



ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 58+632

О НЕКОТОРЫХ ФАКТОРАХ НАКОПЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ РАСТЕНИЯМИ

© 2012 Г.Р. Валеева¹, В.З. Латыпова¹, Р.И. Винокурова², Е.Р. Иванова³,

¹Казанский (приволжский) федеральный университет

²Марийский государственный технический университет

³Кубанский технологический университет, филиал в г. Туапсе

При заболевании тимпанией у молоди стерляди отмечены биохимические и патофизиологические нарушения, о чем свидетельствует снижение активности малатдегидрогеназы и сукцинатдегидрогеназы и повышение активности лактатдегидрогеназы в их печени и мышцах. Эти нарушения сопровождаются изменением уровня и баланса жирных кислот ω -3 и ω -6 ряда в направлении уменьшения ω -3 кислот.

When young sterlet is suffering from tympanism, biochemical and pathophysiological disorders are observed; the activity of malate dehydrogenase and succinate dehydrogenase lowers in the fish liver and muscles, while the activity of lactate dehydrogenase increases. Such disorders are accompanied by changes in the level and balance of ω -3 and ω -6 fatty acids towards decrease in ω -3 fatty acids.

Ключевые слова: стерлядь, молодь, тимпания, лактатдегидрогеназа, малатдегидрогеназа, сукцинатдегидрогеназа, жирные кислоты.

Keywords: sterlet, young fish, tympanism, lactate dehydrogenase, malate dehydrogenase, succinate dehydrogenase, fatty acids.

Введение

Элементный состав растений является лабильной величиной, на которую влияет большое количество одновременно действующих факторов [1], условно объединенных [2] в три группы: внутренние, биохимические факторы, определяемые биологическими особенностями конкретного вида (систематическое положение растений); внешние, ландшафтно-геохимические факторы, определяемые условиями среды обитания; внутренние, кристаллохимические факторы, определяемые свойствами ионов, входящих в состав растений. Помимо отмеченных выше природных факторов, определенный вклад в элементный состав растений вносит также и антропогенный фактор.

Информация о роли различных факторов в формировании химического состава растений разрознена и противоречива. Для того чтобы выявить и ранжировать эти факторы, определить закономерности формирования элементного состава растений, необходимы системные исследования. Подобные сведения представляют значительный теоретический и практический интерес в связи с важностью развития теоретических основ управления качеством окружающей среды, экологического нормирования и экологической безопасности территорий.

Целью данной работы стало выявление роли различных факторов в формировании элементного состава и биогеохимической активности растений, произрастающих в различных экологических условиях, методами полевых и лабораторных исследований с использованием единых методических подходов. В основу положены результаты систематического исследования элементного состава фотосинтезирующих органов древесных, кустарниковых и травянистых растений смешанных лесов юго-востока Республики Татарстан (РТ), елово-пихтовых лесов Республики Марий-Эл (РМЭ) и урбофитоценозов (г. Казань).

Экспериментальная часть

Объектом исследования является система «почва-растение». Отбор образцов почв и растений осуществляли в соответствии с ГОСТ 17-4.4.02-84 и ГОСТ 17-4.4.02-84 в конце вегетационного периода. Всего было отобрано 897 проб растений и 927 проб почв.

Элементный состав определяли с использованием оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой ICPE-9000 (Shimadzu) на базе аккредитованной лаборатории экологического контроля КФУ.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ Statistica 8.0.

Результаты и их обсуждение

Зависимость содержания элементов в органах растений от их содержания в почве наиболее детально с определением валовых и подвижных форм тяжелых металлов (Pb, Cr, Cd, Zn, Cu и Mn) исследована на примере серых лесных песчаных и супесчаных почв лесопарковых зон г. Казани.

Предварительно в опытах на фитотоксичность было показано, что водные вытяжки всех исследованных почвенных образцов не оказывают токсического действия (тест-объект *Raphanus sativus* var. *Radicula Pers.* сорта «Редис красный с белым кончиком») [3] на растительные организмы.

Что касается зависимости между валовым содержанием элемента в почве (n_x) и содержанием его в золе фотосинтезирующих частей растений (l_x), то в большинстве случаев имеется лишь тенденция к росту l_x с увеличением n_x . Отсутствие тесных корреляционных зависимостей связано, по-видимому, с наложением влияния также и других факторов. Достоверная тенденция ($r > r_{кр}$) к увеличению содержания Mn и Cu с ростом их содержания в почвенном покрове выявлена лишь для трав и кустарников (рис. 1-4). Это может быть объяснено высокой биодоступностью данных элементов в корнеобитаемой зоне трав и кустарников, отсутствием корневых барьеров [4] и атмосферным переносом.

Как следует из уравнений линейной регрессии (рис. 1, 2), кустарники более «отзывчивы» на содержание Mn в корнеобитаемой зоне, нежели травянистые растения.

