

**Соединения тяжелых металлов в почвах г. Новосибирска  
как показатель их экологического состояния**

**Compounds of heavy metals in soils of Novosibirsk as an indicator of their ecological status**

Сиромля Т.И.

Siromlya T.I.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, [tatiana@issa.nsc.ru](mailto:tatiana@issa.nsc.ru)

*С использованием метода последовательных экстракций исследован фракционный состав соединений Cu, Zn, Pb и Cd в почвах г. Новосибирска. Установлено, что в почвах преобладают прочно связанные формы. Выявлены отличия в поведении различных металлов. Отмечено влияние гранулометрического состава.*

*Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, формы соединений, фракционный состав, экологическая оценка*

Экологическое состояние почв напрямую определяется фракционным составом соединений тяжелых металлов (ТМ), формирующимся в результате различных трансформационных процессов. Именно форма нахождения металла определяет его доступность для растений, миграционную способность, подвижность и, как следствие, токсичность элемента.

В России широко исследованы формы соединений ТМ в черноземах Нижнего Дона (несколько меньше данных по лугово-черноземным и каштановым почвам) (Бурачевская, 2015; Манджиева, 2009; Минкина и др., 2008-2014), Курской (Пампура и др., 1993), Тульской (Ладонин, Пляскина, 2003; Карпухин, 2009) и Воронежской (Протасова, Горбунова, 2010) областей. Изучен фракционный состав ТМ дерново-подзолистых почв Среднего Урала (Решетников, 1990), Московской (Плеханова и др., 2001), Свердловской (Ладонин, 1995) и Тверской (Ладонин, Пляскина, 2003; Карпухин, 2009) областей. Есть данные по серым лесным почвам Тульской области (Пинский, Переломов, 2003) и даже тундровым глеевым почвам Красноярского края (Яковлев и др., 2008). Однако авторы используют очень широкий спектр разнообразных методик фракционирования, что затрудняет сопоставление полученных результатов и снижает их информативность. Обычно исследователи обращают внимание на Cu, Zn, Pb, менее изучен Cd, еще слабее – Ni, Co.

В Сибирском регионе работы подобного типа начаты сравнительно недавно и являются очень актуальными, особенно принимая во внимание необходимость учета региональных особенностей состояния элементов в почвах.

Говоря о методах последовательных селективных экстракций, следует иметь в виду, что эти методики достаточно условны и не позволяют получить истинную картину распределения ТМ в почвах по формам нахождения, но в целом дают правильные представления об относительной устойчивости различных форм ТМ в почве и с этой точки зрения представляют значительный интерес для сравнительного изучения роли отдельных компонентов почвы в связывании металлов.

Ю.Н. Водяницкий [1] предполагает, что при использовании синхротронной рентгеновской техники можно будет выделить типы почв, абсолютно непригодных для такого фракционирования, пригодных условно и пригодных вполне. По его мнению, малопригодными для фракционирования скорее всего будут органогенные почвы, где удержание ТМ определяется химией и минералогией серы. Однако Л.Ф. Попова [2] успешно использует комбинированную методику Т.М. Минкиной для анализа фракционного состава меди и цинка торфяных почв городских лесов г. Архангельска.

Целью настоящей работы является изучение форм нахождения Cu, Zn, Pb и Ni в почвах г. Новосибирска, выявление роли различных компонентов почв в их связывании и оценка экологического состояния почв.

Образцы почв отбирали из верхнего горизонта (0-20 см) почв в различных районах г. Новосибирска на расстоянии 10-20 м от автотрасс по стандартным методикам. Содержание физической глины определяли по ГОСТ 12536-79,  $pH_{\text{кол}}$  – по ГОСТ 26483-85, подвижную форму ТМ – по РД 52.18.289-90, валовое содержание ТМ – разложением в автоклавах смесью концентрированных кислот:  $HNO_3$ , HF и  $HClO_4$ . Определение содержания ТМ проводили методом атомно-абсорбционного анализа.

В целом все исследованные почвы характеризуются нейтральной реакцией среды, но резко отличаются по гранулометрическому и элементному химическому составу (табл. 1).

Таблица 1.

