

ence. West heodezych works. the Society UTHK, 1 (25), 118–122.

7. Gerhard, L. (2002). Land Registration and Cadastral Systems: Tools for Land Information and Management. V. Novgorod, 209.

8. Bogaerts, T., Williamson, I. P., Fendel, E. M. (2002). The Role of Land Administration in the Accession of Central European Countries to the European Union. Land Use Policy, 19 (1), 29–46. doi: 10.1016/s0264-8377(01)00041-2

9. Kauffman, J., Steudler, D. Cadastre 2014: a vision for a future cadastral system. Available at: <http://www.swisstopo.ch/fig-wg71/Docs/Cad2014/toc.htm>

10. Committee on Housing and Land Management: Status of the survey on the benchmarking of land administration systems (2013). ECE /HBP/WP.7/2013/5, 2013, 57.

11. Agreement on a Common European Economic Space. Available at: <http://www.europe.eu>

*Рекомендовано до публікації д-р геол. наук Ковальчук М. С.  
Дата надходження рукопису 25.12.2014*

**Козлова Тетяна Володимирівна**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра землеустрою та кадастру, Національний авіаційний університет, Інститут екологічної безпеки, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03680

E-mail: [t\\_kozlova@ukr.net](mailto:t_kozlova@ukr.net)

**Коваль Олександр Андрійович**, здобувач, кафедра землеустрою та кадастру, Національний авіаційний університет, Інститут екологічної безпеки, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03680

E-mail: [oleksander94@mail.ru](mailto:oleksander94@mail.ru)

УДК 550.426+550.46

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.36556

## ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН БЫВШЕГО ЗАВОДА «РАДИКАЛ»

© Н. О. Крюченко, Э. В. Панайт

*В статье рассмотрены вопросы загрязнения поверхностных отложений территории бывшего завода «Радикал» тяжелыми металлами - ртутью, цинком, медью и свинцом в период 2002 и 2014 годов. Определено среднее содержание элементов, рассчитаны геохимические критерии, благодаря чему дана эколого-геохимическая оценка территории. Выявлено, что чрезвычайно опасное загрязнение присуще почвенным отложениям северо-западной части территории электролизного цеха завода «Радикал»*

**Ключевые слова:** ртуть, тяжелые металлы, поверхностные отложения, геохимические критерии, завод «Радикал»

*The paper deals with surface sediments pollution by heavy metals (mercury, zinc, copper and lead) of territory of "Radical" former factory from 2002 to 2014 years. An average content of elements is determined, the geochemical criteria are designed, so given the ecological and geochemical assessment of the territory. It is revealed that it is extremely dangerous pollution inherent for soil sediment of north-western part of the cell room of "Radical" factory*

**Keywords:** mercury, heavy metals, surface sediments, geochemical criteria, "Radical" factory

### 1. Введение

Одной из актуальных проблем геохимии является анализ процессов, протекающих в компонентах геологической среды, подверженных экологическому загрязнению. В этой связи рассматривается территория бывшего завода «Радикал», как зона экологического риска в пределах города Киева.

Завод находится на левом берегу Днепра в промышленной зоне Днепропетровского района г. Киева. На сегодняшний день это жилой район, вблизи рассматриваемой территории находится большой торговый центр «Дарынок», продуктовый рынок «Лесной», станция метро «Лесная» и жилой массив (рис. 1).

Открытое акционерное общество «Радикал», бывший Киевский завод химикатов производил хлор и каустическую соду с помощью электролиза водного раствора хлорида натрия с ртутным катодом, в период с 1954 по 1996 годов. Расчетная балансовая величина общих потерь ртути за 42 года эксплуатации производства составила примерно 700 т, из которых до 100 т

составили потери с газовыми выбросами, до 200 т в виде механических потерь поступило в основание цеха электролиза, до 5 т осело в виде примеси на складе соли, до 3 т находятся в шламонакопителе в составе не вывезенных ртутьсодержащих отходов [1].

