



УДК 504.064+631.483

DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-1-99-107

**СООТНОШЕНИЕ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ  
МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ АГЛОМЕРАЦИИ ВОЛГОГРАД-ВОЛЖСКИЙ****THE RATIO OF THE DEPARTMENT OF SOME HEAVY METALS IN SOILS  
AGGLOMERATION VOLGOGRAD-VOLZHSKIY****В.Н. Заикина<sup>1</sup>, А.А.Околелова<sup>1</sup>, М.П. Корчагина<sup>1</sup>, Л.И. Матус<sup>2</sup>  
V.N. Zaikina<sup>1</sup>, A.A. Okolelova<sup>1</sup>, M.P. Korchagina<sup>1</sup>, L.I. Matus<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Волгоградский государственный технический университет, Россия, 400131, г. Волгоград,  
пр. Ленина, 28<sup>2</sup>Акционерное общество «Каустик», Россия, 400097, Волгоград, ул. 40 лет ВЛКСМ, 57<sup>1</sup>Volgograd state technical University, 28 Lenin Avenue, Volgograd, 400131, Russia  
Joint-stock company "Kaustik», 57 street of 40 years VLKSM, Volgograd, 400097, RussiaE-mail: veronikazaikina@mail.ru, allaokol@mail.ru,  
maria.korchagina96@gmail.com, matus\_li@mail.ru**Аннотация**

В статье представлен анализ концентраций валовых, подвижных и водорастворимых форм тяжелых металлов (ТМ): меди, цинка, никеля в светло-каштановых почвах (kastanozems) автозаправочных станций (АЗС) различного гранулометрического состава и аллювиальных почвах (fluviosols) речного порта агломерации Волгоград-Волжский (Речной порт). В светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1 обнаружено максимальное содержание подвижной формы Ni и водорастворимой формы Cu. Наибольшие концентрации всех форм Zn, подвижной формы Cu и наименьшая концентрация водорастворимой формы Cu выявлены в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3. В аллювиальной почве Речной порта найдены максимальные концентрации валовых форм Cu и Ni и минимальные концентрации всех форм Zn и подвижных форм Cu и Ni. Содержание водорастворимых форм Ni в почвах всех объектов одинаково и не зависит от типа почв, гранулометрического состава и общего накопления элемента. Главным фактором аккумуляции тяжелых металлов является техногенез, который часто «перекрывает» влияние природных факторов почвообразования, но зависит от степени антропогенной нагрузки и химических свойств самих элементов. Значения тяжелых металлов, полученные в результате экспериментальных исследований, могут быть использованы для мониторинга почв и разработки мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду.

**Abstract**

The article presents the analysis of concentrations of gross, mobile and water-soluble forms of heavy metals (HM): copper, zinc and nickel in light chestnut soils (kastanozems) of petrol stations of different granulometric composition and alluvial soils (fluviosols) of the river port of agglomeration Volgograd-Volzhsky (the River port). In light chestnut clay soil of petrol station number 1 was discovered the maximum content of mobile form Ni and water-soluble form Cu. The highest concentrations of all forms of Zn, mobile form Cu and the lowest concentration of water-soluble form Cu are revealed in light chestnut sandy soil petrol station number 3. In alluvial soil of the River port was found the maximum concentrations of gross forms Cu and Ni and the minimum concentrations of all forms Zn and mobile forms Cu and Ni. The content of water-soluble Ni forms in soils of all objects is the same and does not depend on the type of soil, granulometric composition and total accumulation of the element. The main factor in the accumulation of heavy metals is technogenesis, which often "overlaps" the influence of natural factors of soil formation, but depends on the degree of anthropogenic load and chemical properties of the elements themselves. The values of heavy metals obtained from the experimental studies can be used for soil monitoring and development of measures to reduce negative impacts on the environment.



**Ключевые слова:** тяжелые металлы (ТМ), валовые, подвижные и водорастворимые формы, светло-каштановая почва (kastanozems), аллювиальная почва (fluviosols) накопление, ПДК, форма нахождения.

**Key words:** heavy metals (HM), total, mobile and water-soluble form, light chestnut soil (kastanozems), alluvial soil (fluviosols), the accumulation, maximum permissible concentration (MPC), deportment.

## Введение

На почвенный покров крупных промышленных городов оказывается сильнейшее антропогенное воздействие. Большие площади урболандшафтов запечатаны и экранированы асфальтовыми покрытиями, а их открытые участки неуклонно деградируют. При этом наблюдается ежегодное накопление поллютантов, приоритетными среди которых являются тяжелые металлы, обладающие явным канцерогенным действием [Неведров, Проценко, 2017].

