

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР

Том I

*Проды XII Международного симпозиума
имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных,
посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева,
135-летию со дня рождения академика М.А. Усова,
основателей Сибирской горно-геологической школы,
и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири*

Томск 2018

УДК 504(063)

ББК 20.1л0

П78

П78 Проблемы геологии и освоения недр : труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири. В 2-х томах. Том 1 / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 893 с.

ISBN 978-5-4387-0826-1 (т. 1)

ISBN 978-5-4387-0825-4

В сборнике отражены проблемы палеонтологии, стратиграфии, тектоники, исторической и региональной геологии, минералогии, геохимии, петрологии, литологии, полезных ископаемых, металлогении, гидрогеологии, гидрогеохимии, инженерной геологии, геофизики, нефтяной геологии, геоинформационных систем в геологии, разработки нефтяных и газовых месторождений, переработки углеводородного и минерального сырья, нефтегазопромыслового оборудования, бурения нефтяных и газовых скважин, техники и технологии разведки и добычи, транспорта и хранения нефти и газа, горного дела, технологии и техники разведки месторождений полезных ископаемых, геоэкологии, гидрогеоэкологии, охраны и инженерной защиты окружающей среды, комплексного использования минерального сырья, землеустройства, экономики минерального сырья и горного права.

Статьи даны в авторской редакции.

УДК 504(063)

ББК20.1л0

Главный редактор – А.С. Боев, директор ИШПР

Ответственный редактор – Г.М. Иванова

Ответственные редакторы секций:

Секция 1 – И.В. Рычкова, доцент, к.г.-м.н.

Секция 2 – И.В. Кучеренко, профессор, д.г.-м.н.

Секция 3 – В.Г. Ворошилов, профессор, д.г.-м.н.

Секция 4 – Н.М. Недоливко, доцент, к.г.-м.н.

Секция 5 – М.М. Немирович-Данченко, профессор, д.физ.-мат.н.

Секция 6 – Л.А. Строкова, профессор, д.г.-м.н.

Секция 7 – С.Л. Шварцев, профессор, д.г.-м.н.

Секция 8 – В.К. Попов, профессор, д.г.-м.н.

Секция 9 – Е.Г. Языков, профессор, д.г.-м.н.

Секция 10 – С.И. Арбузов, профессор, д.г.-м.н.

Секция 11 – П.Н. Зятиков, профессор, д.т.н.

Секция 12 – П.А. Стрижак, д.физ.-мат.н.

Секция 13 (подсекция 1) – В.И. Ерофеев, профессор, д.ф.-м.н.

Секция 13 (подсекция 2) – Э.Д. Иванчина, профессор, д.т.н.

Секция 14 – В.И. Верещагин, профессор, д.т.н.

Секция 15 – А.В. Ковалев, доцент, к.т.н.

Секция 16 – Е.Н. Пашков, доцент, к.т.н.

Секция 17 – П.В. Бурков, профессор, д.т.н.

Секция 17 (подсекция 1) – С.Н. Харламов, профессор, д.физ.-мат.н.

Секция 18 – Г.Ю. Боярко, профессор, д.э.н.

Секция 19 – Л.М. Болсуновская, доцент, к.фил.н.

Секция 19 (подсекция 1) – Ю.В. Колбышева, доцент, к.фил.н.

Технический редактор – Е.Ю. Пасечник, ведущий эксперт организационного отдела ИШПР

Технический редактор – И.В. Павлова, эксперт организационного отдела ИШПР

ISBN 978-5-4387-0826-1 (т. 1)

ISBN 978-5-4387-0825-4

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2018

**ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ СВИНЦА В РАЗЛИЧНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПАХ ПОЧВ
(ПО ДАННЫМ ЭКСТРАКЦИОННОГО ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ)**

О.Р. Орлова

Научный руководитель с.н.с., к.г.-м.н. Т.Н. Лубкова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва, Россия

Токсичные металлы, проникая в почву, вовлекаются в процессы сорбции-десорбции, окисления-восстановления, осаждения-растворения, комплексообразования и хелатирования. В результате образуются различные безминеральные формы металлов и, при высоких валовых концентрациях, их собственные минеральные фазы. Фракционный состав соединений элементов характеризует их поведение в почвах, позволяя оценить способность к миграции в сопряженные среды.

