

СОДЕРЖАНИЕ ЖЕЛЕЗА В НЕКОТОРЫХ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТАХ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

Копылова Л.В., Лескова О.А.

ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», Чита, e-mail: kopylova.70@mail.ru

В данной статье представлена исследовательская работа по качественному и количественному определению содержания ионов железа в некоторых природных объектах Забайкальского края, на территориях, подверженных антропогенной нагрузке. Железо – жизненно необходимый элемент, но при повышении своих концентраций может проявлять токсический эффект. Объектами исследования служили почвы, снежный покров, водопроводная вода, вода природных водоемов, съедобные грибы и древесные виды растений. Качественное определение содержания ионов железа в почве, снеге и воде проводилось по стандартным методикам. Количественное определение ионов железа проводили комплексонометрическим методом и методом обратного титрования. Содержание ионов железа в золе растений определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа. Проведенное исследование показало, что ионы железа содержатся во всех исследуемых объектах. Результаты работы могут быть использованы для организации экологического мониторинга природных объектов Забайкальского края, в учебном процессе биологических факультетов высших учебных заведений г. Читы, а также для проведения научно-исследовательской работы со студентами и аспирантами.

Ключевые слова: природные объекты, железо, биогенный элемент, загрязнение окружающей среды, антропогенная нагрузка, Забайкальский край.

IRON CONTENT IN SOME NATURAL OBJECTS IN THE CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC LOAD (TRANSBAIKAL TERRITORY)

Kopylova L.V., Leskova O.A.

FSBEI of Higher Education "Transbaikal State University", Chita, e-mail: kopylova.70@mail.ru

The paper presents research to qualify and quantify the iron ion content in some natural objects of Transbaikal Territory, in the areas subject to anthropogenic load. Iron is a vital element, but it can have a toxic effect due to its elevated concentrations. The objects of research were soils, snow cover, tap water, natural waters, edible mushrooms, and woody plants. Quality of the iron ion content in soil, snow and water was determined using standard techniques. Quantitative analysis of the iron ion content was performed using complexometric method and back titration method. The iron ion content in plant ash was determined by the method of roentgen-fluorescent analysis. The research done shows that all objects under the study contain iron ions. The results of the study can be used to organize ecological monitoring of natural objects of Transbaikal Territory, in the educational process of Biology faculties of Chita higher education institutions, as well as for scientific and research work with students and postgraduates.

Keywords: natural objects, iron, biogenic element, environmental pollution, anthropogenic load, Transbaikal Territory.

На сегодняшний день в мире существует огромное количество факторов, которые способствуют появлению и прогрессированию экологических проблем. Биосфера загрязняется промышленными и бытовыми отходами, газовыми выбросами автомобильного транспорта, ядохимикатами, осадками сточных вод, химическими элементами и т.п. [7]. В число химических элементов входят элементы, жизненно необходимые для живых систем, с хорошо известными биологическими функциями, имеющие способность переходить в разряд токсичных при повышении некоторых пределов их содержания в биологических объектах [8].

Забайкальский край является старейшим горнорудным регионом России, в недрах которого есть практически вся таблица Менделеева. Большая часть добычи полезных

ископаемых ведется открытым (карьерным) способом. Вследствие этого оказывается большое воздействие на экологию региона добычи и близлежащих территорий, и такое воздействие влечет за собой негативные последствия. Высвобождающиеся из твердых матриц химические элементы переносятся в реки и водоемы с дождевыми, паводковыми и грунтовыми водами. Пыль от взрывных работ и транспортировки руды разлетается на многие километры и оседает на поверхности почвы, на растениях и деревьях [1, 14].

Железо является важнейшим почвообразующим элементом. По распространенности в литосфере среди металлов оно занимает второе место после алюминия и четвертое среди всех элементов земной коры, его кларк в почвах составляет 38000 мг/кг [1]. Железо – биогенный элемент, необходимый для нормального функционирования и жизнедеятельности живых организмов, его повышенное поступление в окружающую среду может оказывать негативное воздействие на все составляющие биосферы. В связи с этим вопрос по изучению содержания ионов железа в некоторых природных объектах является достаточно актуальным [2, 3, 7, 10].

