

УДК 631.41

## СОДЕРЖАНИЕ СВИНЦА, ЦИНКА И МЫШЬЯКА В ПОЧВАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА КАТ ТЬЕН ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА

Нгуен В.Т., Околелова А.А.

*ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный технический университет, Волгоград (400005, пр. им. В.И. Ленина, 28), e-mail: [allaokol@mail.ru](mailto:allaokol@mail.ru)*

Почвы национального парка Кат Тьен сформированы на базальтовых отложениях и глинистых сланцах. Впервые проведен анализ содержания тяжелых металлов Pb, Zn и металлоида As в почвах на шести модельных площадках муссонного тропического леса под разной растительностью: Лагерстремя верхняя; Лагерстремя нижняя; Лагерстремя Вышки; Фигус; Афзелия и Диптерокарпус. Выявлено максимальное содержание цинка в ферраллитной почве под фикусом (210 мг/кг), что превышает установленный для почв Вьетнама норматив, равный 200 мг/кг. Минимальная концентрация цинка – в красно-желтой почве на сланцах (ДГ – 51 мг/кг). Концентрация свинца значительно ниже установленных нормативов (100 мг/кг). Максимальное его накопление выявлено в красно-желтой почве – 11,4 мг/кг (ДГ), наименьшее – в бурой ферраллитной почве (ЛВК – 2,3 мг/кг). Наименьшее содержание мышьяка в бурой ферраллитной почве (ЛВК) – 1,2 мг/кг, максимальное – 22,9 мг/кг, в красно-желтой (ДГ). По нормативам, принятым во Вьетнаме, доля мышьяка не выходит за пределы ПДК (12 мг/кг).

Ключевые слова: тяжелые металлы, металлоид, свинец, цинк, мышьяк, бурая ферраллитная, ферраллитная, красно-желтая почва, концентрация, нормативы, предельно-допустимая концентрация.

## THE CONTENT OF LEAD, ZINC AND ARSENIC IN SOIL OF CAT TIEN NATIONAL PARK OF SOUTH VIET NAM

Nguyen V.T., Okolelova A.A.

*Volgograd State Technical University, Volgograd (400005, pr. Lenin, 28), e-mail: [allaokol@mail.ru](mailto:allaokol@mail.ru)*

**Abstract.** Soils of Cat Tien National Park formed from basaltic deposits and argillite. On the first time analysis contents of heavy metals Pb, Zn and metalloid As in soils at six different sites of the monsoon tropical forest under different types of vegetation: Lagerstroemia topland; Lagerstroemia lowland; Lagerstroemia Tower; Ficus, Afzelia and Dipterocapus. The maximum of Zn content in the ferralitic soil under Ficus (210 mg/kg), which over the Vietnam norm for heavy metals in soils (200 mg/kg). The minimum concentration of Zn – in red-yellow soil from argillite: 51 mg/kg (DG). The concentration of Pb was below the Norm (100 mg/kg). The maximum accumulation of Pb in the red-yellow soil: 11,4 mg/kg (DG), the lowest in brown ferralitic soil (LVK – 2,3 mg/kg). The lowest of As content in the brown ferralitic soil (LVK): 1,2 mg/kg, maximum – 22,9 mg/kg in the red-yellow soil (DG). The share of As content over the Vietnam norm (MPC = 12 mg/kg).

Keywords: Heavy metals, metalloid, lead, zinc, arsenic, brown ferralitic, ferralitic, red-yellow soil, concentration, norm, maximum permissible concentration.

### Введение

Для оценки экологического состояния почв необходимо определение содержания тяжёлых металлов и мышьяка. Исследование содержания тяжёлых металлов в почвах Вьетнама проводили в основном в городах, промышленных и сельскохозяйственных районах [6, 7, 9].

Национальный парк Кат Тьен расположен в южной части Вьетнама, в зоне тропического муссонного климата. Почвы национального парка Кат Тьен сформированы на базальтовых отложениях и глинистых сланцах. В качестве объектов были выбраны участки, отличные по видовому составу растительных сообществ, положению в рельефе и типам почв [4].