Большое количество антропогенных источников загрязнения окружающей среды: промышленные предприятия, транспортные магистрали, автозаправочные станции (АЗС) и другие расположено в черте агломерации Волгоград-Волжский. Это является основным источником мощного потока поллютантов, поступающего в почвы урболандшафтов региона. Поэтому необходима разработка эффективных и экологически безопасных мероприятий для снижения «металлического пресса», которая невозможна без мониторинга концентрации тяжелых металлов (ТМ) в почвах различного генезиса вблизи источников антропогенного воздействия на экосистемы.

Валовое содержание тяжелых металлов зависит, прежде всего, от почвообразующей породы, ее гранулометрической основы [Водяницкий, 2008]. Формы нахождения металлов в почвенном растворе очень разнообразны. Тяжелые металлы в почвах могут содержаться в водорастворимом, ионообменном и непрочно адсорбированном состоянии. Водорастворимые, как правило, представлены хлоридами, нитратами, сульфатами и органическими комплексными соединениями, которые могут составлять до 99% от общего их количества [Вальков, 2004, 2006].

Формами тяжелых металлов в почвах определяется их способность к образованию трудно растворимых солей, комплексных соединений, гидроксидов, участию в ионообменных реакциях. В целом на характер перераспределения тяжелых металлов оказывает влияние комплекс почвенных факторов: гранулометрический состав, реакция среды, буферность, содержание органического вещества, катионообменная способность, сумма поглощенных оснований, наличие геохимических барьеров, дренаж, удельная поверхность и др. [Вальков, 2004, 2006].

Л. М. Дмитраков с соавторами [Дмитраков, Дмитракова, Пинский, 2007] считают, что более объективную оценку загрязнения почв можно получить при определении в них содержания подвижных форм металлов, а не валовых. Ю. В. Алексеев [Алексеев, 1987] разделяет подвижные формы на 5 групп: общее содержание, кислоторастворимые фракции, обменные, органо-минеральные, водорастворимые.

## Объекты и методы исследования

Объекты исследования расположены на территории агломерации Волгоград-Волжский. Территории АЗС расположены в зонах интенсивного атмосферного воздействия, левый берег Волги напротив Речного порта – под влиянием господствующего направления розы ветров:

– АЗС № 1, г. Волжского, в 800 м от ОАО «Волжский трубный завод»; светло-каштановая глинистая почва;

– АЗС № 3 г. Волжского, в 300 м от сталеплавильного цеха ОАО «Волжский трубный завод», светло-каштановая песчаная почва;

– левый берег р. Волги напротив Речного порта, в 8,7 км от АО «Волгоградский металлургический комбинат «Красный Октябрь» и в 3 км от Волжской ГЭС. Почва Речного порта – аллювиальная дерновая песчаная.

В почвенных пробах определяли цинк, медь и никель. Во всех предыдущих исследованиях почв территории Волгограда и Волжского выявлено превышение ПДК цинка, это можно считать провинциальной особенностью, в большом случае литературных и авторских исследований были отмечены превышения ПДК меди и никеля, что явилось обоснованием первоочередного изучения именно этих элементов в почве.

Количество проб для каждого объекта – 9.

Отбор проб почв проводили с глубины 0-20 см по ГОСТу 17.4.3.01-83, методом конверта, из 5 проб делали объединенную. Анализировали валовое содержание элементов I (Zn), и II (Ni, Cu) классов опасности на кафедре почвоведения и оценки земельных ресурсов ЮФУ (г. Ростов-на-Дону) рентгенофлуоресцентным методом на приборе «Спектроскан МАКС-GV». А также проводили анализ подвижных форм элементов: Zn, Ni, Cu методом атомно-абсорбционной спектрометрии по МУ ЦИНАО 1992 в лаборатории «Агрохимия» Волгограда и содержание водорастворимых форм Cu – на приборе "Спектрофотометр UNICO 2100" фотометрическим методом по ПНД Ф 14.1:2:48-96 (изд. 2011 г.), Zn – на анализаторе жидкости "Флюорат-02-3М" флуориметрическим методом по ПНД Ф 14.1:2:4.183-2002 (изд. 2014 г.), Ni – на приборе "Спектрофотометр UNICO 2100", фотометрическим методом по ПНД Ф 14.1:2:4.202-03 (2011 г.) в лаборатории АО «Каустик».

Общее количество проб – 27.