Целью исследования являлось проведение качественного и количественного определения ионов железа в некоторых природных объектах на территориях с разной антропогенной нагрузкой.

Материалы и методы исследования. Основной сбор материалов исследования проводился в сухую погоду, в августе 2016 г., сбор снега в феврале 2016 г. Объектами исследования служили: почвы, снежный покров, водопродная вода, вода природных водоемов, пять видов съедобных грибов: подосиновик красный (*Leccinum aurantiacum* (Bull.) Gray), масленок обыкновенный (*Suillus luteus* (L.) Roussel), подгруздок белый или груздь сухой (*Russula delica* Fr.), шампиньон лесной (*Agaricus silvaticus* Secr.), моховик зеленый (*Xerocomus subtomentosus* (L.) Quél.) и листья четырех видов древесных растений, наиболее часто используемых в озеленении городов: тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.), ильм приземистый (*Ulmus pumila* L.), яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh.) [12, 13]. Отбор образцов почвы и растительного материала проводили согласно общепринятым методикам [5, 6].

Исследование проводилось на территории Забайкальского края: в г. Чита (Читинский район) на ул. Малая, ул. Богомягкова, ул. Бабушкина, район агрохимической лаборатории, в окрестностях г. Читы (водоемы: оз. Кенон, р. Читинка, ручей Смоленка, родник в районе Биофабрики, р. Ингода). В окрестностях села Вершино-Шахтама (Шелопугинский район), в п. Первомайский (Шилкинский район) и п. Ноовоорловск (Агинский район). Основными источниками поступления элементов загрязнителей в окружающую среду г. Чита являются: ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, автомобильный, железнодорожный, авиатранспорт, предприятия по

изготовлению строительных материалов, осадки сточных вод, сжигание бытовых отходов. Проблемой населенных пунктов п. Первомайский и п. Новоорловск являются горные предприятия, находящиеся в непосредственной близости от поселков и осуществляющие добычу руды (тантал, вольфрам, ниобий, молибден) открытым способом.

Для количественного определения содержания ионов железа в некоторых природных объектах использовали комплексонометрический метод и метод обратного титрования. Качественное определение ионов железа проводилось по стандартным методикам. Определение содержания ионов железа в золе растений и его валовое содержание в почвах г. Чита, п. Первомайский и п. Новоорловск выполнено методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на спектрометре S4 Pioneer (Bruker AXS, Germany), на базе лаборатории рентгеновских методов анализа, института геохимии СО РАН г. Иркутск.

Результаты исследования и их обсуждение. Для качественного определения ионов железа в почве была приготовлена солевая и кислотная вытяжки. Образцы почвы были взяты в двух районах г. Чита: на ул. Малая и ул. Богомягкова в августе 2016 г.

Для обнаружения ионов Fe^{2+} использовали раствор гексацианоферрат (III) калия. При наличии Fe^{2+} должен образоваться темно-синий осадок турнбулевой сини, но при проведении реакции осадок не образовался. Для определения ионов Fe^{3+} воспользовались раствором гексацианоферрат (II) калия и роданида аммония. При проведении качественных реакций на определение ионов Fe^{3+} в вытяжках почвы осадок выпал и в первом и во втором случае.

Таким образом, результаты качественного определения ионов железа в почве показали, что в изучаемых образцах ионы Fe^{2+} обнаружены не были, ионы Fe^{3+} обнаружены в обоих образцах.

Образцы снега были взяты в тех же районах г. Чита (ул. Малая, ул. Богомягкова) в феврале 2016 г. Качественное определение проводилось теми же реактивами, что и в почве. Результаты химического анализа снеговой талой воды, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Содержание ионов железа в снеге (февраль, 2016 г.)

Образец	Fe^{2+}		Fe^{3+}	
	ул. Малая	ул. Богомягкова	ул. Малая	ул. Богомягкова
Водная вытяжка	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Кислотная вытяжка	обнаружено	обнаружено	обнаружено	обнаружено

Качественное определение ионов железа в образцах снежного покрова показало отсутствие ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} в водной вытяжке и их присутствие в кислотной вытяжке на всех исследуемых участках.

