



ГЕОЛОГИЯ

УДК 631.41:614.76

Подвижные формы тяжелых металлов в почвенном покрове города Вольска (Саратовская область)

Д. С. М. Маджид, М. В. Решетников, С. Д. Шкодин, Н. Б. Юдин

Маджид Длер Салам Маджид, аспирант кафедры общей геологии и полезных ископаемых геологического факультета, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, dilersalam1989@gmail.com

Решетников Михаил Владимирович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отделения геологии НИИ ЕН, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, rnv85@list.ru

Шкодин Сергей Дмитриевич, бакалавр геологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, sergei.schkodin@mail.ru

Юдин Никита Борисович, бакалавр геологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, nikita-yudin1996@yandex.ru

Определена концентрация подвижных форм тяжелых металлов (медь, никель, цинк, медь, свинец и хром) в почвах города Вольска (Саратовская область). Установлено, что концентрация тяжелых металлов (никель, медь, свинец и цинк) превышает предельно допустимые значения. 94% отобранных проб относятся к допустимому уровню загрязнения, 4% к умеренному и 2% – к опасному. Таким образом, можно отметить, что на территории города Вольска отмечается возникновение аномальных зон с опасным уровнем загрязнения.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, никель, медь, цинк, свинец, хром, кадмий, город Вольск.

Mobile Forms of Heavy Metals in the Soils of the Town of Volsk (Saratov Region)

D. S. M. Majeed, M. V. Reshetnikov, S. D. Shkodin, N. B. Iudin

Dler S. M. Majeed, <https://orcid.org/0000-0001-5323-1222>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, dilersalam1989@gmail.com

Mikhail V. Reshetnikov, <https://orcid.org/0000-0001-8298-029X>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, rnv85@list.ru

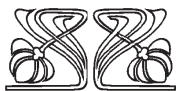
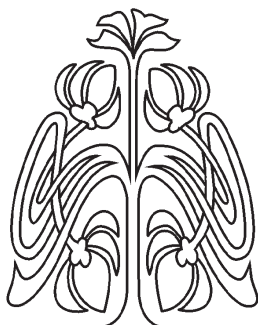
Sergei D. Shkodin, <https://orcid.org/0000-0003-4652-7556>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, sergei.schkodin@mail.ru

Nikita B. Iudin, <https://orcid.org/0000-0002-8330-0249>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, nikita-yudin1996@yandex.ru

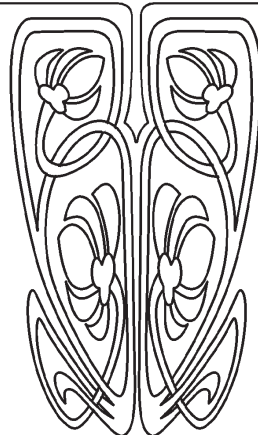
The concentrations of mobile forms of heavy metals (copper, nickel, zinc, copper, lead and chromium) in the soils of the town of Volsk (Saratov region) were determined. It has been established that the concentration of heavy metals (nickel, copper, lead and zinc) exceeds the maximum permissible concentration. 94% of the selected samples are related to the permissible level of pollution, 4% to the moderate level and 2% to the dangerous level. Thus, it can be noted that the occurrence of anomalous zones with a dangerous level of pollution is observed on the territory of the town of Volsk.

Keywords: heavy metals, soil, nickel, copper, zinc, lead, chromium, cadmium, the town of Volsk.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-2-104-108>



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Введение. Загрязнению почвенного покрова крупных городов соединениями тяжелых металлов в современной отечественной и зарубежной литературе уделяется особое внимание. На наш взгляд, эта проблема практически не освещена для населенных пунктов численностью менее 100 000 человек и не имеющих крупного промышленного производства. В рамках проводимых исследований нами были изучены почвы нескольких населенных пунктов, являющихся административными центрами Саратовской области, в число которых попал и город Вольск.