В 1996 году произошла техногенная авария – в результате обвала крыши электролизного цеха зафиксировано значительное загрязнение почвенных отложений и строительных конструкций ртутью (рис. 2).

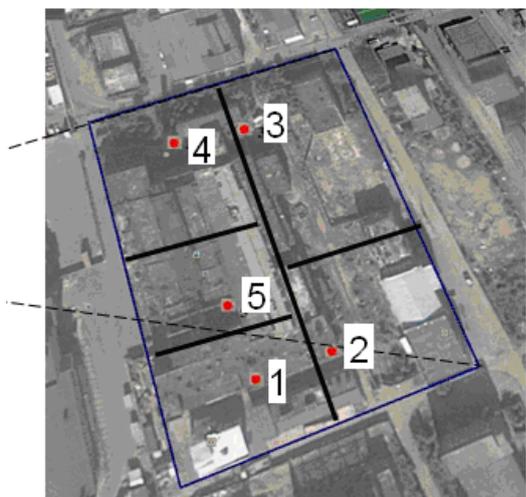
Кроме того, цистерны, в которых содержатся соляная и серная кислоты стоят под открытым небом и вследствие воздействия внешних условий происходит их разрушение. Ртуть является легколетучей, что позволяет ей мигрировать в атмосфере, водах, почвах, горных породах и переходить из одной среды в другую. Единственное средство защиты от ртути – ее полное удаление от местожительства людей и захоронение [2].

После техногенной аварии проводились единичные работы, по выявлению степени загрязнения терри-

тории ртути, которые не были представлены для означения.



а



б

Рис 1. Схема расположения территории исследований. а: 1 – станция метро “Лесная”, 2 – территория бывшего комбината “Дарна” (Дарницкий шелковый комбинат), 3 – торговый центр “Дарынок”, 4 – ВАТ «Киевхимволокно», 5 – территория бывшего завода “Радикал”, 6 – электролизный цех; б – схема расположения изучаемых площадей



Рис. 2. Вид электролизного цеха (фото – Панаит Э. В., 2014 г.)

**2. Постановка проблемы**

Объектом исследований являлись поверхностные отложения (техногенные отложения и дерново-подзолистые почвы), изучение их химического состава. Так как поверхностный слой (почвы и техногенный материал) принимает на себя основную долю нагрузки от всех видов хозяйственной деятельности человека, он является индикатором техногенного загрязнения. Существует несколько видов антропогенного воздействия на почву, нами рассматриваются особенности химического загрязнения.

Целью исследований явилось выявление литохимических аномалий ртути на территории вблизи завода. Это было достигнуто путем решения следующих задач: проведение полевых работ на участке исследований (отбор почв); сбор и систематизация фондовых и литературных данных; расчет геохимических параметров; определение интенсивности литохимических аномалий. Следует отметить, что техногенные литохимические аномалии имеют площадно-временные критерии. Если природные аномалии характеризуются незакономерным распределением содержаний с глубиной и отсутствием изменений во времени, то техногенным аномалиям свойственно быстрые изменения пространственных положений аномалий и уменьшение их интенсивности во времени [3].

Дерново-подзолистые почвы слабо связывают тяжелые металлы, легко отдают их растениям или пропускают их с фильтрующими водами. Таким образом, загрязняя растения и подземные воды.

**3. Литературный обзор**

Изучение ртути, ее распределения и путей миграции в объектах окружающей среды началось в середине XX столетия. Основоположником изучения распределения химических элементов и их изотопов в природе, в том числе и ртути, является В. И. Вернадский, который указал на влияние антропогенного фактора в геохимических процессах. Далее, этими вопросами занимались – А. Е. Ферсман, А. А. Сауков (разработал сверхточный метод определения небольших содержаний ртути); В. З. Фурсов (обобщил возможности ртутнометрии) [2]. Научными интересами В. И. Смирнова, Г. А. Твалчреладзе, В. А. Кузнецова, В. П. Федорчука, И. И. Степанова и других стала металлогения ртути [4].

