

УДК 504.53.054.

Калдыбаев Б.К., Конкубаева Н.У., Айсакулова Х.Р.

БГУ им. К. Тыныстанова

УРОВНИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВОСТОЧНОГО ПРИИСЫККУЛЯ

Исследованы уровни накопления тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn, Fe) в почвах, дикорастущих и культивируемых растениях природных экосистем восточного Приисыккуля.

Среди загрязняющих веществ по масштабам загрязнения и воздействию на биологические объекты особое место занимают тяжелые металлы. В принципе многие из них необходимы живым организмам, однако в результате интенсивного рассеивания в биосфере и значительном накоплении в почве они становятся токсическими для биоты. В отечественных и зарубежных публикациях содержится немало информации о загрязнении ими окружающей среды. Опасность загрязнения усугубляется еще слабым выведением их из почвы. Так, период полужизни их варьируется в зависимости от химических свойств металлов следующим образом: для цинка 70-510 лет, кадмия 13-1100, свинца 740-5900 лет. Тяжелые металлы претерпевают в почве разнообразные химические превращения, в ходе которых их токсичность изменяется в очень широких пределах [1].

Миграция тяжелых металлов в системе почва-растение определяется несколькими факторами, основные из них - миграционная способность элемента и отношение к нему растения, вида растения, особенностей почвенного покрова (гумусированность, гранулометрический состав, pH и др.), типа водного режима, температурного фактора [1].

Миграция тяжелых металлов по органам растений может быть представлена следующим образом (в порядке убывания): корни – стебли – листья – семена – плоды – клубни. Причем содержание тяжелых металлов в тканях корня может увеличиваться в 500-600 раз, что свидетельствует о больших защитных возможностях этого подземного органа [2].

Среди травянистых наибольшая устойчивость отмечается у растений следующих семейств: Gramineae (Злаковые), Fabaceae (Бобовые), Chenopodiaceae (Маревые). Например, высокие концентрации свинца выдерживают еже сборная. По чувствительности к кадмию и способности накапливать его растения располагаются следующим образом: томаты – овес – салат – луговые травы – морковь – редька – фасоль – горох – шпинат [2].

Известно, что растения представляют собой уязвимый компонент биоты, так как являются первичным звеном в трофической цепи, выполняют основную роль в поглощении разнообразных загрязнителей, они постоянно подвергаются действию как глобально, так и локально вследствие прикрепленности к субстрату. Отмеченные особенности растений определяют их значение, как биоиндикаторов для обнаружения загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, выяснения их географического распространения и определения естественного фона территорий, претерпевших антропогенную трансформацию [1,2,3].

Ысыккульская котловина с её своеобразным климатом обладает целым рядом уникальных особенностей, позволяющие считать ее крупной горной экосистемой Кыргызстана. Хозяйственное освоение бассейна озера, развитие системы рекреации, загрязнение окружающей среды определяют необходимость изучения почвенно-геохимических, водных и биологических ресурсов этого региона, перспектив их дальнейшего устойчивого развития. Поэтому целью настоящего исследования явилась оценка уровней накопления тяжелых металлов в почвенно-растительном комплексе природных экосистем восточного Приисыккуля.

Материал и методы исследования

Материалом для исследования послужили образцы проб почв, дикорастущих и культивируемых растений, отобранных на контрольных участках природных экосистем исследуемого региона. Определение тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu, Fe) проводилось методами атомно – эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. Подготовка проб для анализа осуществлялась методом мокрой минерализации в смеси концентрированной азотной кислоты и перекиси водорода.

Перед анализом определялся процент влажности проб для пересчета результатов на сухую массу.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты анализа по определению тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu, Fe) в почве и растениях экосистем Приисыккулья представлены в таблице №1.

Исследование содержания свинца в почвах и растениях.

Концентрации в почве. Естественное содержание свинца в почве наследуется от материнских пород. Однако из-за широкомасштабного загрязнения среды свинцом большинство почв, по-видимому, обогащено этим элементом, особенно их верхние горизонты. В литературе имеется большое число данных о содержании свинца в почве, однако иногда трудно отделить данные, характеризующие фоновые уровни свинца в почвах, от данных, связанных с загрязнением поверхностного слоя почв. По данным многочисленных исследований концентрация свинца в почвах фоновых районов бывших стран членов СЭВ колеблется в интервале 1 – 30 мг/кг, а фоновых районов мира 1 – 80 мг / кг, среднее содержание 16 мг / кг. По данным других авторов концентрация свинца в верхних горизонтах различного типа почв составляет 10 – 67 мг/кг, общее среднее 32 мг/кг. ПДК свинца в почве 35 мг/кг [3,4,5].

Результаты по определению валового содержания свинца в почвах экосистем восточного Приисыккулья не выявили превышение уровня ПДК - 35 мг/кг. Содержание свинца в почве варьировало в пределах фоновых значений от 14,5 до 31,8 мг/кг (рис.1).