Город Вольск площадью 148 км² и с населением 63 212 человек по данным 2018 г., основан в 1690 г. и с 1780 г. получил статус уездного города, а с 1928 г. является административным центром Вольского района. Город расположен в лесостепной зоне Саратовской области в ее северо-восточной части. Вольск находится на правом берегу Волги в глубокой котловине, окруженной меловыми горами, его протяженность вдоль Волги составляет около 10 км. Основной тип почв, распространенных на территории города и в окрестностях, – черноземы, сформировавшиеся на карбонатах.

Подобные работы проводились на территории некоторых населенных пунктов Саратовской области [1–3]. Развитие эколого-геохимических исследований на урбанизированных территориях является актуальной природоохранной задачей. В данной работе было изучено распределение подвижных форм тяжелых металлов в почвах города Вольска.

Методика проведения исследований. Отбор и подготовка проб велись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84. Точки отбора проб размещались с учетом розы ветров, особенностей микрорельефа, плана размещения зданий и коммуникаций. В соответствии с требованиями ГОСТ опробованию подвергалась верхняя часть почвенного горизонта «А» до глубины 5 см, где обычно накапливается основная масса загрязнителей, выпадающих из атмосферы [4–6].

Размер пробных площадок варьировался от 2–3 до 10 м². Отбор проб проводился методом конверта – одна проба в центре, четыре по углам площадки, а также по 2–3 пробы вокруг вершин конверта. Вес объединенной пробы варьировал в пределах 0,5–1 кг [4].

Определение тяжелых металлов в почве проводится методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной атомизацией на спектрофотометре «Квант-2АТ». Подвижные кислоторастворимые формы металлов (Cu, Zn, Ni, Cd, Pb) определялись в вытяжках 1М HNO₃. В последние годы эти экстрагенты успешно используют для анализа почв, подверженных техногенному воздействию. Из сильно загрязненных почв 1М HNO₃ извлекает 90–95% тяжелых металлов от их валового содержания. Отношение почвы к раствору 1:10, для торфяных почв – 1:20 [5].

Пробу почвы массой 5 г (для торфяных почв 2,5 г) взвешивают с точностью $\pm 0,1$ г и помещают в коническую колбу вместимостью 200–300 см³, к пробе добавляют 50 см³ 1М HNO₃. Навеску почвы необходимо увеличить до 10 г при определении тяжелых металлов на фоновом уровне. При этом соотношение почвы и раствора остается неизменным [5].

Взбалтывают суспензию на ротаторе один час или после 3-минутного встряхивания настаивают в течение суток. Колбу закрывают пробкой. Вытяжку фильтруют через сухой складчатый фильтр «белая лента», предварительно промытый 1М HNO₃. Перед фильтрованием вытяжка перемешивается и переносится на фильтр по возможности полностью. В фильтрате определяют тяжелые металлы на атомно-абсорбционном спектрофотометре в пламени ацетилен–воздух. Если фильтраты мутные, их возвращают на фильтры. Одновременно проводят холостой анализ, включая все стадии его определения, кроме взятия проб [5].

Для определения экологически опасного уровня концентрации тяжелых металлов в почвенном покрове выполнено сравнение фактической концентрации каждого тяжелого металла и его предельно допустимой концентрации (ПДК), выраженной через коэффициент опасности K_0 , рассчитанный по формуле:

$$K_0 = C_i / \text{ПДК},$$

где C_i – содержание формы тяжелого металла в образце, мг/кг; ПДК – предельно допустимая концентрация формы ТМ, мг/кг.

Для оценки степени геохимической трансформации почвенного покрова подвижными формами тяжелых металлов был определен суммарный коэффициент загрязненности Z_c по формуле:

$$Z_c = \sum K_0 - (n - 1),$$

где Z_c – суммарный коэффициент загрязненности ТМ в пробе; n – количество определяемых элементов; K_0 – коэффициенты опасности определяемых в пробе тяжелых металлов [7].

Результаты исследований. На территории города Вольска были отобраны 50 проб почв, схема отбора и распределение суммарного коэффициента загрязнения представлены на рисунке. Во всех отобранных пробах определена концентрация подвижных форм меди, цинка, свинца, кадмия, хрома и никеля. Ниже приводятся краткие результаты аналитических исследований.

