

Связь элементного состава атмосферных аэрозолей и компонентов биогеоценоза

Т.И. Савченко, О.В. Чанкина, С.А. Попова, К.П. Куценогий*

*Институт химической кинетики и горения СО РАН
630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3*

Поступила в редакцию 21.12.2009 г.

Методом корреляционного анализа показано существование тесной взаимосвязи между концентрациями элементов в атмосферных аэрозолях и тканях мелких млекопитающих Среднего Урала (печень, костные ткани), а также в тканях диких животных Горного Алтая (волосы, костные ткани). Аналогичная взаимосвязь установлена на примере элементного состава атмосферных аэрозолей и рационов питания, а также элементного состава атмосферных аэрозолей и других компонентов биогеоценоза (растение и почвы). Атмосферные аэрозоли играют, вероятно, большую роль в глобальных циклах химических элементов.

Ключевые слова: элементный состав, атмосферные аэрозоли, ткани животных, компоненты биогеоценоза; element composition, atmospheric aerosols, tissues of animals, components of biogeocenosis.

Введение

Химические элементы, распределенные в объектах окружающей среды, — важнейшее природное явление, отражающее интенсивность глобальных и региональных биогеохимических циклов. Биогеохимические циклы включают в себя круговорот питательных веществ и химических элементов на поверхности Земли между атмосферой, гидросферой, литосферой и биосферой. Эти процессы составляют сущность экосистем в определенном месте и в определенное время. В формировании не только глобальных, но и локальных циклов химических элементов существенная роль принадлежит атмосферной составляющей.

Начиная с 1991 г. в рамках проекта «Аэрозоли Сибири» ведутся комплексные исследования по изучению свойств атмосферного аэрозоля и их роли в различных биогеохимических циклах биосферы. Одной из задач данного проекта было также выяснение воздействия атмосферных аэрозолей различной природы на атмосферные процессы, здоровье людей и животный мир. Результаты этих исследований изложены в монографии [1].

Несмотря на многочисленные исследования атмосферных аэрозолей и макро- и микроэлементов, данные о количественной связи химических элементов в тканях организмов с объектами окружающей среды, например с аэрозолями, немногочисленны и фрагментарны.

Ранее американскими исследователями было показано, что существует тесная взаимосвязь между многоэлементным составом глобальных аэрозолей и кровью людей, проживающих в Англии [2]. Нами были проведены аналогичные исследования на примере многоэлементного состава атмосферных аэрозолей, собранных на Севере и в г. Новосибирске, и крови ненцев, чукчей, эскимосов, проживающих в тундре, и жителей г. Новосибирска [3]. Представлено доказательство корреляции между совокупностью концентраций элементов в крови человека и в атмосферном аэрозоле. Важный вывод этих работ с позиций глобальных биогеохимических циклов следовых элементов в биосфере при оценке их влияния на здоровье населения крупных промышленных центров заключается в том, что наиболее значимым фактором являются атмосферные аэрозоли.

В биогеохимических циклах химических элементов роли животных уделяется большое внимание [4–8], однако вопросы взаимосвязи элементного состава атмосферных аэрозолей и тканей животных, как мелких млекопитающих, так и диких копытных животных, освещены недостаточно.

Цель данной работы — выявление взаимосвязи химических элементов, содержащихся в атмосферных аэрозолях и в живых организмах, а также в компонентах питания популяций, обитающих в определенных географических зонах.

Исследовалась количественная взаимосвязь между элементным составом атмосферных аэрозолей и тканей животных, а также между элементами атмосферного аэрозоля и пищевых компонентов. Для этого использовались печень и костная ткань мелких млекопитающих (европейской рыжей полевки и средней бурозубки), обитающих на Сред-

* Татьяна Ивановна Савченко (savchenko@kinetics.nsc.ru); Ольга Васильевна Чанкина (chankina@kinetics.nsc.ru); Светлана Анатольевна Попова (popova@ns.kinetics.nsc.ru); Константин Петрович Куценогий (koutsen@kinetics.nsc.ru).

нем Урале, а также шерсть и костная ткань диких копытных животных Горного Алтая (зубр, марал, горный козел, дикий кабан).

Материалы и методы

В настоящей статье использовались описанные ранее [7–9] данные элементного состава образцов печени, костной ткани, тушки, содержимого желудка мелких млекопитающих, обитающих на территории Среднего Урала, а также шерсти и костных тканей диких животных (маралов, зубров, горного козла, косули, дикого кабана), обитающих в Горном Алтае [10]. Данные элементного состава компонентов питания тундровых ненцев описаны нами в работе [11].