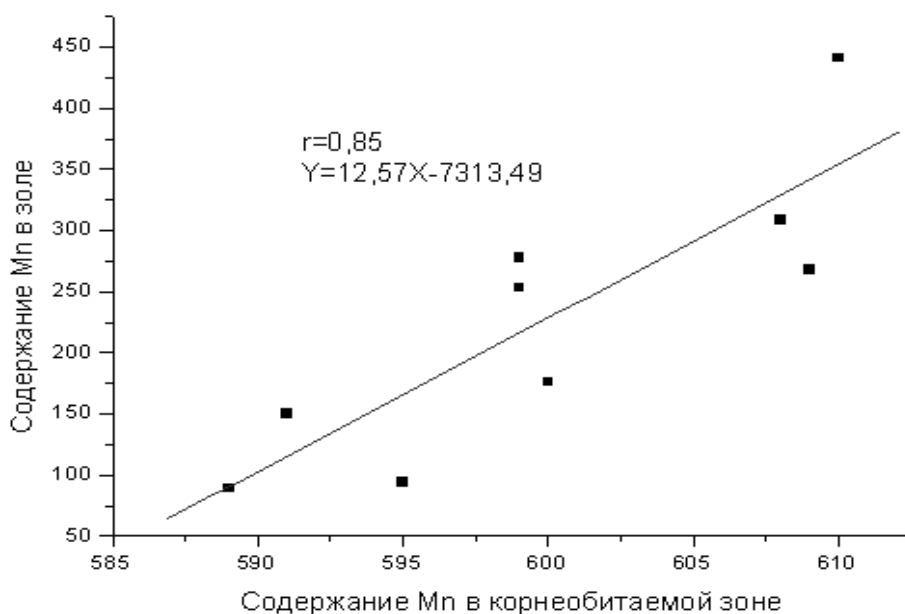


Рис. 1. Зависимость между содержанием Mn в травянистой растительности (мг/кг золы) и его содержанием в почве лесопарковых зон г. Казани (мг/кг сух. веса)

Выявлено, что для травянистых растений выявляется предел поглощения Cu при $n_x \geq 14,9$ мг/кг сухой почвы. Для кустарников подобный предел поглощения Cu не достигается вплоть до $n_x = 102$ мг/кг сухой почвы.

Результаты исследования не позволили выявить зависимости между содержанием элементов в растениях и содержанием подвижных форм элементов в почвенных вытяжках (при постоянстве типа почв). Обнаруженные тенденции к росту l_x с увеличением n_x , в т.ч. и достоверные (для Cu и Mn), свидетельствуют о наличии у растений эволюционно выработанных механизмов извлечения эссенциальных элементов из корнеобитаемого слоя [5].

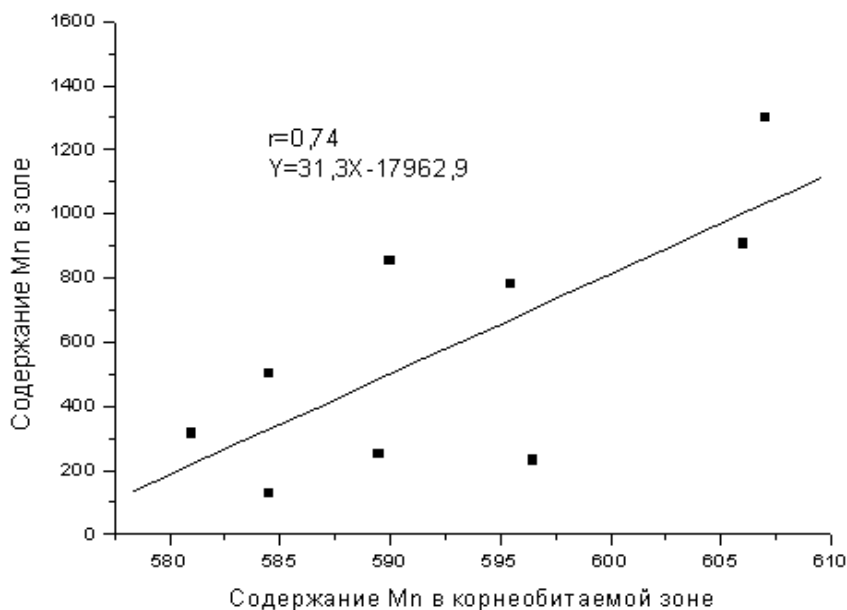


Рис. 2. Зависимость между содержанием Mn в кустарниках (мг/кг золы) и его содержанием в почве лесопарковых зон г. Казани (мг/кг сух. веса)