### Результаты и их обсуждение

Анализы светло-каштановых почв агломерации, проведенные нами в 2006-2009 гг. выявили следующее: концентрация цинка достигает 488.7 мг/кг, меди – 182, никеля – 33 [5-8]. Полученные данные за 2010-2012 годы показали, что содержание цинка изменяется в интервале 29.4-195.0 мг/кг [Околелова и др., 2012, 2013, 2014 а, б]. В 2012 г. в светло-каштановой почве южной части Волгограда было выявлена аккумуляция цинка от 34 до 304 мг/кг, в почве жилого массива Красноармейского района – 112 мг/кг [Околелова и др., 2012, 2013, 2014 а, б]. Результаты наших исследований накопления валовой и подвижной форм тяжелых металлов в почвах агломерации Волгоград-Волжский представлены в таблице 1.

Для определения миграционной способности элементов нами была определена степень подвижности ( $S_{II}$ ), которую вычисляли по формуле:

$$S_{II} = \frac{TM_{II}}{TM_{B}} \times 100\%,$$

где  $TM_{II}$ ,  $TM_{B}$  – соответственно содержание тяжёлых металлов в подвижной и валовой форме, мг/кг.

При определении подвижных форм тяжелых металлов было установлено, что концентрация Cu и Ni превышает ПДК во всех почвах, Zn – только в почве АЗС № 3. При этом превышение ПДК подвижной формы меди выявлено во всех изучаемых объектах, более чем в 2 раза. Превышение ПДК подвижной формы цинка более чем в 2 раза – в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3.

**Медь.** Наибольшая концентрация валовой формы меди выявлена в аллювиальной песчаной почве Речного порта (64.13 мг/кг), а наименьшая – в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (43.32).

Максимальное содержание подвижной формы меди обнаружено в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (15.90), а минимальное – в аллювиальной почве Речной порта (7.04).



Средние показатели содержания валовых форм меди в каштановых почвах Ростовской области составляют 20 мг/кг, подвижных – 0.28 мг/кг [Хорошкин, 1979]. А доля кислоторастворимых форм меди в почвах области в среднем составляет 6 мг/кг [Шеуджен, 2003].

Таблица 1

Table 1

Характеристика накопления валовой и подвижной форм ТМ в верхних горизонтах почв агломерации Волгоград-Волжский, мг/кг  
Characteristics of accumulation of gross and mobile forms of TM in the upper horizons of agglomeration soils Volgograd-Volzhsky, mg / kg

Показатель	Cu	Zn	Ni
ПДК валовой/ подвижной формы	33/3	100/23	20/4
АЗС № 1			
Валовое содержание	55.34 ± 20.02	77.06 ± 27.44	55.79 ± 14.20
Подвижные формы	10.11 ± 2.07	13.13 ± 4.67	5.80 ± 0.25
Степень подвижности, %	18.25	17.00	10.40
АЗС № 3			
Валовое содержание	43.32 ± 8.92	162.09 ± 51.12	37.33 ± 2.85
Подвижные формы	15.90 ± 3.28	56.30 ± 16.08	5.11 ± 0.38
Степень подвижности, %	36.70	34.73	13.69
Речной порт			
Валовое содержание	64.13 ± 12.24	73.77 ± 7.83	65.12 ± 8.00
Подвижные формы	7.04 ± 1.35	7.80 ± 0.83	5.10 ± 0.63
Степень подвижности, %	10.98	10.57	7.83

В черноземах малогумусных слабовыщелоченных и каштановых почвах Краснодарского края содержание подвижной меди составляет 4.5-5.5 мг/кг [Шеуджен, 2003].

**Цинк.** Максимальное содержание валовой и подвижных форм цинка обнаружено в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 соответственно 162.09 и 56.30 мг/кг. Минимальное – в аллювиальной почве Речного порта, соответственно 73.77 и 7.80.

Содержание подвижного цинка в черноземе обыкновенном Кузнецкой области составляет 0.09 мг/кг, кобальта – 1.48 мг/кг [Хохлова, 1967].

Цинк легко адсорбируется не только минеральными, но и органическими компонентами, поэтому в большинстве типов почв наблюдается его аккумуляция в поверхностных горизонтах. Его источником в почвах может быть истирание деталей автомашин, износ шин, оцинковка кузовных деталей и днища.

Важными факторами, влияющими на подвижность цинка в почвах, являются содержание глинистых минералов и величина рН. При повышении рН элемент переходит в органические комплексы и связывается почвой. Ионы цинка также теряют подвижность, попадая в межпакетные пространства кристаллической решетки монтмориллонита. С органическим веществом Zn образует устойчивые формы, поэтому в большинстве случаев он накапливается в горизонтах почв с высоким содержанием гумуса и в торфе [Ильин, Сысо, 2001].

**Никель.** Наибольшее содержание валовой формы никеля отмечено в аллювиальной песчаной почве Речной порта (65.12 мг/кг), а наименьшее содержание – в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (37.33).

