

УДК 613.2.099:613.26

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2020-6-1-56-63>

© Андреев В.П., Закревский Ю.Н., Мартынова Е.С., Плахотская Ж.В., 2020 г.

ПИЩЕВАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПО ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ ОБРАЗЦОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ, СОБРАННЫХ НА МАРШРУТЕ КОМПЛЕКСНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ СЕВЕРНОГО ФЛОТА «НОВАЯ ЗЕМЛЯ-2018»

¹В. П. Андреев*, ²Ю. Н. Закревский, ¹Е. С. Мартынова, ¹Ж. В. Плахотская

¹Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

²Мурманский Арктический государственный университет, г. Мурманск, Россия

Введение. В публикациях, посвященных выживанию в условиях автономного существования отсутствуют сведения о загрязненности природного пищевого сырья тяжелыми металлами (ТМ). Распространенность ТМ в Арктике и способность некоторых растений к их биоаккумуляции диктует необходимость изучить содержание опасных элементов в образцах местной флоры. **Цель работы:** оценка потенциальной опасности, по содержанию ТМ, употребления в пищу объектов арктической флоры, произрастающих в местах выполнения учебно-боевых задач военнослужащими и вероятной высадки экипажей судов и кораблей, терпящих бедствие в акватории северных морей Российской Федерации. **Задачи:** оценка содержания ТМ в растениях, произрастающих в Арктике и сопоставление полученных данных с предельно допустимыми уровнями (ПДУ), установленными действующими нормативными документами. Образцы растительности собирали на территории острова Северный архипелага Новая Земля, определяли их видовую принадлежность и высушивали в гербарном прессе. Анализ проводили на атомном спектрометре МГА-915М. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью программного обеспечения Statistica for Windows 7.0. Установлено, что содержание кадмия (Cd) в листьях ивы многократно превышает ПДУ. У растений других видов обнаружены небольшие превышения ПДУ по отдельным элементам. Полученные данные обсуждаются в контексте исключительной способности растений рода ива аккумулировать ТМ, особенно Cd. Предложено исключить арктические виды ивы из числа объектов, рекомендуемых для употребления в пищу в условиях автономного существования. Остальные объекты исключать не целесообразно. Однако, учитывая отдельные превышения ПДУ у ряда растений, обязательной рекомендацией по их консумации является недопущение монофагии, максимально возможное разнообразие и чередование видов растений при использовании их в пищу.

Ключевые слова: морская медицина, автономное существование, природные источники пищи, тяжелые металлы, кадмий, ива полярная, биоаккумуляция

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Андреев В.П., Закревский Ю.Н., Мартынова Е.С., Плахотская Ж.В. Пищевая безопасность по тяжелым металлам образцов растительности, собранных на маршруте комплексной экспедиции Северного флота «Новая Земля-2018» // *Морская медицина*. 2020. Т. 6, № 1. С. 56–63, <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2020-6-1-56-63>.

Контакт: Андреев Владимир Павлович, vpandreev@mail.ru

© Andreev V.P., Zakrevskiy Y.N., Martynova E.S., Plakhotskaya Z.V., 2020

FOOD SAFETY ON HEAVY METALS OF VEGETATION SAMPLES FROM A ROUTE OF THE NORTHERN FLEET'S COMPLEXED EXPIDITION «NOVAYA ZEMLYA-2018»»

¹Vladimir P. Andreev*, ²Yuriy N. Zakrevskiy, ¹Elena S. Martynova, ¹Zhanna V. Plakhotskaya

¹S. M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

²Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russia

Introduction. In publications devoted to survival under conditions of autonomous existence, there is no information available on the contamination of natural food raw materials with heavy metals (HM). The prevalence of HM in the Arctic and the ability

