей. Установлено низкое содержания этого элемента в исследуемых объектах. Полученные данные могут способствовать дальнейшему определению селенового статуса региона.

Ключевые слова: селен, реки, озера, уровни содержания, моря, биогенный элемент, Архангельская область.

Селен является важнейшим биогенным элементом. В середине XX века была установлена его важность для человека и животных. Несмотря на то, что в организме человека содержится всего несколько микрограммов селена, этот элемент имеет огромное значение для поддержания нормальной жизнедеятельности, принимая участие практически во всех обменных процессах. Точно установлены следующие функции селена: он является мощным природным антиоксидантом; предупреждает онкологические, кардиологические заболевания; стимулирует иммунитет организма; способствует усвоению железа и йода; участвует в образовании клеточной мембраны; выводит из организма такие тяжелые металлы как ртуть, марганец, свинец, кадмий; с витами-

ном Е и другими антиоксидантами облегчает течение ревматоидного артрита, участвует в формировании гормона щитовидной железы – тироксина; стимулирует рост клеток поджелудочной железы; улучшает функциональное состояние печени, нормализует процесс желчеобразования [8, с. 5–10; 9, с. 2–8].

Особенность селена является узкий интервал его содержания в пище и воде, выше которого этот элемент обладает токсичными свойствами, а ниже он уже дефицитен. Отклонение содержания селена в природной среде как в сторону его повышения, так и понижения, вызывает различные патологии.

Для нормальной работы организма необходимо 50–200 мкг селена в сутки. Потребность в селене на 90 % удовлетворяется различными

пищевыми продуктами. Около 10 % необходимого селена обеспечивается питьевой водой [1, с. 10].

Согласно современным данным, дефицит селена характерен для ряда стран, в том числе и некоторых регионов России. Это приводит к необходимости использования селена в питании здорового населения. Однако обоснованный выбор пути решения проблемы селенодефицита для конкретного региона невозможен без предварительного изучения уровня содержания элемента в компонентах экосистем (в частности в природных водах) данной территории [2, с. 109–120].

В природных водах концентрация селена чрезвычайно мала. Она колеблется в пределах от 0,01 до 3 мкг/л [11, с. 25–30]. ПДК селена составляет: для воды централизованного водоснабжения, а также для воды, расфасованной в емкости – 10 мкг/л [10, с.25]; а для минеральных лечебно-столовых и лечебных вод – 50 мкг/л [3, с. 1–28].

Селен присутствует в природных водах в нескольких химических формах, характеризующихся различной степенью окисления элемента: Se(+6) (селенаты), Se (+4) (селениты), Se (0) (элементарный селен в коллоидной форме) и Se (-2) (неорганические селениды и органические соединения селена). Соотношение форм селена в различных районах (открытых океанических водах, прибрежных и эстуарных зонах, пресноводных озерах, прудах и реках) существенно варьирует в зависимости от конкретного сочетания биологических, гидрологических и гидрохимических факторов. Доминирующей формой селена являются его органические соединения. Содержание Se (+4) – наиболее предпочитаемой микроводорослями формы – составляет не более 10 % от общего селена. Соотношение Se (+4)/Se (+6) практически всегда в пользу Se (+6), как из-за его меньшего выноса фитопланктоном, так и вследствие спонтанного химического окисле-

ния Se(+4) в Se (+6) в хорошо окисгенированных водах. [6, с. 7–12; 7, с.1–14].

Материалы и методы. Исследования содержания селена в биологических объектах на территории Архангельской области в течение нескольких лет проводятся в Лаборатории биогеохимических исследований Института естественных наук и биомедицины САФУ.

В данной статье приведены результаты исследования содержания селена в поверхностных пресных водах, используемых населением Архангельской области, а также в пробах морской воды Белого и Баренцевого морей, отобранных во время экспедиции «Арктический плавучий университет».