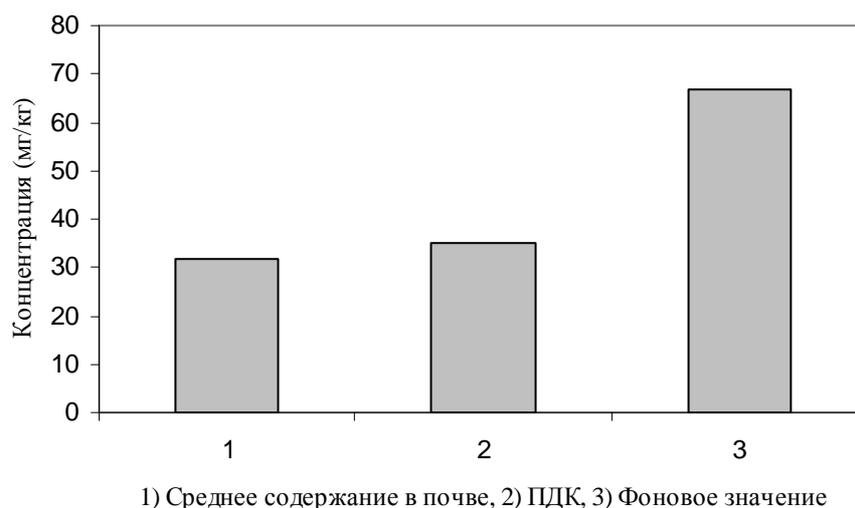


Рис.1. Содержание свинца в почве

Концентрации в растениях. Широкие вариации содержания свинца в растениях возникают под действием различных факторов среды, например, наличия геохимических аномалий, загрязнения и техногенных эмиссий, сезонных колебаний, способностей генотипа накапливать свинец. Тем не менее, естественные уровни содержания свинца в растениях из незагрязненных областей, по-видимому, довольно постоянны и лежат в пределах 0,1 – 10 мг/кг сухой массы, 0,001 – 0,08 мг/кг влажной массы, 2,7 – 94,0 мг/кг золы. Фоновые уровни содержания свинца в кормовых растениях составляют в среднем для трав 2,1 мг/кг, клевера 2,5 мг/кг, для зерна злаковых культур 0,01 – 2,28 мг/кг сухой массы. Следует отметить, что растения способны поглощать свинец из двух источников – почвы и воздуха - несмотря на то, что свинец считается металлом с низкой биологической доступностью, он способен накапливаться в вегетативной части и корневой системе растений [3,4,5].

ЭКОЛОГИЯ И ЛЕСОВОДСТВО

Содержание тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn, Fe) в почвах (валовое),
дикорастущих и культивируемых растениях экосистем восточного Прииссыкулья

Таблица 1

№	Вид образца (почва, растение)	Содержание металла (мг/кг)				
		Pb	Cd	Cu	Zn	Fe
1	Почва (верхний горизонт, 0-25см)	14,5-31,8	0,17-0,45	5,1-8,2	16,5-73,5	1300-3800
	ПДК	35,0	1,0	23,0	150,0	-
	Фоновые значения	10,0-67,0	0,07-1,1	6,0-60,0	17,0-125,0	0,5-50%
2	Василек луговой	2,2± 0,3	0,14±0,05	6,15± 0,8	9,0±0,3	57,0±3,3
3	Полынь горькая	7,2± 1,2	0,16± 0,04	21,2± 1,9	39,0±2,2	50,0±2,8
4	Эфедра	6,4± 0,9	0,08± 0,02	2,5± 0,2	3,3±0,5	25,0±1,6
5	Мальва прибрежная	5,7± 0,8	0,09± 0,03	16,2± 1,4	6,0±0,3	91,5±3,9
6	Конский щавель	5,2± 0,7	0,12± 0,04	3,6±0,8	3,0±0,2	129,0±2,5
7	Овес пустой	1,3± 0,3	0,26± 0,06	2,2± 0,3	13,4±1,2	73,5±3,6
8	Пырей корневищный	6,0± 0,8	0,055± 0,07	9,6± 1,2	8,3±0,9	64,0±3,8
9	Полынь обыкновенная	8,1± 1,2	0,18± 0,09	14,7± 1,9	18±1,8	140±3,9
10	Тимофеевка луговая	4,8± 0,7	0,13± 0,08	3,3± 0,7	6,0±1,7	130±2,2
11	Шалфей мускатный	6,4± 1,1	0,12± 0,07	12,0±0,9	22,5±2,2	110,0±2,4
12	Тысячелистник обыкновенный	5,6± 0,8	0,10± 0,06	14,2±1,3	33,0±2,6	190,0±2,2
	В плодах:					
13	а) Облепихи крушиновидной	7,8±1,8	не обнаружен	17,1± 1,8	28,2±2,4	34,0±2,3
14	б) Абрикоса	9,6±1,5	не обнаружен	28,6± 2,1	34,1±2,8	44,0±1,4
15	в) Боярышника алтайского	11,1± 1,8	не обнаружен	18,2± 1,9	33,4±2,9	81,5±2,8
16	г) Барбариса обыкновенного	11,5± 1,4	не обнаружен	34,1± 2,4	43,8±2,6	66,8±2,5
17	Кормовые травы (клевер, эспарцет)	3,2± 0,3	0,15± 0,09	8,4± 0,9	17,0±2,1	72±3,3
18	В зерне злаковых культур (пшеница, ячмень)	0,6-1,8	0,06-0,11	2,5-7,2	12,0-45,0	11-91
	В вегетативной части (пшеница, ячмень)	1,4-2,7	0,10-0,15	0,9-3,9	0,8-15,0	28,5-03,5
19	Фоновые значения	0,1-10,0	0,07-0,27	1-10	12-47	25-80