of some plants to their bioaccumulation necessitates studying the content of hazardous elements in samples of local flora. *Purpose of the work:* assessment of the potential hazard, based on the content of HM, the consumption of objects of the Arctic flora that grow at military training places and places of probable disembarkation of crews of ships being in distress in areas of the northern seas of the Russian Federation. *Tasks:* assessment of the content of HM in plants growing in the Arctic and comparison of the obtained data with the maximum permissible levels (MPE) established by current regulatory documents. Vegetation samples were collected on the territory of the Northern Island of Novaya Zemlya Archipelago, their species affiliation was determined and they were dried in the herbar press. The analysis was performed by means of atomic spectrometer MGA-915M. Statistical processing of the results was carried out using the software Statistica for Windows 7.0. It was found that the content of cadmium (Cd) in willow leaves exceeds manifold the maximum permissible concentration. In plants of other species, small excess of MPE by selected elements were found. The data obtained are discussed in the context of the exceptional ability of willow plants to accumulate HM, especially Cd. It is proposed to exclude arctic species of willow from the list of objects recommended for eating in conditions of autonomous existence. The other objects are not advisable to exclude. However, taking into account some excesses of MPC in a number of plants, the prevention of monophagy as well as the maximum possible diversity and alternation of plant species when used for food is strongly recommended for consummation of plants.

Key words: marine medicine, autonomous existence, natural food sources, heavy metals, cadmium, ground willow, bioaccumulation

Conflict of interest: authors declared no conflict of interest.

For citation: Andreev V.P., Zakrevsky Yu.N., Martynova E.S., Plahotskaya Zh.V. Food safety on heavy metals of vegetation samples from a route of the Northern Fleet's complexed expedition «Novaya Zemlya-2018» // *Marine medicine*. 2020. Vol. 6, No. 1. P. 56–63, <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2020-6-1-56-63>.

Contact: *Andreev Vladimir*, vpandreev@mail.ru

Введение. Рекомендации в части выживания военнослужащих при автономном существовании должны основываться не только на данных медицинской науки о функциональных возможностях человеческого организма, его состоянии при норме и патологии, этиологии заболеваний, но и на знании особенностей природной флоры и фауны, способной служить пищей экстремальных ситуаций. Действующие руководства по выживанию содержат описания растений и животных, которые могут быть использованы для питания военнослужащих, оказавшихся в результате аварии или каких-либо иных обстоятельств в отрыве от мест постоянной дислокации¹. Однако в таких руководствах отсутствуют данные о загрязненности природного пищевого сырья поллютантами промышленности и тяжелыми металлами (ТМ), в особенно больших количествах аккумулируемыми наземной растительностью в районах залегания, добычи и переработки полиметаллических руд. Такие металлогенические районы весьма характерны для Арктики, что делает вопрос о потенциальной опасности употребления в пищу местной растительности весьма актуальным. В этом плане особый интерес представляет оценка содержания ТМ в листьях ивы, так как они являются тра-

диционной пищей ряда народов Севера, заготавливаются на зиму, в период которой употребляются в пищу вместе с мясом и служат основным источником клетчатки [1, с. 26; 2, с. 121]. В связи с этим листья и молодые побеги арктической ивы рекомендуются руководствами по выживанию в качестве пищи экстремальных ситуаций. С другой стороны, именно ива является одним из самых быстро растущих растений-аккумуляторов ТМ [3, с. 42]. Благодаря этому свойству получает распространение использование различных видов ивы в качестве вегетативных фильтров для частичной очистки сбросных сточных вод и загрязненных почв. В процессе ее вегетативные фильтры активно поглощают из воды и почвы наиболее опасные тяжелые металлы, особенно кадмий (Cd), являющийся канцерогеном [4, с. 197–198].

Цель исследования: дать оценку потенциальной опасности по содержанию ТМ, употребления в пищу объектов арктической флоры, произрастающих в местах вероятной высадки экипажей судов и кораблей, терпящих бедствие в акватории северных морей Российской Федерации. Решались задачи определения содержания ТМ в растениях, произрастающих в Арктике, и сопоставления полученных данных с предельно

¹ Медико-биологическое обеспечение выживания военнослужащих в условиях автономного существования на территории РФ. Руководство / Ред. В.П.Андреев. СПб, ВМедА. 2016. 264 с.

допустимыми уровнями (ПДУ), установленными действующими нормативными документами.

Материалы и методы. Работа проводилась на территории острова Северный архипелага Новая Земля в период третьего этапа комплексной экспедиции Северного флота «Новая Земля-2018» с 30 июля по 11 сентября 2018 года. Сбор образцов наземной растительности происходил на территории Главного полигона МО РФ в трех пунктах побережья: губа Крестовая, залив Русская Гавань и губа Митюшиха (рис. 1).



