

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МОЛОДЕЖНЫЙ КЛУБ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
БОГДИНСКО-БАСКУНЧАКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПРИРОДНЫЙ ЗАПОВЕДНИК

**БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПРИРОДНЫХ
И АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ:
ИЗУЧЕНИЕ И ОХРАНА**

*Сборник материалов
II Международной научно-практической конференции*

4 июня 2021 г.

Издательский дом «Астраханский университет»
2021

УДК 504.7
ББК 28.080
Б63

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом
Астраханского государственного университета

Организационный комитет конференции

Русакова Елена Геннадьевна (председатель) – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности Астраханского государственного университета;

Дымова Татьяна Владимировна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности Астраханского государственного университета;

Валов Михаил Викторович – кандидат географических наук, доцент кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности Астраханского государственного университета;

Синцов Александр Владимирович – кандидат географических наук, доцент кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности Астраханского государственного университета;

Елесина Анастасия Евгеньевна (технический секретарь) – лаборант кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности Астраханского государственного университета

Биологическое разнообразие природных и антропогенных ландшафтов: изучение и охрана [Электронный ресурс] : сборник материалов II Международной научно-практической конференции (4 июня 2021 г.) / сост. Е. Г. Русакова. – Электрон. текстовые, граф. дан. (19,3 Мб). – Систем. требования: MS Windows XP и выше; 1 Гб ОЗУ; CD-ROM; мышь. – Астрахань : Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2021. – 399 с. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): 12 см.

Рассмотрены актуальные проблемы изучения и охраны биологического разнообразия природных и антропогенных ландшафтов и водной среды; антропогенные воздействия на ландшафты и их последствия; современные методы исследования биологического разнообразия; роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия; обмен опытом в сфере экологического воспитания, образования и просвещения.

Тематика представленных статей разнообразна и будет интересна специалистам: биологам, экологам, географам, учителям, студентам, аспирантам и всем заинтересованным лицам в решении задач современной науки и общества для повышения уровня научно-исследовательской деятельности.

ISBN 978-5-9926-1304-9

© Астраханский государственный университет,
Издательский дом «Астраханский университет», 2021
© Е. Г. Русакова, составление, 2021
© А. И. Стремина, дизайн обложки, 2021

Сафарова Д.Д., Флорен А.М., Исакова Н.П.

Предварительные данные о заражённости моллюсков
трематодами *Echinoparyphium aconiatum*
в Финском озере (г. Санкт-Петербург) 173

Султаналиева Г.Б.

Биоразнообразие нематод природных и антропогенных экосистем
Иссык-Кульской котловины Кыргызстана..... 177

Трушицына О.С.

Биотопическое распределение жуужелиц (Coleoptera, Carabidae)
города Рязани..... 181

Черкасова Е.Р., Загайнова О.С.

Особенности летнего питания обыкновенной лисицы
(*Vulpes vulpes*) на Среднем Урале..... 185

Швеенкова Ю.Б.

Почвообитающие коллемболы (Hexapoda, Collembola)
заповедника «Приволжская лесостепь»
в дополнение к фауне Среднего Поволжья 188

Штехман А.И.

О привлечении длиннохвостой неясыти *Strix uralensis*
в искусственные гнездовья на Алтае..... 192

Изучение и охрана почв природных и антропогенных ландшафтов

Баубекова Д.Г.

Микоценоз аллювиально-луговых почв
сельскохозяйственного назначения Астраханской области 196

Захарова Л.А.

Оценка фитотоксичности почв Октябрьского района
города Новосибирска с помощью семян редиса 200

Малов В.Г., Подоляко С.А.

Литолого-малакологическая характеристика слоёв
разведочного шурфа археологического комплекса «Семибугры» 204

Полтавский Е.А.

Сравнительная оценка распространения тяжёлых металлов
по территории парка 50-летия октября города Москвы
в весенние периоды 2020 и 2021 годов 207

Сафонов В.А., Самбунова М.А., Салимзаде Э.А.

Индикация химического элементного состава
в объектах окружающей среды
в условиях техногенных биогеохимических провинций 212

Сыщиков Д.В., Агурова И.В.