Максимальная концентрация никеля обнаружена в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1 (5.80), а минимальная концентрация выявлена в аллювиальной почве Речной порта (5.10).

Данных по содержанию подвижных форм никеля в литературе нами не найдено.

В загрязненных почвах, по сравнению с незагрязненными почвами, доля подвижных металлов (водорастворимых, обменных, специфически сорбированных) увеличивается в большей мере, чем содержание валовых форм. Это одно из проявлений снижения буферности почв по отношению к тяжелым металлам» [Мотузова, 2010].

Для черноземных почв Белгородской области доля подвижных форм тяжелых металлов в почвах от их валового количества составляет: для кадмия 22.5–25.3%, свинца 8.5–9.4, цинка 1.0–1.6, меди – 0.8–1.6 [Меленцова, Лукин, 2006]. Концентрация подвижных форм металлов в черноземе г. Оренбурга колеблется в широких пределах: цинка – 2–106 мг/кг, кадмия – 0.8–6.5 мг/кг, свинца – 0.08–23.0 мг/кг [Белюченко, 2014].

В результате исследований черноземных почв г. Ростова-на-Дону установлено, что концентрация подвижной формы тяжелых металлов (Cu, Pb, Zn) существенно превышает значения ПДК [Молчанова и др., 2010]. По данным ученых наименьшее содержание ТМ приходится на долю водорастворимых форм – 0.02–1% от их валового содержания [Яковлев, 2007].

Нами получены данные по содержанию элементов в водной вытяжке (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Содержание элементов в водной вытяжке из светло-каштановых и аллювиальных почв агломерации Волгоград-Волжский, мг/кг  
Content of elements in water extracts from light brown and alluvial soils of agglomeration Volgograd-Volzhskiy, mg/kg

Показатель	Cu	Zn	Ni
АЗС № 1			
Содержание в водной вытяжке	2.26 ± 0.96	3.75 ± 0.26	2.00 ± 0.01
% от валового содержания	4.08	4.84	3.58
% от содержания подвижных форм	22.35	28.41	34.48
АЗС № 3			
Содержание в водной вытяжке	1.59 ± 0.69	5.93 ± 2.19	2.00 ± 0.01
% от валового содержания	3.67	3.66	5.36
% от содержания подвижных форм	10.00	10.53	39.14
Речной порт			
Содержание в водной вытяжке	2.08 ± 1.12	3.70 ± 0.77	2.00 ± 0.01
% от валового содержания	3.24	5.02	3.07
% от содержания подвижных форм	29.55	47.44	39.22

Максимальная концентрация водорастворимой формы меди выявлена в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1 (2.26 мг/кг), цинка – в светло-каштановой песчаной АЗС № 3 (5.93). Минимальная концентрация водорастворимой формы меди обнаружена в светло-каштановой песчаной АЗС № 3 (1.59 мг/кг), цинка – в аллювиальной почве Речного порта (3.70). Содержание водорастворимых форм никеля в почвах всех объектов одинаково и равно 2 мг/кг, не зависит от типа почв, гранулометрического состава и общего накопления элемента.

По отношению к валовому содержанию элементов концентрация меди изменяется от 3.24 (в аллювиальной почве Речного порта) до 4.08% (в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1), цинка – в интервале 3.66 (в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3) до 5.02 (в аллювиальной почве Речного порта), никеля – в диапазоне 3.07 (в аллювиальной почве Речного порта) – 5.36 (в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3). Доля водорастворимого Zn по отношению к его подвижной форме снижается от почв Речного порта (47.44%) к почвам АЗС № 3 (28.41) и АЗС № 1 (10.53). Доля водорастворимого Ni по отношению к его подвижной форме сопоставима с таковой у

цинка и составляет 39.22% в почве Речного порта, 39.14 – в почве АЗС № 3 и 34.48 – в почве АЗС № 1. По отношению к подвижным формам максимальная доля водорастворимой  $Cu$  в почвах Речного порта (29.55) и АЗС № 1 (22.35%), минимальная – в почве АЗС № 3 (10.00). Очевидно, что наибольшее число водорастворимых форм по отношению к подвижным у цинка и никеля, меньше всего – у меди.

Кислоты и растворы, которые применяют при определении подвижных форм элементов, могут извлекать ТМ из хелатных и других комплексов и соединений, особенно азотная кислота, используемая нами при определении подвижных форм тяжелых металлов. Данные эксперимента убедительно показывают, что не все подвижные формы тяжелых металлов могут находиться в водном растворе.

Концентрации различных форм тяжелых металлов в светло-каштановых и аллювиальных почвах агломерации Волгоград-Волжский представлены на рисунке 1.