Никель. Концентрация подвижных форм никеля обнаружена во всех анализируемых пробах и изменяется в интервале от 0,98 до 16,8 мг/кг при среднем значении 6,8 мг/кг. Значения коэффициента опасности для подвижных форм никеля находятся в интервале от 0,25 до 4,2 единицы при среднем значении 1,7.

Медь. Концентрация подвижных форм меди обнаружена во всех анализируемых пробах и из-

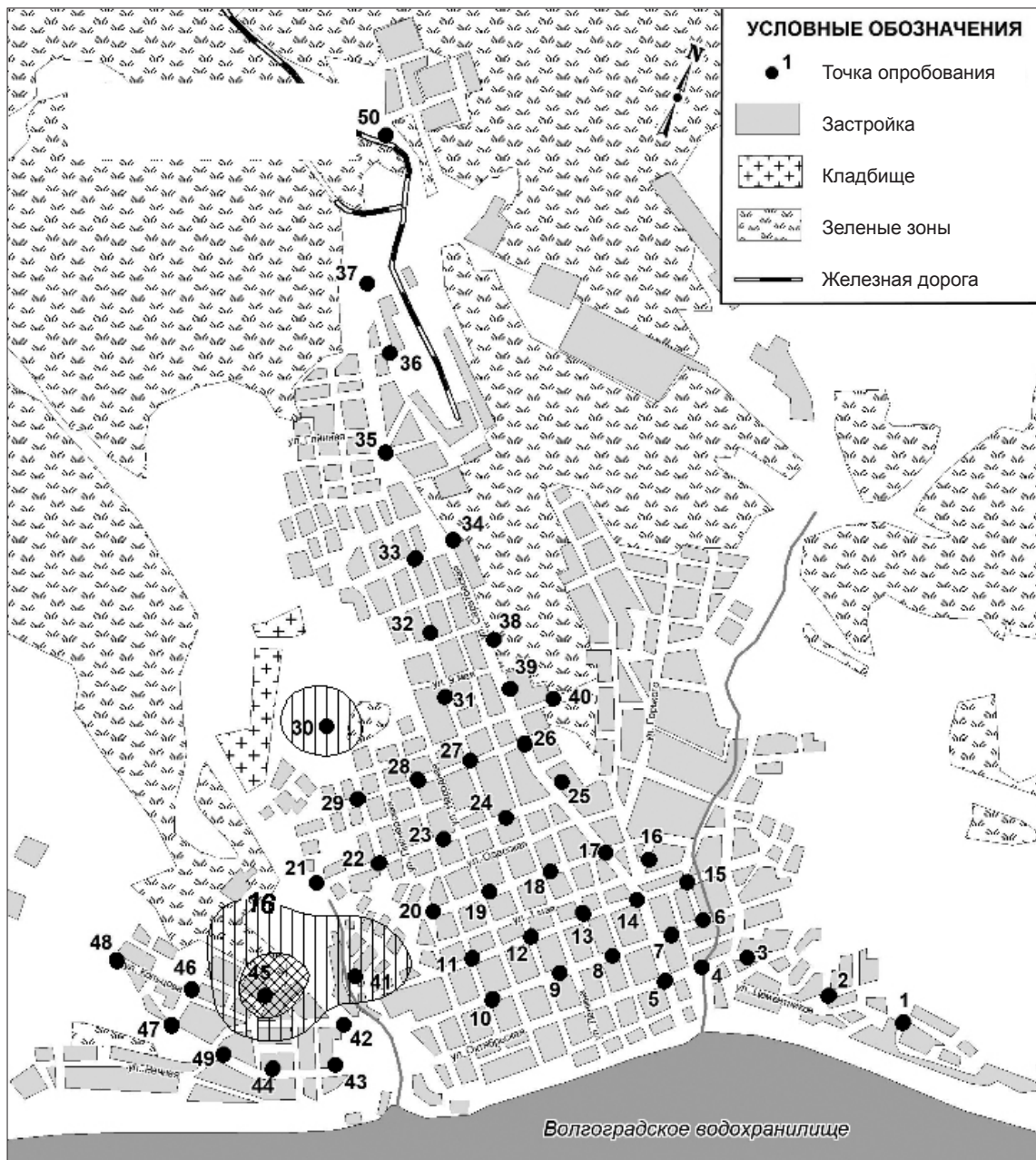


Схема расположения точек отбора почвенных образцов и распределение суммарного коэффициента опасности на территории г. Вольска (вертикальная штриховка обозначает зону умеренного загрязнения, косая штриховка – опасного загрязнения)