Влияние моновидовых сообществ растений
на содержание нитратной формы азота
в эдафотопх техногенно нарушенных земель 218

**ИНДИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА
В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ
ТЕХНОГЕННЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЙ**
**INDICATION OF CHEMICAL ELEMENTAL COMPOSITION
IN THE ENVIRONMENTAL OBJECTS IN THE CONDITIONS
OF TECHNOGENIC BIOGEOCHEMICAL PROVINCES**

Сафонов В.А.¹, Самбурова М.А.², Салимзаде Э.А.О.³

Safonov V.A.¹, Samburova M.A.², Salimzade E.A.O.³

¹ *Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского
Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация*

² *ООО «БИОС», г. Москва, Российская Федерация*

³ *Астраханский государственный университет,
г. Астрахань, Российская Федерация*

¹ *Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry
of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

² *“BIOS”, Ltd., Moscow, Russian Federation*

³ *Astrakhan State University, Astrakhan, Russian Federation*

Аннотация. В целях проведения биогеохимической индикации на территории нахождения лежалых отходов обогащения, образованной в результате разработки Новотроицкого золото-мышьяковистого месторождения, были отобраны пробы грунта, образцы растительного покрова и образцы шерсти и тканей европейского крота Т. Еуропаеа. Анализ элементного состава проб методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой показал сильное превышение предельно допустимых норм содержания мышьяка в почве – в 981–1286 раз и в 1,4–20,4 раз – тяжелых металлов. С высоким содержанием мышьяка в почве было связано и присутствие повышенных его концентраций во всех пробах растений минимум в 7,7 в сравнении с литературными данными для растений на незагрязненных почвах, также накопление мышьяка в шерсти и тканях животных. Результаты оценки элементного состава взаимосвязанных объектов неживой (почва и породы, испытывавшие техногенное воздействие) и живой природы (растения, европейский крот) говорят о формировании на рассматриваемой территории мышьяковой биогеохимической провинции техногенного происхождения.

Ключевые слова: биогеохимическая индикация, почва, растения, млекопитающие, хвостохранилище

Abstract. To perform biogeochemical indication on the territory of a tailing dump that was formed as a result of the establishment of the Novotroitsk gold-arsenic deposit, the authors collected the probes of soil, samples of plants and fur, and tissues of European moles (T. Europaea). Inductively coupled plasma mass spectrometry of the elemental composition of the probes showed

a significant excess of the maximum allowable concentration of arsenic in the soil (by 981–1286 times) and heavy metals (by 1.4–20.4 times). The high content of arsenic in the soil was associated with the presence of its elevated concentrations in all the plant samples by a minimum of 7.7 % in comparison with the established norms for unpolluted soils as well as the accumulation of arsenic in the fur and tissues of animals. The results of the evaluation of the elemental composition of non-living (soil and ore affected by technogenic activity) and living (plants, European moles) objects indicated the formation of the arsenic biogeochemical technogenic province.

Keywords: biogeochemical indication, soil, plants, mammals, tailing dump

Введение. Неравномерное распределение в отдельных регионах биосферы химических элементов приводит к образованию областей, различающихся по элементному составу. Выраженная недостаточность или избыточность каких-либо элементов, способная приводить к развитию патологических нарушений у растений, животных и человека, обуславливает появление биогеохимических провинций. Биогеохимические провинции формируются в силу естественных геологических, гидрологических и почвообразовательных процессов или могут быть следствием деятельности человека [4, 10].

Изучение причин, факторов и механизмов биогеохимического воздействия способствует своевременному корректному регулированию вещественно-балансовых параметров окружающей среды и экологической ситуации. Для охраны экологии в условиях нарастающей интенсивности антропогенных процессов применяются методы биогеохимической индикации, решающие задачи раскрытия причин происходящих процессов, их оценки и составления прогнозов [3].

Незаменимой составляющей биогеохимической индикации окружающей среды является определение содержания химических элементов в почвах, горных породах и биологических объектах: растениях и животных, связанных с почвой в трофической цепи [7]. Роль эссенциальных химических элементов в живых системах хорошо изучена современной наукой, благодаря развитию надежных физико-химических методов исследования веществ и наличию множества методов изучения физиологических параметров организма. Известно, что физиологические функции могут должным образом поддерживаться при определенных концентрациях и соотношениях жизненно важных элементов. Некоторые микроэлементы, например, относящиеся к группе тяжелых металлов (ТМ), требуют строгого нормирования из-за способности оказывать токсическое воздействие уже в относительно низких концентрациях [9].

Элементный состав растений во многом зависит от состояния окружающей среды, наибольшим влиянием обладает химический состав почв, на которой развиваются данные растения, немаловажное значение имеют и кумулятивные свойства вида. Повышенный в почвах уровень элементов,

образующих токсические соединения, приводит к накоплению токсикантов в растительной биомассе, служащей кормом животным, с последующей аккумуляцией животным организмом. Системы, подобные вышеописанной системе «почва-растение-животное», часто выступают объектом индикации биогеохимических провинций, благодаря простоте, тесной связи элементов и информативности [1, 5].