Архангельская область расположена на Восточно-Европейской равнине, занимает площадь 587,4 тыс. км². На территории Архангельской области более 72 тыс. рек и озер, воды которых использует население. С севера на протяжении 3 тыс. км область омывается водами Белого, Баренцева и Карского морей, относящихся к бассейну Северного Ледовитого океана. В состав Архангельской области входят 20 административных районов и Ненецкий автономный округ. Из них воды рек и озер 12 районов явились объектами наших исследований.

Исследования содержания селена в воде проводились флуориметрическим методом с использованием 2,3-диаминонафталина [4, с. 1–6].

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты исследований представлены в *таблицах 1–4*.

Содержание селена в водах озер находится в интервале концентраций 0,44–1,80 мкг/л, что не только не превышает ПДК, но и свидетельствует о довольно низком его уровне.

Анализ данных указывает на то, что содержание селена в водах озер главным образом зависит от антропогенной нагрузки. Так, воды озер, находящихся на охраняемых природных территориях (Кенозерский национальный

парк, Соловецкий государственный историко-архитектурный и природный музей-заповедник) содержат в среднем в 3 раза меньше селена, чем воды остальных озер (табл. 1).

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕЛЕНА В ВОДАХ ОЗЕР АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Район, город	Название озера	$C_{Se, \text{мкг/л}}$
Приморский	Светлое	$1,57 \pm 0,01$
	Коровье	$0,82 \pm 0,01$
	Зеленое	$1,65 \pm 0,01$
Каргопольский (территория Кенозерского национального парка)	Лекшмозеро	$0,98 \pm 0,01$
	Белое	$0,44 \pm 0,03$
	Вильно	$0,59 \pm 0,03$
	Масельгское	$0,46 \pm 0,02$
	Саргозеро	$0,59 \pm 0,02$
	Синее	$0,42 \pm 0,02$
Коношский	Верхнее	$1,69 \pm 0,01$
	Нижнее	$1,75 \pm 0,01$
Холмогорский	Любское (Сийский лесопарк)	$0,73 \pm 0,01$
	Плоское	$1,73 \pm 0,01$
	Большое Михайловское (с.Емецк)	$0,98 \pm 0,02$
	Золотое (с. Емецк)	$0,99 \pm 0,02$
Пинежский	Безымянное	$1,80 \pm 0,01$
Онежский	Таломбозеро	$0,67 \pm 0,02$
Острова Соловецкого архипелага	Лесное	$0,76 \pm 0,02$
	Святое	$0,80 \pm 0,03$
г. Северодвинск	Театральное	$1,22 \pm 0,01$

ХИМИЯ

Таблица 2
РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕЛЕНА В ВОДАХ РЕК АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Район, город	Название реки	$C_{Se, \text{ мкг/л}}$
Архангельск	Северная Двина	$3,48 \pm 0,01$
	Соломбалка (среднее течение)	$10,12 \pm 0,01$
	Соломбалка (устье)	$1,70 \pm 0,01$
Северодвинск	Параниха	$1,27 \pm 0,01$
	Кудьма	$1,33 \pm 0,01$
	Забориха	$1,23 \pm 0,01$
Каргопольский	Онега	$0,72 \pm 0,02$
Красноборский	Ладонга	$1,68 \pm 0,01$
	Лябла	$1,36 \pm 0,01$
	Мокша	$1,58 \pm 0,01$
	Сужега	$1,59 \pm 0,01$
Лешуконский	Мезень	$1,54 \pm 0,01$
Пинежский	Пинега	$1,75 \pm 0,01$
Няндомский	Няндомка	$1,92 \pm 0,01$
Онежский	Кодино	$0,95 \pm 0,01$
Приморский	Корабельный рукав р. Северная Двина	$1,65 \pm 0,01$
	Колозьма	$1,03 \pm 0,01$
	Брусовица	$9,35 \pm 0,01$
	Кехта	$10,03 \pm 0,01$
Вельский	Вель	$0,83 \pm 0,01$
	Вага	$0,93 \pm 0,01$
Холмогорский	Тюленьга	$1,48 \pm 0,01$
	Ваймуга	$1,58 \pm 0,01$
	Курополка	$1,37 \pm 0,01$
Шенкурский	Вага	$0,67 \pm 0,02$