При анализе вегетативной части некоторых растений экосистем восточного Прииссыкулья были выявлены следующие концентрации металла: Василёк луговой - 2,2 мг/кг, эфедра – 1,4 мг/кг, мальва прибрежная – 5,7 мг/кг, конский шавель – 5,25 мг/кг, пырей корневищный – 6,0 мг/кг, тимофеевка луговая – 4,8 мг/кг, шалфей мускатный - 6,45 мг/кг, тысячелистник обыкновенный - 4,65 мг/кг, полынь горькая – 7,8 мг/кг, полынь-эстрагон – 8,7 мг/кг. В плодах: облепихи крушиновидной - 7,85 мг/кг, абрикоса – 9,59 мг/кг, боярышника алтайского - 11,15 мг/кг, барбариса обыкновенного - 11,5 мг/кг. В кормовых травах (эспарцет, клевер) – 3,2 мг/кг, в зерне злаковых культур (пшеница, ячмень) 0,6 – 1,8 мг/кг, в вегетативной части 1,4 – 2,7 мг/кг. (Рис.2)

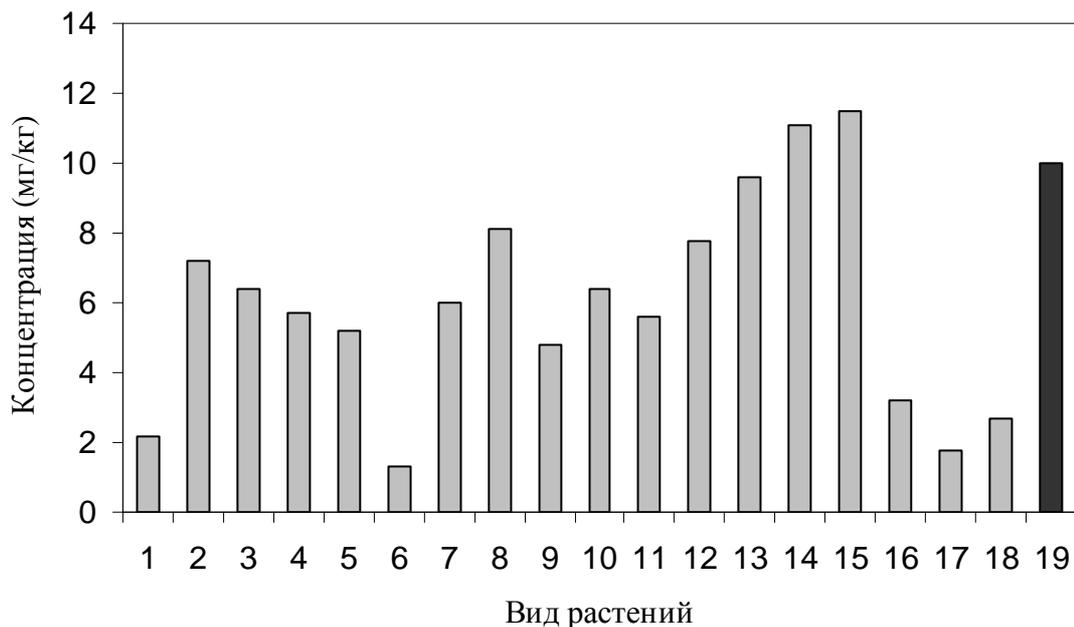


Рис.2. Содержание свинца в дикорастущих и культивируемых растениях:

- 1) Василёк луговой, 2) Полынь горькая, 3) Эфедра, 4) Мальва прибрежная, 5) Конский шавель, 6) Овёс пустой, 7) Пырей корневищный, 8) Полынь обыкновенная, 9) Тимофеевка луговая, 10) Шалфей мускатный, 11) Тысячелистник обыкновенный, 12) В плодах: Облепихи крушиновидной, 13) Абрикоса, 14) Боярышника алтайского, 15) Барбариса обыкновенного, 16) Кормовые травы, 17) В зерне злаков (пшеница, ячмень), 18) В вегетативной части злаков (пшеница, ячмень), 19) Фоновое значение

Полученные результаты свидетельствуют о концентрациях свинца в дикорастущих и культивируемых растениях природных экосистем восточного Прииссыкулья в пределах фоновых значений, имеется зависимость концентрации металла от условий произрастания, типа почв, минерального состава природных вод, генотипа растений и других факторов.

Исследование содержания кадмия в почвах и растениях.

Концентрации в почве. Главный фактор, определяющий содержание кадмия в почвах – это химический состав материнских пород. Средние содержания кадмия в почвах лежат между 0,07 и 1,1 мг/кг. При этом фоновые уровни кадмия в почвах, по видимому, не превосходят 0,5 мг/кг и все более высокие значения свидетельствуют

об антропогенном вкладе в содержание этого элемента в верхнем слое почв. ПДК кадмия в почве составляет 1 мг/кг [4,5].

Результаты по определению валового содержания кадмия в почвах экосистем восточного Прииссыккуля не выявили превышения уровня ПДК 1 мг/кг. Содержание кадмия варьировало в пределах фоновых значений от 0,17 до 0,45 мг/кг (рис.3).