Пробы атмосферных аэрозолей отбирались на фильтр типа АФА-ХА с помощью фильтровентиляционной установки над территориями пос. Самбург Тюменской области, г. Новосибирска, пос. Черный Ануй в Горном Алтае.

Элементный состав аэрозолей, разных тканей животных, пищевых компонентов, а также органов солодки и почв определен методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ). Измерения спектров проводили на станции элементного анализа в Сибирском центре синхротронного излучения Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН на накопителе электронов ВЭПП-3 [12]. Анализ воды из реки Канчалан (Чукотка) проводился в Лимнологическом институте СО РАН (г. Иркутск) методом ICP-MS (масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой), который позволил определить элементы, мкг/л: К (616), Са (4660), Сг (3,5), Мп (5,8), Fe (205), Ni (1,4), Cu (0,5), Zn (3,0), As (0,5), Se (1,1), Br (164), Rb (0,8), Sr (32), Mo (0,5), Pb (0,37).

Статистические характеристики элементного состава и коэффициенты корреляции определялись с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 6.0 и Statistica 6.0.

Результаты и обсуждения

Взаимосвязь между многоэлементным составом тканей животных разного вида, компонентов питания и атмосферных аэрозолей была исследована методом корреляционного анализа. Зависимость исследуемых величин представляется уравнением линейной регрессии

$$y = a + bx,$$

где y и x – логарифмы (Ln) среднегеометрических значений концентраций C элементов субстратов.

Значения концентраций элементов в субстратах различаются в пределах нескольких порядков, поэтому при графическом сопоставлении концентраций их удобнее выражать в логарифмической форме. Полученные коэффициенты корреляции r ($p = 0,05$) характеризуют степень взаимодействия между содержанием элементов в субстратах.

Взаимосвязь элементного состава тканей животных с аэрозолями

Взаимосвязь элементного состава тканей мелких млекопитающих с аэрозолями

Взаимосвязь элементного состава атмосферных аэрозолей и печени, тушки и костной ткани мелких млекопитающих Среднего Урала была исследована на примере растительной европейской рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* Shreber, 1780) и насекомоядной средней бурозубки (*Sorex caecutiens* Laxmann, 1788), совместно обитающих на территории Среднего Урала. В тканях этих мелких животных измерено 18 элементов: К, Са, Fe, Ni, Cu, Zn, Ge, Se, Br, Rb, Sr, Zr, Pb [7, 9].

Методом корреляционного анализа показано, что существует определенная связь между содержанием элементов в печени, а также в тушке бурозубки и в атмосферном аэрозоле ($r = 0,71$ и $0,72$ соответственно). Аналогичная зависимость получена для совокупности концентраций элементов в печени, в тушке и костной ткани полевки и в атмосферном аэрозоле ($r = 0,78$, $0,71$ и $0,76$ соответственно). Результаты корреляционного анализа приведены в п. «а» таблицы. Рис. 1 иллюстрирует корреляционную зависимость между многоэлементным составом элементов в тканях печени полевки и в атмосферных аэрозолях Севера ($r = 0,78$).



Рис. 1. Сопоставление совокупности концентраций C элементов в печени полевки и в атмосферных аэрозолях

Взаимосвязь элементного состава тканей диких копытных животных с атмосферными аэрозолями

По аналогии с мелкими млекопитающими мы исследовали взаимосвязь между элементным составом шерсти диких копытных животных Горного Алтая (марала, кабана, зубра, косули, горного козла) и атмосферных аэрозолей (см. раздел «б» таблицы). Элементный состав шерсти и костной ткани дикого кабана, марала, косули, горного козла и зубра описан в работах [8, 10]. Группа биологических видов, объединенных общим названием «дикие копытные животные», очень перспективна как источник важных соединений и микроэлементов.