Материалы и методы. Материалы для индикации элементного состава брались на территории хвостохранилища Новотроицкого золото-мышьяковистого месторождения, располагающегося в черте г. Пласт Челябинской области. Пробы грунта получали из 4-х скважин в границах хвостохранилища с интервалом взятия проб 1–2 м с последующим их усреднением и максимальной глубиной скважин до 18 м. Растительные пробы собирали в радиусе 2 м от каждой скважины, образцы были представлены типичными для данного региона видами зонтичных, ковыля, осоки. В роли объекта животного мира был выбран европейский крот – *Talpa europaea*, для анализа при соблюдении условий гуманного обращения, изложенных в директиве Европейского сообщества (86/609/ЕЕС) и Хельсинской декларации, забирали образцы шерсти и тканей печени, почек и мышц.

В собранных пробах определяли содержание 25 минеральных элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (масс-спектрометр Nexion 300D, Perkin Elmer, USA) в 3 параллельных навесках. С учетом возможного воздействия на экологию наиболее информативными считали показатели мышьяка (As), меди (Cu), ртути (Hg), свинца (Pb), никеля (Ni), цинка (Zn). Обработка результатов осуществлялась математическими методами, принятыми в научных исследованиях с помощью программного обеспечения Statistica 13.5 (Statsoft Inc.).

Результаты. Пристального внимания заслуживает изучение минеральных элементов почвы как начального звена системы «почва – растение – животное», в нашем случае еще и являющейся источником распространения элементов-токсикантов далее по трофическим цепям. Эффект антропогенного воздействия заметен в сравнении полученных данных с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) [2].

Таблица 1

**Содержание мышьяка и тяжелых металлов в пробах грунта
хвостохранилища Новотроицкого золото-мышьяковистого
месторождения ($M \pm m$, мг/кг)**

Элемент	Содержание на поверхности (0–2 м)	Среднее содержание (0–18 м)	ПДК
As	1962,9 ± 628,2	2 572,00 ± 1 259,36	2,0
Cu	37,14 ± 11,72	61,33 ± 33,40	3,0
Hg	Ниже порога определения	Ниже порога определения	2,1
Pb	45,71 ± 7,01	64,00 ± 32,33	32,0
Ni	44,29 ± 18,24	36,33 ± 22,51	4,0
Zn	92,86 ± 14,47	127,33 ± 39,99	23,0

В таблице 1 приведены уровни элементов в пробах, взятых с поверхности и из верхних слоев грунта хвостохранилища и средние уровни по всем пробам. В наибольшей степени происходит загрязнение мышьяком, содержание которого в 981–1286 раз превосходит ПДК. Уровень меди превышает ПДК в 12,4–20,4 раз, никеля – в 9,1–11,1, цинка – в 4,0–5,5, свинца – в 1,4–2,0 раз. Значительно превышающее ПДК содержание мышьяка совместно с высокими показателями уровней ТМ указывает на отрицательное воздействие изучаемого антропогенного образования на местную экологию.

Растворенные в воде токсичные элементы из загрязненных почв, находясь в подвижных формах, способны легко проникать через корневую систему и накапливаться в органах растений. Стоит отметить, что в зависимости от видовой принадлежности, способность к накоплению минеральных элементов разными органами растений варьируется в широком диапазоне. Некоторые виды способны, кроме того, демонстрировать высокую толерантность к отдельным токсикантам. Таким образом, тяжелые металлы и мышьяк обнаруживаются в разной степени в надземных и подземных частях растений, произрастающих непосредственно на Новотроицком хвостохранилище (табл. 2).

Таблица 2

**Содержание мышьяка и тяжелых металлов в пробах растений
хвостохранилища Новотроицкого золото-мышьяковистого
месторождения (мг/кг)**

Элемент	Ковыль		Осока		Зонтичные	
	Побеги	Корни	Побеги	Корни	Побеги	Корни
As	75,58	11,53	12,49	76,36	24,64	121
Cu	4,01	23,78	3,35	10,63	6,17	8,22
Hg	0,0181	0,1300	0,0136	0,0359	0,0545	0,0079
Pb	1,22	0,993	0,284	4,24	0,805	9
Ni	0,687	4,39	0,583	3,76	1,2	1,4
Zn	14,59	18,25	17,52	93,38	31,98	48,32

Многokратно превышающий предельно допустимые концентрации уровень мышьяка в почве обуславливает его высокое содержание в представителях растительного покрова. В литературных источниках принято считать, что концентрация микроэлемента в растениях на незагрязненных территориях не должна превышать 1,0–1,5 мг/кг, в данном случае минимальное наблюдаемое значение установлено в корнях ковыля и составляет 11,53 мг/кг. Максимум зафиксирован в корнях представителя зонтичных – 121 мг/кг. Накопление ТМ выражено в меньшей степени и характерно для отдельных проб.