Исследования, проведенные в Парке ранее, в основном посвящены описанию разнообразия флоры и фауны. А почвенный покров изучен мало. До настоящего времени мы не нашли публикации, содержащие данные о тяжёлых металлах в почвах парка Кат Тьен. Есть сведения только об их концентрации в почвах окрестностей Парка [3, 5]. Нами проведены анализы по определению содержания в разных типах почв Парка Zn, Pb и As.

### **Материалы, объекты и методы**

Фам Ким Фыонг с соавторами (2011) исследовали содержание тяжелых металлов (Cr, Pb, As, Cu и Zn) в серой флювисоли мангрового леса Кан Жо (окрестности г. Хошимин). Максимальное содержание составляет: Zn – 97,9 мг/кг; Pb – 21,6 мг/кг и As – 13,9 мг/кг [7]. Тьан Конг Тау и Тьан Конг Хань (1998) опубликовали данные о содержании Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb и Zn в верхнем слое почв (0 – 20 см), в том числе и в ферраллитной на базальте Центральной части Вьетнама. По их данным содержание Pb составляет 9 мг/кг и Zn – 81 мг/кг [9]. В почвах под плантациями кофе в провинции Ламдонг (ферраллитная на базальте) доля Pb и Zn составляет соответственно 11 и 80 мг/кг, а в почве, занятой плантациями каучука в провинции Жалай (лювисоли на базальте), – 11 и 105 мг/кг [6].

Виноградов А.П. предложил кларк свинца, равный 10 мг/кг, цинка: 10 мг/кг и мышьяка: 5 мг/кг [2]. Зыонг Х. Б. (1999) исследовала валовое содержание цинка в различных типах почв Центральной части Южного Вьетнама [3].

Основным источником цинка в почвах служат почвообразующие породы. В базальтовых породах их концентрация достигает 130 мг/кг [3].

Приуроченность к определенным геоморфологическим условиям выявлена и сказывается в том, что в бурой ферраллитной ненасыщенной тяжелосуглинистой почве и акваземе слитом глеевом типичном насыщенном глинистом горно-холмистой территории содержание цинка вдвое больше, чем таковое в почвах на выровненных элементах (179–208 мг/кг и 72–157 мг/кг) [3]. Эти величины согласуются с данными, полученными нами.

Существующие нормативы для оценки аккумуляции химических элементов в почвах России приведены в таблице 1. Нормативы содержания поллютантов в почвах Вьетнама приведены в Национальном техническом Положении о допустимых пределах тяжелых металлов (таблица 2).

Таблица 1. Нормативы тяжелых металлов в почвах России, мг/кг

Элемент	Кларк	ПДК	ОДК		
			Песчаные и супесчаные почвы	Кислые (суглинистые, глинистые)	Нейтральные и близкие к нейтральным (суглинистые, глинистые)
Pb	10	32	32	65	130
Zn	50	23	55	110	220
As	5	2	2	5	10

(ГН 2.1.7.2041-06: предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве; ГН 2.1.7.2042-06: ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве).

Таблица 2. Допустимые пределы тяжелых металлов в разных почвах – ПДК Вьетнама, мг/кг [8]

Элементы	Агроценоз	Лес	Малонаселённые зоны	Промышленные зоны
Pb	70	100	120	300
Zn	200	200	200	300
As	12	12	12	12

Из анализа данных, приведенных в таблицах 1 и 2, видно, что ПДК для тяжелых металлов в почвах Вьетнама значительно превышают нормативы, принятые для почв России.

#### Объекты исследования

- **Лагерстремия верхняя (ЛВ)**, ферраллитная почва на базальтовых отложениях. 18.06.2013. Удален от Административного центра Парка на 1 км в северо-западном направлении. Пологий участок, транзитный элемент ландшафта, микрорельеф с небольшими понижениями. Смешанный лес. Главные лесобразующие породы: *Lagerstroemia calyculata* Kurz с примесью *Tetrameles nudiflora*. Общее покрытие почвы травянистыми растениями не более 10 %. Обилие сухих веток. На поверхности крупные камни, покрытые мхом.

Визуально конкреционные формы Fe-Mn не просматриваются. Их наличие определили только при проведении камеральных работ, подготовке почв к анализу.