Данные корреляционного анализа элементного состава атмосферных аэрозолей с компонентами биогеоценоза

Объект исследования	Компонент регрессии	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции r
<i>а. Виды тканей млекопитающих Среднего Урала (y) – атмосферные аэрозоли (x)</i>			
Средняя бурозубка	печень – аэрозоли	$y = -0,47 + 1,37x$	0,71
Рыжая полевка	печень – аэрозоли	$y = -0,19 + 1,39x$	0,78
Рыжая полевка	тушка – аэрозоли	$y = -0,24 + 1,52x$	0,71
Средняя бурозубка	тушка – аэрозоли	$y = -0,30 + 1,44x$	0,72
Рыжая полевка	кости – аэрозоли	$y = 0,91 + 1,47x$	0,76
<i>б. Виды тканей копытных животных Горного Алтая (y) – атмосферные аэрозоли (x)</i>			
Дикий кабан	шерсть – аэрозоли	$y = -0,4 + 0,9x$	0,88
Марал	шерсть – аэрозоли	$y = 0,4 + 1,2x$	0,87
Зубр	шерсть – аэрозоли	$y = 0,19 + 0,9x$	0,88
Косуля	шерсть – аэрозоли	$y = 0,02 + 0,83x$	0,85
Горный козел	шерсть – аэрозоли	$y = -0,6 + 0,82x$	0,82
Дикий кабан	кости – аэрозоли	$y = 0,1 + 1,2x$	0,88
Косуля	кости – аэрозоли	$y = -0,01 + 1,18x$	0,87
Горный козел	кости – аэрозоли	$y = -0,21 + 1,18x$	0,87
<i>в. Виды пищевых компонентов (y) – атмосферные аэрозоли (x)</i>			
Северный олень	мышцы – аэрозоли	$y = -0,07 + 1,33x$	0,79
Щука	мышцы – аэрозоли	$y = -0,51 + 1,53x$	0,80
Плотва	мышцы – аэрозоли	$y = 0,009 + 1,54x$	0,81
Пелядь	мышцы – аэрозоли	$y = -0,04 + 1,44x$	0,77
Горбуша (Чукотка)	мышцы – аэрозоли	$y = 0,2 + 1,0x$	0,77
Брусника	плоды – аэрозоли	$y = -0,5 + 1,17x$	0,73
Клюква	плоды – аэрозоль	$y = -0,25 + 0,99x$	0,62
<i>Вода – атмосферные аэрозоли (x)</i>			
Канчалан (Чукотка)	вода – аэрозоль	$y = 0,95 + 0,4x$	0,78
Байкал	вода – аэрозоль	$y = -1,12 + 0,94x$	0,69
<i>г. Рацион питания мелких животных (y) – атмосферные аэрозоли (x)</i>			
Средняя бурозубка	рацион – аэрозоли	$y = 1,3 + 1,47x$	0,84
Рыжая полевка	рацион – аэрозоли	$y = 1,29 + 1,37x$	0,78
<i>д. Органы солодки уральской (y) – атмосферные аэрозоли (x)</i>			
Подземные	корень – аэрозоли	$y = 0,02 + 1,05x$	0,90
Наземные	листья – аэрозоли	$y = -0,13 + 1,12x$	0,91
Репродуктивные	бобы – аэрозоли	$y = -0,5 + 1,0x$	0,85
<i>Почвы – атмосферные аэрозоли (x)</i>			
Средний Урал	почва – аэрозоли	$y = 3,14 + 1,28x$	0,76
Новосибирская обл.	почва – аэрозоли	$y = 1,96 + 1,08x$	0,85

Известно, что элементный состав тканей диких животных может использоваться для целей биогеохимической индикации, диагностики микроэлементов и экологического мониторинга [5].

Сравнение совокупности элементов в шерсти копытных животных и атмосферных аэрозолях методом корреляционного анализа также указывает на существование тесной взаимосвязи: для кабана ($r = 0,88$), для марала (0,87), для косули (0,85), горного козла (0,82), зубра (0,94). Тесная связь существует и между элементным составом костной ткани кабана, косули, горного козла и атмосферных аэрозолей ($r = 0,88$; 0,87). На рис. 2 приведены концентрации элементов в атмосферных аэрозолях, собранных над территорией Горного Алтая, и в шерсти зубра.

Таким образом, выявлено существование тесной взаимосвязи элементного состава атмосферных

аэрозолей и тканей животных разного типа – мелких млекопитающих и диких копытных животных.

