

УДК 582.3/99:632.15:502/504

## Исследования содержания тяжелых металлов в почве и растениях каперса колючего (*Capparis spinosa* L.) и полыни горкой (*Artemisia absinthium* L.) методом рентгенофлуоресцентного анализа

Умаров Н. Н.

Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова  
Худжанд, Таджикистан  
[nasimchon-74@mail.ru](mailto:nasimchon-74@mail.ru)

В статье приводятся результаты исследований по выявлению содержания тяжелых металлов (ТМ) в растениях каперса колючего (*Capparis spinosa* L.) и полыни горкой (*Artemisia absinthium* L.), отобранных с хвостохранилища Дегмай, расположенного в Бабаджангафуровском районе Согдийской области, методом рентгенофлуоресцентного анализа. Выявлено, что стронций (Sr), цинк (Zn), никель (Ni), хром (Cr) и оксид марганца (MnO) и другие ТМ больше содержатся в составных частях всех исследуемых растений, чем в пробах почвы в местах их произрастания. Свинца (Pb) больше всего поглощено корнями каперса колючего в одном из пунктов произрастания и стеблями – во втором. Ванадий (V) активно поглощается всеми составными частями каперса колючего и полыни горкой, произрастающих в втором пункте, а также листьями и корням полыни горкой – в первом пункте. Zn, Ni и MnO интенсивно переходят из почвы в корневища растений, что, возможно, связано с дефицитом этих элементов в почве в местах произрастания растений, а так же о неблагоприятном экологическом состоянием среды. Отмечен переход из корневища в стебель Pb (коэффициент поглощения 2,23) и V (1,38) у каперса колючего (первый пункт) и Zn (1,35), Co (1,18) для полыни горкой (первый пункт). Интенсивность перехода As, Ni, MnO из стебля в листья для каперса колючего и Pb, Zn, MnO для полыни горкой составляет величину больше единицы, что, возможно, связано с поступлением этих элементов из воздуха или аэрозоля в его составе. Коэффициент биологического поглощения Sr, Cr, MnO и Ni для каперса колючего в первом пункте превышает единицу (>1), а по Zn – значение пять (>5), для каперса колючего из второго пункта по Sr, Cr, MnO, Co и V значение коэффициента превышает единицу (>1), а по Zn так же превышает значение пять (>5); для полыни горкой по Sr, Cr, Ni, MnO, Co, V значение коэффициента превышает единицу (>1), а для Zn – значение пять (>5), что свидетельствует об интенсивном переносе из почвы в растения этих элементов, при этом для других элементов наблюдался менее интенсивный перенос. Коэффициент интенсивности перехода химических элементов для всех исследованных растений из почвы в корневище колебался от 0,23 до 24,6, а переход элементов из корневища в стебли – от 0,06 до 2,23, переход элементов из стебля в листья – от 0,06 до 11,0. Полученные данные свидетельствуют о том, что каперс колючий и полынь горкую можно использовать для реабилитации почв с высоким содержанием Sr, Cr, MnO, Zn и Ni – наиболее опасных по классификации вредности элементов.

*Ключевые слова:* тяжелые металлы, рентгенофлуоресцентный анализ, каперс колючий, полынь горкая, почва.

### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что неблагоприятные экологические условия обусловлены резким возрастанием техногенной нагрузки на биосферу. В зависимости от степени загрязнения окружающей среды техногенные экотоксиканты могут приводить к экологическому напряжению среды, в результате чего очевидно нарушается цикл производства экологически безопасной продукции. Одним из элементов является техногенная деятельность человека, потом почва, которая аккумулирует в себе экотоксиканты, которое, могут мигрировать в растения и животных (Ильин и др., 2000; Соколов и др., 2008).

Общеизвестно, что тяжелые металлы занимают одно их первых мест среди всех загрязнителей биосферы. Загрязнение территории тяжелыми металлами (ТМ) носит локальный характер. В основном максимальное загрязнение почв наблюдается вблизи крупных автомагистралей, на территориях и вблизи тепловых электростанций, хвостохранилищ и других источников ТМ.