Тесной связью с почвой характеризуется образ жизни европейского крота. Состоящий большей частью из дождевых червей (на 90–95 %) рацион крота объясняет эффективный переход к нему присутствующих в почве элементов по детритной трофической цепи. Рассмотрение результатов анализа тканей и шерсти показывает наличие в них мышьяка в больших концентрациях (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание мышьяка и тяжелых металлов
в пробах шерсти и тканей европейского крота ($M \pm m$, мг/кг)**

Элемент	Печень	Почки	Мышцы	Шерсть
As	$6,57 \pm 0,32$	$4,71 \pm 0,43$	$4,97 \pm 0,68$	$212,75 \pm 24,11$
Cu	$6,46 \pm 0,53$	$5,86 \pm 0,57$	$3,03 \pm 0,25$	$12,72 \pm 2,27$
Hg	$0,178 \pm 0,0137$	$0,291 \pm 0,0232$	$0,1275 \pm 0,0115$	$0,3675 \pm 0,0856$
Pb	$0,23 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,03$	$0,16 \pm 0,5$	$4,26 \pm 0,83$
Ni	$0,12 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,04$	$0,26 \pm 0,04$	$1,01 \pm 0,17$
Zn	$28,45 \pm 1,04$	$27,87 \pm 1,88$	$29,07 \pm 2,81$	$174,5 \pm 10,31$

Роль мышьяка в биологии животных остается слабо изученной, хотя хорошо известно его токсическое влияние на животный организм. Принадлежность мышьяка к эссенциальным микроэлементам остается предметом дискуссий, что так же справедливо для ртути, свинца и никеля, поэтому их содержание в образцах животных тканей должно быть минимальным, в то время как медь и цинк являются жизненно необходимыми [6].

Выводы. Оценка концентрации минеральных элементов, способных проявлять токсическое действие, в различных объектах окружающего мира в границах антропогенного образования демонстрирует связь интенсивности накопления этих элементов с содержанием в источнике загрязнения, в рассматриваемом случае – почве и породах хвостохранилища Новотроицкого золото-мышьяковистого месторождения.

Определение элементного состава биологических объектов – звеньев трофических цепей является одним из подходов к индикации биогеохимических провинций, в основу которой положена эколого-биогеохимическая концепция тесной связи жизнедеятельности организмов от концентраций, форм нахождения химических элементов в среде их соотношений.

Многokратное превышение ПДК мышьяка – в 981–1286 раз в почве и его нахождение в больших количествах в объектах растительного мира разной таксономической принадлежности и животного мира на примере европейского крота (*T. europaea*) свидетельствует об образовании в результате разработки Новотроицкого золото-мышьяковистого месторождения техногенной мышьяковой биогеохимической провинции.

Библиографический список

1. Гаевая, Е. В. Биогеохимия элементов в системе почва-растение-животное в условиях юга Тюменской области / Е. В. Гаевая, Е. В. Захарова, Л. Н. Скипин // Вестник КрасГАУ. – 2003. – № 11. – С. 149–153.
2. ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2042-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. – Москва, 2006. – 15 с.
3. Ермаков, В. В. Биогеохимия – фундаментальная основа технологий коррекции элементозов / В. В. Ермаков, В. Т. Самохин, С. А. Алексеева,

А. П. Дегтярев, Е. В. Кречетова, Е. А. Карпова, В. А. Сафонов, В. Б. Тютиков, В. Б. Хабаров // Микроэлементы в медицине. – 2004. – Т. 5, № 4. – С. 55.

4. Ермохин, Ю. И. Основные критерии агроэкологической оценки действия микроэлементов в системе почва-растение-животное / Ю. И. Ермохин, А. В. Синдирева // Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. – № 3. – С. 19–22.

5. Калабин, Г. В. Экодинамика техногенных провинций горнопромышленных производств: от деградации к восстановлению / В. Г. Калабин, Т. И. Моисеенко // Доклады академии наук. – 2011. – № 3. – С. 398–403.

6. Косолапов, В. М. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа / В. М. Косолапов, В. А. Чуйков, Х. К. Худякова, В. Г. Косолапова. – М., 2019. – 272 с.

7. Рыльникова, М. В. Исследование экологического воздействия новотроицкого хвостохранилища на растительный покров и живые организмы / М. В. Рыльникова, Д. Н. Радченко, М. В. Цупкина, В. А. Сафонов // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2020. – № 1. – С. 108–120.

8. Синицина, О. О. Эссенциальные элементы и их нормирование в питьевой воде / О. О. Синицина, С. И. Плитман, Г. П. Амплеева, О. А. Гильденскиольд, Т. М. Ряшенцева // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 3. – С. 30–34.

9. Шепелева, Т. А. Влияние геохимических факторов на организм животных. Методы коррекции / Т. А. Шепелева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2011. – Т. 208, № 4. – С. 366–371.

10. Safonov, V. A. Mercury and methylmercury in surface waters of arid and humid regions, and the role of humic acids in mercury migration / V. A. Safonov, V. N. Danilova, V. V. Ermakov, V. I. Vorobyov // Periodico Tch Quimica. – 2019. – Т. 16, № 31. – P. 892–902.