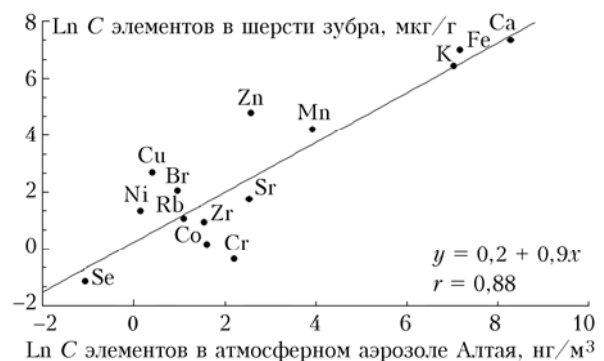


Рис. 2. Сопоставление совокупности концентраций C элементов в шерсти зубра и аэрозолях Горного Алтая

Взаимосвязь элементного состава атмосферных аэрозолей и компонентов питания человека и животных

Взаимосвязь химических элементов в атмосферных аэрозолях и в компонентах пищи человека

Миграция элементов в организм человека совершается по пищевой цепочке: почва — вода — пищевые продукты растительного и животного происхождения — человек. Считается, что главным источником химических элементов, которые поступают в организм, является пища [2, 13, 14], а вода и воздух — вторичные. Следовало ожидать, что концентрации химических элементов в крови будут тесно коррелировать с концентрациями элементов, содержащихся в компонентах пищи. Действительно, в работе [2] такой факт был показан на примере сравнения следовых элементов, содержащихся в крови и в диете жителей промышленных городов Англии.

Нами также было показано существование тесной взаимосвязи между элементным составом: крови жителей Севера и употребляемых ими в пищу мышечных тканей оленя ($r = 0,94$), мышечных тканей разного рода рыб, выловленных из местных рек ($r = 0,80 \div 0,85$), и ягод (клюква, брусника, смородина), собираемых на территории проживания [3]. По образу жизни и демографическим параметрам коренное население может быть приближено к природному типу популяций человека. Основу хозяйствования их составляют оленеводство, рыбная ловля, охота. В связи с этим относительно просты пищевые цепи. Можно предположить, что, по-видимому, главным источником следов элементов, которые входят в пищевую цепь и в итоге обогащают кровь, являются аэрозоли.

Поскольку атмосферные аэрозоли, обогащенные некоторыми элементами, переносятся на большие расстояния и оседают на поверхности, с которой начинается пищевая цепь, мы исследовали методом корреляционного анализа взаимосвязь совокупности элементов в атмосферных аэрозолях Севера и в мышечных тканях оленя и рыб (щука, плотва, пелядь). В п. «в» таблицы приведены результаты анализа. Полученные коэффициенты корреляции ($r = 0,77 \div 0,81$) говорят о наличии существенной взаимосвязи между элементным составом указанных выше субстратов (рис. 3).

Сопоставление элементного состава мышечных тканей горбуши, выловленной из р. Канчалан на Чукотке, и атмосферных аэрозолей указывает ($r = 0,77$) также на наличие взаимосвязи.

Эта река является источником питьевой воды чукчей, поэтому мы исследовали взаимосвязь между концентрациями элементов в воде р. Канчалан и в атмосферных аэрозолях. Полученный коэффициент корреляции ($r = 0,78$) между содержанием химических элементов в атмосферном аэрозоле

и воде реки говорит о наличии существенной взаимосвязи (рис. 4).

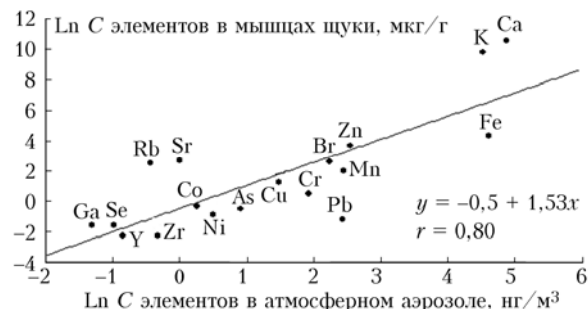


Рис. 3. Сопоставление совокупности концентраций С элементов в мышечной ткани щуки, выловленной из реки вблизи пос. Самбург, и атмосферных аэрозолей



Рис. 4. Сопоставление совокупности концентраций С элементов в воде р. Канчалан и в атмосферном аэрозоле

Для сравнения мы провели сопоставление совокупности элементов в воде оз. Байкал [15] и в атмосферных аэрозолях, собранных в этом регионе [16], и показали также существование определенной взаимосвязи между данными субстратами ($r = 0,69$).

Сопоставление элементного состава атмосферных аэрозолей и ягод (брусника и клюква), собранных на территории проживания и употребляемых в пищу тундровыми ненцами, также указывает на наличие определенной взаимосвязи ($r = 0,73$ и $0,62$ соответственно).