По литературным данным (Титов и др., 2014; Абдуллаев и др., 2019) определение коэффициента биологического поглощения металлов позволяет исследовать систему «почва – растение» на основе оценки степени накопления ТМ в период вегетации различными частями растения в зависимости от их содержания в почве.

Цель настоящей работы – изучить поведение тяжелых металлов в системе почва – растение, на основании оценки концентрации некоторых тяжелых металлов в почвах и органах растений: корнях, стеблях и листьях, а также выявить подходящие виды растений для реабилитации загрязненных почв тяжелыми металлами.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для выяснения влияния места произрастания и почв на содержание некоторых микроэлементов в растениях были выбраны тяжелые металлы (ТМ). Относительное количество ТМ в составных частях растений анализировали с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра марки Спектроскан Макс-G, предназначенного для анализа различных образцов (Ширкин, 2009; Абдуллаев и др., 2019). Для оценки точности результатов количественный анализ исследуемых образцов проведен в двух повторностях. В качестве результатов оценки параметров использовались средние арифметические значения измерений. При выполнении измерений соблюдались все необходимые требования для обеспечения точности результатов согласно методике (Ширкин, 2009; Абдуллаев и др., 2019; Умаров и др., 2020).

Образцы растений каперса колючего (КК) (*Capparis spinosa* L.) и полыни горькой (ПГ) (*Artemisia absinthium* L.), а также пробы почв отбирали одновременно из хвостохранилища Дегмай в двух пунктах с координатами: С 40°13'35.1", В 69°38'9.58" (далее первый пункт), и С 40°12'35.16", В 69°38'21.3" (далее второй пункт). Виды растений, идентифицированы специалистами лаборатории физиологии растений Худжанского госуниверситета. В лаборатории образцы КК и ПГ сушили при комнатной температуре.

Для характеристики физико-химических и биологических процессов в системе «почва – растение» в данной работе применен метод, с использованием коэффициента биологического поглощения элементов растений (Абдуллаев и др., 2019; Умаров и др., 2020). Согласно (Титов и др., 2014; Умаров и др. 2021) коэффициент биологического поглощения ( $K_i^{бп}$ ) определялся по формуле:

$$K_i^{бп} = \frac{C_i^p}{C_i^{почв}}$$

где:  $C_i^p$  – содержание  $i$ -го тяжелого металла в растении, мг/кг;  $C_i^{почв}$  – содержание  $i$ -го тяжелого металла в почве, мг/кг.

Если  $K_i^{бп} > 1$  можно сделать вывод о высоком накоплении тяжелых металлов, если  $K_i^{бп} < 1$  – о низком.

Оценка состояния окружающей среды в месте произрастания растений проводилась по коэффициенту биологического поглощения и коэффициенту интенсивности перехода тяжелых металлов из почвы в растения по методике (Ефремов и др., 2015; Головин и др., 2021).

Для детального исследования влияния экологических условий место произрастания на транслокации ТМ по растениям вычислялся коэффициент интенсивности перехода тяжелых металлов в системе почва – корень – стебель – листья согласно (Ефремов и др., 2015; Головин и др., 2021).

Для определения интенсивности перехода ( $I_{почва-корень}$ ) микроэлемента из почвы в корень растений применяли следующую формулу:

$$I_{почва-корень} = \frac{C(\text{Э})_{корень}}{C(\text{Э})_{почва}}$$

где:  $C(\text{Э})_{\text{корень}}$  и  $C(\text{Э})_{\text{почва}}$  – концентрации микроэлемента в корне растений и пробы почв с места произрастания.

Переход микроэлемента из корня в стебель определили согласно формуле:

$$I_{\text{корень-стебель}} = \frac{C(\text{Э})_{\text{стебель}}}{C(\text{Э})_{\text{корень}}}$$

где:  $I_{\text{корень-стебель}}$  – интенсивность перехода микроэлементов из корня в стебель растений;  $C(\text{Э})_{\text{стебель}}$  и  $C(\text{Э})_{\text{корень}}$  – концентрации химического элемента в стебле и корне исследуемых растений.