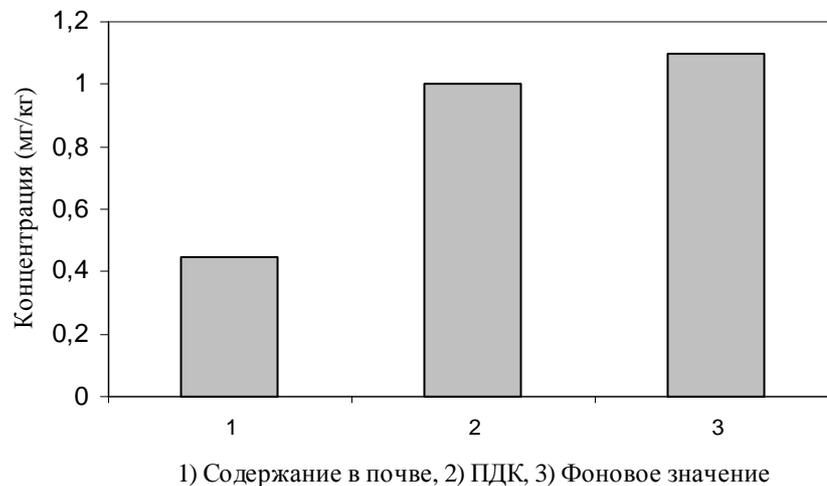
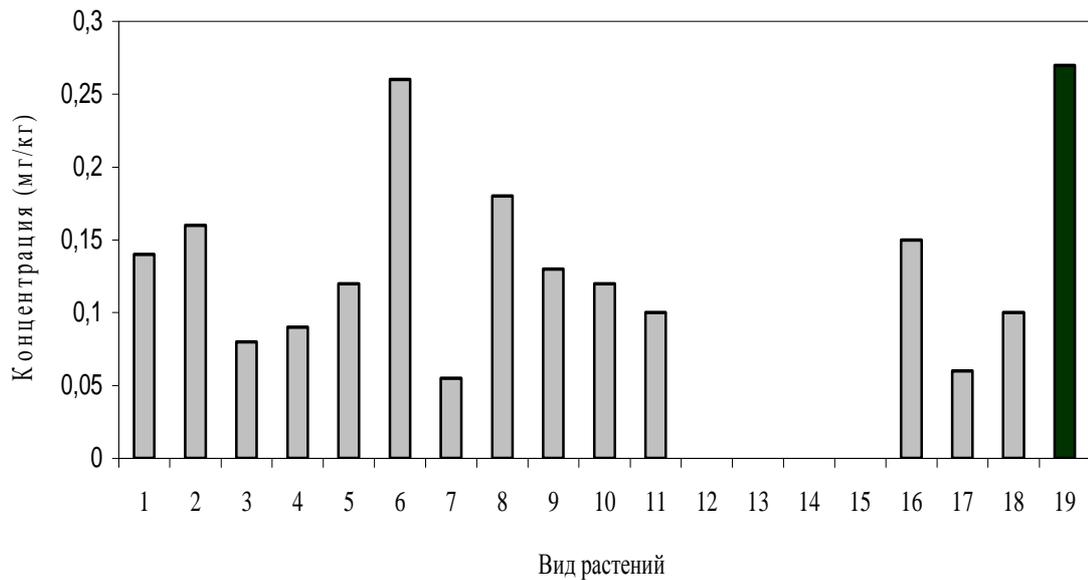


Рис.3. Содержание кадмия в почве

Концентрации в растениях. Считается, что кадмий не входит в число необходимых для растения элементов, однако он эффективно поглощается корневой системой, листьями и является кумулятивным ядом. Фоновые уровни кадмия в зерне злаков и в различных кормовых растениях по данным для разных стран весьма низки и удивительно сходны. Так, средние значения (на сухую массу) для зерна всех злаков лежат в пределах от 0,013 до 0,22 мг/кг, в травах от 0,07 до 0,27 мг/кг, в бобовых культурах от 0,08 до 0,28 мг/кг [5].

При анализе вегетативной части некоторых дикорастущих и культивируемых растений экосистем восточного Прииссыккуля были выявлены следующие концентрации металла: в зерне злаковых культур (пшеница ячмень) 0,06 – 0,11 мг/кг, в вегетативной части 0,10 – 0,15 мг/кг, тимофеевка луговая - 0,13 мг/кг, василек луговой – 0,14 мг/кг, шалфей мускатный – 0,12 мг/кг, пырей корневищный - 0,055 мг/кг, овес пустой – 0,26 мг/кг. В плодах облепихи крушиновидной, абрикоса, боярышника алтайского, барбариса обыкновенного кадмий не был обнаружен (рис. 4).



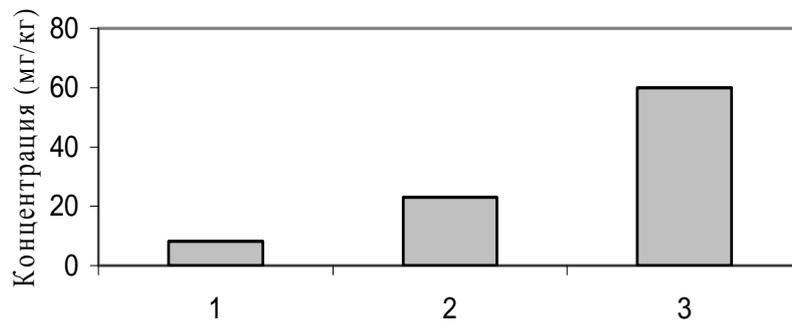
*Рис.4. Содержание кадмия в дикорастущих и культивируемых растениях:
 1) Василёк луговой, 2) Полынь горькая, 3) Эфедра, 4) Мальва прибрежная, 5) Конский щавель, 6) Овёс пустой, 7) Пырей корневищный, 8) Полынь обыкновенная, 9) Тимофеевка луговая, 10) Шалфей мускатный, 11) Тысячелистник обыкновенный, 12) В плодах: Облепихи крушиновидной, 13) Абрикоса, 14) Боярышника алтайского, 15) Барбариса обыкновенного, 16) Кормовые травы, 17) В зерне злаков (пшеница, ячмень), 18) В вегетативной части злаков (пшеница, ячмень), 19) Фоновое значение*

Полученные результаты свидетельствуют о низких концентрациях кадмия в растениях, выращенных в условиях восточного Прииссыкулья, не превышающих фоновых значений.

