

## ОЦЕНКА СОСТАВА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ НА СОДЕРЖАНИЕ ВАЛОВЫХ ФОРМ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА

**Г.А. Ступакова, к.б.н., А.А. Лапушкина, к.б.н., Е.Э. Игнатьева, Т.И. Щиплецова,  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт имени Д.Н. Прянишникова»  
(ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»), 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31А  
Тел.8 (499)976-05-52, E-mail: [ynia@list.ru](mailto:ynia@list.ru)**

**Работа выполнена по госзаданию № FGWR-2021-0004**

*Представлены результаты по содержанию валовых форм Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd в стандартных образцах (СО) серой лесной почвы разного гранулометрического состава, отобранных в неодинаковых почвенно-климатических условиях. Оценены коэффициенты прямолинейной корреляции между парами элементов. Самый высокий коэффициент вариации зафиксирован у меди, самый низкий – у цинка. Выявлены три пары с сильной взаимосвязью: кобальт с никелем ( $r=0,87$ ), кобальт с цинком ( $r=0,82$ ) и никель с цинком ( $r=0,71$ ).*

*Ключевые слова:* стандартные образцы, серая лесная почва, токсиканты, коэффициент корреляции, вариабельность, гранулометрический состав.

Для цитирования: Г.А. Ступакова, к.б.н., А.А. Лапушкина, к.б.н., Е.Э. Игнатьева, Т.И. Щиплецова Оценка состава серых лесных почв на содержание валовых форм металлов и мышьяка// Плодородие. – 2023. – №6. – С. 93-95. DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.21.

Стандартные образцы (СО) состава и свойств разных типов почв прочно утвердились в качестве необходимого средства метрологического обеспечения и успешно применяются в испытательных лабораториях АПК, проводящих испытания почв. В ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» разработаны разные типы Отраслевых (ОСО) и Государственных стандартных образцов (ГСО) почвы, аттестованные на содержание таких токсикантов, как тяжелые металлы [1-3] и нефтепродукты [4-5], большая часть из которых создана на естественной матрице.

Для ряда металлов отсутствуют четко установленные критические и оптимальные концентрации, а если они и есть, то сильно варьируют в научной литературе. Это затрудняет проведение научно обоснованных мероприятий по оценке и корректировке содержания элементов в почве, с точки зрения экологической ситуации. Поскольку корреляционные связи между изучаемыми показателями могут быть неустойчивыми в разные моменты времени отбора СО (весна, лето, осень), погодные условия в годы отбора соответственно тоже, интерес представляет изменчивость состава разных типов почв в разных пространственных и временных рамках.

Данная работа является продолжением серии исследований материалов СО разных типов почв на содержание валовых форм элементов.

**Цель исследований** – провести оценку содержания и взаимосвязи между валовыми формами ряда элементов (Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb,) в СО серой лесной почвы, отобранных в разных почвенно-климатических зонах.