Гранулометрический и элементный химический состав почв

Точка отбора	Физ. глина, %	Химический элемент							
		медь		никель		свинец		цинк	
		вал.	подв.	вал.	подв.	вал.	подв.	вал.	подв.
1	9,6	9,6	0,63	29,0	2,42	13,9	2,46	51,1	5,88
2	10,5	8,4	0,32	24,1	1,32	17,6	2,51	61,0	3,59
3	16,7	19,5	0,11	39,9	1,64	15,2	1,62	62,5	1,37
4	18,2	13,5	0,25	38,1	1,42	17,2	3,52	73,3	7,36
5	28,8	23,5	0,49	44,4	2,69	17,4	2,31	63,5	3,40
6	35,0	32,7	0,75	42,5	2,01	27,5	3,78	75,0	8,31

Примечание: Вал. – валовое содержание, подв. – подвижная форма, извлекаемая ацетатно-аммонийный буферным раствором с pH 4,8. Здесь и далее: т.1 – Калининский р-н, ул. Курчатова; т.2 – Советский р-н, Северный проезд; т.3 – Кировский р-н, Советское шоссе; т.4 – Октябрьский р-н, Ключ-Камышенское плато; т.5 – Октябрьский р-н, ул. Выборная; т.6 – Кировский р-н, ул. Ватутина.

Фракционирование проводилось по методу МакЛарена в модификации Д.В. Ладонина с дополнительным разделением фракции, связанной с оксидами/гидроксидами Fe и Mn, на аморфную (р. Тамма) и окристаллизованную (р. Тамма + 0,1 М аскорбиновая кислота + УФ-излучение) [3]. Полученные данные представлены на рисунке 1.