Исследование содержания меди в почвах и растениях.

Концентрации в почве. Наиболее выраженные концентрационные диапазоны меди в почвах Азиатской территории бывшего СССР – 14 – 47 мг/кг. Средние концентрации элемента в почвах и осадочных породах составляют 30 мг/кг. По данным других авторов средне фоновое содержание меди колеблется в пределах 6 – 60 мг/кг, достигая максимума в почвах с высоким содержанием гумуса и минимума в песчаных. ПДК меди в почве составляет 23 мг/кг [5,6].

Результаты анализов по определению валового содержания меди в почвах экосистем исследуемого региона не выявили превышение уровня ПДК и фоновых значений, концентрация меди в почве варьировало в пределах 5,09 – 8,23 мг/кг (рис. 5).

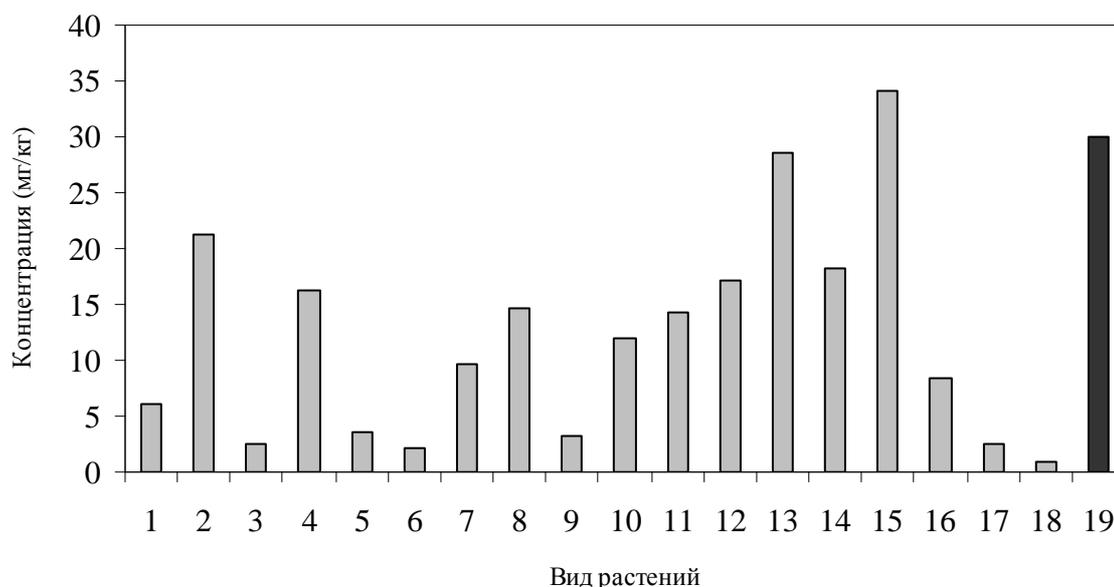


1) Содержание в почве, 2) ПДК, 3) Фоновое значение

Рис.5. Содержание меди в почве

Концентрации в растениях. Благоприятное содержание меди в растениях играет важную роль в их метаболизме; как недостаток элемента, так и его избыток отрицательно сказывается на их общем состоянии. Некоторые виды имеют большую устойчивость к повышенным содержаниям меди и могут аккумулировать экстремально высокие количества этого элемента в своих тканях. Несмотря на общую толерантность растительных видов и генотипов к меди, этот элемент все же рассматривается как сильно токсичный. Содержание меди в растениях из незагрязненных регионов разных стран колеблется от 1 до $n \times 10$ мг/кг сухой массы. В золе разнообразных растительных видов меди содержится 5 – 1500 мг/кг. У ряда видов произрастающих в широком диапазоне природных условий, концентрация меди в побегах редко превышает 20 мг/кг сухой массы, поэтому такая величина часто рассматривается как граница, отделяющая область избыточных содержаний. Однако в природных и искусственных условиях большинство растительных видов могут аккумулировать гораздо больше меди, особенно в тканях корней. Установлено, что критической для растений считается концентрация в 150 мг/кг [5,6,7].

При анализе вегетативной части дикорастущих и культивируемых растений экосистем восточного Приисыккуля были выявлены следующие концентрации металла: шалфей луговой - 12,0 мг/кг, тысячелистник - 14,25 мг/кг, полынь обыкновенная - 14,7 мг/кг, конский щавель – 3,6 мг/кг, тимopheевка луговая – 3,3 мг/кг, василек луговой - 6,15 мг/кг, эфедра - 2,55 мг/кг. В плодах: облепихи крушиновидной – 17,13 мг/кг, абрикоса – 28,58 мг/кг, боярышника алтайского 18,25 мг/кг, барбариса обыкновенного - 34,13 мг/кг. В кормовых травах (эспарцет, клевер) – 8,40 мг/кг. В зерне злаковых культур (пшеница, ячмень). – 2,55 – 7,20 мг/кг при ПДК – 10 мг/кг, в вегетативной части растений - 0,9 – 3,90 мг/кг. Повышенные концентрации меди в семенах зерновых культур обусловлены тем, что данный элемент способен связываться с белковыми фракциями, и имеет тенденцию к накоплению в репродуктивных органах растений (рис. б).