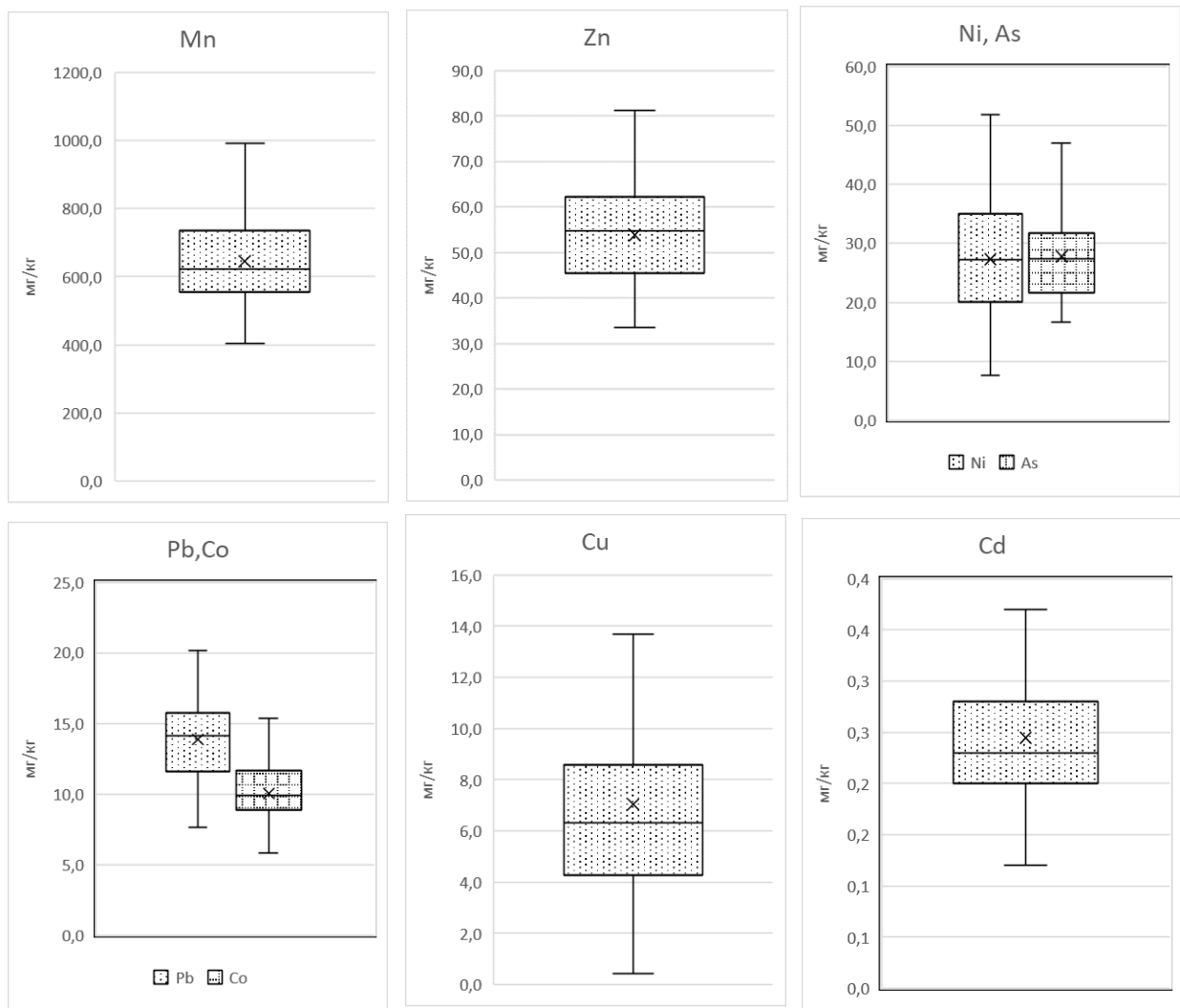
**Методика.** Исследования проведены на 28 государственных стандартных образцах (ГСО) серой лесной почвы разного гранулометрического состава (легкосуглинистой, среднесуглинистой, тяжелосуглинистой). Образцы отобраны на территории Владимирской, Калужской, Рязанской, Кировской, Свердловской областей, Чувашской Республики (Цивильский район). Материал для СО отбирали с участка площадью 2 м<sup>2</sup> на

глубину 0-20 см. Исходный материал высушивали на воздухе при температуре не выше +30°C. Высушенную почву измельчали на размольной машине с просеиванием через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Оставшиеся на сите органические остатки, камни и другие включения отбрасывали. Далее исходный материал СО усредняли по методике [6]. Все образцы отбирали в местах, где не применяли в последние годы минеральные удобрения и средства защиты. СО однородны и стабильны по составу, хранились в одинаковых условиях. Валовые содержания Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb определены методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой [7].

**Результаты и их обсуждение.** Содержание валовых форм металлов и мышьяка в СО серой лесной почвы показали значительный разброс значений (мг/кг): Mn (257,8–1182,7), Co (3,65–16,58), Ni (7,70–51,9), Cu (0,44–17,20), Zn (35,65–75,79), As (16,7–46,99), Cd (0,13–0,55), Pb (7,69–50,64). Обусловлено это влиянием разных почвенно-климатических условий формирования серых лесных почв в несхожих регионах.