При исследовании форм нахождения токсичных металлов в почвах широкое распространение получили экстракционные методы анализа, которые могут реализовываться с использованием единичных экстрагентов или серии экстрагентов, которыми воздействуют на пробу последовательно. Методы единичных экстракций включают в себя использование стандартизованных растворов, моделирующих различные факторы природной среды. В отечественной практике, в соответствии с [3], для определения подвижных (наиболее миграционно способных) форм большинства токсичных металлов используют ацетатно-аммонийный буферный раствор с pH 4,8. Последовательные селективные экстракции являются основным инструментом для изучения фракционного состава соединений токсичных металлов в почвах. Основным принципом фракционирования является последовательное выделение форм металлов от наиболее слабо связанных к прочно связанным с компонентами матрицы почв. Существующие схемы фракционирования различаются составом экстрагирующих растворов и последовательностью их воздействия на почву. Широкое распространение получила схема Tessier et al. [5], на основе которой разработана стандартизованная в странах Евросоюза методика BCR [6]. При проведении почвенных исследований часто используется метод McLaren, Crawford [4]; за счет использования более мягких экстрагирующих растворов этот метод может считаться более селективным [1].

Целью настоящей работы являлась оценка особенностей фракционного состава соединений свинца в различных генетических типах почв в условиях повышенной техногенной нагрузки. Фракционирование проводилось для стандартных образцов (СО) состава дерново-подзолистой почвы (СДПС-2, СДПС-3), красноземной почвы (СКР-2, СКР-3); серозема карбонатного (ССК-2, ССК-3) и чернозема типичного (СЧТ-2, СЧТ-3). Макрокомпонентный состав СО почв представлен в табл. 1.

Определение фракционного состава соединений свинца проводилось с использованием единичных и последовательных селективных экстракций. Содержание подвижных форм свинца определяли по стандартизованному в РФ методу экстрагированием ацетатно-аммонийным буферным раствором на основе 1,8 M CH_3COOH , pH=4,8 (ААБ-тест, [3]). Фракционный состав соединений свинца оценивали методом селективных экстракций в соответствии [5]. Последовательно выделяли следующие фракции: обменную (экстрагент - 1M MgCl_2), специфически сорбированную (1M CH_3COONa , pH 5), сорбированную на оксидах и гидроксидах Fe и Mn (0,04M $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ в 25% CH_3COOH), связанную с органическим веществом (30% H_2O_2 + 0,02M HNO_3 , затем 15% $\text{CH}_3\text{COONH}_4$). Анализ содержания свинца в экстрактах проводили методом ИСП-МС (масс-спектрометр высокого разрешения ELEMENT2, Thermo Finnigan). Остаточная форма не фракционировалась, ее содержание оценивали по разнице вала и суммы извлеченных форм.

Таблица 1

Химический состав ГСО почв серий СДПС, СКР, ССК, СЧТ, масс. % [2]

Компонент	СДПС, дерново-подзолистая	СКР, краснозем	ССК, серозем карбонатный	СЧТ, чернозем типичный
SiO ₂	91,52±0,23	59,18±0,30	52,65±0,17	71,49±0,27
TiO ₂	0,29±0,01	1,56±0,04	0,64±0,02	0,71±0,03
Al ₂ O ₃	3,37±0,11	17,01±0,26	11,48±0,14	8,81±0,14
Fe ₂ O ₃	0,99±0,05	7,86±0,08	4,60±0,05	3,48±0,06
MnO	0,011±0,001	0,051±0,002	0,089±0,003	0,079±0,002
CaO	0,27±0,03	0,17±0,04	11,47±0,10	1,60±0,05
MgO	0,13±0,05	0,92±0,05	2,99±0,09	0,95±0,03
Na ₂ O	0,51±0,03	0,15±0,03	1,64±0,05	0,91±0,02
K ₂ O	1,23±0,03	0,98±0,03	2,09±0,04	2,42±0,04
P ₂ O ₅	0,036±0,006	0,10±0,01	0,17±0,01	0,18±0,02
S _{общ}	-	0,04±0,01	0,04±0,01	0,05±0,01

В результате выполненных исследований были определены формы нахождения свинца и выявлены особенности фракционного состава его соединений в зависимости от генетического типа почвы (табл. 2).