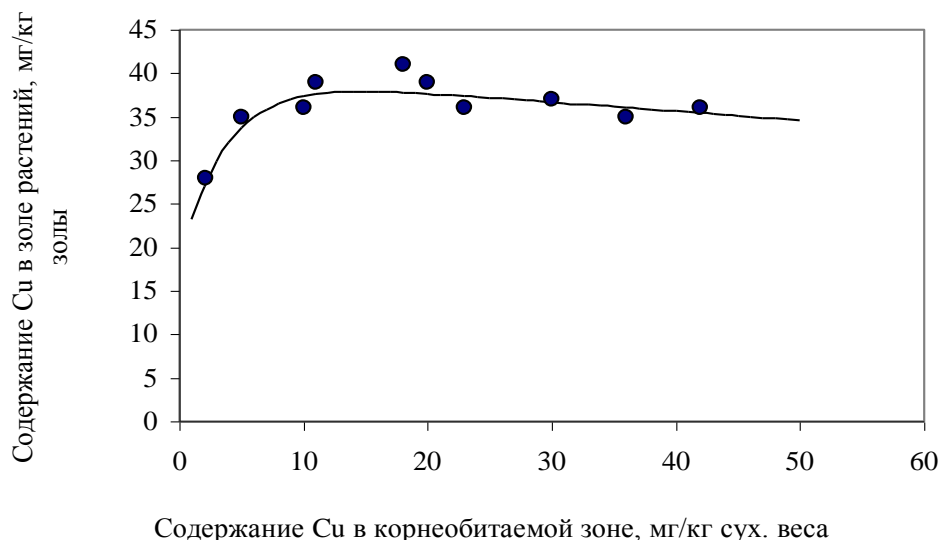


Рис. 3. Зависимость $y(x)=(-21,63) \cdot e^{-\frac{x}{3,698}} + 39,83 - 0,105 \cdot x$ ($\chi^2=1,82$) между содержанием Si в травянистой растительности (y) и содержанием ее в почве (x) лесопарковых зон г. Казани

Тип ландшафта. Для оценки роли ландшафтно-геохимических факторов на территории смешанных лесов юго-востока РТ были выделены элементарные геохимические ландшафты (элювиальный – Э, транзитный – Т, транс-аккумулятивный – ТА, аккумулятивный – А) согласно классификации Б.Б. Польшова [6] с дополнением по М.А. Глазовской [7].

Почвенный покров юго-востока РТ на 88% представлен черноземами. Характерно то, что почти 1/5 часть территории (возвышенные места и склоны южной и юго-западной экспозиции) составляют карбонатные черноземы. Выщелоченные и оподзоленные черноземы составляют 38 %, типичные – 26 % [8].

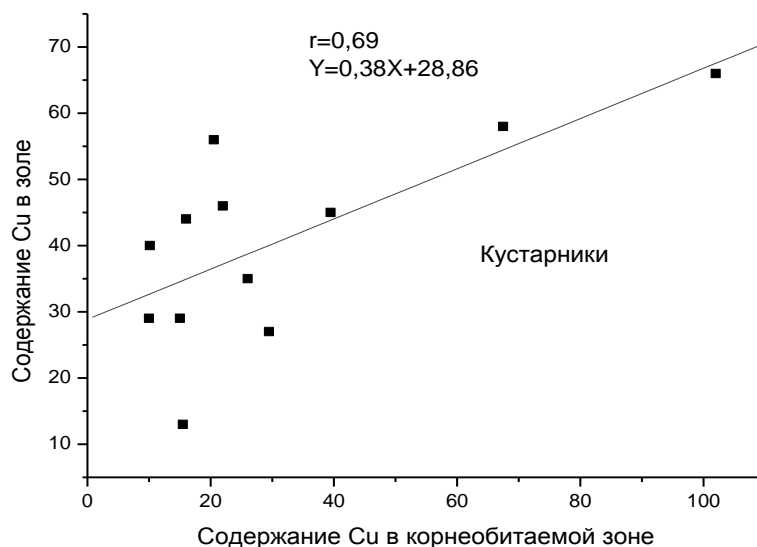


Рис. 4. Зависимость между содержанием Cu в кустарниках (мг/кг золы) и содержанием ее в почве лесопарковых зон г. Казани (мг/кг сух. веса)

Из всего массива значений коэффициента биологического поглощения (КБП) [9] выделены ассоциации микроэлементов по степени их поглощения фотосинтезирующими органами растений в зависимости от типа геохимического ландшафта. Как показано на примере территории юго-востока РТ (табл. 1), независимо от типа ландшафта, всеми растениями энергично накапливаются Mn и B, что можно объяснить их высокой биофильностью [9]; As, Ni, Cr и V не накапливаются растениями независимо от яруса и типа ландшафта. Незначительные вариации в составе ассоциаций элементов, характерных для разных типов ландшафтов (табл. 1), связаны с некоторым различием почвенно-геохимических условий.

Средняя интенсивность поглощения ряда элементов (B, Mn, Zn, As, Cr, V и Ni) для каждой из исследуемых жизненных форм растений в целом не зависит от типа геохимического ландшафта при сохранении индивидуальных значений КБП. Перечисленные элементы четко делятся на две группы с предельными величинами КБП: B, Mn и Zn – элементы энергичного накопления как физиологически наиболее значимые; а также As, Cr, V и Ni – элементы слабого захвата, физиологическая роль которых не доказана.

Таблица 1

Ассоциации элементов по степени их поглощения растениями, произрастающими на территории юго-востока РТ, в зависимости от типа геохимического ландшафта

Тип растительности	Тип ландшафта ¹	Интервалы КБП				
		>4	4-3	3-2	2-1	<1
Травянистая	Э	B,Mn	-	Pb,Zn,Cu	Mo	As,Ni,Cr,V
	Т	Mn	B	Pb,Zn,Mo	Cu	As,Ni,Cr,V
	ТА	B,Mn	-	Pb,Zn,Mo	Cu	As,Ni,Cr,V
	А	B	Mn	Pb,Zn	Cu,Mo	As,Ni,Cr,V
Кустарниковая	Э	Zn,B,Mn	Pb	Cu	Ni	As,Mo,Cr,V
	Т	Zn,B,Mn	Pb	-	Cu,Mo	As,Ni,Cr,V
	ТА	Zn,B,Mn	-	Pb,Cu	Ni,Mo	As,Cr,V
	А	Zn,Mn	B	Pb,Cu	Mo	As,Ni,Cr,V
Древесная	Э	Zn,Pb,B,Mn	-	Cu	Ni	As,Mo,Cr,V
	Т	Zn,Pb,B,Mn	-	Cu	Ni	As,Mo,Cr,V
	ТА	Zn,B,Mn	Pb	Cu	Ni,Mo	As,Cr,V
	А	Zn,B,Mn	Pb		As,Cu,Ni	Mo,Cr,V

Примечание. ¹Обозначения в тексте.