Говоря про территорию исследований необходимо отметить, что оценкой масштабов ртутного загрязнения и эколого-геохимическим исследованием в районе территории бывшего завода «Радикал» после техногенной аварии занимались Государственное региональное геологическое предприятие (ГРГП) «Севергеология» г. Киев (Клос В. Р.), Украинский государственный институт инженерно-геодезических изысканий и съемок г. Киев и АО «Научно-технологический институт транскрипции, трансляции и репликации» г. Харьков.

**4. Эколого-геохимическая оценка территории**

Отбор проб почв в 2014 году проводился нами методом «конверта» с глубины 0–7 см. Рассматриваются пять промышленных площадей (в среднем, по 50 м<sup>2</sup>), расположение которых относительно электролизного цеха представлено на рис. 1, б. Для проведения мониторинговых исследований пробы были отобраны

по местам расположения проб, отобранных в 2002 году работниками (ГРГП) «Севергеология».

Анализ ртути и тяжелых металлов проводился с помощью метода ICP-MS (2014 год) и атомно-абсорбционных спектрофотометров (ААС) «Юлия-2» и «АГП-01» (2002 год).

Методика для определения тяжелых металлов в 2014 году была следующей: 0,2 г пробы (просеянной и растертой) помещали в стакан, добавляли 10мл 1н HNO<sub>3</sub> (особо чистая), взбалтывали на магнитной мешалке 30 минут, прибавляли H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (3–5 капель для удаления органики), фильтровали через фильтр «белая лента» и отбирали аликвоту для анализа на ИСП–МС. С помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой определяли редкие земли (прибор ИСП–МС Element-2 фирмы Thermo Finnigan, Германия).

Основное внимание уделено распределению химических элементов первой и второй групп опасности – Hg, Zn, Pb (I) Cu (II), как основным загрязнителям территории.

При эколого-геохимической оценке важным является расчет геохимических критериев [5], при этом определение фоновых содержаний является базовым показателем, благодаря которому выполняется сравнительная характеристика содержания элементов. Это экогеохимический стандарт по отношению к почвам до начала техногенного загрязнения. Относительно его разрабатывают мероприятия возврата загрязненных территорий к их природному состоянию [6]. Для определения фоновых содержаний химических элементов отобраны пробы почв с территории лесного массива, находящегося в 20 км от исследуемой территории, которая является «условно чистой». Так, для ртути фоновое содержание 0,03 мг/кг, при кларковом содержании 0,4 мг/кг.

Среднее содержание тяжелых металлов в почвах по площадям представлено в табл. 1.

Таблица 1

Среднее содержание тяжелых металлов в почвах, мг/кг

Номер площади	Hg	Zn	Cu	Pb
2002 год				
1	0,16	200	60	100
2	0,55	100	60	80
3	0,59	200	40	40
4	1,6	200	60	40
5	0,75	150	40	40
2014 год				
1	0,09	160	40	60
2	0,3	220	80	100
3	0,13	120	60	50
4	4,85	300	100	80
5	2,49	100	40	40
Фон	0,03	60	20	20
ПДК	2,1	100	55	30
Кларк	0,4	80	60	20
КК	0,08	0,75	0,33	1,00

Для оценки эколого-геохимического состояния территории необходимо оперировать геохимическими параметрами. Прежде всего, был вычислен кларк концентрации (КК) [5] – это отношение фоновое содержания металла к его кларку (по А. П. Виноградову). Как показали расчеты, для всех элементов этот показатель меньше 1,5, т. е. они являются элементами рассеивания (табл. 1).