Валовое содержание ионов железа определяли в почвах трех населенных пунктов: г. Чита, п. Первомайский и п. Новоорловск (Таблица 2).

Таблица 2

Среднее содержание железа в почвах, мг/кг (август, 2016 г.)

Металл	Участки			Кларк [1].
	п. Первомайский	п. Новоорловск	г. Чита	
Fe	25103,0 ± 615,80	20813,0 ± 508,14	15260,0 ± 376,19	38000,0

При проведении анализа исследуемых образцов почвы на наличие ионов железа нами было выявлено, что во всех образцах содержится определенное количество металла, не превышающее кларк железа в почве. В почвах п. Первомайский (25103,0 мг/кг) концентрация ионов железа выше по сравнению с п. Новоорловск, в то же время содержание металла в почвах п. Новоорловск (20813,0 мг/кг) выше, чем в почвах г. Читы (15260,0 мг/кг). Повышенное содержание ионов железа в почвах поселков, на территории которых расположены горно-обогатительные комбинаты (ГОКи), по нашему мнению, связано непосредственно с горнорудной и перерабатывающей промышленностью.

Для определения содержания ионов железа в водопроводной воде отбор проб проводился из водопровода на ул. Малая и ул. Бабушкина. Метод предназначен для определения относительно больших концентраций железа в воде (до 0,5-1 мг/л). Железо в воде сначала окисляют до трехвалентного, а затем заканчивают определение титрованием комплексоном III с сульфосалициловой кислотой в качестве индикатора. Результаты эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3

Содержание ионов железа (III) в водопроводной воде (август, 2016 г.)

Образец	V_1, cm^3	X, мг
улица Малая	5,0	2,8
улица Бабушкина	2,0	1,12

В результате полученных данных при определении содержания ионов железа в водопроводной воде была выявлена наибольшая концентрация ионов Fe^{3+} на ул. Малая, что, скорее всего, связано с устаревшей системой водоснабжения домов.

Определение ионов железа в водоемах города Читы проводилось на базе агрохимической лаборатории. При определении содержания ионов железа в водоемах г. Читы установлено наибольшее содержание железа в воде ручья Смоленка – 0,25 мг/л, что

не превышает ПДК общего железа в воде водоемов и питьевой воде – 0,3 мг/л (Таблица 4) [11].

Таблица 4

Содержание ионов железа в водоемах города Читы, мг/л (август, 2016 г.)

Место взятия пробы	оз. Кенон	р. Читинка	Ручей Смоленка	родник на Биофабрике	р. Ингода
Содержание ионов железа	0,05	0,05	0,25	0,1	0,05

Сбор пяти видов съедобных грибов для дальнейшего определения в них ионов железа проводился в окрестностях села Вершино-Шахтама в августе месяце 2016 г. Собирались грибы: *Leccinum aurantiacum*, *Suillus luteus*, *Russula delica*, *Agaricus silvaticus*, *Xerocomus subtomentosus*. Эти грибы наиболее часто встречаются в этой местности и собираются местным населением для употребления в пищу.

Проведенное исследование по определению ионов железа в высших съедобных грибах показало, что все изучаемые виды содержат ионы железа в различных количествах (Таблица 5).

Таблица 5

Содержание ионов железа в съедобных грибах, мг/кг (август, 2016 г.)

Образец	<i>Leccinum aurantiacum</i>	<i>Suillusluteus</i>	<i>Russula delica</i>	<i>Agaricus silvaticus</i>	<i>Xerocomus subtomentosus</i>
Содержание железа	59,0 ± 2,13	48,0 ± 1,40	103,0 ± 2,85	370,0 ± 4,15	33,0 ± 1,53

Наибольшее содержание ионов железа отмечается в *Agaricus silvaticus* – 370,0 мг/кг, норма содержания железа в растениях (20,0 – 300,0 мг/кг сухого вещества) превышена [9], поэтому мы рекомендуем местному населению во избежание серьезных пищевых отравлений воздерживаться от употребления данного вида в пищу. Вероятнее всего, способность *Agaricus silvaticus* концентрировать железо, в наибольших количествах, обусловлена его биохимическими особенностями. Наименьшее содержание металла отмечается в *Xerocomus subtomentosus* – 33,0 мг/кг.