Также интенсивность перехода ( $I_{\text{стебель-листья}}$ ) тяжёлых металлов из стебля в листья растений рассчитали согласно следующей формуле:

$$I_{\text{стебель-листья}} = \frac{C(\text{Э})_{\text{листья}}}{C(\text{Э})_{\text{стебель}}}$$

где:  $C(\text{Э})_{\text{листья}}$  и  $C(\text{Э})_{\text{стебель}}$  – концентрации микроэлементов в листьях и стеблях растений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблицах 1 и 2 приведены данные по концентрации ТМ в почвах и составных частях каперса колючего и полыни горкой.

Таблица 1

Содержание тяжёлых металлов в почве и составных частях каперса колючего и полыни горкой (мг/кг воздушно-сухой массы) в двух пунктах исследования

Номер пункта -вид растения /часть растения	Sr	Pb	As	Zn	Cu	Ni
1-КК/листья	95,6	0,8	19,3	352,4	51,4	7,1
1-КК/стебель	94,8	13,1	7,7	375,2	49,2	6,2
1-КК/корень	94,9	5,9	17,4	393,4	47,9	10,8
1-ПГ/листья	95,0	3,8	22,8	374,8	47,1	16,3
1-ПГ/стебель	95,5	0,3	17,9	330,2	46,7	16,8
1-ПГ/корень	94,9	5,7	17,3	243,7	47,3	18,3
1-Почва	85,4	12,3	27,6	15,9	58,1	1,94
2-КК/листья	115,	1,1	179,1	103,1	38,3	18,0
2-КК/стебель	108,4	4,1	68,4	117,5	38,3	12,5
2-КК/корень	109,6	30,4	65,3	192,5	36,7	13,4
2-ПГ/листья	96,8	3,5	18,6	165,4	47,8	8,28
2-ПГ/стебель	97,5	1,9	28,9	132,4	46,8	14,3
2-ПГ/корень	99,4	2,9	52,2	129,7	45,4	16,2
2-Почва	85,9	12,6	50,2	20,3	58,8	3,23

Примечание к таблице: 1-КК – каперс колючий из первого пункта; 2-КК – каперс колючий из второго пункта; 1-ПГ – полынь горькая из первого пункта; 2-ПГ – полынь горькая из второго пункта; 1-Почва – почва из первого пункта; 2-Почва – почва из второго пункта.

Таблица 2

Содержание тяжёлых металлов и их окислов в почве и составных частях каперса колючего и полыни горькой (мг/кг воздушно-сухой массы или %) в двух пунктах исследования

Номер пункта -вид растения /часть растения	Co	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	MnO	Cr	V	TiO <sub>2</sub>
1-КК/листья	5,2	1,1	522,1	72,3	10,7	0,33
1-КК/стебель	15,2	1,1	226,0	77,0	17,2	0,33
1-КК/корень	18,1	1,2	228,5	80,5	12,4	0,33
1-ПГ/листья	13,6	1,6	175,9	86,3	21,7	0,33
1-ПГ/стебель	19,8	1,6	144,2	86,7	15,3	0,33
1-ПГ/корень	16,7	1,4	152,2	105,1	23,9	0,33
1-Почва	17,8	1,8	86,8	64,4	19,2	0,33
2-КК/листья	54,9	1,2	318,9	100,2	20,5	0,33
2-КК/стебель	55,6	1,2	145,0	99,0	35,6	0,33
2-КК/корень	58,3	1,3	151,4	101,6	40,2	0,33
2-ПГ/листья	22,3	1,3	254,5	83,6	32,9	0,34
2-ПГ/стебель	22,7	1,5	229,3	90,7	43,7	0,35
2-ПГ/корень	25,8	1,5	285,0	91,4	50,2	0,35
2-Почва	18,3	1,5	87,7	64,1	18,0	0,34

Примечание к таблице: 1-КК – каперс колючий из первого пункта; 2-КК – каперс колючий из второго пункта; 1-ПГ – полынь горькая из первого пункта; 2-ПГ – полынь горькая из второго пункта; 1-Почва – почва из первого пункта; 2-Почва – почва из второго пункта.