- **Лагерстремия нижняя (ЛН)**, ферраллитная оглеенная почва на базальтовых отложениях. 18.06.2013. Общий рельеф участка – понижения до 2 м (расположена на расстоянии 0,9 км от Административного центра Парка в северо-западном направлении). Выровненная площадка немного ниже вершины каменной гряды. Пологий участок, аккумулятивный элемент ландшафта, микрорельеф с небольшими понижениями. Смешанный лес. Во влажный сезон признаки оглеения проявляются в нижней части профиля. Главные лесобразующие породы:

*L. calyculata* с примесью *T. nudiflora*. Опад листьев нынешнего года (меньше, чем на верхней). Очевидных признаков оглеения нет. Проективное покрытие травянистой растительности менее 1 %.

- **Фигус (Ф)**, ферраллитная почва на базальтовых отложениях. 19.06.2013. Удален от Административного центра Парка на 2,5 км в северо-западном направлении. Проективное покрытие травянистой растительности 2–3 %. Слой свежего и прошлогоднего опада мощностью до 5 см. Камни. Пологий участок, микрорельеф с небольшими понижениями. Смешанный двухярусный лес. Главные лесобразующие породы: *Ficus* sp., *L. calyculata*, *Dalbergia multiflora* Prain.

- **Афзелия (А)**, бурая ферраллитная почва на базальтовых отложениях. 19.06.13. Удален от Административного центра Парка на 500 м в северо-западном направлении. Пологий участок, микрорельеф с небольшими понижениями. Смешанный лес. Главные лесобразующие породы: *Azelia xylocarpa* (Kurz), Craib, *L. calyculata*, *Ficus* sp.

- **Лагерстремия Вышки (ЛВК)**, бурая ферраллитная почва на базальтовых отложениях. 19.06.2013. Удален от Административного центра Парка на 4 км в северо-западном направлении. Полидоминантный лес: *L. calyculata*, с примесью *A. xylocarpa* и *T. nudiflora*. Проективное покрытие травянистой растительности около 2 %. Крупные камни, покрытые мхом. Ровный участок трехярусного тропического леса, на поверхности почвы опад этого года, много веток, камни, валуны, термитники.

- **Диптерокарпус на гряде (ДГ)**, красно-жёлтая на глинистых сланцах. 30.7.2013. Удален от Административного центра Парка на 4 км в северо-восточном направлении. Гряда, высотой 20–25 м, образованная сильно вогнутыми вверх глинистыми сланцами. Муссонный тропический двухярусный лес, в первом подъярусе преобладает *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G.Don, во втором подъярусе – пальмы, бамбуки. Проективное покрытие травянистой растительности около 50 %.

#### *Отбор образцов*

Мониторинговые площадки были заложены ранее в 2009 году на различных типах почв научными сотрудниками Тропического центра. На исследуемых площадках нами было заложено шесть почвенных разрезов, проведено морфологическое описание почвенного профиля и взяты пробы почв на анализ из каждого генетического горизонта.

#### *Подготовка почв к анализу*

Предварительно удаляли из почвы корни, веткой и листья. Затем измельчали в фарфоровой ступке, просеивали через сито диаметром 1 мм. Хранили почвенные образцы в прохладном темном месте. Подготовку почв к анализу проводили по методу «ЕРА 3050В» [10]. Анализ образцов на содержание в них тяжёлых металлов проводили на атомно-

абсорбционном спектрометре AA-6800 (Shimadzu, Япония) в Лаборатории Центра экологических технологий (Институт экологических технологий, г. Хошимин, Вьетнам).

### Результаты и обсуждение

Результаты анализов на содержание тяжелых металлов в почвах национального парка Кат Тьен приведены в таблице 3.