Исследования по определению содержания ионов железа в листьях древесных растений, наиболее широко представленных в озеленении урбанизированных территорий Забайкальского края, проводились в г. Чита, п. Первомайский и п. Новоорловск в августе 2016 г. На основании полученных данных, представленных в таблице 6, был проведен сравнительный анализ по накоплению ионов железа в листьях разных видов древесных растений, произрастающих на участках с повышенной антропогенной нагрузкой. Результаты показали, что ионы железа в листьях накапливаются в неодинаковых

количествах. Выяснилось, что разные виды растений имеют свою специфику, определяющую максимальный и минимальный уровень содержания исследуемого металла.

Таблица 6

Среднее содержание ионов железа в листьях древесных растений, мг/кг (август, 2016 г.)

Участок	<i>Populus balsamifera</i>	<i>Caragana arborescens</i>	<i>Ulmus pumila</i>	<i>Malus baccata</i>	Норма, КК* [9]
п. Первомайский	186,7 ± 4,23	201,5 ± 5,14	127,7 ± 2,78	567,0 ±10,15	Норма 20,0– 300,0 КК–750,0
п. Новоорловск	250,3 ± 5,50	170,0 ± 3,78	119,5 ± 2,93	–	
г. Чита	150,0 ± 3,51	220,0 ± 4,45	160,0 ± 3,39	173,3 ± 3,35	

Примечание: *КК – критическая концентрация, «–» – нет данных.

По экспериментальным данным (рис. 1) максимальное количество ионов железа накапливается в листьях *M. baccata* – 567,0 мг/кг сухого вещества в п. Первомайский, минимальное – в листьях *U. pumila* – 119,5 мг/кг сухого вещества в п. Новоорловск.

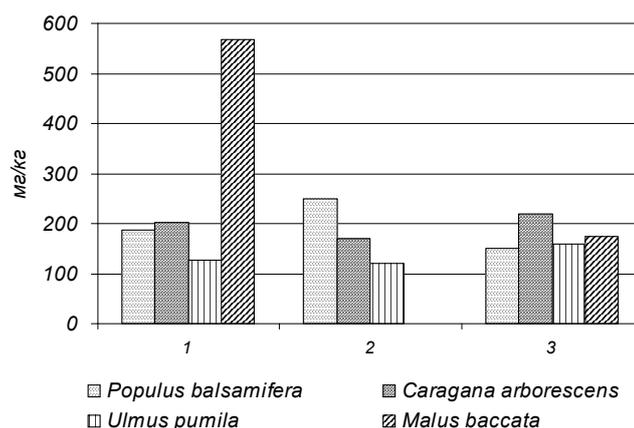


Рис. 1. Среднее содержание железа в листьях древесных растений (август, 2016 г.)

Примечание: 1 – п. Первомайский; 2 – п. Новоорловск; 3 – г. Чита.

Высокая концентрация металла отмечается в листьях *P. balsamifera* – 250,3 мг/кг сухого вещества в п. Новоорловск, и в листьях *C. arborescens* – 220,0 мг/кг в г. Чите. Нормальное содержание ионов железа для растений определено от 20,0 до 300,0 мг/кг сухого вещества [4; 9].

По данным исследований, содержание ионов железа в листьях *M. baccata* – 567,0 мг/кг в п. Первомайский выходит за пределы нормы, что, вероятно, связано с увеличением атмосферного поступления элемента в окружающую среду в связи с открытым способом добычи руды и способностью данного вида поглощать исследуемый металл листьями в наибольших количествах. ПДК железа для растений не установлена, критической является

концентрация 750,0 мг/кг сухого вещества, в изучаемых видах древесных растений она не превышена ни на одном из участков.

