

УДК 551.521.3, 551.583, 535.34+375.34  
ББК 26.233

**ИССЛЕДОВАНИЯ  
СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ  
МЕТАЛЛОВ В СОСТАВЕ ПОЛЫНИ  
ГОРЬКОЙ (ARTEMISIA  
ABSINTHIUM L.)  
ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В БОБОДЖАН  
ГАФУРОВСКОМ РАЙОНЕ**

**Умаров Насимджон Негматович** - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической физики и МПФ ГОУ “ХГУ имени академика Бободжона Гафурова”, e-mail: [nasimchon-74@mail.ru](mailto:nasimchon-74@mail.ru).

**Абдуллаев Сабур Фузайлович** - доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физики атмосферы Физико-технического института им. С.У. Умарова НАНТ, e-mail: [sabur.f.abdullaev@gmail.com](mailto:sabur.f.abdullaev@gmail.com)

**Халифаева Шохина Хуриеджоновна** - докторант PhD лаборатории физики атмосферы Физико-технического института им. С.У. Умарова НАНТ, e-mail: [shohina93@inbox.ru](mailto:shohina93@inbox.ru)

**ТАДҚИКИ МИҚДОРИ МЕТАЛЛҲОИ  
ВАЗНИН ДАР ТАРКИБИ ЯВУДИ  
ТАЛҲИ (ARTEMISIA ABSINTHIUM  
L.) ДАР НОҲИЯИ БОБОЧОН  
ГАФУРОВ САБЗИДА**

**Умаров Насимҷон Негматович** - номзади илмҳои физикаю математика, дотсенти кафедраи физикаи назариявӣ ва МТФ МДТ-и “ДДХ ба номи академик Бобоҷон Гафуров”, e-mail: [nasimchon-74@mail.ru](mailto:nasimchon-74@mail.ru).

**Абдуллоев Сабур Фузайлович** - доктори илмҳои физика-математика, профессор, мудири лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикаю техникаи ба номи академик С.У. Умаров, АМИТ, e-mail: [sabur.f.abdullaev@gmail.com](mailto:sabur.f.abdullaev@gmail.com)

**Халифаева Шохина Хуриедҷоновна** - докторанти PhD, лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови, АМИТ, e-mail: [shohina93@inbox.ru](mailto:shohina93@inbox.ru)

**RESEARCH OF THE CONTENT OF  
HEAVY METALS IN THE  
COMPOSITION OF WORMWOOD  
(ARTEMISIA ABSINTHIUM L.)  
GROWING IN BOBODJON GAFUROV  
DISTRICT**

**Umarov Nasimjon Negmatovich** - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Theoretical Physics and the MTPh of the PEI “KSU named after academic Bobojon Gafurov”, e-mail: [nasimchon-74@mail.ru](mailto:nasimchon-74@mail.ru).

**Abdullaev Sabur Fuzailovich** - Doctor of Physics Mathematics, Professor, Head of Atmospheric Physics Laboratory S.U. Umarov Physical Technical Institute National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, e-mail: [sabur.f.abdullaev@gmail.com](mailto:sabur.f.abdullaev@gmail.com)

**Khalifaeva Shokhina Khurshedjonovna** - PhD Candidate of Atmospheric Physics Laboratory S.U. Umarov Physical Technical Institute National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, e-mail: [shohina93@inbox.ru](mailto:shohina93@inbox.ru)

**Ключевые слова.** тяжелые металлы, почва, полынь горькая, ПДК, Кларк, коэффициент биологического поглощения, HYSPLIT.

В статье приводятся результаты исследования полыни горькой (ПГ) отобранной в почве Бободжан Гафуровского района Согдийской области. Установлено, что Zn, MnO и Ni больше содержатся в ПГ, а Pb, Cu, As, Si, Sr, V и Co больше в почве, то есть почва более обогащена этими элементами. Содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr и TiO<sub>2</sub> одинаково в составе проб. Повышенные содержания Pb, Cu, As, Si, Sr, V и Co в составе почвы свидетельствуют о возможном антропогенном влиянии. Содержание меди, кобальта, свинца, титана и стронция выше их Кларка в почве, а для остальных ТМ