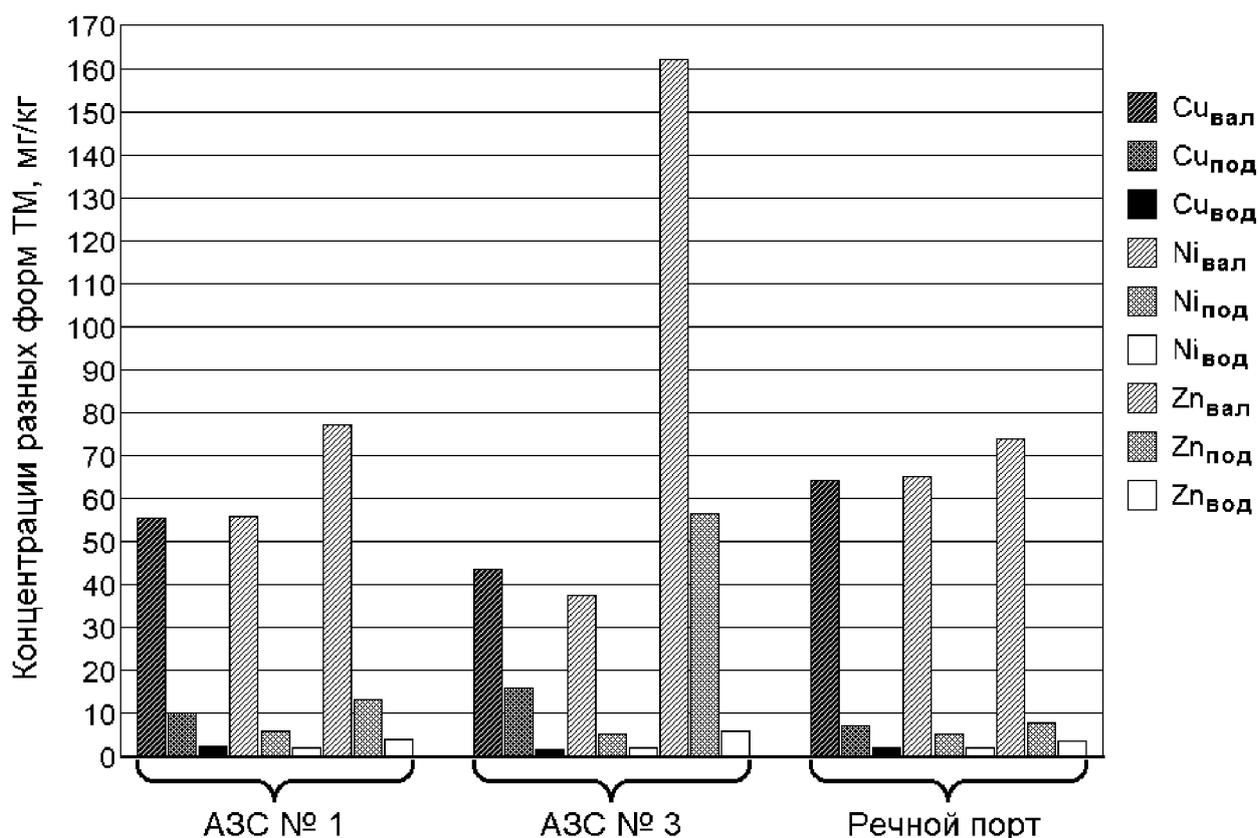


Рис. 1. Концентрации разных форм тяжелых металлов в светло-каштановых и аллювиальных почвах агломерации Волгоград-Волжский: подстрочные индексы вал, под, вод – валовая, подвижная и водная формы тяжелого металла в почве

Fig. 1. Concentrations of different forms of heavy metals in light brown and alluvial soils of agglomeration of Volgograd – Volzhskiy: subscripts gro, mob, wat -gross, mobile and water forms of heavy metal in the soil

Формы нахождения тяжелых металлов в почвах агломерации Волгоград-Волжский приведены на рисунке 2.

Главным фактором накопления ТМ является техногенез, который часто «перекрывает» влияние природных факторов почвообразования, но зависит от степени антропогенной нагрузки и химических свойств самих элементов.