Из данных таблиц видно, что количество некоторых микроэлементов (Sr, Zn, Ni, MnO, Cr) в составных частях растений больше чем в пробах почвы. Можно предположить, что это, во-первых, связано с неблагоприятным состоянием окружающей среды в месте произрастания растений. Во-вторых, со способностью растений этих двух видов к поглощению ТМ и концентрации их в корнях, стеблях и листьях. Для подтверждения этого факта нами было проведено определение значений коэффициента биологического поглощения и коэффициента интенсивности перехода тяжёлых металлов из почвы в растение.

На рисунке 1 приведены коэффициенты биологического поглощения металлов и их оксидов составными частями растений из пункта 1.

Для всех составных частей растений, произрастающих в этом пункте, коэффициент биологического поглощения стронция, оксида марганца и хрома больше единицы. А также  $K_i^{бп}$ , для стебля КК свинец, для стебля и корня ПГ кобальт и для листьев и корня ПГ ванадий больше единицы, это говорит о высоком накоплении этих микроэлементов составными частями исследованных растений.

Из данных рисунка 2 видно, что для всех частей растений, произрастающих в пункте 2,  $K_i^{бп}$  для стронция, оксида марганца, кобальта, хрома и ванадия – больше единицы. Свинец в корнях КК и мышьяк во всех составных частях КК и корнях ПГ так же накапливается интенсивно –  $K_i^{бп} > 1$ .

На рисунке 3 приведено коэффициент биологического поглощения никеля и цинка различными частями каперса колючего и полыни горькой. Видно, что эти элементы больше всего накапливаются составными частями исследованных растений.

Никель активно поглощается составными частями растений, и он активно взаимодействует с другими металлами как в почвах, так и в растениях. Цинк в отличие других

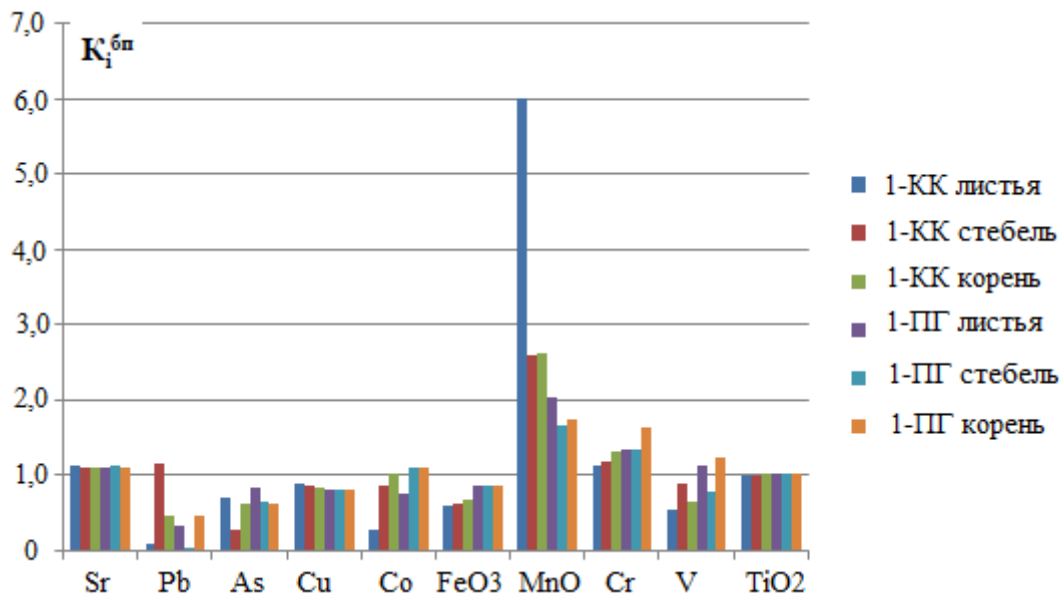


Рис. 1. Коэффициент биологического поглощения металлов и оксидов металлов различными частями каперса колючего и полыни горькой в пункте 1