Из *таблицы 2* следует, что речные воды отличаются несколько большим содержанием селена. В большинстве рек концентрация данного элемента находится в пределах 0,72–3,48 мкг/л, что не превышает ПДК. И только воды рек Соломбалка и Кехта содержат селен на уровне предельно допустимой концентрации. В целом содержание селена в водах рек, расположенных в городской черте, выше, чем в водах сельских районов, что связано с более сильной антропогенной нагрузкой на водные объекты.

В целом территориальных особенностей распределения селена в водных объектах Архангельской области обнаружено не было.

В *таблице 3* представлены данные по содержанию селена в питьевой водопроводной и минеральных водах. В питьевой воде уровень селена ниже, чем в природной воде, что

Таблица 3
СОДЕРЖАНИЕ СЕЛЕНА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Питьевая вода	$C_{Se, \text{ мкг/л}}$
Водопроводная вода г. Архангельск	0,89–0,77
Минеральная вода «Акваминерале»	0,95
Минеральная вода «Куртневская»	0,55
Минеральная вода «Вельская»	1,07

видимо, связано с процессом подготовки ее к использованию.

Исследования показали, что воды морей отличаются более низким содержанием селена. Это согласуется с литературными данными [5, с. 89] и может быть связано с удалением от источников техногенного поступления

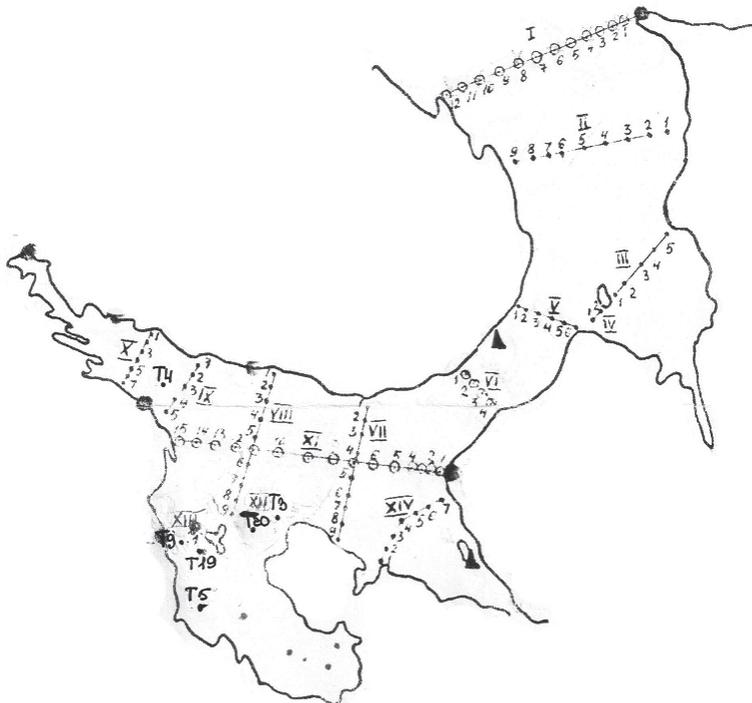


Рис. 1. Местоположение точек отбора проб воды в Белом море

ХИМИЯ

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕЛЕНА В ВОДАХ БЕЛОГО И БАРЕНЦЕВА МОРЕЙ