Поглощение элементов с промежуточными величинами КБП (Pb, Cu и Mo) обнаруживает некоторую зависимость от типа ландшафта. Характерная зависимость выявлена для Pb: если для травянистых растений зависимости от типа ландшафта нет, то для кустарников и деревьев интенсивность поглощения снижается в трансаккумулятивных и аккумулятивных ландшафтах. Это может быть следствием характерной для Pb способности к комплексообразованию с органическим веществом почв, накапливающимся в понижениях местности, и снижения биодоступности. Таким образом, с увеличением степени поглощения свинца при переходе от травы к кустарникам и деревьям проявляется зависимость КБП от типа геохимического ландшафта с сохранением общей тенденции к снижению его в аккумулятивных ландшафтах.

Влияние типа ландшафта на интенсивность поглощения Cu и Mo по данным результатам не проявляется в виде какой-либо зависимости, по-видимому, в данных случаях имеет место более сложное воздействие также и иных факторов.

Тип функционального использования территории. Помимо отмеченных ранее природных факторов, определенный вклад в элементный состав растений вносит также и антропогенный фактор [10], который в данной работе рассматривался на примере растений лесопарковых зон г. Казани.

На территории города было выделено несколько функциональных типов использования территории: лесопарковый (Л); селитебный (С); промышленный (П) (Арманд, 1988).

На основе полученных в данной работе экспериментальных данных о содержании химических элементов в образцах почв и произрастающих на них растений были рассчитаны значения КБП (табл. 2).

Таблица 2

Ассоциации элементов по величине их поглощения (КБП) растениями в зависимости от типа функционального использования городской территории (г. Казань)

Тип растительности	Тип функционального использования территории	Интервалы КБП		
		КБП>1	КБП≈1	КБП<1
Травянистая	Лесопарковый	Zn, Cd, Co	Cu	Pb, Cr, Ni
	Селитебный	Zn, Cd	Cu, Co	Pb, Cr, Ni
	Промышленный	Zn, Cu, Cd	Co, Ni	Pb, Cr
Кустарниковая	Лесопарковый	Zn, Cd	Cu, Co	Pb, Cr, Ni
	Селитебный	Zn, Cd	Cu, Co	Pb, Cr, Ni
	Промышленный	Zn, Cd, Cu, Co	Ni	Pb, Cr

Очевидно, что интенсивность поглощения Zn, Cd, Cr и Pb для каждого из исследуемых ярусов растительности не зависит от типа функционального использования городской территории. Эти элементы также делятся на две группы: Zn и Cd с КБП>1 и Cr и Pb с КБП<1. Как и в случае с отсутствием отклика величины КБП на тип геохимического ландшафта данный случай относится к элементам с предельными величинами КБП.

Интенсивность поглощения Cu и Ni из почв выше для растений, произрастающих в промышленных зонах, а для Co какой-либо закономерности не выявляется. Интерпретация данных результатов требует дополнительных детальных исследований.

Проведен также анализ отклика другого геохимического показателя - суммарного показателя загрязнения (СПЗ) растений химическими элементами на изменение типа функционального использования городской территории. По своему физическому смыслу показатель СПЗ является суммой коэффициентов концентрирования элементов и рассчитывается на основе полученных экспериментальных данных по формуле (1):

$$СПЗ = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{\phi i}}, \quad (1)$$

где C_i – содержание i -го элемента в растительном образце, $C_{\phi i}$ – его фоновое содержание в растениях на территории города. За фоновые содержания микроэлементов были взяты определенные ранее медианные значения.

Средние значения СПЗ для растений обоих ярусов применительно к различным типам использования территорий представлены в виде диаграмм на рис. 5-6. Четко проявляется, прежде всего, большая степень концентрирования элементов кустарниками по сравнению с травянистыми растениями; кроме того, в пределах каждой из жизненных форм растений изменение степени концентрирования элементов (СПЗ) статистически не значимо.

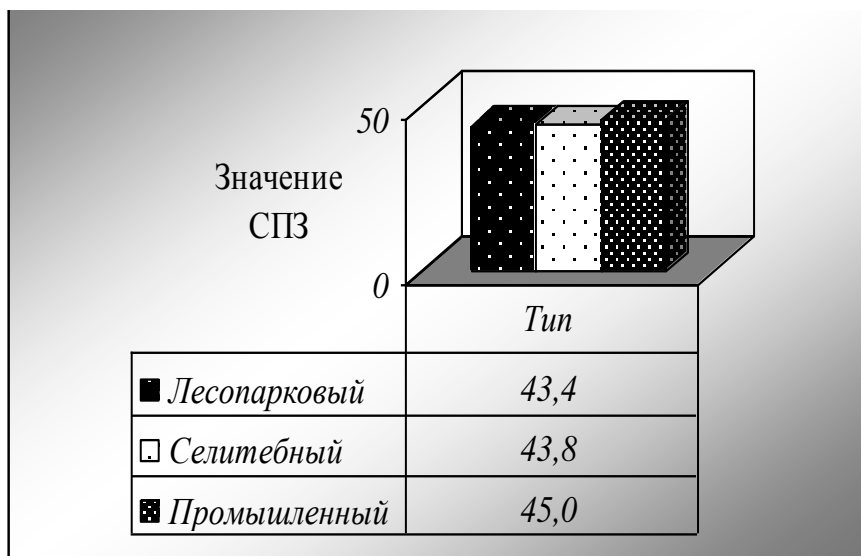


Рис. 5. Значения СПЗ для травянистой растительности в зависимости от типа функционального использования территории г. Казани