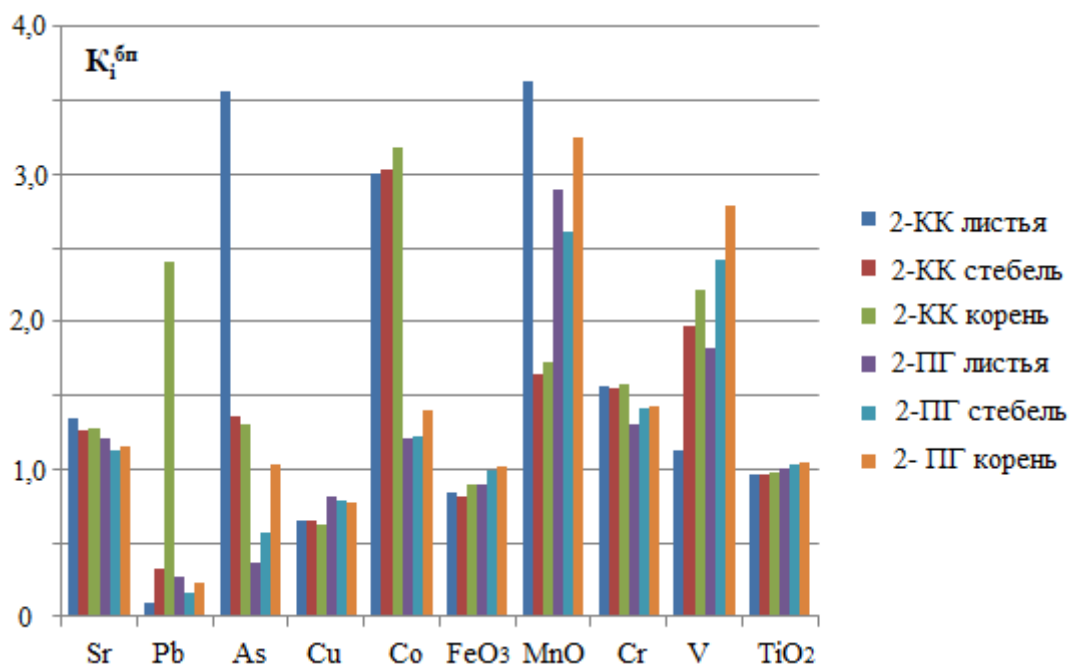


Рис. 2. Коэффициент биологического поглощения металлов и оксидов металлов различными частями каперса колючего и полыни горькой в пункте 2

элементов, в частности, никеля большую роль играет для целостности мембран, гормональной регуляции и других функций растительных организмах. Наблюдается взаимодействие никеля и цинка, когда каждый из этих металлов в результате конкуренции может ингибировать поглощение другой корневой системой (Garland, Wilkins, 1981; Панин, Бирюкова, 2008).