меняется в интервале от 1,21 до 133,2 мг/кг при среднем значении 12,58 мг/кг. Значения коэффициента опасности для подвижных форм меди находятся в интервале от 0,4 до 44,4 единицы при среднем значении 0,4.

Кадмий. Концентрация подвижных форм кадмия обнаружена во всех анализируемых пробах и изменяется в интервале от 0,02 до 0,38 мг/кг при среднем значении 0,19 мг/кг. Значения коэффициента опасности для подвижных форм кадмия находятся в интервале от 0,05 до 0,77 единицы при среднем значении 0,37.

Хром. Концентрация подвижных форм хрома обнаружена во всех анализируемых пробах и изменяется в интервале от 0,05 до 0,59 мг/кг при среднем значении 0,17 мг/кг. Значения коэффициента опасности для подвижных форм хрома находятся в интервале от 0,01 до 0,1 единицы, при среднем значении 0,03.

Свинец. Концентрация подвижных форм свинца обнаружена во всех анализируемых пробах и изменяется в интервале от 2,9 до 182,8 мг/кг при среднем значении 27,8 мг/кг. Значения коэффициента опасности для подвижных форм свинца



находятся в интервале от 0,5 до 30,5 единицы при среднем значении 4,6.

Цинк. Концентрация подвижных форм цинка обнаружена во всех анализируемых пробах и изменяется в интервале от 10,4 до 160,6 мг/кг при среднем значении 52,0 мг/кг. Значения коэффициента опасности для подвижных форм кадмия находятся в интервале от 0,5 до 7,0 единицы при среднем значении 2,3.

Геохимический ряд для подвижных форм тяжелых металлов на территории города Вольска выглядит следующим образом: $Zn > Pb > Cu > Ni > Cd > Cr$ (по средней концентрации) и $Pb > Cu > Zn > Ni > Cd > Cr$ (по превышению нормативных показателей).

При анализе полученных лабораторных исследований видно, что определяемые элементы можно разделить на две группы: первая – никель, свинец, медь, цинк; в этой группе в пробах зафиксировано превышение ПДК; вторая – хром и кадмий; в этой группе не зафиксировано превышения ПДК.

Расчет суммарного коэффициента загрязнения показал нам следующую картину: на исследуемой территории Z_c изменяется в пределах от -3,4 до 49,6 при среднем значении 8,17. К категории с допустимым уровнем загрязнения (Z_c от 0 до 16) относятся все 47 проб (94%), с умеренным уровнем загрязнения (от 16 до 32) – 2 пробы (4%) и с опасным уровнем загрязнения (более 32) – 1 проба (2%). В нормативных документах градация используется для Z_c , рассчитанного от коэффициента концентрации (от превышения над фоном), мы же рассчитывали Z_c от коэффициента опасности (от превышения ПДК).

Для выявления возможных парагенетических ассоциаций элементов нами был проведен корреляционный анализ аналитических данных, который представлен в таблице.

Результаты корреляционного анализа указывают на наличие сильных корреляционных связей (значение r от $\pm 0,7$ до $\pm 1,0$) для таких ассоциаций, как Zn–Cd. Средние корреляционные взаимосвязи (значение r от $\pm 0,3$ до $\pm 0,699$) характерны для пар Cr–Cd, Zn–Cr.

Анализируя данные корреляционного анализа, можно предположить, что на территории города Вольска соединения подвижных форм

тяжелых металлов не образуют парагенетических ассоциации с высоким коэффициентом корреляции, при этом превышение ПДК отмечается для четырех из шести элементов. Исследуемые элементы не имеют единого минералогического происхождения и, скорее всего, не унаследованы от материнских пород. Подтверждение этих предположений требует более детальных исследований, не рассматриваемых нами в данной статье.