Рассчитав коэффициент концентрации элементов (Кс), который равен отношению содержания элемента (С<sub>i</sub>) к его фоновому содержанию (С<sub>ф</sub>) построены геохимические ряды (табл. 2) по почвенным отложениям, отобранным в 2002 и 2014 годах, в результате этого выявлены площади, где произошла наибольшая концентрация элементов (табл. 2).

Таблица 2

Геохимические ряды по концентрации (относительно фона) химических элементов в почвенных отложениях исследуемых площадей

Номер площади	Геохимическая формула	
	2002 год	2014 год
1	Hg, Pb (5)–Zn, Cu (3)	Hg, Zn, Pb (3) – Cu (2)
2	Hg (18) – Pb (4) – Cu (3) – Zn (2)	Hg (10) – Pb (5) – Zn, Cu (4)
3	Hg (20) – Zn (3) – Cu, Pb (2)	Hg (4) – Cu, Pb (3) – Zn (2)
4	Hg (53) – Zn, Cu (3)– Pb (2)	Hg (162) – Zn, Cu (5) – Pb (4)
5	Hg (25) – Zn (3) – Cu, Pb (2)	Hg (83) – Zn, Cu, Pb (2)

Во всех случаях, элементом наибольшего концентрирования в почвах является ртуть. Однако, если почвенные отложения на площадях 1–3 имеют динамику к очищению, то участки 4–5 – к накоплению. Так, максимальный коэффициент концентрации ртути зафиксирован на площади 4, причем в 2014 году он выше, чем в 2002 году более, чем в 3 раза.

Следующим этапом – было определение суммарного показателя загрязнения (СПЗ), предложенного Ю. Е. Саеом. На сегодняшний день, этот показатель является единственным медико-обусловленным параметром геохимического поля компонентов окружающей среды и рассчитывается по формуле:  $СПЗ = \sum C_i / C_{\phi} - (n-1)$ , где C<sub>i</sub> – содержание токсичного элемента в по-

чве, С<sub>ф</sub> – фоновое содержание этого элемента, n – количество элементов со значением C<sub>i</sub>/C<sub>ф</sub>>2. В Украине существуют эколого-геохимические градации СПЗ почв: <16 – допустимое загрязнение, 16–32 – умеренное опасное загрязнение, 32–128 – опасное загрязнение, >128 – чрезвычайно опасное загрязнение [5].

Проведя расчет этого параметра получили следующее: допустимое и умеренно допустимое загрязнение характерно для почвенных отложений площадей 1, 2, 3 в 2002 и в 2014 годах; почвенные отложения площадей 4, 5 загрязнены максимально. Так, если в 2002 году чрезвычайно опасное загрязнение для почвенных отложений не было зафиксировано, то в 2014 году на площади 4 такое загрязнение определено (табл. 3).

Таблица 3

СПЗ		Градация площадей по показателю СПЗ			
		<16	16–32	32–128	>128
год	Номер площади				
2002	1	2, 3, 5	4	—	
2014	1,3	2	5	4	

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что тяжелыми металлами наиболее загрязнены почвенные отложения площадей, находящихся в северо-западной части от электролизного цеха, причем существует тенденция к накоплению элементов.

Опасность загрязнения тем больше, чем больше фактические уровни содержания контролируемых веществ в почве (С) превышают ПДК. То есть, опасность загрязнения почвы тем выше, чем больше значение коэффициента опасности (К<sub>о</sub>) превышает 1, т. е. К<sub>о</sub>=С/ПДК. При расчете данного коэффициента получено, что почвенные отложения площади 4 являются наиболее загрязненными. Если в 2002 году К<sub>о</sub>: Hg–0,76, Zn–2, Cu–1, Pb–1,3, то в 2014 году: Hg–2,31, Zn–3, Cu–2, Pb–3.

#### 5. Апробация результатов исследований

Основные результаты наших работ докладывались на международных и отечественных научных конференциях, таких как: межд. научн. конф. «Актуальные проблемы поисковой и экологической геохимии» (г. Киев, Украина 2014), Молодежной научной конференции «Геохимия и рудообразование» (г. Киев, Украина 2013, 2014).