*Рис.6. Содержание меди в дикорастущих и культивируемых растениях:
 1) Василёк луговой, 2) Полынь горькая, 3) Эфедрa, 4) Мальва прибрежная, 5) Конский
 щавель, 6) Овёс пустой, 7) Пырей корневищный, 8) Полынь обыкновенная, 9)
 Тимофеевка луговая, 10) Шалфей мускатный, 11) Тысячелистник обыкновенный, 12) В
 плодах: Облепихи крушиновидной, 13) Абрикоса, 14) Боярышника алтайского, 15)
 Барбариса обыкновенного, 16) Кормовые травы, 17) В зерне злаков (пшеница, ячмень), 18)
 В вегетативной части злаков (пшеница, ячмень), 19) Фоновое значение.*

Результаты анализов показали, что концентрации меди в дико растущих и культивируемых растениях экосистем восточного Приисыккулья находятся в пределах фоновых значений, характерных для условно незагрязненных территорий.

Исследование содержания цинка в почвах и растениях. Концентрации в почве. Содержание цинка в почвах изменяется в широких пределах от 17 до 125 мг/кг. В среднем валовое содержание цинка в поверхностном горизонте каштановых почв составляет 44,7 мг/кг, а для черноземов 31,2 мг/кг. ПДК в почве по данным разных авторов оставляет 100-150 мг/кг [7,8].

Результаты по определению валового содержания цинка в почвах экосистем восточного Приисыккулья не выявили превышение уровня ПДК - 150 мг/кг. Содержание цинка варьировало в зависимости от типа почв в пределах фоновых значений от 16,5 до 73,5 мг/кг (рис. 7).

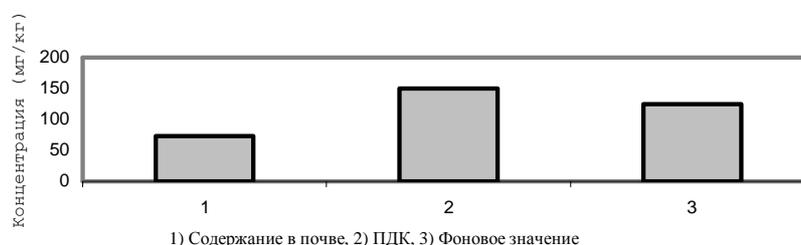


Рис. 7. Содержание цинка в почве

Концентрации в растениях. Считается, что содержание цинка в растениях заметно изменяется под влиянием различий в генотипах и факторах, действующих в

разнообразных экосистемах. Однако содержание цинка в некоторых пищевых растениях: зерне, злаков и кормовых травах из разных стран мира не сильно различаются. Так, например, содержание цинка в зернах пшеницы колеблется от 22 до 33 мг/кг сухой массы, рожь содержит несколько меньше, а ячмень несколько больше, чем пшеница. Фоновое содержание цинка в травах и клевере по всему миру также относительно постоянны. Среднее содержание цинка в травах лежит в пределах 12-47 мг/кг, а клевере 24 – 45 мг/кг сухой массы. Так как цинк является сравнительно малотоксичным тяжелым металлом, его ПДК для растений определена в интервале от 150 до 200 мг/кг сухого вещества. Критической считается концентрация 300 мг/кг. ПДК для зерна злаков составляет 50 мг/кг [7].

Загрязнение окружающей среды цинком заметно влияет на концентрацию этого элемента в растениях. В экосистемах, где цинк поступает в виде компонента атмосферных загрязнений, надземные части растений концентрируют, по-видимому, большую его часть. С другой стороны, произрастающие на загрязненных цинком почвах растения накапливают главную долю этого элемента в корневой системе [7,8].

При анализе вегетативной части некоторых дикорастущих и культивируемых растений экосистем восточного Прииссыкулья были выявлены следующие концентрации металла: полынь горькая – 39 мг/кг, полынь обыкновенная – 18 мг/кг, шалфей луговой - 22,5 мг/кг, тысячелистник обыкновенный - 33 мг/кг, василек луговой - 9 мг/кг, конский щавель – 3 мг/кг, тимopheевка луговая – 6 мг/кг, мальва прибрежная – 6 мг/кг.

В кормовых травах (клевер, эспарцет) 4,5 – 17,0 мг/кг, в зерне злаковых культур (пшеница, ячмень) 12 – 45 мг/кг при ПДК – 50 мг/кг, в вегетативной части 0,8 - 15 мг/кг (рис. 8).