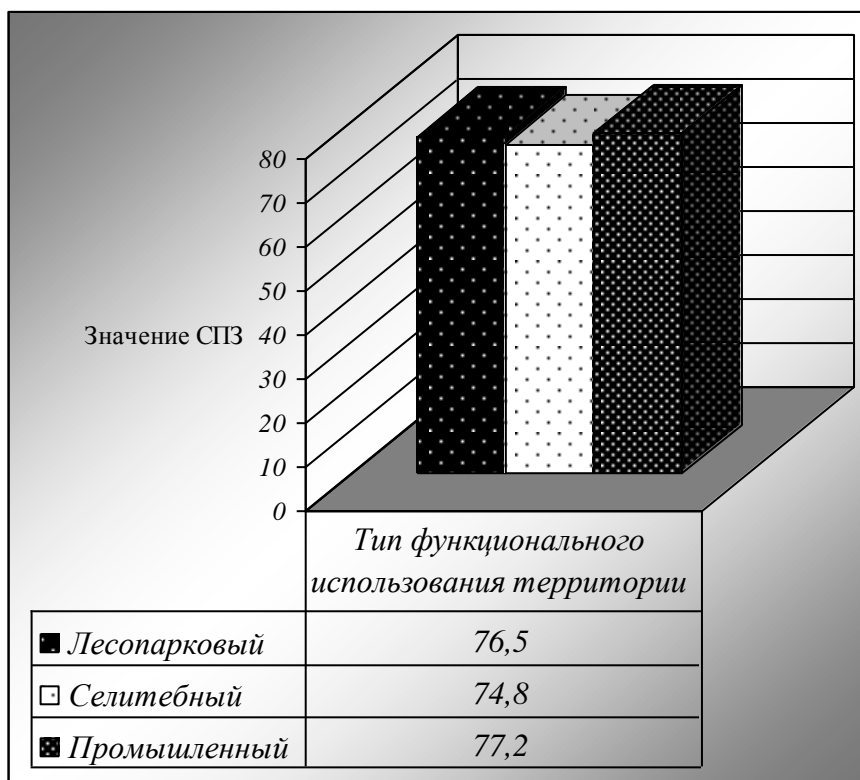


Рис. 6. Значения СПЗ для кустарниковой растительности в зависимости от типа функционального использования территории г. Казани



Электронное строение атомов элементов. Для выявления влияния природы химических элементов на интенсивность их поглощения надземными органами растений в работе был проведен анализ зависимости величин КБП для дикорастущих растений смешанных лесов юго-востока РТ (табл. 3) от некоторых характеристик строения атомов исследуемых элементов.

Для решения поставленной задачи анализировалось два массива данных, полученных с использованием одного и того же метода, об интенсивности поглощения элементов надземными органами растений естественных фитоценозов: смешанных лесов юго-востока РТ, произрастающих на черноземах, и ели и подроста елово-пихтовых лесов РМЭ, произрастающих на дерново-подзолистых почвах различной степени оподзоленности [12].

Прежде всего, все исследуемые микроэлементы были поделены на катионо- и анионогенные, характер миграции которых в системе почва-растение различен [13].

В целом для растений смешанных лесов юго-востока РТ характерно более высокое накопление цинка и свинца по сравнению с растениями елово-пихтовых лесов РМЭ. То же самое можно сказать и о двух анионогенных элементах – В и Мп. Это может быть связано с большей биологической доступностью вышеперечисленных элементов в черноземах юго-востока РТ. Также следует отметить, что все исследуемые растения обогащены катионогенными элементами, т.е. относятся к катионофитным [14].

Для количественного описания влияния природы химических элементов на интенсивность их поглощения фотосинтезирующими органами растений использованы некоторые характеристики ионов рассматриваемых химических элементов, приведенные в таблице 3.

Таблица 3

Некоторые характеристики ионов рассматриваемых химических элементов

Химический элемент	W ¹⁾	R _i , Å ²⁾	ЭК ³⁾
Катионогенные элементы			
Zn	+2	0,83	1,86
Cd	+2	0,99	1,8
Ag	+1	1,13	0,44
Pb	+2	1,26	1,74
Cu	+2	0,8	1,87
Ni	+2	0,74	1,91
Co	+2	0,78	1,88
Анионогенные элементы			
Mo	+6	0,65	27,69
Sn	+4	0,67	11,94
Mn	+4	0,52	15,38
Cr	+3	0,64	7,03
V	+5	0,4	31,25
B	+3	0,2	22,5
As	+5	0,47	26,60

Примечание. ¹⁾ Учтены принятые [4] для растений степени окисления (W). ²⁾ R_i – ионный радиус [15].