Обозначения: / Table of symbols:

Движение по маршруту / traffic on the route —————→
 Возвращение / return —————←

Рис. 1. Маршрут экспедиции «Новая Земля-2018»
Fig. 1. Route of the «Novaya Zemlya-2018» expedition

Растительность в районе залива Губа Крестовая собирали преимущественно по обоим берегам реки Северная Крестовая.

В районе залива Русская Гавань образцы собирали на полуострове Шмидта.

В заливе Губа Митюшиха высадка была произведена на северный берег, на середине рас-

стояния от открытой части до кутовой зоны. Растительный материал собирали у подножия гор среди крупных валунов и скальных фрагментов.

Видовую принадлежность растений определяли в местах их сбора по определителю, утвержденному Полярно-альпийским ботаническим садом Кольского филиала АН СССР¹. Собранные листья и цветки высших растений помещали между листами обеззоленной фильтровальной бумаги и высушивали в гербарном прессе. Органы вегетативного размножения высших растений высушивали до воздушно-сухого состояния. Перед проведением элементного анализа образцы досушивали при 80° С до постоянного веса для определения их сухой массы с точностью до 1 мг. Значения сырой массы оценивали косвенно, исходя из результатов взвешивания сухого материала, условно принимая, что содержание воды в нативных листьях кустарничков составляет 75%, а в листьях трав — 85% от их общей сырой массы. Минерализацию материала осуществляли с помощью СВЧ-минерализатора МС-6 (производитель фирма «Вольта», Россия) по стандартной методике [5, с. 97]. Анализ проводили на атомном спектрометре МГА-915М («Люмэкс», Россия). Содержание всех элементов определяли в параллельных измерениях одних и тех же минерализованных образцов.

Результаты измерений обрабатывали с помощью пакета прикладных программ Statistica for Windows 7. Выборки случайных величин сформированы в результате объединения образцов листьев по видовой принадлежности и по местам их сбора. Нормальный тип распределения членов выборок подтвержден с помощью теста Шапиро-Уилка. В таблице приведены средние значения с указанием величин доверительных интервалов ($\bar{x} \pm \Delta \bar{x}$) для уровня значимости $p=0,05$.

Нормируемые гигиенические показатели по ТМ (As, Cd, Cu, Pb, Zn) сопоставляли с величинами (ПДУ) их содержания в пищевом сырье, установленными СанПиН 2.3.2.1078-01², с учетом дополнений и изменений № 2 по СанПиН 2.3.2.1280-03³. Гигиенические показатели по эссенциальным элементам (Cu, Mn, Zn) оце-

¹ Раменская М.Л., Андреева В.Н. Определитель высших растений Мурманской области и Карелии. Л.: Наука 1982. 435 с.

² Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01», утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 06.11.2001 г., с 1 сентября 2002 года.

³ Санитарно-эпидемиологические правила СанПиН 2.3.2.1280-03 «Дополнения и изменения № 2 к СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 09.04.2003 г., с 25 июня 2003 года.

нивали также путем сопоставления с МР 2.3.1.2432-08¹, ориентируясь на обоснованные в этом документе верхние допустимые уровни (ВДУ) их поступления в организм.

Результаты и их обсуждение. В районе Губы Крестовая растительный покров в основном сплошной и представлен тундровым разнотравьем с частыми вкраплениями нескольких видов карликовой ивы (*Salix* L.) и дриады (*Dryas* L.). Среди трав преобладают камнеломки (*Saxifraga* L.) — супротивнолистная (*S. oppositifolia* L.) и поникающая (*S. cernua* L.), копеечник горошковидный (*Hedysarum vicioides* Turcz.), кисличник двупестичный (*Oxyria digyna* (L.) Hill) и горец живородящий (*Polygonum viviparum* L.). Кустарнички и последние три вида трав известны как рекомендуемые в качестве источника растительной пищи при автономном существовании [6, с. 46–54] (см. рис. 2). На каменистых склонах мелкопочников изредка встречается лишайник цетрария (*Cetraria* L.).

По берегам залива Русская Гавань, где грунт представлен преимущественно крупной галькой, растительность сплошного покрова не образует, присутствуют редкие пятна цветущих камнеломок и непригодного в пищу арктического мака (*Paraverra polare* Tolm.). Вдоль ручья, протекающего в направлении береговой линии между отметками высот 68 и 254 м, произрастает копеечник горошковидный и отдельные кустарнички ивы.