На рисунке 1 представлены среднее значение (X), медиана (горизонтальная черта, делящая прямоугольник на две части), квартили 25 и 75% (прямоугольник, характеризующий распределение 50% значений, максимально тесных к медиане), максимальное и минимальное значения для выборки («усы»), а также коэффициент вариации (V).

В целом, при рассмотрении полученных значений, следует отметить, что они довольно сильно различаются в пределах одного показателя. На это указывает коэффициент вариации (V), который для всех металлов, за исключением цинка, составляет более 25%. Так, сильнее всего численная неоднородность была выявлена у валового содержания меди – V = 62%. Сила вариации значений содержания цинка считается средней и V находится на верхней границе данного класса – 25%.



Элемент	Mn	Zn	Ni	As	Pb	Co	Cu	Cd
V, %	30	25	37	28	51	28	62	35

Рис. 1. Размах значений выборки СО серой лесной почвы

Для оценки тесноты связи между валовым содержанием различных металлов в СО серой лесной почвы, был рассчитан парный коэффициент прямолинейной корреляции ( $r$ ) (табл.). Ввиду того, что значительной теснотой связи обладают те элементы, где  $r$  больше 0,70, было зафиксировано всего три пары с сильной взаимосвязью: кобальт с никелем (0,87), кобальт с цинком (0,82) и никель с цинком (0,71). Та же зависимость отмечается и на дерново-подзолистой почве [8]. Возможно, это связано

со сходным минералогическим составом, составляющим эти почвы.

Средней теснотой связи характеризовались 15 пар элементов, т.е. половина всех представленных  $r$  (рис. 2). И ещё одна треть имеет слабую тесноту связи. Медь имеет самое большое количество пар с низким коэффициентом корреляции – 6 из 7, при этом оставшаяся пара (медь-кадмий) имеет среднюю отрицательно направленную связь.

Коэффициенты вариации между парами металлов в СО серой лесной почвы

	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
Mn		0,66	0,42	-0,01	0,39	0,03	0,62	0,16
Co	0,66		<u>0,87</u>	-0,02	<u>0,82</u>	0,55	0,37	0,41
Ni	0,42	<u>0,87</u>		-0,29	<u>0,71</u>	0,70	0,38	0,37
Cu	-0,01	-0,02	-0,29		0,05	-0,25	-0,32	0,15
Zn	0,39	<u>0,82</u>	<u>0,71</u>	0,05		0,58	0,43	0,39
As	0,03	0,55	0,70	-0,25	0,58		0,20	0,31
Cd	0,62	0,37	0,38	-0,32	0,43	0,20		0,12
Pb	0,16	0,41	0,37	0,15	0,39	0,31	0,12	

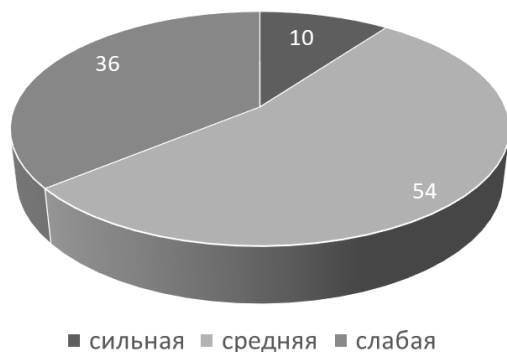


Рис. 2. Пары металлов с сильной, средней и слабой теснотой связи (%)

К тому же медь – это единственный металл, у которого есть отрицательные коэффициенты корреляции, что свидетельствует об обратной зависимости в изменении содержания одного элемента от другого.

**Заключение.** При анализе содержания ряда металлов и мышьяка в образцах серой лесной почвы разного гранулометрического состава, отобранных в разных условиях (временных и пространственных), определен ряд закономерностей. В соответствии с рассчитанными коэффициентами вариации, наиболее однородным показателям является цинк. Для остальных элементов отмечается высокая вариация значений, самый высокий коэффициент вариации у меди. Очевидно, из-за такого большого разброса значений установлены низкие коэффициенты корреляции между медью и другими металлами. Но для цинка с кобальтом, имеющих одну из самых

низких вариаций значений, выявлены пары с сильной теснотой связи: цинк с кобальтом ( $r=0,82$ ) и цинк с никелем ( $r=0,71$ ), а также кобальт с никелем ( $r=0,87$ ).