Взаимосвязь элементного состава рационов питания мелких млекопитающих и атмосферных аэрозолей

Для этой цели в качестве примера были использованы данные элементного состава рациона питания рыжей полевки и средней бурозубки, которые в силу их интенсивного метаболизма потребляют большое количество пищи. Рацион питания этих млекопитающих различен, рыжая полевка питается растительностью, а средняя бурозубка — насекомыми [9]. Сопоставление методом корреляционного анализа данных элементного состава рациона питания рыжей полевки и атмосферных аэрозолей Севера указывает на существование тесной взаимосвязи между указанными субстратами ($r = 0,78$) (см. таблицу, п. «г», и рис. 5).



Рис. 5. Сопоставление совокупности концентраций C элементов в рационе питания рыжей полевки и атмосферных аэрозолях

Полученный коэффициент корреляции ($r = 0,84$) для сопоставления концентраций элементов в атмосферном аэрозоле и в рационе питания бурозубки также указывает на существенную взаимосвязь.

Взаимосвязь атмосферных аэрозолей с другими компонентами биогеоценоза

В соответствии с учением В.И. Вернадского о биосферной функции живого вещества следует говорить о нескольких уровнях биогеохимических (БГХ) циклов. Участие живого вещества в БГХ-циклах начинается с уровня продуцентов. Растения перекачивают макро- и микроэлементы из почвы в биогеохимический круговорот. Имеет место своеобразный геохимический отбор, определяемый неодинаковой биологической доступностью форм химических соединений в почвах, спецификой зональных типов растительности, избирательностью процессов поглощения химических элементов и их соединений растениями и животными. Подобный же отбор имеет место при включении в биогеохимические циклы следующего уровня — первичных консументов. Этим определяются особенности спектра химических элементов у животных, не совпадающие с почвенными и растительными кларками. Вместе с тем особенности химического состава растений и животных дают своего рода биогеохимический портрет отдельных природных и техногенных экосистем, отражающий их биогеохимическое своеобразие.

Взаимосвязь между растениями и почвой, на которой они произрастают, и атмосферными аэрозолями, собранными на данной территории, рассмотрена нами на примере солодки уральской *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. (произрастающей в Новосибирской области). Элементный состав описан нами в работе [17]. Методом корреляционного анализа показано, что между атмосферными аэрозолями и различными органами произрастающей в Новосибирской области солодки (подземными, надземными и репродуктивными) существует тесная взаимосвязь ($r = 0,90$, $0,91$ и $0,85$ соответственно) (см. таблицу, п. «д»). На рис. 6 приведено сопоставление совокупности концентраций элементов в атмосферных аэрозолях и в подземных органах солодки.



Рис. 6. Сопоставление совокупности концентраций C элементов в корне солодки уральской и атмосферных аэрозолях

Коэффициенты корреляции, полученные при сопоставлении концентраций элементов, содержащихся в атмосферных аэрозолях Новосибирской области и почвах, на которых произрастала солодка, также указывают на наличие тесной взаимосвязи ($r = 0,85$).

Заключение

Полученные нами доказательства корреляции между микроэлементами, содержащимися в атмосферных аэрозолях и в тканях животных, а также между некоторыми компонентами пищевых цепей человека и животных и атмосферного аэрозоля требуют объяснения. Можно выдвинуть некоторые аргументы в защиту этой взаимосвязи. Обсуждение может основываться на двух дополнительных фактах. Во-первых, атмосферные аэрозоли являются, по-видимому, главным источником микроэлементов, которые поступают в пищевую цепь и в итоге в кровь человека и животных, а затем в другие ткани организма. Во-вторых, аэрозольные частицы переносятся на большие расстояния, осаждаются на поверхность Земли и океанов, где начинается пищевая цепь.

Хотя существуют данные о том, что аэрозоль играет важную роль в глобальном кругообороте элементов, ранее не подозреваемая корреляция между тканями организма человека или животных и атмосферного аэрозоля предполагает недооценку последнего. В связи с этим поступление отходов в воздух может серьезно усилить доступность токсических концентраций элементов для пищевой цепи человека и животных. Химический состав атмосферных аэрозолей позволяет прояснить картину движения компонентов, оценить степень влияния природных и техногенных факторов на живое вещество и тем самым решать задачи нейтрализации их отрицательного воздействия.

Продолжение данных исследований важно и для разрешения проблем относительно глобальных источников и переноса аэрозоля.