У подножия гор, круто спускающихся к берегам Губы Митюшиха, в небольшом количестве встречается лишайник кладония (*Cladonia* L.). В разреженном травяном покрове преобладают мхи и растения светлой полыни (*Artemisia* L.), непригодной для использования в пищу. Кустарнички представлены ивой и дриадами. Обнаружен «ведьмин круг» сыроежки.

Преобладающими металлами в листьях всех изученных растений являются марганец (Mn) и цинк (Zn). По максимальному содержанию одного из элементов, растения, независимо от места сбора их образцов, можно разделить на две группы — с преобладанием Mn (дриада, кисличник и копеечник) и с преобладанием Zn (ива, горец, и камнеломки).

Содержание Cd в листьях ивы в районе высадки в заливе Русская Гавань достигает

0,515 мг/кг сырой массы, что многократно превышает величину ПДУ (0,03 мг/кг) по этому элементу. У остальных растений концентрация Cd существенно ниже ПДУ. Превышение ПДУ по Zn (10 мг/кг) в Русской гавани отмечено в листьях ивы и у камнеломки поникающей. В листьях копеечника элемент содержится в пределах санитарной нормы (см. таблицу). У всех растений норма по мышьяку (As) не превышена. Превышения ПДУ по меди (Cu) и свинцу (Pb) ни у одного из растений также отмечено не было.

В районе залива Губа Крестовая существенные превышения величины ПДУ по Cd отмечены в листьях кустарничков — ивы и дриады (в 15 и 1,5 раза соответственно). Концентрация Zn выше санитарной нормы в листьях ивы и «луковичках» горца живородящего (в 3 и 4 раза соответственно). Превышений ПДУ по As, Cu и Pb не отмечено.

На побережье залива Губа Митюшиха изучена лишь кустарничковая растительность. В листьях ивы обнаружено превышение ПДУ по Cd в 6 раз и по Zn в 3,6 раза. Содержание As, Cu и Pb укладывается в пределы санитарной нормы.

Таким образом, в листьях ивы на всех пунктах высадки отмечено значительное превышение ПДУ по Cd и Zn, что, на наш взгляд, является специфической особенностью данного рода растений. На это указывает установленная рядом авторов способность деревьев рода ива накапливать в ходе сезона вегетации Cd больше, чем Pb, в тех условиях, где другие древесно-кустарниковые растения накапливают преимущественно Pb и относительно немного Cd [7, с. 8; 8, с. 248]. В пользу выдвинутого предположения свидетельствует и тот факт, что в растениях *Salix schwerinii* E. Wolf, высаженных на загрязненных ТМ территориях, содержание элементов убывает в ряду: Zn>Mn>Cd>Cu>Pb>Co>Ni=Cr>Fe. При этом у растений с высокой продуктивностью биомассы ТМ накапливаются преимущественно в корнях, а с низкой — в листьях [9, с. 106–107]. Поскольку ивы тундровых местообитаний не отличаются высокой продуктивностью биомассы, не должно вызывать удивления обнаруженное нами накопление в их листьях высоких концентраций Cd и Zn.

¹ Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 18.12.2008 г., с момента утверждения.



Saxifraga cernua L.



Oxyria digyna (L.) Hill



Polygonum viviparum L.



Hedysarum vicioides Turcz.



Dryas octopetala L.



Salix L.

Рис. 2. Растения, изученные на маршруте комплексной экспедиции Северного флота «Новая Земля-2018»
Fig. 2. The plants studied on a route of complex expedition of Northern fleet «Novaya Zemlya-2018»

Концентрации Cd в листьях ивы в разных местах их сбора по нашим данным различаются почти в 3 раза и достигают значений 0,515 мг/кг сырой массы, что отнюдь не является экстре-

мальной величиной, поскольку содержание Cd у ивы по экспериментальным данным разных авторов может колебаться в очень широких пределах и достигает, например, при выращи-

Содержание элементов в образцах арктической растительности ($\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$)

Table

The content of elements in samples of the Arctic vegetation ($\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$)