Для всех изученных почв характерно достаточно высокое содержание остаточной фракции (30-50% от вала). Среди форм соединений, способных к миграции (подвижных - обменных и специфически сорбированных,

**СЕКЦИЯ 9. ГЕОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЭКОЛОГИИ.**

условно подвижных - связанных с гидроксидами Fe и Mn и органическим веществом) в сероземе карбонатом (ССК-2, ССК-3) преобладающими формами нахождения свинца являются специфически сорбированные и связанные с гидроксидами Fe и Mn (ферри-формы). Значительная доля специфически сорбированных форм (25-34% от вала) обусловлена высоким содержанием карбоната кальция в данной почве. При увеличении нагрузки металла часть прочного связанного в силикатных минералах Pb переходит в менее прочно связанные ферри-формы и специфически сорбированные. Доля обменных и форм, связанных с органическим веществом, незначительна. Для черноземов (СЧТ-2, СЧТ-3), кроме ферри-форм, характерно связывание свинца с органическим веществом (21-24% от вала), что обусловлено высоким содержанием органического вещества в почве. При увеличении содержания свинца наблюдается небольшое увеличение доли специфически сорбированных и обменных форм. В красноземах (СКР-2, СКР-3) преобладающими фракциями, кроме остаточной, являются связанная с оксидами и гидроксидами Fe и Mn и обменная. При увеличении содержания свинца не наблюдается его перераспределения между почвенными компонентами. Дерново-подзолистая почва (СДПС-2, СДПС-3) характеризуется наиболее равномерным распределением свинца между компонентами почв. Низкая доля форм, связанных с органическим веществом, обусловлена небольшим содержанием последнего в данном типе почв. Доля обменных и специфически сорбированных форм составляет 41-48% от вала, что характеризует наибольшую потенциальную возможность миграции свинца среди всех типов почв.

Таблица 2

Фракционный состав соединений свинца в СО почв серий СДПС, СКР, ССК, СЧТ

№ пробы	Вал, мг/кг [2]	Содержание форм, % от вала					ААБ- тест, %
		Обменные	Специфически сорбированные	Ферри-формы	Связанные с С _{орг}	Остаточная фракция	
ССК-2	100±10	<1	25	20	3	52	39
ССК-3	280±10	<1	34	28	2	36	45
СЧТ-2	90±10	<1	6	21	24	49	15
СЧТ-3	260±20	1	10	18	21	50	21
СКР-2	150±30	17	11	24	7	41	26
СКР-3	280±60	18	10	23	7	42	27
СДПС-2	87±5	22	26	21	3	28	52
СДПС-3	250±20	16	25	25	3	31	38

Данные экстрагирования раствором ААБ в целом согласуются с данными фракционного состава соединений свинца. Наименьшая доля подвижного свинца (15-20% от вала) устанавливается для черноземных почв, а наибольшая - для дерново-подзолистых почв и серозема карбонатного (40-50%). Для образцов СКР и СДПС содержание свинца в экстракте ААБ близко к суммарной доле обменных и специфически сорбированных форм. Для почв ССК и СЧТ содержание свинца в экстрактах ААБ превышает содержание специфически сорбированных форм. ААБ обладает большой экстрагирующей способностью и может частично растворять не силикатные минералы железа, что ведет к завышению оценки подвижности свинца.

Таким образом, анализ фракционного состава соединений свинца в почвах различных генетических типов с повышенным валовым содержанием металла показывает, что свинец достаточно прочно связывается с оксидами и гидроксидами Fe и Mn, органическим веществом (характерно для чернозема) и силикатными минералами матрицы. Однако, доля обменных и специфически сорбированных форм, наиболее способных к миграции в сопряженные среды может быть достаточно высокой (25-35% - в сероземах карбонатных и красноземах, 40-50% - в дерново-подзолистых почвах), при этом ее суммарные оценки по результатам ААБ-теста могут быть завышены за счет перевода в раствор прочносвязанных форм металла.

Литература

1. Ладонин Д.В., Карлухин М.М. Фракционный состав соединений никеля, меди, цинка и свинца в почвах, загрязненных оксидами и растворимыми солями металлов // Почвоведение, 2011. - № 8. - С.953-965.
2. Лончих С.В., Петров Л.Л. Стандартные образцы состава природных сред. - Новосибирск: Наука, 1988. - 277 с.
3. РД 52.18.289-90. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.
4. McLaren R.G., Crawford D.W. Studies on soil copper, I. The fractionation of copper in soils // J. Soil Sci., 1973. - V. 24. - P. 172-181.
5. Tessier A, Campbell PGC, Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals // Anal. Chem., 1979. - V. 51. - P. 844-851.
6. Ure A.M., Quevauviller Ph., Muntau H., Griepink B. Speciation of Heavy Metals in Soils and Sediments. An account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the commission of the european communities // Int. J. Environ. Anal. Chem., 1993. - V. 51. - P. 135-151.