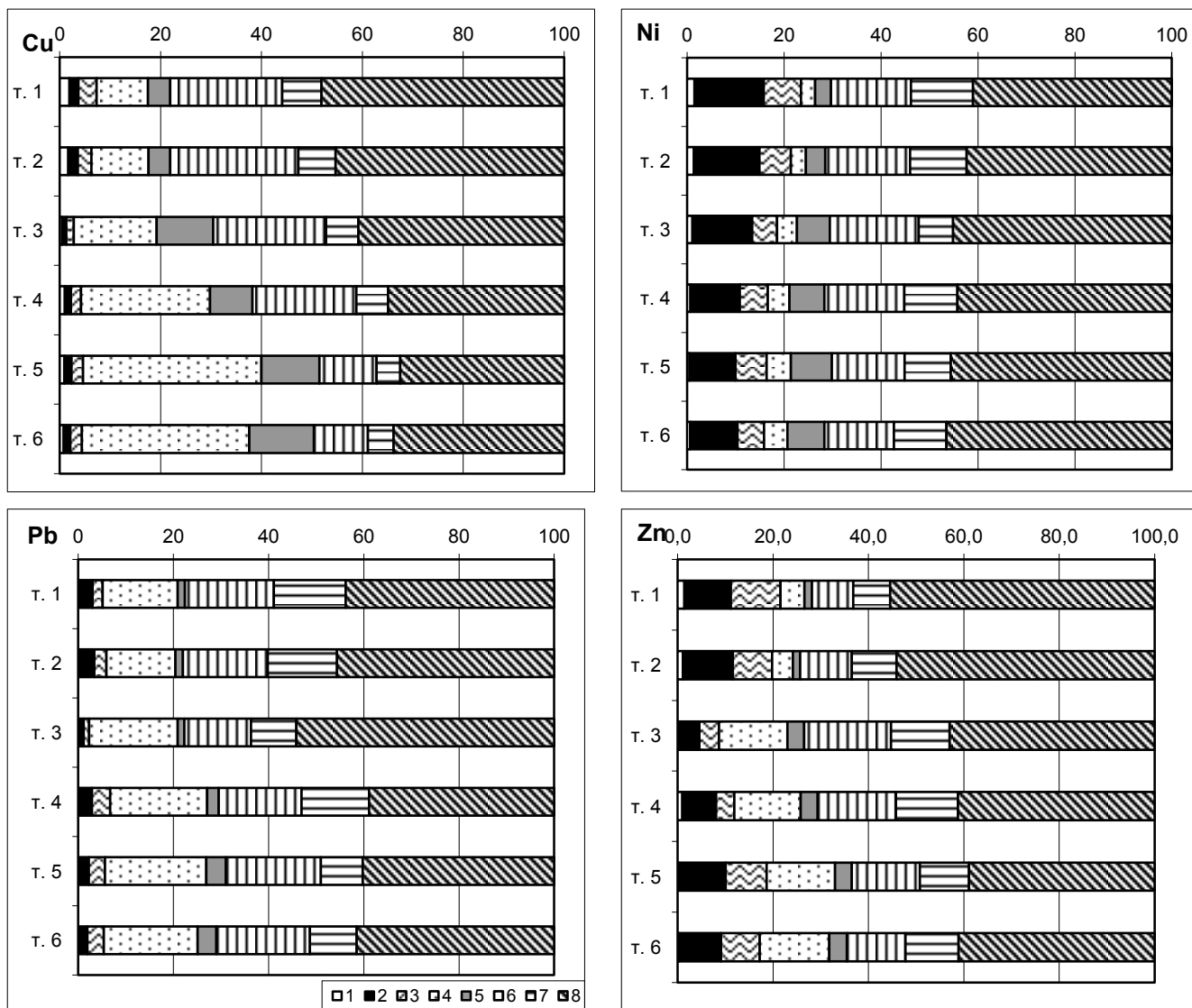


Рис. 1. Фракционный состав соединений ТМ в почве (в процентах от суммы фракций). Фракции: 1 – водорастворимая, 2 – обменная, 3 – специфически сорбированная, 4 – слабо связанная с органическим веществом, 5 – прочно связанная с органическим веществом, 6 – связанная с аморфными оксидами/гидроксидами Fe и Mn, 7 – связанная с окристаллизованными оксидами/гидроксидами Fe и Mn, 8 – связанная с алюмосиликатами.

**Медь.** Содержание непрочно связанных форм соединений (водорастворимой, обменной и специфической) чрезвычайно низкое, порядка 1-3%, причем несколько больше их в почвах легкого гранулометрического состава (т.1 и т.2). Однако в них значительно меньше соединений, связанных с органическим веществом, что вполне естественно из-за низкого содержания гумуса. Доля фракций, слабо связанных как с органическим веществом, так и с оксидами/гидроксидами Fe и Mn, меньше прочно связанных (в том числе и для других элементов), что соответствует данным Т.М. Минкиной [4]. На долю остаточной фракции

приходится около 32-48 % от валового содержания. Картина по свинцу в целом очень похожа, но влияние гранулометрического состава почв проявляется слабее, а кроме того, Рb не обнаруживается в водной вытяжке.

Никель. Самый подвижный элемент среди исследованных – содержание обменной формы достигает 14 %, специфически сорбированной – 8 % от валового. С органическим веществом связывается плохо – около 3-5 % слабо связанной и 4-8 % прочно связанной формы, в песчаных почвах данных форм меньше, зато выше доля непрочно связанных соединений. Доля остальных форм достаточно стабильна во всех исследованных точках.

Цинк. Тоже достаточно подвижный элемент. В водную вытяжку переходит менее 1 %, обменная и специфически сорбированная форма довольно близки - до 10 % от валового содержания. В песчаных почвах выше доля цинка, связанного с глинистыми минералами, но меньше относительное количество остальных прочно связанных форм соединений. В остальных пробах около 15 % приходится на соединения, слабо связанные с органическим веществом и связанные с аморфными оксидами/гидроксидами Fe и Mn. Доля элемента, связанного с окристаллизованными железистыми минералами (около 10-13 %) выше, чем прочно связанного с органическим веществом (3-4 %).

Таким образом, исследованные тяжелые металлы в почвах г. Новосибирска достаточно прочно связаны, и их значительная часть сосредоточена в кристаллических решетках первичных и вторичных минералов.

#### Литература

1. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2009. – 95 с.
2. Попова Л.Ф. Трансформация соединений тяжелых металлов в почвах Архангельска // Фундаментальные исследования. – № 9. – 2014. <http://www.rae.ru/fs/pdf/2014/9-3/34887.pdf>
3. Сиромля Т.И. Формы соединений тяжелых металлов в серой лесной почве Новосибирского Академгородка // Мат. всеросс. научной конф. «П Ковалевские молодежные чтения «Почва как базовый компонент наземных экосистем»». – Новосибирск: «Окарина», 2013. – С. 244-247.
4. Минкина Т.М. Соединения тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона, их трансформация под влияние природных и антропогенных факторов: Дис. ... д-ра биол. наук. – Ростов-на-Дону, 2008. – 425 с.

#### Summary

*Using the method of sequential extractions investigated fractional composition of the compounds Cu, Zn, Pb and Cd in soils of Novosibirsk. It was found that in soils predominate strongly related forms. The differences in the behavior of different metals. The influence of particle size distribution.*