Место сбора	Растение	Элементы, мг/кг сырой массы					
		Mn	Zn (10,0)	Cu (5,0)	Pb (0,5)	Cd (0,03)	As (0,2)
Губа Крестовая	<i>O.digyna</i>	17,7±3,0	3,16±0,23	0,704±0,108	0,028±0,007	0,012±0,002	0,019±0,007
	<i>P.viviparum</i>	6,75±0,29	*40,5±4,9	0,561±0,056	—	0,001±0,000	0,085±0,015
	<i>Salix sp.</i>	21,9±0,6	*29,3±4,2	1,06±0,30	0,088±0,030	*0,439±0,065	—
	<i>D.octopetala</i>	6,90±1,74	6,14±0,59	0,371±0,192	0,070±0,020	*0,045±0,067	—
	<i>H.vicioides</i>	7,99±1,50	2,64±1,01	0,348±0,126	0,021±0,007	0,008±0,006	—
Губа Митюшиха	<i>Salix sp.</i>	18,9±3,0	*36,4±0,7	0,173±0,040	—	*0,184±0,052	—
	<i>D.octopetala</i>	32,7±1,0	6,18±0,61	0,146±0,022	—	0,012±0,001	0,014±0,002
Русская гавань	<i>Salix sp.</i>	13,2±3,8	*21,9±3,2	0,211±0,038	0,013±0,002	*0,515±0,057	—
	<i>H. vicioides</i>	5,02±0,32	1,99±0,30	0,125±0,016	0,027±0,003	0,007±0,001	—
	<i>S.cernua.</i>	14,3±1,9	16,5±1,2	0,359±0,074	—	0,004±0,000	0,065±0,015

Примечания. Под символами элементов в скобках приведены величины ПДУ, кроме Mn, для которого данный показатель не нормируется. Звездочками слева обозначены величины, превышающие ПДУ. Прочерк означает, что элемент не обнаружен.

Notes. Under the element symbols in parentheses are the values of the PDA, except for Mn, for which this indicator is not normalized. Asterisks on the left indicate values that exceed the remote control. A dash indicates that the item was not detected.

вании на искусственно обогащенных этим элементом почвах 80 мг/кг [10, с. 931].

Таким образом, одним из основных факторов повышения содержания элемента в листьях разных растений является уровень загрязнения почвы этим элементом, что проявляется как в ходе экспериментов с искусственным внесением ТМ в вегетационные сосуды [11, с. 68–69], так и в естественных популяциях, произрастающих на территориях бывших полигонов отходов или отвалов, образующихся в местах добычи полезных ископаемых [12, с. 109; 13, с. 396–397]. Этой же причиной мы склонны объяснять выявленные нами повышенные концентрации ТМ в листьях растений на территориях архипелага Новая Земля, поскольку здесь также обнаружены месторождения полиметаллических руд [14, с. 49].

В отличие от Cd, концентрации Zn в листьях ивы в разных точках отбора проб достаточно близки, различаются лишь в 1,7 раза и укладываются в пределы 21,9–36,4 мг/кг. Такие небольшие различия концентраций ТМ в растениях одного вида, произрастающих в различных местообитаниях, могут объясняться разными почвенно-климатическими условиями на разных территориях архипелага, наличием в почве, помимо измеряемого элемента, его аналогов или, наоборот, антагонистов и т.д. На аккумуляцию отдельных ТМ могут влиять и различия в содержании тех или иных макроэлементов в почве. Например, дополнительное внесение

в почву K в разной степени стимулирует накопление ивой Cu, Zn и Mn, но не влияет на аккумуляцию Pb, Ni и Cd [3, с. 45–46].

Интерпретация полученных результатов в части выработки рекомендаций по использованию растений Арктики для целей питания требует особых пояснений. В отличие от регулярно употребляемых населением зеленых и овощных сельскохозяйственных культур, для которых и разработаны определяемые СанПиН ПДУ ТМ, дикорастущая растительность не используется в пищу на постоянной основе. Это позволяет при разработке рекомендаций по аварийному питанию ориентироваться не на величины ПДУ, а на показатели верхних допустимых уровней (ВДУ) суточного поступления элементов организм. Например, горец, содержание Zn в «луковичках» которого в 4 раза превышает ПДУ, употреблять в пищу можно, учитывая, что согласно МР 2.3.1.2432-08 ВДУ потребления этого элемента составляет 25 мг/сут. Чтобы такое количество Zn могло поступить в организм, требуется поглощать с пищей 617 г «луковичек» ежедневно. Сбирать ежесуточно такое количество мелкого материала в полевых условиях не представляется возможным.