³⁾ Энергетические коэффициенты для катионо- и анионогенных элементов рассчитаны по формулам [13]:

$$ЭК_{\text{катиона}} = \frac{W^2}{2R_i} [0,75(R_i + 0,2)]; \quad ЭК_{\text{аниона}} = \frac{W^2}{2R_i}.$$

Предварительный анализ данных показал, что поглощение катионогенных и анионогенных элементов растениями протекает независимо от таких параметров как ионный потенциал Картледжа ($IP=Z/r$, где Z – заряд, r – радиус иона) и электроотрицательность (ЭО).

Представляет интерес анализ зависимости величин КБП элементов от ионного радиуса (R_i), как производного от порядкового номера элемента, поскольку значительная часть поглощенных элементов не только попадает в растения в ионной форме, но и распределяется в них в соответствии с особенностями ионов. Для ионов катионогенных элементов обнаружена достоверная линейная зависимость КБП – R_i.

Таблица 4



Зависимость степени поглощения (КБП) катионогенных элементов фотосинтезирующими органами растений некоторых фитоценозов от их радиусов (R, Å)

Вид растения	Вид регрессии	Коэффициент корреляции, r
Смешанные леса юго-востока РТ		
Травы ¹⁾	КБП = 2,54R - 0,63	0,78
Brassica napus	КБП = 7,03R - 3,11	0,53
Кустарники ²⁾	КБП = 3,91R - 0,98	0,58
Betula pendula	КБП = 7,95R - 3,26	0,62
Pinus silvestris	КБП = 7,19R - 2,24	0,56
Populus tremula	КБП = 4,58R - 1,41	0,55
Tilia cordata	КБП = 4,49R - 1,72	0,81
Растения подроста и подлеска елово-пихтовых лесов		
Sorbus aucuparia	КБП = 4,89R - 2,22	0,67
Rhamnus frangula	КБП = 3,42R - 1,31	0,59
Evonymus verrucosa	КБП = 3,59R - 1,66	0,65
Corylus avellana	КБП = 3,43R - 1,52	0,63
Tilia cordata	КБП = 2,93R - 1,24	0,60
Acer plantanoides	КБП = 4,56R - 2,3	0,65
Picea abies	КБП = 2,55R - 0,57	0,45
Abies sibirica	КБП = 3,3R - 1,46	0,57
Древесные породы елово-пихтовых лесов		
Picea abies	КБП = 4,45R - 1,91	0,61
Abies sibirica	КБП = 3,45R - 1,08	0,54

Примечание. ¹⁾Смешанные пробы растений травянистого яруса. ²⁾Смешанные пробы кустарниковых растений.

Выведенные уравнения регрессии, характерные для естественных фитоценозов, приведены в табл. 4; в той же таблице приведены соответствующие уравнения, рассчитанные в данной работе с использованием полученных значений КБП [12] тех же элементов для фотосинтезирующих органов ели и подроста елово-пихтовых лесов на территории РМЭ.

Как следует из данных табл. 4, для исследуемых катионогенных элементов наблюдается достоверный рост интенсивности поглощения элементом растениями с увеличением ионного радиуса, причем во всех случаях вклад рассматриваемого фактора является существенным. Однако значения КБП для Pb, учтенного в общей совокупности данных при расчете всех уравнений в табл. 4, тем не менее, находятся несколько ниже каждой из результирующих прямых (рис. 7) и снижают величину коэффициента корреляции, что можно объяснить эффективным связыванием его с органическим веществом почв, а также задержкой корневой системой растений. Найденная зависимость является выражением важнейшей биогеохимической закономерности, выявленной А.П. Виноградовым, согласно которой химический состав живого вещества представляет собой периодическую функцию порядкового номера элемента [16].

Для дикорастущих растений урбофитоценозов (на примере г. Казани) подобного типа зависимость проявляется лишь в виде некоторой тенденции, но не является достоверной ($r > r_{\text{крит.}}$); по-видимому, она усложнена преобладающим воздействием антропогенного и других факторов.

Аналогичной зависимости КБП - R_i не наблюдается для анионогенных элементов, по-видимому, в силу того, что расчетное значение R_i для этих элементов, мигрирующих в форме анионов кислородных кислот, не отражает реального размера мигрирующей частицы.

Ранее было высказано [2] предположение о снижении интенсивности поглощения химических элементов растениями по мере повышения величин их ЭК. Полученные нами результаты выявляют принципиальные различия в поглощении катионогенных и анионогенных элементов растениями смешанных лесов в зависимости от ЭК. Так, катионогенные элементы поглощаются растениями практически независимо от значения их ЭК. Что касается анионогенных элементов, то нами выявлено и количественно описано снижение интенсивности их поглощения (КБП) растениями с ростом ЭК (рис. 8).