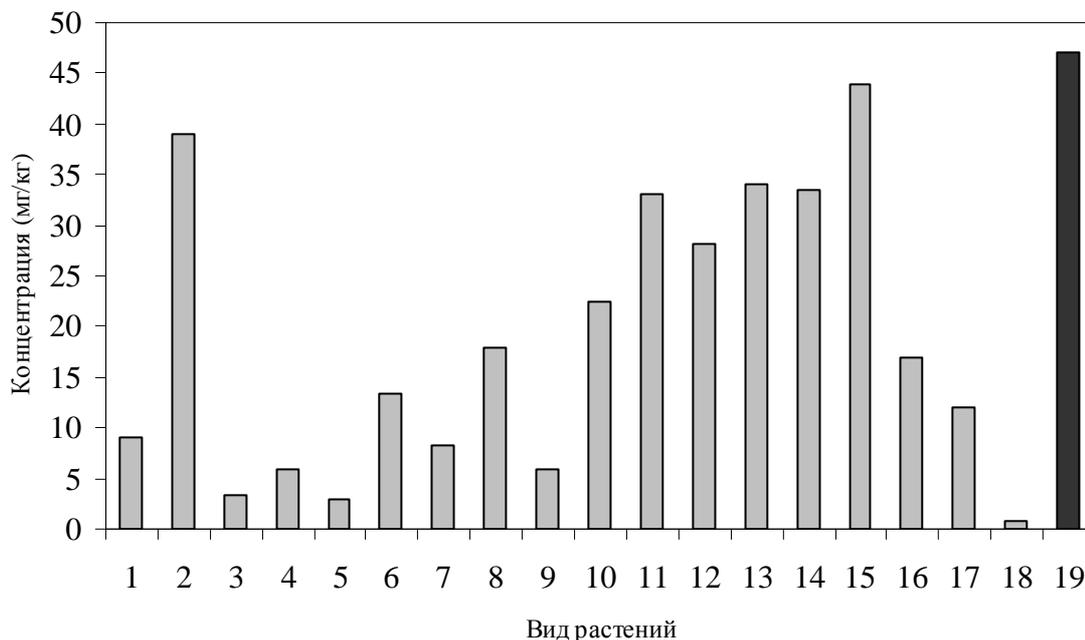


Рис.8. Содержание цинка в дикорастущих и культивируемых растениях:

- 1) Василёк луговой, 2) Полынь горькая, 3) Эфедра, 4) Мальва прибрежная, 5) Конский щавель, 6) Овёс пустой, 7) Пырей корневищный, 8) Полынь обыкновенная, 9) Тимофеевка луговая, 10) Шалфей мускатный, 11) Тысячелистник обыкновенный, 12) В плодах: Облетихи крушиновидной, 13) Абрикоса, 14) Боярышника алтайского, 15) Барбариса обыкновенного, 16) Кормовые травы, 17) В зерне злаков (пшеница, ячмень), 18) В вегетативной части злаков (пшеница, ячмень), 19) Фоновое значение.

Результаты анализов показали, что концентрации цинка в дикорастущих и культивируемых растениях экосистем восточного Прииссыккуля находятся в пределах фоновых значений.

Исследование содержания железа в почвах и растениях. Концентрации в почве. Количество железа в почвах определяется как составом материнских пород, так и характером почвенных процессов. Как правило, содержание железа в почвах изменяется от 0,5 до 5 %. Даже на бедных железом почвах не отмечается его абсолютного дефицита для растений. Фиксируется лишь недостаток легкорастворимых форм железа [8,9].

Результаты анализа показали, что валовое содержание железа в почвах экосистем восточного Прииссыккуля варьирует в пределах 1300-3800 мг/кг, вероятно, это связано с минералогическим составом почвообразующих материнских пород, в которых присутствуют окислы, гидроокислы и сульфиды железа (рис. 9).

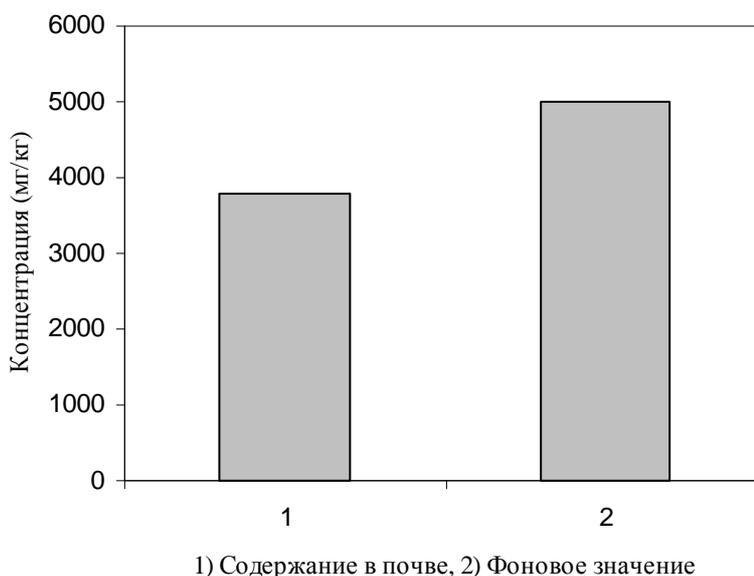


Рис.9. Содержание железа в почве

Концентрации в растениях. Способность различных растений к поглощению железа различна и существенно зависит от почвенных и климатических условий, а также от фазы роста и развития растений. Определенные злаковые травы, в том числе и бобовые растения, способны накапливать больше железа, нежели злаковые виды. Однако при высоких содержаниях легкорастворимых форм железа все растения могут потреблять очень большие его количества.

Природное содержание железа в кормовых растениях изменяется от 18 до примерно 1000 мг/кг сухой массы. В золе различных растений содержание железа изменяется в пределах 220-1200 мг/кг. Зерна различных хлебных злаков не различаются заметно по содержанию железа. Типичное содержание в них изменяется от 25 до примерно 80 мг/кг сухой массы при среднем расчете 48 мг/кг на сухую массу [8,9].

При анализе вегетативной части некоторых дикорастущих и культивируемых растений экосистем восточного Прииссыккуля были выявлены следующие концентрации металла: полынь обыкновенная - 140 мг/кг, полынь эстрагон - 50 мг/кг, мальва прибрежная - 91,5 мг/кг, шалфей луговой - 110 мг/кг, тысячелистник обыкновенный - 190 мг/кг, овес пустой - 73,5 мг/кг, конский щавель - 129 мг/кг, тимофеевка луговая - 130 мг/кг, василек луговой - 57 мг/кг, эфедра - 25 мг/кг, пырей корневищный - 64 мг/кг. В плодах: облепихи крушиновидной - 34 мг/кг, абрикоса - 44 мг/кг, боярышника алтайского - 81,5 мг/кг, барбариса 66,8 мг/кг. В кормовых травах (эспарцет, клевер) - 66-72 мг/кг.