Выводы. Рассмотрение геохимических особенностей нахождения подвижных форм тяжелых металлов в почвах города Вольска позволяет утверждать:

1. В пределах исследуемой территории установлено повсеместное превышение предельно допустимой концентрации подвижных форм никеля, меди, цинка и свинца. Это превышение, скорее всего, обусловлены антропогенным загрязнением.

2. Анализ коэффициента корреляции не выявил значимой корреляционной взаимосвязи практически между всеми элементами.

3. Выявленные геохимические аномалии содержания подвижных форм тяжелых металлов указывают на неблагоприятную эколого-геохимическую обстановку на территории города Вольска. Значение суммарного коэффициента загрязнения не превышает 16 единиц в 94% проб, что позволяет отнести исследуемые пробы к категории с допустимым загрязнением, в 4% проб загрязнение составляет от 16 до 32 единиц и соответствует умеренному уровню загрязнения, в 2% проб загрязнение превышает 32 единицы и относится к опасному уровню загрязнения.

4. Области высоких значений Z_c расположены в селитебных районах города Вольска, вдали от основных промышленных предприятий, их происхождение, скорее всего, обусловлено «бытовым» антропогенным загрязнением. Подтверждением этому служит тот факт, что основной вклад в загрязнение в точках отбора 30 ($K_0 = 16,5$) и 41 ($K_0 = 30,5$) вносит повышенная концентрация подвижных форм свинца, а в точке отбора 45 ($K_0 = 44,4$) – меди. В столь высокой концентрации металлы могут поступать в почву только вследствие антропогенного «бытового» загрязнения (например, выброшенные автомобильный аккумулятор или медные элементы автомобилей и бытовой техники и т. д.).

Коэффициенты корреляции между подвижными формами тяжелых металлов в почвах на территории города Вольска

Металлы	Ni	Cu	Cd	Cr	Pb	Zn
Ni	1,00	0,01	0,24	0,22	-0,21	-0,02
Cu	–	1,00	0,19	0,07	0,07	0,19
Cd	–	–	1,00	0,40	0,23	0,64
Cr	–	–	–	1,00	0,08	0,41
Pb	–	–	–	–	1,00	0,26
Zn	–	–	–	–	–	1,00

Примечание. $n = 50$, $p = 0,01$, $r = 0,36$. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты.



Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-77-10040).

Библиографический список

1. Шешнев А. С., Еремин В. Н., Прокофьева Е. В., Решетников М. В. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвенном покрове городского парка города Вольска // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 1. С. 62–69.
2. Решетников М. В., Соколов Е. С., Шешнев А. С., Мамедов Р. М. Концентрация подвижных форм тяжелых металлов в почвах поселка городского типа Степное (Саратовская область) // Экологическая химия. 2017. Т. 26, № 3. С. 141–145.
3. Решетников М. В., Кузнецов В. В., Шешнев А. С., Мамедов Р. М. Концентрация подвижных форм тяжелых металлов в почвах города Красный Кут (Саратовская область) // Экология урбанизированных территорий. 2016. Вып. 2. С. 70–75.
4. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа : Межгосударственные стандарты. М. : Стандартинформ, 2008. 8 с.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М. : ЦИНАО, 1992. 62 с.
6. СанПиН 2.1.7.1287-03. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. Контроль. М. : Госкомсанэпиднадзор России, 2003. 11 с.
7. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве : гигиенические нормативы. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.

Образец для цитирования:

Маджид Д. С. М., Решетников М. В., Шкодин С. Д., Юдин Н. Б. Подвижные формы тяжелых металлов в почвенном покрове города Вольска (Саратовская область) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 2. С. 104–108. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-2-104-108>

Cite this article as:

Majeed D. S. M., Reshetnikov M. V., Shkodin S. D., Yudin N. B. Mobile Forms of Heavy Metals in the Soils of the Town of Volsk (Saratov Region). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 2, pp. 104–108 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-2-104-108>