Таблица 4

Название моря	Местоположение точки отбора проб	C_{Se} , мкг/л
Белое море	О. Ягры (Северодвинск)	$3,83 \pm 0,01$
	Кандалакшский залив Т4*	$0,40 \pm 0,03$
	Двинской залив Т 3	$0,33 \pm 0,03$
	Двинской залив Т 20	$0,34 \pm 0,03$
	Онежский залив Т 9	$0,46 \pm 0,03$
	Онежский залив Т 19	$0,35 \pm 0,03$
	Онежский залив Т 5 (район Беломорско-Балтийского канала)	$0,68 \pm 0,03$
Баренцево море	В районе о. Колгуев Т7**	$0,34 \pm 0,03$
	В районе архипелага Земля Франца-Иосифа Т 2	$0,31 \pm 0,03$
	В районе г. Североморск Т 1	$0,32 \pm 0,03$
	В районе архипелага Новая Земля Т 15	$0,41 \pm 0,03$
	В районе архипелага Новая Земля (Русская Гавань) Т 14	$0,53 \pm 0,03$
	В районе архипелага Новая Земля (Русская Гавань) Т 13	$0,61 \pm 0,03$
	В районе архипелага Новая Земля (Русская Гавань) Т 18	$0,46 \pm 0,03$
	В районе Кольского полуострова Т 12	$0,71 \pm 0,03$

* – номер точки отбора проб воды в Белом море (рис. 1)

** – номер точки отбора проб воды в Баренцевом море (рис. 2)

данного элемента и способностью некоторых морских организмов накапливать селен.

Воды Двинского, Кандалакшского и Онежского заливов Белого моря характеризуется низким содержанием селена ($0,33-0,46$ мкг/л), и только в районе Беломорско-Балтийского канала содержание данного элемента увеличивается до $0,68$ мкг/л. Аномально высокая концентрация селена в пробе воды Белого моря,

отобранной в районе острова Ягры, связана с непосредственной близостью крупного промышленного центра – города Северодвинска (табл. 4, рис.1).

Воды Баренцева моря характеризуются тем же уровнем содержания селена ($0,31-0,61$ мкг/л). Более высокое содержание обнаружено в пробе воды (Т 12) в районе Кольского полуострова (табл. 4, рис. 2).