#### Литература

1. Ступакова Г.А., Панкратова К.Г., Игнатьева Е.Э., Щелоков В.И., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К. Проблемы разработки и применения стандартных образцов почвы, загрязненных тяжелыми металлами // Плодородие. – 2017. – № 6. – С. 41-43.
2. Ступакова Г.А., Щелоков В.И., Игнатьева Е.Э. Методика изготовления и исследования модельных стандартных образцов почв, загрязненных тяжелыми металлами // Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. – № 4. – С. 57-61.
3. Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Щиплецова Т.И., Митрофанов Д.К. Обеспеченность стандартными образцами методов определения металлов и нефтепродуктов в загрязненных почвах // Химическое и биологическое загрязнение почв. Сборник докладов I Всероссийской научной конференции, 2018. – С. 257-259.
4. Ступакова Г.А., Панкратова К.Г., Щелоков В.И. Метод изготовления стандартных образцов массовой доли нефтепродуктов в кварцевом песке для метрологического обеспечения экологического мониторинга // Проблемы агрохимии и экологии. – 2016. – № 3. – С. 59-63.
5. Панкратова К.Г., Щелоков В.И., Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Стрелетова А.В. Определение содержания нефтепродуктов в почве методом бик-спектроскопии: Возможность определения индивидуальных нефтепродуктов при их совместном присутствии в почве // Плодородие. – 2013. – №2. – С. 47-49.
6. Методические указания по изготовлению, исследованию и аттестации стандартных образцов состава почв / Под ред. академика РАН В. Г. Сычева. – М.: ВНИИА, 2018. – 55 с.
7. ФР.1.31.2009.06787 Методика выполнения измерений массовой доли элементов в твердых минеральных объектах методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре. – М.: Изд-во МГУ, 2009. – 56 с.
8. Ступакова Г.А., Лапушкина А.А., Игнатьева Е.Э. Оценка тесноты связи валовых содержаний элементов в стандартных образцах дерново-подзолистой почвы // Плодородие. – 2023. – № 4. – С. 41-45.

#### ASSESSMENT OF THE COMPOSITION OF GRAY FOREST SOILS FOR THE CONTENT OF GROSS FORMS OF METALS AND ARSENIC

G.A. Stupakova, A.A. Lapushkina, E.E. Ignatieva, T.I. Shchiptetsova  
FGBNU All-Russian Research Institute named after D.N. Pryanishnikova  
(FGBNU "VNII Agrochemistry"), 127434, Moscow, Pryanishnikova str., 31A

The results on the content of gross forms Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd in standard samples (reference materials) of gray forest soil of different granulometric composition, selected under different soil and climatic conditions, are presented. The coefficients of rectilinear correlation between pairs of elements are estimated. The highest coefficient of variation is recorded in copper, the lowest in zinc. Three pairs with a strong relationship were identified: Co with Ni ( $r=0.87$ ), Co with Zn ( $r=0.82$ ) and Ni with Zn ( $r=0.71$ ).

УДК: 539.122.04: 633.11:581.14

DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.22

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТА РАДИАЦИОННОГО ГОРМЕЗИСА У РАСТЕНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Г.А. Смолина, к.б.н., Ю.Е. Гусева, к.б.н., С.П. Торшин, д.б.н.,  
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева  
127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49.  
8-499-976-40-24, E-mail: gsmolina@rgau-msha.ru

Работа выполнена за счет средств Программы развития университета  
в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»

Изучено влияние различных условий на проявление эффекта радиационного гормезиса у растений яровой пшеницы после  $\gamma$ -облучения семян. Показано, что недостаток влаги и длительное хранение семян усиливали стимулирующее действие радиации на проростки, нивелируя отрицательный эффект стрессового воздействия. Однако одновременное действие этих факторов, напротив, приводило к угнетению роста растений. В условиях вегетационного опыта эффект гормезиса проявился при меньших дозах облучения, и величина радиобиологического эффекта была ниже, чем в лабораторных опытах.

Ключевые слова: радиационный гормезис,  $\gamma$ -облучение, яровая пшеница, проростки, урожай.