Таблица 3. Содержание химических элементов в почвах, мг/кг

Объект, тип почвы	Горизонт	Pb	Zn	As
<i>Лагерстремия верхняя</i> , ферраллитная почва на базальтовых отложениях	A	3,8	160	1,8
	B	4,7	167	1,9
<i>Лагерстремия нижняя</i> , ферраллитная оглеенная почва на базальтовых отложениях	A	4,4	170	нет
	B	3,7	194	нет
	BC	4,8	127	2,4
<i>Фигус</i> , ферраллитная почва на базальтовых отложениях	A	4,0	168	2,3
	B	5,3	210	4,5
	BC	3,9	160	2,8
<i>Афзелия</i> , бурая ферраллитная почва на базальтовых отложениях	A	3,3	146	1,8
	B	3,6	167	1,3
	BC	2,6	177	2,7
<i>Лагерстремия Вышки</i> , бурая ферраллитная почва на базальтовых отложениях	A	3,0	173	1,2
	B	2,3	161	1,6
<i>Диптерокарпус</i> , красно-жёлтая почва на глинистых сланцах	A	11,0	51,0	9,3
	B	9,7	53,7	18,9
	BC	9,5	52,5	8,9
	C	11,4	64,6	22,9

**Цинк.** Из анализа таблицы 3 очевидно превышение установленных нормативов (ПДК, ОДК, кларка) для цинка. Максимальное его содержание в ферраллитной почве под фикусом находится в интервале 160–210 мг/кг, минимальное – в красно-жёлтой почве на сланцах (51–64,6 мг/кг).

**Свинец.** Его концентрация значительно ниже установленных нормативов. Максимальная концентрация в красно-жёлтой почве (9,5–11,4 мг/кг), наименьшая – в бурой ферраллитной почве (ЛВК, 2,3–3,0 мг/кг).

**Мышьяк.** Наибольшая его доля в профиле красно-жёлтой почве на сланцах (8,9–22,9 мг/кг), что значительно превышает ПДК и ОДК российских и вьетнамских стандартов. Минимальное содержание мышьяка в бурой ферраллитной почве (ЛВК) 1,2–1,6 мг/кг. Не выявлено его наличие в верхней части профиля ферраллитной оглеенной почвы (ЛН).

Отмечено незначительное превышение ПДК по Российским стандартам в профиле ферраллитной почвы под фикусом (2,3–4,5 мг/кг) и в горизонтах BC бурой ферраллитной почвы под афзелией (2,7 мг/кг) и ферраллитной оглеенной почвы (ЛН, 2,4 мг/кг).

Особенности накопления мышьяка рассмотрены нами ранее. Накопление мышьяка помимо внешних причин (наличие источников загрязнения) может быть вызвано его

химическими свойствами, возможностью изменять аллотропную форму (приспосабливаться) при колебаниях окислительно-восстановительных условий [1].

Диапазон изменения содержания валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в исследуемых почвах указан в таблице 4.

Таблица 4. Диапазон содержания химических элементов в исследуемых почвах, мг/кг

Почва	Max	Элемент	Min	Почва
Красно-жёлтая на сланцах (ДГ)	11,4	Pb	2,3	Бурая ферраллитная (ЛВК)
Ферраллитная (Ф)	210	Zn	51	Красно-жёлтая на сланцах (ДГ)
Красно-жёлтая на сланцах (ДГ)	22,9	As	1,2	Бурая ферраллитная (ЛВК)

Из анализа таблицы 4 очевиден широкий диапазон колебания исследуемых элементов. Наиболее обогащена свинцом и мышьяком красно-жёлтая почва на осадочных породах – глинистых сланцах, обеднена свинцом и мышьяком – бурая ферраллитная почва (ЛВК). Автономный элемент ландшафта, на котором она сформирована, способствует выносу из него в подчиненные элементы ландшафта продуктов почвообразования.

Превышение ПДК мышьяка можно объяснить тем, что занижена величина ПДК (2 мг/кг), она явно ниже кларка (5 мг/кг). По нормативам, принятым во Вьетнаме доля мышьяка не выходит за пределы ПДК (12 мг/кг).

Содержание свинца в почвах парка Кат Тьен соответствует диапазону его колебаний в почвах, исследованных другими авторами ранее (Зыонг Хоанг Бик, 1999; Фам Ким Фыонг с соавторами, 2011; Тьан Конг Тау и Тьан Конг Хань, 1998), а доля цинка значительно превышает, что может служить провинциальной особенностью обследованных почв парка.