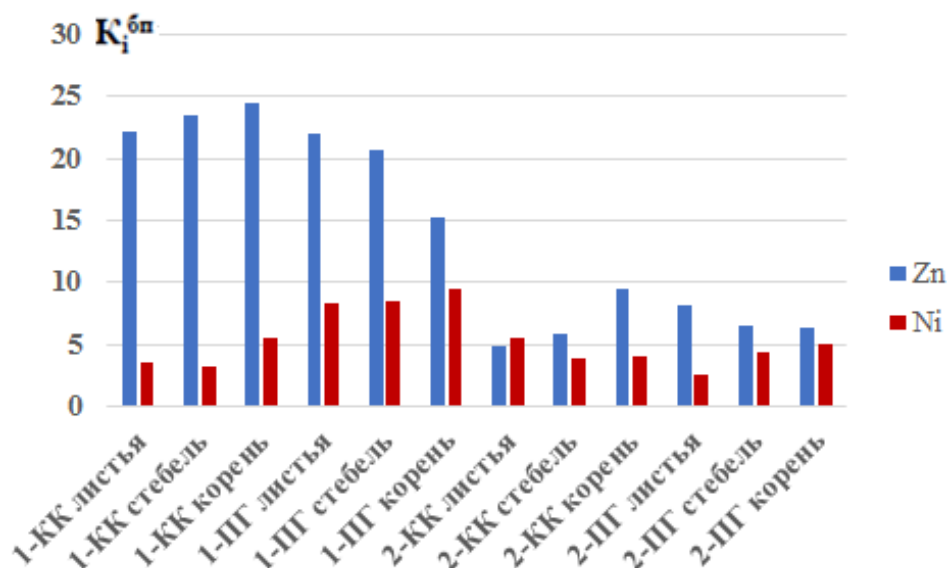


Рис. 3. Коэффициент биологического поглощения никеля и цинка различными частями каперса колючего и полыни горькой

В таблице 3 приведены результаты оценки интенсивности перехода тяжёлых металлов из почвы в корни и другие части растений.

Таблица 3

Интенсивность перехода тяжёлых металлов в системе почва – корень – стебель – листья для двух видов растений из двух пунктов исследования

ТМ	Каперс колючий						Полынь горькая					
	Пункт 1			Пункт 2			Пункт 1			Пункт 2		
	П-К	К-С	С-Л	П-К	К-С	С-Л	П-К	К-С	С-Л	П-К	К-С	С-Л
Sr	1,11	0,99	1,04	1,27	0,98	1,06	1,11	1,01	0,99	1,15	0,98	0,99
Pb	0,47	2,23	0,06	2,40	0,13	0,27	0,46	0,06	11,0	0,23	0,67	1,76
As	0,63	0,44	2,51	1,30	1,04	2,62	0,62	0,99	1,27	1,05	0,55	0,64
Zn	24,6	0,95	0,94	9,47	0,61	0,87	15,3	1,35	1,13	6,38	1,02	1,25
Cu	0,82	1,03	1,01	0,62	1,04	0,84	0,81	0,98	1,01	0,77	1,02	1,02
Ni	5,56	0,57	1,14	4,14	0,93	1,44	9,43	0,91	0,97	5,01	0,88	0,58
Co	1,02	0,84	0,34	3,18	0,95	0,98	0,93	1,18	0,68	1,41	0,88	0,98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,66	0,94	0,98	0,89	0,91	1,03	0,95	0,91	0,99	1,03	0,96	0,90
MnO	2,64	0,98	2,31	1,72	0,96	2,19	1,75	0,94	1,22	3,25	0,80	1,11
Cr	1,24	0,96	0,94	1,58	0,97	1,01	1,63	0,82	0,99	1,42	0,99	0,92
V	0,64	1,38	0,62	2,22	0,88	0,57	1,24	0,64	1,42	2,78	0,87	0,75
TiO <sub>2</sub>	1,01	0,99	1,00	0,98	0,99	0,99	1,05	0,99	1,01	1,04	0,99	0,96

Примечание к таблице. ТМ – тяжелые металлы; П-К – переход из почвы в корень; К-С – переход из корня в стебель; П-К – переход из стебля в листья.

Согласно данным таблицы 3 для всех исследованных образцов коэффициент перехода для: Sr, Zn, Ni, MnO, Cr и Co из почвы в корень больше единицы. Это, возможно, связано с дефицитом этих микроэлементов в составе почв или о неблагоприятном экологическом состоянии окружающей среды.