Заключение. Результаты исследований показали, что при качественном определении ионов железа в почве в пробах отсутствуют ионы Fe^{2+} и присутствуют ионы Fe^{3+} . Образцы снежного покрова в водной вытяжке не содержат ионы Fe^{2+} и Fe^{3+} ни на одном из исследуемых участков, но их наличие на всех участках определяется в кислотной вытяжке. Наибольшее валовое содержание ионов железа определено в образцах почвы п. Первомайский – 25103,0 мг/кг, наименьшее в г. Чита – 15260,0 мг/кг. При определении содержания ионов железа в водопроводной воде максимальная концентрация ионов Fe^{3+} выявлена на ул. Малая – 2,8 мг. Количественное содержание ионов железа в водоемах г. Читы не превышает ПДК общего железа в воде водоемов и питьевой воде, наибольшее содержание ионов железа выявлено в воде ручья Смоленка – 0,25 мг/л. При исследовании проб грибов установлено, что наибольшее содержание ионов железа отмечается в *Agaricus silvaticus* – 370,0 мг/кг, что превышает норму содержания железа в растениях. Листья исследуемых древесных растений обладают разной видовой способностью накопления ионов железа, максимальное количество металла содержится в листьях *M. baccata* – 567,0 мг/кг в п. Первомайский, что выходит за пределы нормы содержания железа в растениях.

Полученные в ходе исследования данные по определению ионов железа в почве, снежном покрове, водопроводной воде, воде природных водоемов, съедобных грибах и листьях древесных видов растений, в районах с антропогенной нагрузкой, показали, что исследуемый металл содержится во всех изучаемых объектах в разных количествах.

Проведенные исследования выявили, что листья древесных растений обладают разной видовой способностью накапливать ионы железа, что свидетельствует о возможности использования многовидовых древесных насаждений для снижения уровня загрязнения окружающей среды некоторыми токсичными элементами на территориях подверженных антропогенному воздействию. Результаты проведенных исследований могут быть применены для организации экологического мониторинга природных объектов в условиях антропогенной нагрузки на окружающую среду. Полученные данные могут использоваться в учебном процессе биологических факультетов ВУЗов г. Читы, а также для проведения научно-исследовательской работы со студентами и аспирантами.

Список литературы

1. Алексеенко В.В. Геохимия ландшафта и окружающая среда [Текст] / В.А. Алексеенко. – Москва: Наука, 1990. – 142 с.

2. Бадман А.Л. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V – VIII групп: Справ. изд. [Текст] / А.Л. Бадман и др.; под ред. В.А. Филова и др. – Л. : Химия, 1989. – 592 с.
3. Железо I-Think.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:http://www.i-think.ru/wikimet/?type=metall§ion_id=240#26071 (дата обращения: 28.04.2016).
4. Ильин В.Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях [Текст] / В.Б. Ильин, А.И. Сысо. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
5. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений [Текст] / Н.И. Сафронов, А.П. Соловов, А.А. Бродский и др. – Москва: Недра, 1965. – С. 126-140.
6. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами [Текст] / ред. Н.Г. Зырина, С.Г. Малахова. – Москва: Гидрометеиздат, 1981. – 109 с.
7. Орлов Д.С. Химическое загрязнение почв и их охрана [Текст] / Д.С. Орлов, М.С. Малинина, Г.В. Мотузова и др. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 303 с.
8. Попков В.А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учебник для бакалавров [Текст] / В.А. Попков и др.; под ред. Ю.А. Ершова. – Москва: Изд-во Юрайт, 2011. – 560 с.
9. Прохорова Н.В. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье [Текст] / Н.В. Прохорова, Н.М. Матвеев, В.А. Павловский. – Самара: Изд-во «Самарский ун-т», 1998. – 131 с.
10. Рипан Р. Неорганическая химия. Химия металлов [Текст] / Р. Рипан, И. Четяну. – Москва: Мир, 1972. – Т.1. – 871 с.
11. СанПин 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Режим доступа: URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/9/9742/index.htm> (дата обращения: 12.05.2016).
12. Флора Центральной Сибири [Текст] / под ред. Малышева Л.И., Пешковой Г.А. – Новосибирск: Наука, 1979. – Т.1. – 536 с.
13. Флора Центральной Сибири [Текст] / под ред. Малышева Л.И., Пешковой Г.А. – Новосибирск: Наука, 1979. – Т.2. – 536 с.
14. Юргенсон Г.А. Минеральное сырье Забайкалья: учебное пособие. Ч. I. Черные и цветные металлы [Текст] / Г.А. Юргенсон. – Чита: Поиск, 2006. – 256 с.