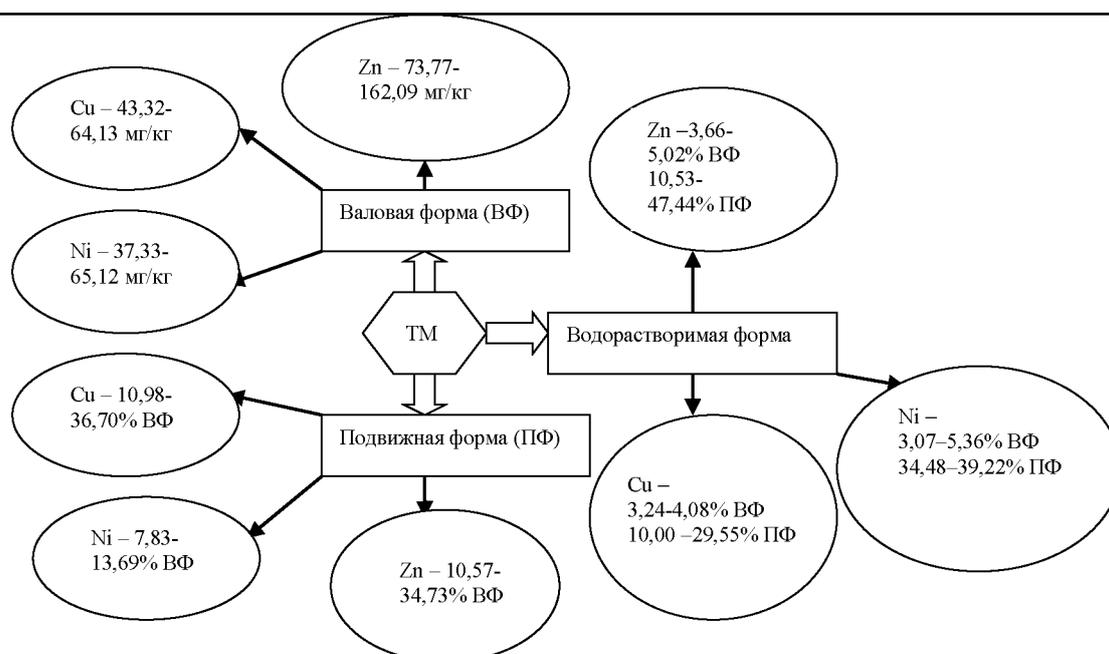


Рис. 2. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах агломерации Волгоград-Волжский  
 Fig. 2. Forms of finding heavy metals in soils of agglomeration Volgograd-Volzhsy

### Заключение

1. Во всех исследуемых почвах обнаружено превышение ПДК валовых и подвижных форм Cu, Ni, а обеих форм Zn – только в светло-каштановой почве АЗС № 3.

2. Максимальное валовое содержание Cu и Ni обнаружено в аллювиальных почвах Речной порта, Zn – в светло-каштановой почве АЗС № 3, а минимальное валовое содержание Cu и Ni – в светло-каштановой почве АЗС № 3, Zn – в аллювиальной почве Речной порта. В светло-каштановых почвах по сравнению с аллювиальными почвами выше валовое содержание Zn и ниже – Cu и Ni.

3. Наибольшая аккумуляция подвижных форм Cu и Zn выявлена в светло-каштановой почве АЗС № 3, Ni – в светло-каштановой почве АЗС № 1, а наименьшая концентрация подвижных форм всех металлов – в аллювиальной почве Речной порта.

4. Максимальная степень подвижности характерна для Cu и Zn, минимальная – у Ni. Максимальная степень подвижности всех элементов отмечена в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3, а минимальная степень подвижности всех металлов – в аллювиальной почве Речной порта.

5. Наибольшая концентрация водорастворимой формы меди выявлена в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1 (2.26 мг/кг), водорастворимой формы цинка – в светло-каштановой песчаной АЗС № 3 (5.93). Минимальная концентрация водорастворимой формы меди обнаружена в светло-каштановой песчаной АЗС № 3 (1.59 мг/кг), водорастворимой формы цинка – аллювиальной почве Речного порта (3.70).

6. Содержание водорастворимых форм никеля в почвах всех объектов одинаково и равно 2 мг/кг, не зависит от типа почв, гранулометрического состава и общего накопления элемента.

7. По отношению к валовому содержанию элементов концентрация меди изменяется от 3.24 (в аллювиальной почве Речного порта) до 4.08% (в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1), цинка – в интервале от 3.66 (в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3) до 5.02 (в аллювиальной почве Речного порта), никеля – в диапазоне от 3.07 (в аллювиальной почве Речного порта) до 5.36 (в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3). Наибольшее содержание водорастворимых форм по отношению к подвижным у цинка (10.53–47.44%) и никеля (34.48–39.22), а наименьшее – у меди (10.00–29.55).



8. Соотношение форм тяжелых металлов показало, что не все подвижные формы находятся в водном растворе.