обнаружен их дефицит. Коэффициент биологического поглощения для ПГ по Zn (19.81), Ni (8.83), MnO (1.81), Cr (1.44) и Sr (1.12) больше единицы ( $K>1$ ), что означает интенсивный их перенос из почвы в растения, для других элементов наблюдается слабый захват. Этот факт свидетельствует о том, что ПГ можно использовать для реабилитации почв с высоким содержанием Zn, Ni и Cr, так как эти элементы относятся к опасным по классификации вредности элементам.

**Вожаҳои калидӣ.** металлҳои вазнин, хок, явуди талх, ҳадди ниҳоии консентратсия, Кларк, коэффисиенти фурӯбарии биологӣ, HYSPLIT.

Дар мақола натиҷаи таҳқиқоти явуди талх (ЯТ), ки аз хоки ноҳияи Бобоҷон Фафурови вилояти Суғд ҷамовари шудааст, оварда шудааст. Муайян карда шудааст, ки миқдори Zn, MnO ва Ni дар таркиби ЯТ зиёдтар ва миқдори Pb, Cu, As, Cu, Sr, V ва Co дар таркиби хок зиёдтар аст, яъне хок аз ин унсурҳо бойтар мебошад. Миқдори  $Fe_2O_3$ , Cr ва  $TiO_2$  дар таркиби намунаҳо яқхела аст. Зиёд будани Pb, Cu, As, Cu, Sr, V ва Co дар таркиби хок таъсири эҳтимолии антропогенро ба растаниҳо нишон медиҳад. Миқдори мис, кобальт, сурб, титан ва стронций назар ба Кларк дар хок зиёдтар аст ва барои металҳои вазнини боқимонда норасоии онҳо дар хок муайян карда шудааст. Коэффисиенти фурӯбарии биологӣ барои ЯТ барои Zn (19.81), Ni (8.83), MnO (1.81), Cr (1.44) ва Sr (1.12) аз воҳид ( $K>1$ ) калонтар аст, ки ин интиқоли интенсивии онҳоро аз хок ба растаниҳо исбот менамояд, барои унсурҳои дигар бошад ин раванд сусттар мебошад. Ин далел нишон медиҳад, ки ЯТ метавонад барои барқароркунии хокҳои дорои миқдори зиёди Zn, Ni ва Cr истифода бурда шавад, зеро ин унсурҳо тибқи таснифи хатарият ҳамчун унсурҳои хатарнок тасниф карда мешаванд.

**Key words:** heavy metals, soil, wormwood, maximum concentration limit, Clarke, biological absorption coefficient, HYSPLIT.

The article presents the results of the study of bitter wormwood (BW) selected in the soil of the Bobojoh gafurov district of Sughd region. It was found that the content of Zn, MnO and Ni is higher in BW, and content of Pb, Cu, As, Cu, Sr, V and Co is higher in soil, that is, soil is more enriched with these elements. The contents of  $Fe_2O_3$ , Cr and  $TiO_2$  are the same in the composition of the samples. The increased contents of Pb, Cu, As, Cu, Sr, V and Co in the local soil indicates to possible anthropogenic impact. The content of copper, cobalt, lead, titanium and strontium is higher than their Clarke in the soil, and as for the rest of HMs, they was found. The biological absorption coefficient for BW for Zn (19.81), Ni (8.83), MnO (1.81), Cr (1.44) and Sr (1.12) is greater than unit ( $K>1$ ) which means their intensive transfer from soil to plants; as for other elements the latters demonstrated their deficiency are poorly captured. This fact indicates that BW can be used for rehabilitation of soils with high contents of Zn, Ni and Cr, since these elements are classified as dangerous ones according to hazard classification.