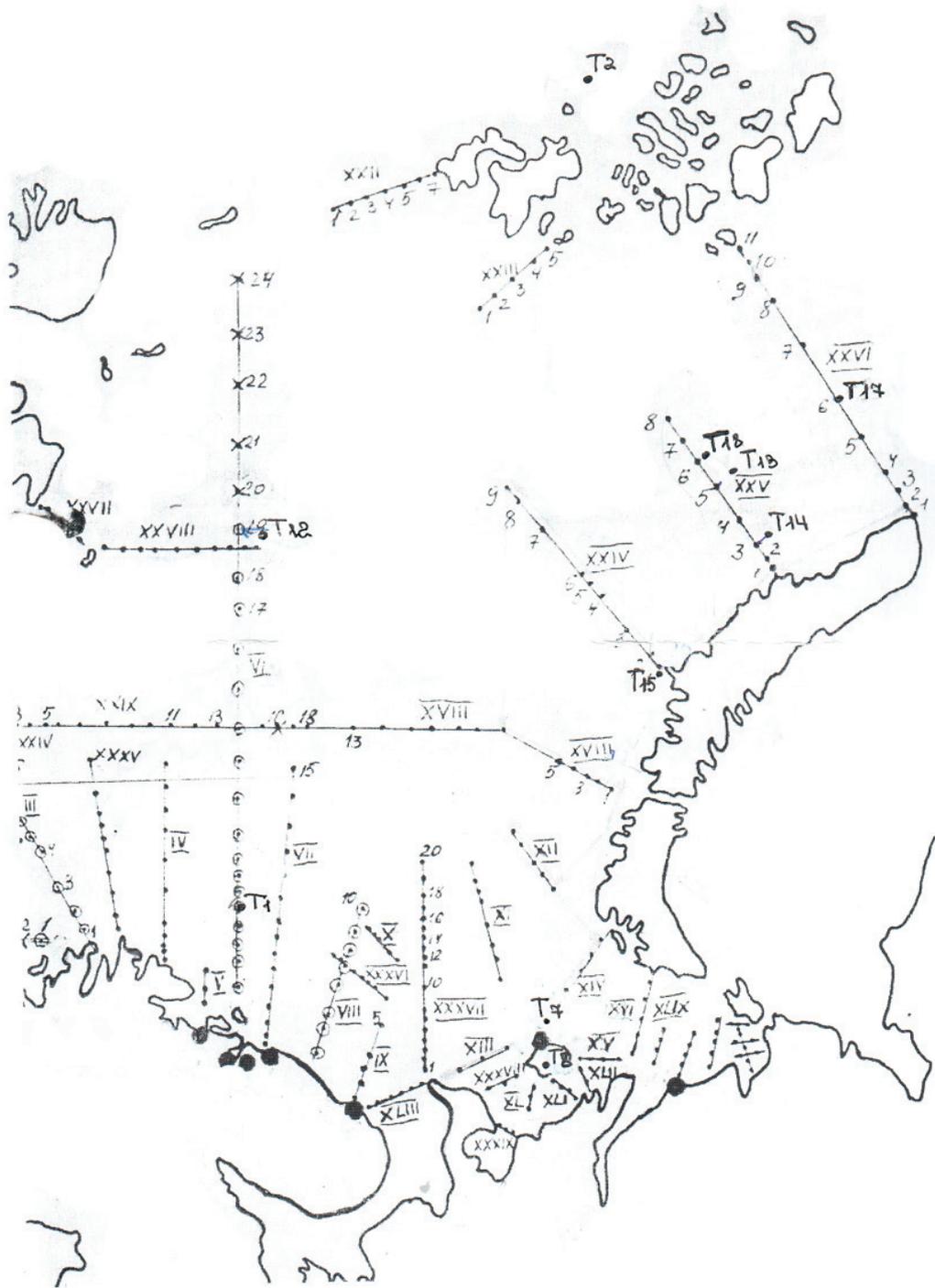


Рис. 2. Местоположение точек отбора проб воды в Баренцевом море

ХИМИЯ

Представленные в работе данные не позволяют в полной мере оценить селеновый статус водных объектов региона, однако предварительные исследования свидетельствуют о низком содержании данного элемента в воде.

Список литературы

1. Гмошинский И.В. Микроэлемент селен: роль в процессах жизнедеятельности: обзорная информация. // НАН Украины: Экология моря. 2000.
2. Голубкина Н.А. Селен в медицине и экологии. М., 2002.
3. ГОСТ 13273-88. Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые. М., 1988.
4. ГОСТ 19413-89. Вода питьевая. Метод определения массовой концентрации селена. – Вз. ГОСТ 19413-81; введен 1989.03.14. М., 1989.
5. Ермаков В.В., Ковальский В.В. Биологическое значение селена / В.В. Ермаков, – М., 1974.
6. Ермаков В.В. Биогеохимия селена и его значение в профилактике эндемических заболеваний человека // URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/scpub-4.pdf.
7. Паршукова О.И. Селен и его функции у жителей Европейского Севера: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2008.
8. Пятницкая С.В. Селен и свободнорадикальный статус у пациентов с острым коронарным синдромом: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Хабаровск, 2011.
9. Решетник Л.А., Парфенова Е.О. Биогеохимическое и клиническое значение селена для здоровья человека // Микроэлементы в медицине. 2001. № 2. С. 2–8.
10. СанПин 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М., 2002.
11. Селен. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. ВОЗ. Женева, 1989.