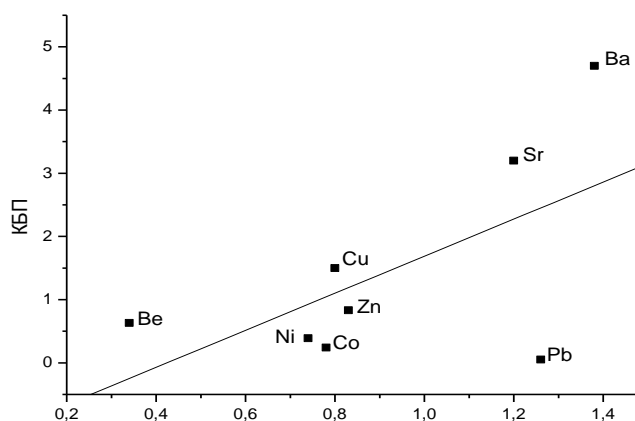


Рис. 7. Зависимость поглощения МЭ растениями от радиуса ионов (на примере *Sorbus aucuparia*)

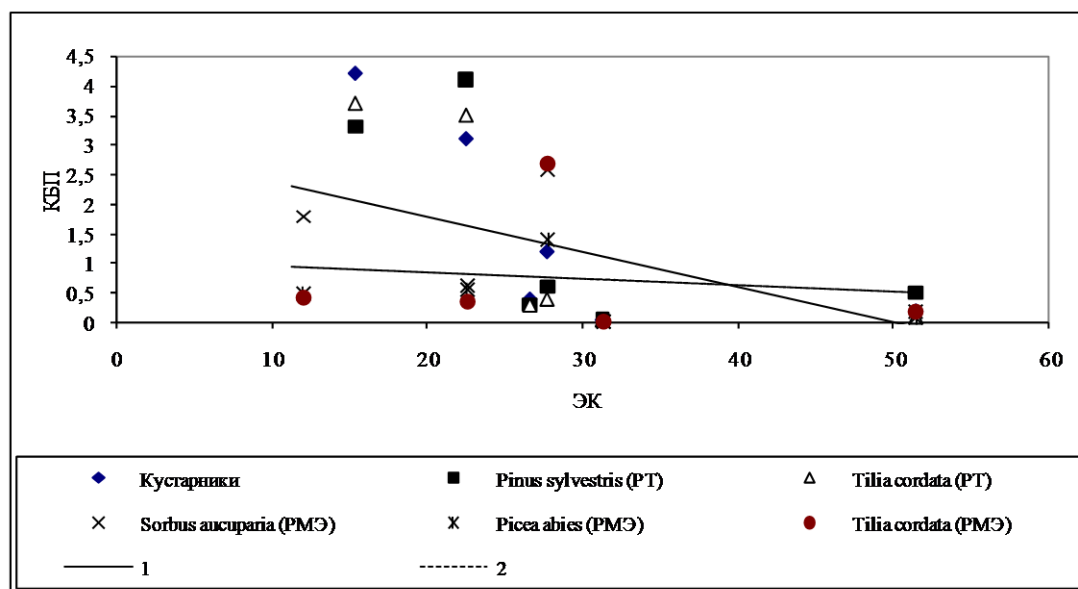


Рис. 8. Зависимость интенсивности поглощения (КБП) аниогенных элементов фотосинтезирующими органами растений различных фитоценозов от энергетической константы (ЭК) элементов

1 – Смешанные леса юго-востока РТ (черноземы). 2 – Елово-пихтовые леса РМЭ (дерново-подзолистые почвы)

Чувствительность степени поглощения аниогенных элементов к их электронному строению в зависимости от типа почв, выражаемая угловым коэффициентом зависимости прямых КБП – ЭК, выше для растений смешанных лесов юго-востока РТ, произрастающих на черноземах (прямая 1), и достоверно ниже для елово-пихтовых лесов РМЭ, приуроченных к дерново-подзолистым почвам (прямая 2). То есть интенсивность поглощения аниогенных элементов растениями из черноземов зависит от природы элемента сильнее, нежели характерная для поглощения из дерново-подзолистых почв. Эти результаты, в принципе хорошо согласующиеся с типом почв и характером миграции в них аниогенных элементов [5], можно считать предварительными и требующими дополнительных экспериментов с различными типами фитоценозов.

Другая особенность, вытекающая из полученной зависимости (рис. 8), заключается в том, что независимо от типа почв накопление фотосинтезирующими органами дикорастущих растений (КБП ~ 0,0n) аниогенных элементов с высокими значениями ЭК (ванадий, хром) отсутствует. Последнее хорошо объясняется меньшей подвижностью и способностью к концентрированию в элювии ионов с максимальными энергетическими константами [13]. Следовательно, в условиях загрязнения почв анионо-



генными элементами со значениями ЭК > 31 (V, Cr) опасность их транслокации в надземные органы растений отсутствует.

Заключение. Таким образом, в качестве наиболее значимых факторов поглощения химических элементов растениями можно выделить электронное строение атома элемента, содержание элемента в почве, тип ландшафта. Для урбофитоценозов фактор функционального использования территорий оказался значимым лишь для поглощения Cu и Ni из городских почв растениями, произрастающими в промышленных зонах.