Таким образом, наши результаты по исследованию взаимосвязи элементного состава атмосферных аэрозолей, крови человека и тканей животных или компонентов пищи указывают на единство и взаимосвязь химических элементов, что позволит получить новые важные данные о глобальных закономерностях в биогеохимических циклах.

1. *Аэрозоли Сибири* / Под ред. К.П. Куценого. Новосибирск: СО РАН, 2006. 548 с.
2. *Walter J.* Relationship between trace element concentrations in human blood and atmospheric aerosol // *Sci. Total Environ.* 1983. V. 27. P. 21–32.
3. *Koutzenogii K.P., Savchenko T.I., Chankina O.V., Popova S.A.* SRXFA in the studies of the correlation between the element composition of human blood and environment objects // *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. Part A.* 2009. V. 603. P. 134–136.
4. *Вернадский В.И.* Биогеохимические очерки (1922–1932 гг.). М.: Изд. АН СССР, 1940. 250 с.
5. *Ермаков В.В., Тютиков С.Ф.* Геохимическая экология животных. М.: Наука, 2008. 315 с.
6. *Покаржевский А.Д.* Геохимическая экология наземных животных. М.: Наука, 1985. 300 с.
7. *Безель В.С.* Экологическая токсикология: популяционный и биоценотический аспекты. Екатеринбург: Изд-во «Гошпикий», 2006. 280 с.
8. *Бгатов А.В., Анохин С.М., Савченко Т.И., Чанкина О.В., Ковальская Г.А., Сороколетов О.Н.* Минеральный состав тканей диких и домашних животных Горного Алтая // *Сиб. вестн. сельскохозяйств. науки.* 2007. № 6 (174). С. 59–64.
9. *Безель В.С., Куценогий К.П., Мухачева С.В., Савченко Т.И., Чанкина О.В.* Химическое загрязнение среды: элементный состав рационов и тканей мелких млекопитающих различных трофических уровней // *Химия в интересах устойчивого развития.* 2007. № 1. С. 33–43.
10. *Koutzenogii K., Savchenko T., Chankina O., Kovalskaya G., Osipova L., Bgatov A.* // *J. Trace and Microprobe Techn.* 2003. V. 21. N 2. P. 311–325.
11. *Савченко Т.И., Ковальская Г.А., Чанкина О.В., Куценогий К.П., Осипова Л.П.* Определение элементного состава компонентов пищи тундровых ненцев // *Экол. химия.* 2002. № 11 (4). С. 279–286.
12. *Baryshev V.B., Kulipanov G.N., Skrinsky A.N.* Review of X-ray fluorescent analysis using synchrotron radiation // *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. Part A.* 1986. V. 246. P. 739–750.
13. *Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова М.С.* Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991. 496 с.
14. *Ковальский В.В.* Геохимическая среда и жизнь. М.: Наука, 1982. 78 с.
15. *Saturin A.N., Paradina L.F., Epov V.N., Semenov A.R., Lozhkin V.I., Petrov L.L.* Preparation and assessment of a candidate reference sample of Lake Baikal deep water // *Spectrochim. Acta. Part B.* 2003. V. 58. P. 277–288.
16. *Барышев В.Б., Золотарев К.В., Кобелева Н.А., Потемкин В.Л., Ходжер Т.В.* Исследование элементного состава проб атмосферных аэрозолей Байкальского региона методом РФА на пучке синхротронного излучения // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования.* 2002. № 11. С. 50–59.
17. *Гранкина В.П., Савченко Т.И., Чанкина О.В., Ковальская Г.А., Куценогий К.П.* Характеристика микроэлементного состава солодки уральской *Glycyrrhiza uralensis Fisch.* (сем. *Fabaceae*) // *Сиб. экол. ж.* 2009. № 4. С. 635–639.

T.I. Savchenko, O.V. Chankina, S.A. Popova, K.P. Koutzenogii. **Relationship between element composition of atmospheric aerosols and components of biogeocenosis.**

The method of correlation analysis indicates a close interaction between concentrations of elements in atmospheric aerosols and tissues of small mammals of the Middle Urals (liver, bone tissues) and in the tissues of wild animals of the Mountain Altai (hair, bone tissues). A similar interaction has been established for the element composition of atmospheric aerosols and for the element composition of atmospheric aerosols and other components of biogeocenosis (plants and soil). The atmospheric aerosols play probably an important role in the global cycling of chemical elements.