Известно, что тяжёлые металлы (ТМ) присутствуют практически во всех компонентах экосистем и вносят большой вклад в формирование биообъектов окружающей среды. Миграционная способность ТМ в окружающей среде, их способность поступать в растения и участвовать в процессах биогеохимической миграции в значительной степени зависит от содержания и состояния ТМ в почвах и атмосферном аэрозоле [1-3]. Изучение физико-химических форм ТМ в почвах и растениях позволяет оценить распределение загрязняющих веществ в экосистеме.

По литературным данным известно, что распределение ТМ в пространстве весьма сложно и зависит от многих факторов, но почва является важнейшей составляющей экосистемы, которая аккумулирует загрязняющие химические вещества. При поступлении ТМ в почву выше нормы её биологические, химические и физические свойства заметно изменяются и, очевидно, ведут к ухудшению почвенного плодородия [3-6].

Одной из задач мониторинга окружающей среды является привлечение современной вычислительной техники для обработки множества информации. Создание моделей оценивания концентрации и параметров источников с использованием данных наблюдений и модельных представлений о процессах распространения ТМ позволяет более надёжно контролировать основные параметры техногенного загрязнения почвы и растений произрастающих в данной местности. Поэтому, важными объектами исследований экологического состояния являются почва и растения, которые активно участвуют в биохимическом круговороте ТМ.

Экологическое состояние почв и их влияние на рост и развитие растений описывается большим числом параметров и множеством внешних и внутренних взаимосвязей, для систематического их изучения можно использовать метод наименьших квадратов (МНК). Этот метод в настоящее время детально изучен и имеет теоретическое обоснование [7,8].

Целью настоящей работы является исследование взаимосвязи содержания ТМ в почве и растениях методом рентгенофлуоресцентного анализа, и обоснование его методом наименьших квадратов.

Для этого 23 июня 2020 г. было собрано растение полынь горькая (ПГ) (лат. *Artemisia absinthium* L.) и проведены пробы почв Бободжан Гафуровского района Согдийской области Таджикистана (координаты 40°16'16.2"с.ш.; 69°42' 0.45"в.д.; высота 365м н. ур. м.).

Отбор и подготовку проб для анализа проводили в соответствии с нормативными документами [9-11]. Количественное содержание ТМ в составе растений и почв определено методом рентгенофлуоресцентного анализа согласно [3-6].

В табл.1. приведены некоторые характеристики содержания ТМ в составе ПГ и почвы Бободжангафуровского района. На рис. 1 изображена линия, аппроксимирующая соотношение содержания ТМ в ПГ и почве, она соответствует коэффициенту корреляции  $r = 0.73$ , что позволяет говорить о линейной связи. Веществ, расположенных выше линии (Zn, MnO и Ni), больше содержится в ПГ, а элементов, расположенных ниже прямой (Pb, Cu, As, Cu, Sr, V и Co), больше в почве, то есть почва более обогащена этими элементами. Содержания Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr и TiO<sub>2</sub> находятся одинаково в составе проб, и они расположены на линии. Повышенные содержания Pb, Cu, As, Cu, Sr, V и Co в составе почвы свидетельствуют о возможном антропогенном влиянии.

Содержание меди, кобальта, свинца, титана и стронция выше их Кларка в почве, а для остальных ТМ обнаружен их дефицит. Коэффициент биологического поглощения для ПГ по Zn (19.81), Ni (8,83), MnO (1.81), Cr (1.44) и Sr (1.12) больше единицы (K>1) что означает интенсивный их перенос из почвы в растения, для других элементов наблюдается слабый захват.