#### 6. Выводы

Результаты исследований позволили установить, что площадь 4, находящаяся в северо-западной части от электролизного цеха является самой загрязненной относительно содержания Hg, Zn, Cu, Pb в почвенных отложениях, однако наибольшую опасность представляет ртуть. Установлена динамика накопления ртути на этом участке, что может быть связано с постоянным просачиванием ее из канистр, находящихся на открытом воздухе в течении десятков лет. Именно этот участок можно отнести к наиболее интенсивному очагу загрязнения почвенных отложений, территории, прилегающих к цеху электролиза, который представляет, на сегодня, зону экологического риска.

#### Литература

1. Бывший киевский завод химикатов «Радикал» (Киев) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://wikimapia.org/15907424/ru>
2. Фурсов, В. З. Возможности ртутьметрии [Текст] / В. З. Фурсов. – М.: ИМГРЭ, 1998. – 188 с.
3. Крюченко, Н. О. Критерії розбракунання природних і техногенних аномалій (за формами знаходження хімічних елементів) [Текст] / Н. О. Крюченко, Е. Я. Жовинський, О. А. Жук, М. В. Кухар // Пошукова та екологічна геохімія. – 2012. – № 1(12). – С. 37–42.
4. Иванов, В. В. Экологическая геохимия элементов. Т. 5 [Текст] / В. В. Иванов. – М.: Экология, 1997. – 574 с.
5. Вступ до медичної геології. Т. 2 [Текст] / под ред. Г. І. Рудька, О. М. Адаменка. – Київ: Академпрес, 2010. – 447 с.
6. Еколого-геохімічні дослідження об'єктів довкілля України [Текст] / под ред. Е. Я. Жовинський, І. В. Кураєва. – Київ: Альфа-реклама, 2012. – 156 с.

#### References

1. Byvshij kievskij zavod ximikatov «Radikal» (Kiev). Available at: <http://wikimapia.org/15907424/ru>
2. Fursov, V. Z. (1998). *Vozmozhnosti rtutometrii* [The possibility of determination of mercury]. Moscow, Russia. IMGRE, 188.
3. Kryuchenko, N. O., Zhovinskiy, E. Ya., Zhuk, O. A., Kuhar, M. V. (2012). [Kriterii rozbrakuvannya prirodni i tehnogennix anomalij (za formami znaxodzhennya himichnix elementiv)]. *Exploration and environmental geochemistry*, 1 (12), 37–42.
4. Ivanov, V. V. (1997). *Ekologicheskaya geohimiya elementov* [Environmental Geochemistry of Elements]. Moscow, Russia. Ecologia, 5, 574.
5. Rudko, G. I., Adamenko, O. M. (Eds.) (2010). *Vstup do medichnoi geologii* [Introduction to Medical Geology]. Kiev. Ukraine. Akadempres, 2, 447.
6. Zhovinskiy, E. Ya., Kuraeva, I. V. (Eds.) (2012). *Ekoologo-geohimichni doslidzhennya ob'ektiv dovkillya Ukrainu* [Ecological and geochemical studies of environmental objects Ukraine]. Kiev: Alfareklama, 156.

Дата надходження рукопису 25.12.2014

**Крюченко Наталия Олеговна**, ведущий научный сотрудник, старший научный сотрудник, доктор геологических наук, отдел поисковой и экологической геохимии, Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семеновко НАН Украины, пр. Акад. Палладина, 34, г. Киев, Украина, 03680  
E-mail: nataliya-kryuchenko@mail.ru

**Панаит Элина Викторовна**, младший научный сотрудник, отдел поисковой и экологической геохимии, Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семеновко НАН Украины, пр. Акад. Палладина, 34, г. Киев, Украина, 03680  
E-mail: elinka8@mail.ru