### Список литературы References

1. Алексеев Ю.В. 1987. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л., Агропромиздат, 142.  
Alekseev Yu.V. 1987. Tyazhelye metally v pochvax i rasteniyax [Heavy metals in soils and plants]. Leningrad, Agropromizdat, 142. (in Russian)
2. Бelyuchenko И.С. 2014. Вопросы защиты почв в системах агроландшафта. *Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 95: 232–241.  
Belyuchenko I.S. 2014. Questions of soil protection in agrolandscape systems. *Polytechnical network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, 95: 232–241. (in Russian)
3. Вальков В.Ф., Елисеева Н.Н., Имгрунт И.И., Казеев К.Ш., Колесников С.И. 2004. Справочник по оценке почв. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 236.  
Valkov V.F., Eliseeva N.N., Imgrunt I.I., Kazeev K.Sh. Kolesnikov S.I. 2004. Spravochnik po ocenke pochv [Soil assessment guide]. Maykop, GURIPP «Adygea», 236. (in Russian)
4. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш. 2004. Почвоведение. Москва–Ростов-на-Дону, МарТ, 496.  
Valkov V.F., Kazeev K.Sh. 2004. Pochvovedenie [Soil science]. Moscow–Rostov-na-Donu, MarT, 496. (in Russian)
5. Водяницкий Ю.Н. 2008. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М., ГНУ Почвенного института им. В.В. Докучаева РАСХН, 164.  
Vodyanitskiy Yu.N. 2008. Tyazhelye metally i metalloidy v pochvax [Heavy metals and metalloids in soils]. Moscow, SSI Soil Institute. V. V. Dokuchaev RAAS, 164. (in Russian)
6. Дмитраков Л.М., Дмитракова Л.К., Пинский Д.Л. 2007. Экологическое нормирование содержания тяжелых металлов в системе почва-растение. В кн.: Современные проблемы загрязнения почв. Материалы II международной научной конференции (Москва, 28 мая – 01 июня 2007 г.). М.: 83–87.  
Dmitrakov L.M., Dmitrakova L.K., Pinsky D.L. 2007. Ecological normalization of heavy metal content in the soil-plant system. *In: Sovremennye problemy zagryazneniya pochv. Materialy II mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii* [Modern problems of soil pollution. Proceedings of the II international scientific conference] (Moscow, May 28 – June 01, 2007). Moscow: 83–87. (in Russian)
7. Ильин В.Б., Сысо А.И. 2001. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 229.  
Ilyin V.B., Syso A.I. 2001. Mikroelementy i tyazhelye metally v pochvax i rasteniyax Novosibirskoj oblasti [Trace elements and heavy metals in soils and plants of the Novosibirsk region]. Novosibirsk, Publishing house SB RAS, 229. (in Russian)
8. Ковальский В.В., Андеранова Г.А. 1970. Микроэлементы в почвах СССР. М., Наука, 179.  
Kovalskiy V.V., Anderanova G.A. 1970. Mikroelementy v pochvax SSSR [Trace elements in soils of the USSR]. Moscow, Nauka, 179. (in Russian)
9. Меленцова С.В., Лукин С.В. 2006. Мониторинг содержания тяжелых металлов в агроэкосистемах. М., 256.  
Melentsova S.V., Lukin S.V. 2006. Monitoring sodержaniya tyazhelyx metalloov v agroekosistemax [Monitoring of heavy metals in agroecosystems]. Moscow, 256. (in Russian)
10. Мотузова Г.В. Загрязнение почв – наиболее опасный вид деградации экосистем. В кн.: Современные проблемы загрязнения почв. Сборник трудов III международной научной конференции (Москва, 24–28 мая 2010 г.). М.: 10–12.  
Motuzova G.V. Soil pollution is the most dangerous form of ecosystem degradation. *In: Sovremennye problemy zagryazneniya pochv. Sbornik trudov III mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii* [Modern problems of soil pollution. Proceedings of the III international scientific conference] (Moscow, May 24–28, 2010). Moscow: 10–12. (in Russian)
11. Молчанова Е.В., Капралова О.А., Кузнецов Р.В., Колесников С.И. 2010. Оценка фитотоксичности почв разных зон г. Новочеркасска. В кн.: Материалы научной конференции «Актуальные проблемы экологии и биологии почв». Ростов-на-Дону: 36–46.

Molchanova E.V., Kapralova O.A., Kuznetsov R.V., Kolesnikov S.I. 2010. Assessment of phytotoxicity of soils in different zones of Novocherkassk. *In: Materialy nauchnoj konferencii «Aktual'nye problemy e'kologii i biologii pochv»* [Proceedings of the scientific conference «Actual problems of ecology and biology of soils»]. Rostov-na-Donu: 36–46. (in Russian)

12. Неведров Н.П., Проценко Е.П. 2017. Экологические аспекты пространственного распределения тяжелых металлов в городских почвах. *В кн.: Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях. Материалы VII Международной научной конференции (памяти профессора Петина А.Н.)* (Белгород, 24–26 октября 2017 г.). Белгород, Политерра: 211–213.