Таблица 1  
Содержание тяжёлых металлов в полыни горькой и пробе почвы Бободжан Гафуровского района

ТМ	Сп	Ср	Ln(Сп)	Ln(Ср)	ПДК	Кларк	С/ПДК	С/Кларк	С-Кларк	К
V	19.24	20.26	2.96	3.01	100	100	0.19	0.2	-80.76	0.95
Cr	64.42	92.66	4.17	4.53	100	150	0.64	0.4	-85.58	0.70
Ni	1.94	17.13	0.66	2.84	100	40	0.02	0.0	-38.06	0.11
Co	17.8	16.7	2.88	2.82	25	8	0.71	2.2	<b>9.8</b>	<b>1.07</b>
Cu	58.14	47.01	4.06	3.85	55	20	1.06	2.9	<b>38.14</b>	<b>1.24</b>
Zn	15.96	316.23	2.77	5.76	100	50	0.16	0.3	-34.04	0.05
MnO	86.8	157.43	4.46	5.06	1500	850	0.06	0.1	-763.2	0.55
As	27.65	19.35	3.32	2.96	2	6	<b>13.83</b>	<b>4.6</b>	<b>21.65</b>	<b>1.43</b>
TiO <sub>2</sub> ,%	3.26	3.33	1.18	1.20	0.05	0.46	<b>65.20</b>	<b>7.1</b>	<b>2.8</b>	0.98
Sr	85.41	95.45	4.45	4.56		300	-	0.3	-214.6	0.89
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,%	1.82	1.63	0.60	0.49		3.8	-	0.5	-1.98	<b>1.12</b>
Pb	12.29	3.25	2.51	1.18	32	10	0.38	1.2	2.29	<b>3.78</b>

Этот факт свидетельствует о том, что ПГ можно использовать для реабилитации почв с высокими содержаниями Zn, Ni и Cr, так как эти элементы относятся к опасным по классификации вредности.

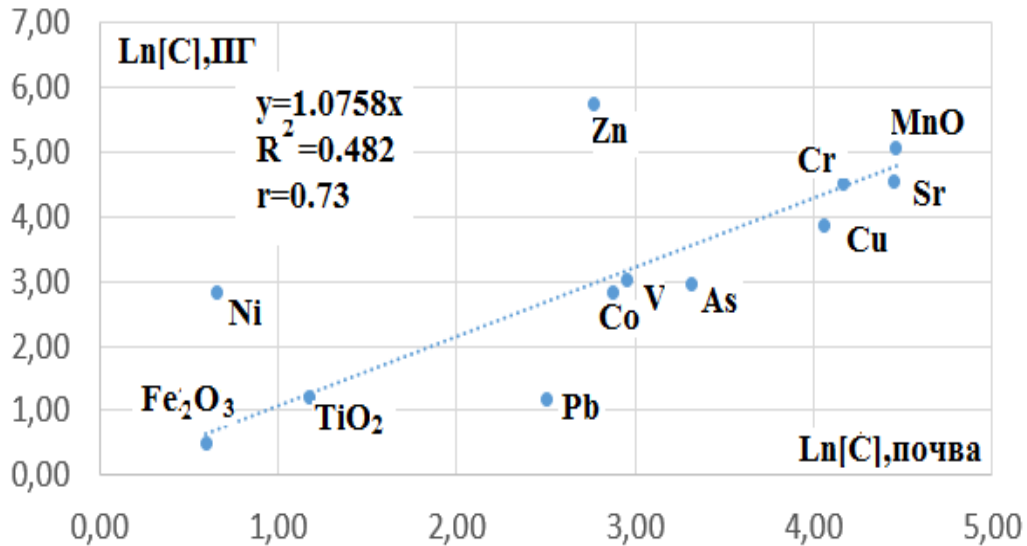


Рис. 1. Содержание элементов и их оксидов в пыли горькой и в почве Бободжан Гафуровского района

В почве содержание титана выше ПДК в 65.2 раза, а превышение Кларка составляет 7.1 раза. Содержание меди и кобальта превышает Кларк на 2.9 и 2.2 раза соответственно. Обращает на себя внимание повышенное содержание мышьяка почти в 14 раз выше, чем ПДК и в 4.6 раза больше чем Кларк данного элемента.