Коэффициент интенсивности перехода ТМ из корневища в стебель для КК в пункте 1 больше единицы для Pb, Cu и V, а в пункте 2 для As и Cu. Для ПГ из пункта 1 коэффициент интенсивности перехода ТМ из корневища в стебель больше единицы отмечен для Sr, Zn и

Со. Для ПГ из пункта 2 коэффициент интенсивности перехода ТМ больше единицы отмечен для Zn и Cu.

У КК из стебля в листья наблюдается активный переход микроэлементов Sr, As, Ni и MnO у КК в обоих пунктах исследования. Для ПГ коэффициент перехода из стебля в листья более единицы отмечен для Pb, As, Zn, Cu, MnO и V из пункта 1, а для Pb, Zn, Cu, MnO из пункта 2. Высокое содержания этих элементов в листьях растений, возможно, связано с поглощением этих элементов из воздуха в виде аэрозолей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ полученных данных показывает, что отдельные части каперса колючего и полыни горкой по-разному поглощают тяжёлые металлы. Определено, что такие тяжёлые металлы как стронций, цинк, никель, хром и оксид марганца накапливаются не одинаково в разных частях исследованных растений.

В зависимости от вида растений коэффициент биологического поглощения тяжелых металлов для Sr, Co, Cr, Mn, V колебался от 0,1 до 6, а для Zn, Ni – от 2 до 24. Интенсивность перехода перечисленных тяжёлых металлов из почвы в корневища также оказался больше единицы. Интенсивность перехода Pb, Cu и V из корневища в стебли для каперса колючего из пункта 1, и As и Cu из пункта 2 больше единицы. Для полыни горкой интенсивность перехода Sr, Zn и Co в пункте 1, а также Zn и Cu в пункте 2 соответственно больше единицы. Переход микроэлементов Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni и MnO из стебля в листья для исследованных растений заметно увеличивается что, возможно, связано с неблагоприятным состоянием окружающей среды.

Выявленные величины коэффициента биологического поглощения тяжелых металлов и интенсивности перехода микроэлементов из почвы в различные части растений в условиях техногенной нагрузки показывают, что каперс колючий и полынь горкую можно использовать в качестве растений-фиторемедиантов для реабилитации почв, загрязненных такими тяжёлыми металлами как стронций, цинк, никель, хром, марганец, кобальт и ванадий. Поэтому мы полагаем, что требуется новый подход для нормирования загрязняющих веществ окружающей среды и защиты экосистем от тяжёлых металлов.

**Благодарности.** Автор выражает признательность директору ФТИ имени С. У. Умарова НАНТ кандидату физико-математических наук Фархому Шокиру за всестороннюю поддержку в проведении исследований.

## Список литературы

Абдуллаев С. Ф., Сафаралиев Н. М., Партоев К. Исследование биологического поглощения тяжелых металлов растением-фиторемедиантом – топинамбуром (*Helianthus tuberosus* L.) // Химическая безопасность. – 2019. – Т. 3, № 1. – С. 110–117.

Головин А. В., Скрыпник Л. Н., Масютин Я. А. Особенности накопления цинка и никеля некоторыми лекарственными растениями, произрастающими на территориях с различной степенью техногенной нагрузки // Экосистемы. – 2021. – Вып. 26. – С. 67–77.

Ефремов И. В., Горшенина Е. Л., Солопова В. А., Рахимова Н. Н., Рябых Е. И., Чернова О. Н. Комплексная оценка миграционной способности и риска загрязнения тяжелыми металлами компонентов почвенно-растительных систем // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 13 (188). – С. 133–137.

Ильин В. Б., Байдина Н. Л., Конарбаева Г. А., Черевко А. С. Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях Новосибирска // Агрехимия. – 2000. – № 1. – С. 66–73.

Соколов Э. М., Панарин В. М., Рылеева Е. М. Антропогенное загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами. Экология и промышленность России. – 2008. – № 11. – С. 102–106.