В зерне злаковых культур (пшеница, ячмень) 11-91 мг/кг, в вегетативной части 28,5 – 103,5 мг/кг. Результаты анализа согласуются с литературными данными других авторов, это позволяет предположить, что содержание металла в растениях находится в пределах естественных фоновых значений (рис. 10).

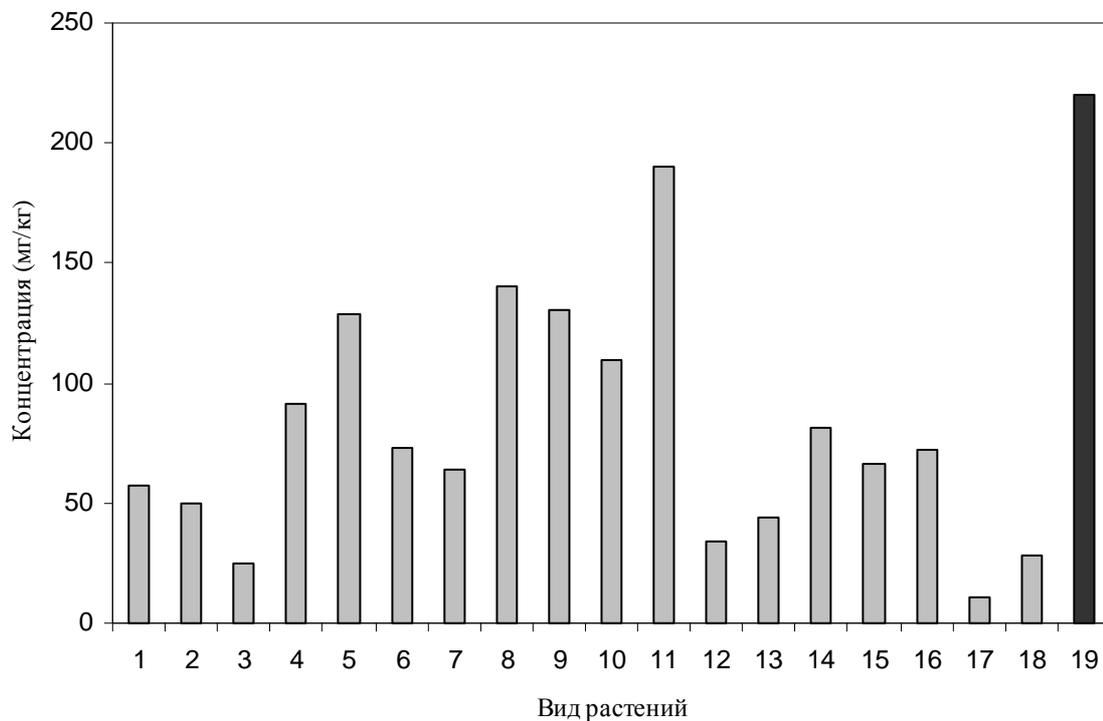


Рис.10. Содержание железа в дикорастущих и культивируемых растениях: 1) Василёк луговой, 2) Полынь горькая, 3) Эфедра, 4) Мальва прибрежная, 5) Конский щавель, 6) Овёс пустой, 7) Пырей корневищный, 8) Полынь обыкновенная, 9) Тимофеевка луговая, 10) Шалфей мускатный, 11) Тысячелистник обыкновенный, 12) В плодах: Облепихи крушиновидной, 13) Абрикоса, 14) Боярышника алтайского, 15) Барбариса обыкновенного, 16) Кормовые травы, 17) В зерне злаков (пшеница, ячмень), 18) В вегетативной части злаков (пшеница, ячмень), 19) Фоновое значение.

Таким образом, результаты лабораторных исследований по определению валового содержания тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn, Fe) в почвах контрольных участков не выявили превышение уровней ПДК и фоновых значений. Содержание тяжелых металлов в некоторых видах дикорастущих и культивируемых растениях также находится в пределах фоновых значений, характерных для условно не загрязненных зон.

Литература

1. Алексеев Ю.В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, - 1987, 142 с.
2. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, - 1989, 439 с.
3. Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва-растение. - Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
4. Дмитрев М.Т., Казнина Н.И., Клименко Г.А. Загрязнение почв и растительности тяжёлыми металлами. – М.: МГУ, 1989. – 95 с.
5. Аналитический обзор загрязнения природной среды тяжёлыми металлами в фоновых районах стран-членов СЭВ (1982-1988). – М.: Гидрометеоздат, 1989. – 87 с.

6. Роева Н.Н., Ровинский Ф.Я., Кононов Э.Я. Специфические особенности поведения тяжёлых металлов в различных природных средах //Аналитическая химия. – 1996. – Т. 54, № 4. – С. 384-397.
7. Несвижская Н.И., Саят Ю.В. Геохимические принципы выделения ПДК химических элементов в почвах / В кн.: Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – С. 10.
8. Bowen H.J.M. Environmental Chemistry of the Elements. – London-New York: Academic Press, 1979. – 360 p.
9. Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace Elements in the Biological Environment. – Warsaw: Wyd. Geol., 1979. – 300 p.