Расчёт обратной траектории воздушных масс по модели HYSPLIT [12,13] для 23 июня 2020 г. (рис.2) указывает на доминирующие источники на высоте 500 м – Южный Хорасан (Иран), 1500 м – Омская область (Россия) и 2500 м – Республика Удмуртия (Россия) и ансамбль траекторий воздушных масс из 27 линий за 7 суток (168 ч) свидетельствует о, возможном, дальнем переносе загрязнения.

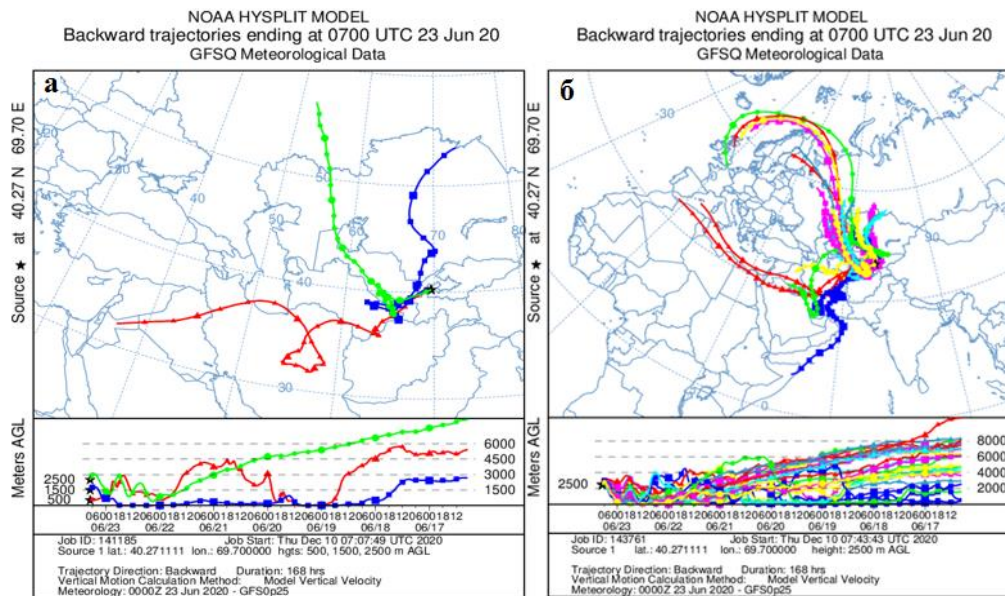


Рис. 2. Расчёт обратной траектории воздушных масс по модели HYSPLIT для 23 июня 2020 г, за 7 суток: а - для трёх высот; б - для ансамбля из 27 траекторий

Таким образом, установлено, что вещества, расположенные выше линии более обогащены в растении (ПГ), а элементы, расположенные ниже прямой – в почве. Расположение точки, соответствующей исследованному веществу, на прямой и около неё означает одинаковое содержания ТМ в растениях и почве. Модель HYSPLIT позволяет моделировать и более надежно контролировать содержание ТМ в растениях и почвах путем расчёта обратной траектории воздушных масс.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжёлые металлы и растения // Петрозаводск: Институт биологии Кар НЦ РАН. – 2014. – 194 с.
2. Ильин В.Б., Байдина Н.Л., Конарбаева Г.А., Черевко А.С. Содержание тяжёлых металлов в почвах и растениях Новосибирска // Агрохимия. – 2000. – № 1. – С. 66–73.
3. Абдуллаев С.Ф., Сафаралиев Н.М., Партоев К. Исследование биологического поглощения тяжёлых металлов растением-фиторемиантом – топинамбуром (*Helianthus tuberosus* L. // Химическая безопасность. – 2019. – Т. 3. – № 1. – С. – 110–117.
4. Соколов Э.М., Панарин В.М., Рылеева Е.М. Антропогенное загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами // Экология и промышленность России. – 2008. – №11. – С. 102–106.
5. Рахматов М.Н., Маслов В.А., Абдуллаев С.Ф. Распределение тяжёлых металлов в пробах атмосферного аэрозоля Северного Таджикистана // Учёные записки ХГУ им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и эконом. науки. – 2019. – Т.50. – №3. – С.46–57.
6. Умаров Н. Н., Шукуров Т., Абдуллаев С. Ф. Влияние пестицидов на содержание тяжёлых металлов и молекулярную динамику растительных природных соединений // Экосистемы. – 2020. – Выпуск 24. – С.152– 157.
7. Крамер Г. Математические методы статистики // М.: Мир, 1975.–650 с.
8. Рао С. Р. Линейные статистики методы и их применение // М.: Наука.- 1968.–550 с.
9. Дабахов М.В. Титова В.И. Экоотоксикология и проблемы нормирования // Н. Новгород: Изд-во ВВАГС. – 2005. –165 с.
10. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Стандартиформ. – 2008.
11. ГОСТ Р53218-2008. Удобрения органические. Атомно-абсорбционный метод определения содержания тяжелых металлов. М.: Стандартиформ. – 2020.
12. Дракслер Р.Р., Хесс Г.Д. Описание системы моделирования HYSPLIT-4 / Silver Spring: лаборатория ресурсов воздуха, Технический меморандум NOAA ERL ARL-224 / -1997. С.1-22.
13. Штейн А., Дракслер Р.Р., Рольф Г.Д., Стандер Б.Дж., Коэн М., Нган Ф. Система моделирования атмосферного переноса и дисперсии NOAA HYSPLIT // Бюл. Метеорол. - Т.96. -2015. - С. 2059–2077.