Панин М. С., Бирюкова Е. Н. Закономерности аккумуляции меди и цинка в ризосфере растений. Агрехимия. – 2005. – № 1. – С. 53–59.

Титов А. Ф., Казнина Н. М., Таланова В. В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: Институт биологии Кар НЦ РАН. – 2014. – 194 с.

Умаров Н. Н., Шукуров Т., Абдуллаев С. Ф. Влияние пестицидов на содержание тяжёлых металлов и молекулярную динамику растительных природных соединений // Экосистемы. – 2020. – Вып. 24. – С. 152–157.

Умаров Н. Н., Абдуманонов А., Шукуров Т., Абдуллаев С. Ф. Влияние содержания тяжёлых металлов на молекулярную динамику функциональных групп структуры хвойных деревьев // Экосистемы. – 2021. – Вып. 26. – С. 78–157.

Ширкин Л. А. Рентгенофлуоресцентный анализ объектов окружающей среды. – Владимир: Издательство Владимирского государственного университета, 2009. – 65 с.

Garland C. J., Wilkins D. A. Effect of cadmium on the uptake and toxicity of lead in *Nordeum vulgare* L. and *Festuca ovina* L. // New Phytologist. – 1981. – Vol. 87, N 3. – P. 581–593.

**Umarov N. N. Studies of the content of heavy metals in soil and plants of caper bush (*Capparis spinosa* L.) and wormwood (*Artemisia absinthium* L.) by Roentgen fluorescence analysis // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 43–50.**

The article presents the results of studies aimed at identification of content of heavy metals (HM) in plants of caper bush (*Capparis spinosa* L.) and wormwood (*Artemisia absinthium* L.), by method of X-ray fluorescence analysis. The plant samples were taken from Dekhmay repository located in Bobojohn Gafurov district of Sughd region. It was revealed that parts of all studied plants contained more strontium (Sr), zinc (Zn), nickel (Ni), chromium (Cr) and oxide of manganese (MnO) than samples of soil taken from of the places of plants growth. It was found out that in one trial site more lead (Pb) is absorbed by roots and in the second trial site - by stems of caper bush. Vanadium (V) was absorbed actively by leaves and roots of wormwood in the first trial site; in the second site it was absorbed by all parts of caper bush and wormwood. Zn, Ni and MnO got from the soil to rhizomes of plants intensively, which was possibly due to the deficiency of those elements in soil in the places where plants grew, as well as to the unfavorable environmental situation. In the first trial site the researchers registered the transition from roots to stems of Pb (absorption coefficient – 2.23) and V (1.38) for caper bush and Zn (1.35), Co (1.18) for wormwood. Intensiveness of As, Ni, MnO transition from stem to leaves for caper bush and Pb, Zn, MnO for wormwood was higher than 1. Probably, it was due to the intake of elements from aerial masses or atmospheric aerosole. The coefficient of biological absorption of Sr, Cr, MnO and Ni for caper bush in first trial site exceeded one (>1), and for Zn – a value of five (>5); for caper bush from the second trial site for Sr, Cr, MnO, Co and V the value of the coefficient exceeded one (>1), and for Zn it also exceeded the value of five (>5); for wormwood in Sr, Cr, Ni, MnO, Co, V, the coefficient value exceeded one (>1), and for Zn – a value of five (>5), which indicated an intensive transfer of these elements from soil to plants, while for other elements were less intensively transported. The coefficient of the intensity of the transition of chemical elements for all studied plants from the soil to the rhizome ranged from 0.23 to 24.6, and the transition of elements from the rhizome to the stems – from 0.06 to 2.23, the transition of elements from the stem to the leaves – from 0.06 to 11.0. The data obtained indicate that caper bush and wormwood can be used for the rehabilitation of soils with a high content of Sr, Cr, MnO, Zn and Ni which are the most dangerous elements according to the classification of harmfulness.

*Key words:* heavy metals, Roentgen fluorescence analysis, caper bush, wormwood, soil.

Поступила в редакцию 04.01.22

Принята к печати 20.02.22