Nevedrov N.P., Protsenko E.P. 2017. Environmental aspects of spatial distribution of heavy metals in urban soils. *In: Problemy prirodopol'zovaniya i e'kologicheskaya situatsiya v Evropejskoj Rossii i na sopredel'nyx territoriyax. Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii (pamyati professora Petina A.N.)* [Problems of nature use and ecological situation in European Russia and adjacent territories. Proceedings of the VII international scientific conference (in memory of Professor Petin A. N.)] (Belgorod, 24–26 October, 2017). Belgorod, Politerra: 211–213. (in Russian)

13. Околелова А.А., Рахимова Н.А., Желтобрюхов В.Ф. 2012. Оценка накопления тяжелых металлов в почвах Волгограда. Волгоград, ВолгГТУ, 80.

Okolelova A.A., Rahimova N.A., Zheltobryuhov V.F. 2012. Ocenka nakopleniya tyazhelyx metallov v pochvax Volgograda [Assessment of heavy metals accumulation in soils of Volgograd]. Volgograd, VSTU, 80. (in Russian)

14. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Куницына И.А., Кожевникова В.П. 2013. Особенности содержания мышьяка в почвах различных регионов европейской части Российской Федерации. *Экология урбанизированных территорий*, 4: 87–89.

Okolelova A.A., Zheltobryuhov V.F., Kunitsyina I.A., Kozhevnikova V.P. 2013. Peculiarities of arsenic content in soils of different regions of the European part of the Russian Federation. *Ecology of urban areas*, 4: 87–89. (in Russian)

15. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Рахимова Н.А., Кожевникова В.П. 2014. Содержание и нормирование тяжелых металлов в почвах Волгограда. Волгоград, ВолгГТУ, 144.

Okolelova A.A., Zheltobryuhov V.F., Egorova G.S., Rahimova N.A., Kozhevnikova V.P. 2014. Soderzhanie i normirovanie tyazhelyx metallov v pochvax Volgograda [Content and regulation of heavy metals in soils of Volgograd]. Volgograd, VSTU, 144. (in Russian)

16. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Кастерина Н.Г., Мерзлякова А.С. 2014. Особенности почвенного покрова Волгоградской агломерации. Волгоград, ВГАУ, 224.

Okolelova A.A., Zheltobryuhov V.F., Egorova G.S., Kasterina N.G., Merzlyakova A.S. 2014. Osobennosti pochvennogo pokrova Volgogradskoj aglomeracii [Peculiarities of the soil cover of the Volgograd agglomeration]. Volgograd, VSAU, 224. (in Russian)

17. Хорошкин М.Н., Хорошкин Б.М. 1979. Микроэлементы в почвах и кормах Ростовской области. Персиановка, 39.

Horoshkin M.N., Horoshkin B.M. 1979. Mikroelementy v pochvax i kormax Rostovskoj oblasti [Microelements in soils and forages of the Rostov region]. Persianovka, 39. (in Russian)

18. Хохлова Т.И. 1967. Содержание и распределение микроэлементов в почвах Кузнецкой лесостепи. *Почвоведение*, 1: 59–66.

Hohlova T.I. 1967. Soderzhanie i raspredelenie mikroelementov v pochvakh Kuznetckoj lesostepi [Content and distribution of microelements in soils of Kuznetsk forest-steppe]. *Pochvovedenie [Soviet Soil Science]*, 1: 59–66 [47–53]. (in Russian)

19. Шеуджен А.Х. 2003. Биогеохимия. Майкоп, ГУРИПП Адыгея, 1028.

Sheudzhen A.H. 2003. Biogeochemiya [Biogeochemistry]. Maykop, GURIPP Adyigeya, 1028. (in Russian)

20. Яковлев А.С. 2007. Вопросы комплексной оценки и нормирования в области охраны окружающей природной среды. *В кн.: Нормативное и методическое обеспечение экологического мониторинга и контроля в пределах зоны антропогенного воздействия хозяйствующих субъектов на окружающую среду.* Москва, МГУ: 10–18.

Yakovlev A.S. 2007. Questions of integrated assessment and regulation in the field of environmental protection. *In: Normativnoe i metodicheskoe obespechenie e'kologicheskogo monitoringa i kontrolya v predelax zony antropogennoho vozdejstviya hozyajstvuyushhix sub"ektov na okruzhayushhuyu sredu* [Normative and methodological support of environmental monitoring and control within the zone of anthropogenic impact of economic entities on the environment]. Moscow, MSU: 10–18. (in Russian)