References

1. Gmshinskiy I.V., Mazo V.K., Tutel'yan V.A., Khotimchenko S.A. Mikroelement selen: rol' v protsessakh zhiznedeyatel'nosti: obzornaya informatsiya [Microelement Selenium: Its Role in Vital Functions: An Overview]. *NAN Ukrainy: Ekologiya morya* [National Academy of Sciences of Ukraine: Sea Ecology]. 2000. 19 p.
2. Golubkina N.A., Skal'nyy A.B., Sokolov Ya.A., et al. *Selen v meditsine i ekologii* [Selenium in Medicine and Ecology]. Moscow, 2002. 136 p.
3. *GOST 13273-88. Vody mineral'nye pit'evye lechebnye i lechebno-stolovye* [Medicinal and Semi-Medicinal Mineral Drinking Water]. Moscow, 1988. 28 p.
4. *GOST 19413-89. Voda pit'evaya. Metod opredeleniya massovoy kontsentratsii selena* [Drinking Water. Method for Assessment of Mass Concentration of Selenium]. Moscow, 1989, 6 p.
5. Ermakov V.V., Koval'skiy V.V. *Biologicheskoe znachenie selena* [Biological Significance of Selenium]. Moscow, 1974. 300 p.
6. Ermakov V.V. *Biogeokhimiya selena i ego znachenie v profilaktike endemicheskikh zabolevaniy cheloveka* [Biogeochemistry of Selenium and Its Importance for Prevention of Human Endemic Diseases]. Available at: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/scpub-4.pdf.
7. Parshukova O.I. *Selen i ego funktsii u zhiteley Evropeyskogo Severa*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Selenium and Its Functions in the Population of the European North: Cand. Biol. Sci. Diss. Abs.]. Syktyvkar, 2008. 14 p.
8. Pyatnitskaya S.V. *Selen i svobodnoradikal'nyy status u patsientov s ostrym koronarnym sindromom*: avtoref. dis. kand. med. nauk [Selenium and Free Radical Status in Patients with Acute Coronary Syndrome: Cand. Med. Sci. Diss. Abs.]. Khabarovsk, 2011. 13 p.
9. Reshetnik L.A., Parfenova E.O. *Biogeokhimicheskoe i klinicheskoe znachenie selena dlya zdorov'ya cheloveka* [Biogeochemical and Clinical Significance of Selenium for Human Health]. *Mikroelementy v meditsine*, 2001, no. 2, pp. 2–8.

10. SanPin 2.1.4.1074–01. Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva [Drinking Water. Hygienic Regulations of the Water Quality of Centralized Drinking Water Supply System. Quality Control]. Moscow, 2002. 103 p.

11. *Environmental Health Criteria for Selenium*. World Health Organization. Geneva, 1987 (Russ. ed.: *Selen. Gigienicheskie kriterii sostoyaniya okruzhayushchey sredy*. 1989. 270 p.).

Evdokimova Valentina Petrovna

Institute of Natural Sciences and Biomedicine, Northern (Arctic)
Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

Bakhmatova Yuliya Alekseevna

Institute of Natural Sciences and Biomedicine, Northern (Arctic)
Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

SELENIUM CONTENT IN WATER BODIES OF THE ARKHANGELSK REGION, THE WHITE AND THE BARENTS SEAS

The article presents the results of selenium content determination in the rivers and lakes of the Arkhangelsk Region, the White and the Barents Seas. The concentration of this element in the samples proved to be low. The data obtained can be used for further determination of selenium status of the region.

Keywords: *selenium, river, lake, concentration level, sea, biogenic element, Arkhangelsk Region.*

Контактная информация:

Евдокимова Валентина Петровна

e-mail: vpevdokimova@mail.ru

адрес: 163002, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 4

Бахматова Юлия Алексеевна

e-mail: julyabahmatova@yandex.ru

адрес: 163002, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 4

Рецензент – *Коробов В.Б.*, доктор географических наук, профессор кафедры транспорта и хранения нефти и газа института нефти и газа Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, директор Северо-Западного отделения института океанологии имени П.П. Ширшова РАН