Библиографический список

1. Ковалевский А.Л. Основные закономерности формирования химического состава растений / А.Л. Ковалевский // Биогеохимия растений. – Улан-Удэ: Бурятское книжное изд-во, 1969. – С. 6-28.
2. Алексеенко В.А. Основные факторы накопления химических элементов организмами / В.А. Алексеенко // Соросовский образовательный журнал. – Том 7. - № 8. – 2001. – с. 20-24.
3. Минеев В.Г. Агроэкология и экология почв / В.Г. Минеев, Г.Х. Ремпе. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 284 с.
4. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
5. Снакин В.В. Состав жидкой фазы почв / В.В. Снакин, А.А. Присяжная, О.В. Рухович. – М.: РЭФИА, 1997. – 325 с.
6. Полинов Б.Б. Геохимические ландшафты: Вопросы минералогии, геохимии и петрографии / Б.Б. Полинов. – М.: Изд-во АН СССР, 1946. – 174 с.
7. Глазовская М.А. Опыт изучения вторичных ореолов рассеяния при геохимических поисках / Глазовская М.А. – М., 1965. – 83 с.
8. Физико-географическое районирование Среднего Поволжья / Под ред. Ступишина. – Казань: Изд-во КГУ, 1964.
9. Перельман А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман. – М.: Географгиз, 1961.
10. Латыпова В.З. Элементный состав и токсичность почвенного покрова лесопарковых зон урботерриторий / В.З. Латыпова, Н.Ю. Степанова, А.В. Токарев и др. // Матер. XVII Менделеевского съезда по общей и прикладной химии: «Биомолекулярная химия и биотехнология». – Казань, 2003. – Т.4. – С. 262.
11. Арманд А.Д. Самоорганизация и саморегулирование географических систем / А.Д. Арманд; АН СССР, Ин-т географии. – М.: Наука, 1988. – 259 с.
12. Vinokurova R.I. The Contents of Microelements in Coniferous Trees of Spruce-Fir forests in Republic of Mari El / R.I. Vinokurova, V.Y. Osipova, V.Z. Latypova et al. // Environ.Radiology and Applied Ecology. - 2001. - V.7. - №2. –P. 55-60.
13. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1979. – 423 с.
14. Айвазян А.Д. Геохимические особенности флоры ландшафтов юго-западного Алтая: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. – М., 1974. – 24 с.
15. Справочник химика. – Т.1. Общие сведения, строение вещества, физические свойства важнейших веществ, краткие сведения по лабораторной технике. – М.: ГНТИ хим. литературы, 1963. – 1072 с.
16. Виноградов А.П. Химический элементный состав организмов и периодическая система Менделеева / А.П. Виноградов // Труды биогеохим. лаб. АН СССР. – 1935. – Т. 3. – с. 67-278.

Bibliography

1. Kovalevsky A.L. Plant chemical composition main patterns / A.L. Kovalevsky // Plant biogeochemistry. – Ulan-Ude: Buryat book publishing house, 1969. – p. 6-28.
2. Alekseenko V.A. Main factors of chemical elements accumulation by living organisms / V.A. Alekseenko // Soros educational magazine. – V. 7. - № 8. – 2001. – p. 20-24.
3. Mineev V.G. Soil agroecology and ecology / V.G. Mineev, G.Ch. Rempe. – Moscow: Moscow university publishing house, 1990. – 284 p.
4. Kabata-Pendias A. Microelements in soils and plants / A. Kabata-Pendias, Ch. Pendias. – Moscow: Mir, 1989. – 439 p.
5. Snakin V.V. Soil liquid phase composition / V.V. Snakin, A.A. Prisyazhnaya, O.V. Ruchovich. – M., 1997. – 325 p.
6. Polynov B.B. Geochemical landscapes // Mineralogy, geochemistry and petrography issues / B.B. Polynov. – Moscow: USSR academy of Sciences publishing house, 1946. – 174 p.
7. Glazovskaya M.A. Secondary dissipation halation research experience at geochemical searching / M.A. Glazovskaya. – M., 1965. – 83 p.
8. Physical geography zoning of Middle Volga region / By Stupishin editorial sruff. – Kazan: Kazan state university publishing house, 1964.
9. Perelman A.I. Landscape geochemistry / A.I. Perelman. – M.: Geography publishing house, 1961.
10. Latypova V.Z. Soil element composition and toxicity in recreation forests of urban territories / V.Z. Latypove, N.U. Stepanova, A.V. Tokarev and others // XVIIIth Mendeleev general and applied chemistry congress materials: "Biomolecular chemistry and biotechnology". – Kazan, 2003. – V.4. – P. 262.
11. Armand A.D. Geographical systems self-organizing and self-regulation / A.D. Armand. – M.: Science, 1988. – 259 p.
12. Vinokurova R.I. The Contents of Microelements in Coniferous Trees of Spruce-Fir forests in Republic of Mari El / R.I. Vinokurova, V.Y. Osipova, V.Z. Latypova et al. // Environ.Radiology and Applied Ecology. - 2001. - V.7. - №2. –P. 55-60.
13. Perelman A.I. Geochemistry / A.I. Perelman. – M.: High school publishing house, 1979. – 423 p.
14. Ayvazyan A.D. South-western Altai landscapes flora geochemical features: Dissertation abstract. – Moscow, 1974. – 24 p.
15. Chemist handbook. – V.1. General information, substance structure, main substances physical properties, some information about laboratory technics. – Moscow: Chemical literature state publishing house, 1963. – 1072 p.
16. Vinogradov A.P. Living organisms chemical element composition and Mendeleev's periodical table / A.P. Vinogradov // USSR academy of Sciences biogeochemical laboratory works. – 1935. - V.3. – p. 67-278.