Значительное содержание Mn (32,7 мг/кг) отмечено в листьях дриады по результатам высадки в заливе Губа Митюшиха. Поскольку согласно МР 2.3.1.2432-08 ВДУ потребления этого элемента составляет 5 мг/сут, для его достижения требуется ежедневно консумировать

153 г листьев. В остальных изученных растениях концентрация марганца ниже, чем у дриады. Таким образом, если ограничить ежедневное потребление любого дикорастущего растительного материала вычисленной величиной, можно избежать интоксикации.

Заключение. Значительное превышение ПДУ по Cd и Zn в листьях ивы на всех пунктах высадки требует отказаться от рекомендации использовать эти растения в качестве источника пищи при выполнении военно-профес-

сиональных задач в экстремальных условиях Арктики при автономном существовании и выживании. В то же время исключать из списка рекомендуемых для аварийного питания какие-либо другие объекты не целесообразно. Однако, учитывая небольшие превышения ПДУ у ряда растений, обязательной рекомендацией по их консумации является недопущение монофагии, максимально возможное разнообразие и чередование видов арктической флоры при ее использовании в пищу.

Список литературы / References

1. Яковлева О.Ю. Из истории культуры питания эскимосов // *Научный электронный журнал Меридиан*. 2016. № 2 (2). С. 25–29. [Yakovleva O.Yu. From the history of eskimo food culture. *Scientific electronic journal Meridian*, 2016, No. 2 (2), pp. 25–29 (In Russ.)].
2. Ватэ В., Давыдова Е.А. Пища, эмоции и социальные отношения у амгуэмских чукчей // *Кунсткамера*. 2018. № 2. С. 119–126. [Vate V., Davydova E.A. Food, emotions and social relations of amguem Chukchi. *Kunstkamera*, 2018, No. 2, pp. 119–126. (In Russ.)] DOI: 10.31250/2618-8619-2018-2-119-126.
3. Родькин О.И. Оценка эффективности использования быстрорастущих древесных культур для фиторемедии загрязненных экосистем // *Вестник ИрГСХА*. 2018. № 84. С. 40–50. [Rod'kin O.I. The assessment of the efficiency of fast-growing trees using for phytoremediation of contaminated ecosystems. *Vestnik IrGSHA*, 2018, No. 84, pp. 40–50 (In Russ.)].
4. Mosiej J., Rodzkin A., Wyperska K., Karczmarczyk A.A. Biomass Production in Energy Forests // *Ecosystem Health and Sustainable Agriculture*. Uppsala University, 2012. P. 196–202.
5. Андреев В.П., Плахотская Ж.В. Сравнительный анализ накопления меди и кадмия макрофитами губы Чупа Кандалакшского залива Белого моря // *Биология внутренних вод*. 2019. № 1. С. 96–99. [Andreev V.P., Plakhotskaya Zh.V. Comparative Analysis of Copper and Cadmium Accumulation by Macrophytes of the Chupa Inlet, Kandalaksha Bay, White Sea. *Inland Water Biology*, 2019, No. 1, pp. 124–127 (In Russ.)] DOI: 10.1134/s1995082919010024.
6. Андреев В.П., Андриянов А.И. *Пищевые ресурсы береговой зоны Северных морей*: монография. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2014. 127 с. [Andreev V.P., Andriyanov A.I. *Food resources of a coastal zone of the North Seas*: the Monography. St. Petersburg: Publishing house A.I. Herzen RGPU, 2014, 127 p. (In Russ.)].
7. Еськов Е.К., Еськова М.Д., Выродов И.В. Тяжелые металлы в древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на селитебных территориях // *Материалы по флоре и фауне республики Башкортостан*. 2015. № 6. С. 6–9. [Es'kov E.K., Es'kova M.D., Vyrodov I.V. Heavy metals in trees and shrubs growing in residential areas. *Materials on flora and fauna of the Republic of Bashkortostan*, 2015, No. 6, pp. 6–9 (In Russ.)].
8. Перельгина Е.Н., Разинкова А.К. Влияние тяжелых металлов на урбанизированные насаждения г. Воронежа (на примере приэкваториальной растительности воронежского водохранилища // *Политематический сетевой электронный научный журнал КГАУ*. 2013. № 94 (10). С. 243–252. [Perelygina E.N., Razinkova A.K. Heavy metals impact on urban plantations in Voronezh (on example of tree species located in near-shore of Voronezh reservoir). *Polythematic network electronic scientific journal of KGAU*, 2013, No. 94, (10), pp. 243–252 (In Russ.)].
9. Марковская Е.Ф., Федоретц Н.Г., Теребова Е.Н., Бахмет О.Н., Андросова В.И., Ткаченко Ю.Н., Галибина Н.А., Кайбияйнен Э.Л. Использование *Salix Schwerinii* E. Wolf для фиторемедиации техногенного загрязнения территории ОАО «Карельский окатыш» // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 2–1. С. 101–107. [Markovskaya E.F., Fedoretz N.G., Terebova E.N., Bachmet O.N., Androsova V.I., Tkachenko Yu.N., Galibina N.A., Kaipianen E.L. Using of *Salix Schwerinii* E. Wolf for phytoremediation of contaminated industrial territories of ОАО «Karelsky okatysh». *The International journal of applied and fundamental research*, 2015, No. 2–1, pp. 101–107 (In Russ.)].
10. Jensen Julie K., Holm Peter E., Nejrup Jens, Larsen Morten B., Borggaard Ole K. The potential of willow for remediation of heavy metal polluted calcareous urban soils // *Environmental Pollution*. 2009. No. 157 (3). P. 931–937. DOI: 10.1016/j.envpol.2008.10.024.
11. Петухов А.С., Хритохин М.А., Петухова Г.А., Кремлева Т.А. Транслокация Cu, Zn, Fe, Mn, Pb и Cd в ткани овса посевного (*Avena sativa*) // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология*.