## REFERENCES

1. Titov A.F., Kaznina N.M., Talanova V.V. Heavy metals and plants // Petrozavodsk: Institute of Biology, Kar SC RAS. - 2014. - 194 p.
2. Ilyin V.B., Baydina N.L., Konarbaeva G.A., Cherevko A.C. The content of heavy metals in soils and plants. Novosibirsk // Agrochemistry. - 2000. - №1. - PP. 66–73.
3. Abdullaev S.F., Safaraliev N.M., Partoev K. Study of the biological absorption of heavy metals by a phytoemediant plant - Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L. // Chemical safety. - 2019. - V. 3. - №1. - PP. - 110–117.
4. Sokolov E.M., Panarin V.M., Ryleeva E.M. Anthropogenic pollution of the environment with heavy metals // Ecology and Industry of Russia. - 2008. - №11. - PP. 102–106.
5. Rakhmatov M.N., Maslov V.A., Abdullaev S.F. Distribution of heavy metals in atmospheric aerosol samples from Northern Tajikistan // Scientific notes KSU named after acad. B. Gafurov. Series Natural and Economic Sciences. - 2019. - T.50. - №3. - PP.46–57.
6. Umarov N.N., Shukurov T., Abdullaev S.F. Influence of pesticides on the content of heavy metals and molecular dynamics of natural plant compounds // Ecosystems. - 2020. - Issue 24. - PP. 152–157.
7. Kramer G. Mathematical methods of statistics // M.: Mir, 1975. – 650 p.
8. Rao S.R. Linear statistics methods and their application // M.: Nauka.- 1968. – 550 p.
9. Dabahov M.V. Titova V.I. Ecotoxicology and problems of regulation // N. Novgorod: Publishing house of VVAGS. - 2005. –165 p.
10. GOST 17.4.4.02-84. Protection of Nature. Soils. Nature Conservancy (SSOP). Soils. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis. M.: Standartinform. - 2008.
11. GOST R 53218-2008. Organic fertilizers. Atomic absorption method for determining the content of heavy metals. M.: Standartinform. - 2020.
12. Draxler R.R., Hess G.D. Description of the HYSPLIT-4 Modeling System / Silver Spring: Air resources Laboratory, NOAA Technical Memorandum ERL ARL-224/-1997. P. 1–22.
13. Stein A., Draxler R.R., Rolph G.D., Stunder B.J., Cohen M., Ngan F. NOAA’s HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system // Bull. Am. Meteorol. - V.96. -2015. -P. 2059–2077.