Провинциальными особенностями почв является обеднение свинцом и накопление цинка в почвах, сформированных на базальтовых отложениях. Более высокое содержание свинца и мышьяка и обеднение цинком характерно для красно-жёлтой почвы, причиной может быть, на наш взгляд, результат их формирования на осадочной породе – сланцах. Информативными показателями состояния исследуемых почв может служить содержание цинка.

### Выводы

1. Концентрация цинка превышает установленные нормативы (ПДК, ОДК, кларк). Максимальное его содержание в ферраллитной почве под фикусом (160–210 мг/кг), минимальное – в красно-жёлтой почве на сланцах (51– 64,6 мг/кг).
2. Наибольшая доля мышьяка в профиле красно-жёлтой почвы на сланцах (8,9–22,9 мг/кг), что значительно превышает ПДК и ОДК. Минимальное содержание мышьяка в бурой ферраллитной почве (ЛВК) 1,2–1,6 мг/кг. Не выявлено его наличие в верхней части профиля

ферраллитной оглеенной почвы (ЛН). Отмечено незначительное превышение ПДК в профиле ферраллитной почвы под фикусом (2,3–4,5 мг/кг) и в горизонтах ВС бурой ферраллитной почвы под афзелией (2,7 мг/кг) и ферраллитной оглеенной почвы (ЛН, 2,4 мг/кг).

3. Концентрация свинца значительно ниже установленных нормативов. Максимальное накопление элемента установлено в красно-жёлтой почве (9,5–11,4 мг/кг), наименьшее – в бурой ферраллитной почве (ЛВК, 2,3–3,0 мг/кг).

4. Провинциальными особенностями почв является обеднение свинцом и накопление цинка в почвах, сформированных на базальтовых отложениях.

6. Информативными показателями состояния исследуемых почв может служить содержание цинка.

*Авторы выражают глубокую признательность всем сотрудникам Российско-вьетнамского Тропического центра и Национального парка Кат Тьен за неизменную помощь в работе.*

### Список литературы

1. Безуглова О.С., Околелова А.А. О нормировании содержания мышьяка в почвах // Живые и биокосные системы. – 2012. – № 1. – С. 1-11.
2. Виноградов Б.В., Орлов В.П., Снакин В.В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России // Изв. РАН. Серия географическая. – 1993. – № 5. – С. 13-27.
3. Зыюнг Хоанг Бик. Почвы Центральной части Южного Вьетнама: Минералообразование, эволюция: дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1999. – 239 с.
4. Нгуен В.Т., Аничкин А.Е. Национальный парк Кат Тьен. Общие сведения // Структура и функции почвенного населения тропического муссонного леса (Национальный парк Кат Тьен, Южный Вьетнам). – М.: Товарищество научн. изданий КМК, 2011. – С. 11-15.
5. The Environmental monitoring and technology centre Dongnai of Province. Soil quality monitoring report in 2012 of Dongnai province. Vietnam, 2012. 4 p.
6. Ho Thi Lam Tra, Kazuhico Egashira. Status of Heavy metals in Agricultural Soils of Vietnam // Soil Science and Plant Nutrition. 2001. Vol. 47 (2). P. 419-422.
7. Pham Kim Phuong, Nguyen Dinh Tu and Nguyen Vu Thanh. Heavy metals status in sediment at Can Gio mangrove Ho Chi Minh city, Vietnam // Journal of Biology. Vietnam. 2011. Vol. 33. No. 3. P. 81-86.
8. QCVN 03: 2008/BTNMT. National technical regulation on the allowable limits of heavy metals in the soils. Vietnam, 2008. 5 p.

9. Tran Cong Tau, Tran Cong Khanh. Environmental status of soil in Vietnam – Study of heavy metals // Journal of Science of Soil. Vietnam. 1998. Vol. 10. P. 152-160.

10. United States Environmental Protection Agency. Method 3050B: Acid digestion of sediments, sludges and soils. Revision 2. 1996. 12 p.

**Рецензенты:**

Егорова Г.С., д.с.-х.н., профессор, зав. кафедрой почвоведения и общей биологии, декан агрономического факультета Волгоградского государственного аграрного университета, г. Волгоград.

Дронова Т.Н., д.с.-х.н., профессор, зам. директора по координации НИР межведомственных программ ГНУ ВНИИОЗ РАСХН, г. Волгоград.