- Фармация*. 2019. № 1. С. 65–72. [Petuhov A.C. Hritohin M.A. Petuhova G.A., Kremleva T.A. Translocation of Cu, Zn, Fe, Mn, Pb and Cd in the Cultivated Oat (*Avena sativa*). *The Bulletin of the Voronezh state university. A series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2019, No. 1, pp. 65–72 (In Russ.)].
12. Šyc M., Pohořelý M., Kameníková P., Habart J., Svoboda K., Punčochář M. Willow trees from heavy metals phytoextraction as energy crops / *Biomass and bioenergy*. 2012. No. 37. P. 106–113. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.12.025
13. Van der Ent A., Mulligan D. Multi-element concentrations in plant parts and fluids of Malaysian nickel hyperaccumulator plants and some economic and ecological considerations // *J. Chem. Ecol.* 2015. Vol. 41 (4). P. 396. DOI: 10.1007/s10886-015-0573-y.
14. Мискевич И.В., Коробов В.Б. Проблемы загрязнения экосистем юго-востока Баренцева моря в начале XXI века // *Вестник современных исследований*. 2018. № 10 (25). С. 49–55. [Miskevich I.V., Korobov V.B. Pollution Problems of ecosystems in the South-East Barents sea at the beginning of the XXI century. *The Bulletin of modern researches*, 2018, No. 10 (25), pp. 49–55 (In Russ.)].

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 13.12.2019 г.

Авторство:

Вклад в концепцию и план исследования — Андреев В.П., Закревский Ю.Н.; Вклад в сбор данных — Андреев В.П., Закревский Ю.Н.; Вклад в анализ данных и выводы — Андреев В.П., Мартынова Е.С., Плахотская Ж.В.; Вклад в подготовку рукописи — Андреев В.П., Закревский Ю.Н., Мартынова Е.С., Плахотская Ж.В.

Сведения об авторах:

Андреев Владимир Павлович — кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории (войскового и рационального питания) научно-исследовательского отдела (питания и водоснабжения) научно-исследовательского центра Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Лебедева, д. 6; тел.: 8 (812) 495-72-65; e-mail: vpandreev@mail.ru;

Закревский Юрий Николаевич — доктор медицинских наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности, руководитель направления обучения по специальности «лечебное дело» Мурманского Арктического государственного университета; 184606, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 16; тел.: 8 (81537) 61766; e-mail: zakrev.sever@bk.ru;

Мартынова Елена Сергеевна — младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории (экспертизы воды и продовольствия) научно-исследовательского отдела (питания и водоснабжения) научно-исследовательского центра Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Лебедева, д. 6; тел.: 8 (812) 495-72-65;

Плахотская Жанна Вячеславовна — научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории (войскового и рационального питания) научно-исследовательского отдела (питания и водоснабжения) научно-исследовательского центра Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Лебедева, д. 6; тел.: 8 (812) 495-72-65.