

## ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ В РАЙОНЕ АРАРАТСКОГО ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА

С.А. Унанян<sup>1)</sup>, А.Р. Сукиасян<sup>2)</sup>, Т.А. Джангирян<sup>1)</sup>, А.А. Киракосян<sup>2)</sup>

1) Национальный аграрный университет Армении,  
ул. Теряна, 74, Ереван, 0009, Армения

2) Национальный политехнический университет Армении,  
ул. Теряна, 105, Ереван, 0009, Армения, email: [sukiasyan.astghik@gmail.com](mailto:sukiasyan.astghik@gmail.com)

Загрязняющие вещества антропогенного происхождения, попадая в окружающую среду, вызывают необратимые и неконтролируемые последствия для биоты в целом. Особую озабоченность вызывает загрязнение почв и земель при антропогенном увеличении содержания в них ряда химических веществ, изменяя естественный региональный фоновый уровень последних и способствуя деградации почвенной структуры. В статье обсуждается экологическое состояние почв окрестностей Араратского цементного завода. Целью наших исследований было изучение загрязнения почвы по содержанию меди, цинка, свинца, железа. Опытные участки были расположены соответственно на удалении до 0,5; 2; 5; 10 и 20 (контроль) км от источника загрязнения в направлении розы ветров. Было установлено, что наиболее сильно загрязнены тяжелыми металлами почвы до 5 км от эмиссии. Их количество превышает фоновое содержание валовой формы меди от 2,90–1,99 и, соответственно, подвижной формы – 4,89–1,92 раза. Для остальных изменение по содержанию валовых форм в сравнении с их подвижными формами составило: 1,62–1,13 и 2,66–1,38 раза для цинка; 3,7–1,73 и 5,77–4,08 раза для свинца; 1,31–1,94 и 1,37–1,60 раза для железа, 2,40–1,60 и 1,63–1,70 раза для никеля. Техногенные выбросы цементного завода оказывают негативное влияние на агрохимические показатели почв, значительно превышающие уровень ПДК, на основании которых эколого-токсикологическое состояние почв не является благоприятным для использования.

**Ключевые слова:** почва; агрохимические показатели; тяжёлые металлы; удалённость от источника загрязнения; антропогенное загрязнение.

Техногенные выбросы являются одним из основных источников ухудшения состояния земельных ресурсов, необратимая деградация которых неизбежно приводит к снижению плодородия почв, непосредственно угрожая продовольственной безопасности [1]. Особое место среди загрязняющих веществ по масштабам загрязнения и воздействию на биологические объекты занимают тяжелые металлы (ТМ), особенно в почве вблизи промышленных предприятий [2]. Оседая на поверхности почвы, ТМ и их соединения имеют тенденцию накапливаться в ее верхних слоях, оказывая

непосредственное влияние на метаболические процессы роста и развития растений, снижая урожайность и качество продукции [3].

Территория Армении относится к тем регионам, где экология находится в кризисном состоянии в связи с интенсивным развитием горнодобывающей промышленности, цветной металлургии и других отраслей промышленности. Процесс деградации окружающей среды происходит здесь под влиянием неконтролируемой эксплуатации природных ресурсов и промышленного загрязнения атмосферы, воды, почвы в условиях горного рельефа, маловодности и небольших площадей сельскохозяйственных угодий. По данным О.А. Джугаряна, на Араратском цементном заводе (АЦЗ) в клинкере, цементе и пыли отсутствуют Cd, Co, Cr, а присутствие Pb зарегистрировано только в цементе и пыли. Наряду с этим многие из ТМ (Cu, Zn, Ni, Fe, Mn) также были обнаружены в клинкере, цементе и пыли [4]. В проведенном исследовании в качестве антропогенного фактора воздействия на окружающую среду рассматривались прилегающие территории АЦЗ.

Целью исследования являлась оценка степени загрязнения почв тяжелыми металлами на территориях, расположенных на различном удалении от источника загрязнения – АЦЗ, с учетом розы ветров для данного региона.

Экспериментальные исследования проводились путем совмещения полевых и лабораторных агрохимических анализов почв. Среди тяжелых металлов определялось содержание меди, цинка, свинца, железа. Опытные участки располагались на расстоянии 0,5; 2,0; 5; 10 км от источника загрязнения по направлению розы ветров. Контрольный участок был расположен на расстоянии 20 км от АЦЗ. Исследования проводили в ходе полевых, камеральных работ лабораторными агрохимическими анализами почвенных и растительных образцов в весенне-летний период 2023 г. При проведении полевых исследований по определению уровня загрязнения почв техногенными выбросами через атмосферу работ придерживались методики [5]. Смешанные почвенные образцы отбирались на эталонных участках на глубине 0–30 см. Один образец смешанной почвы состоит из 5 проб почвы, отобранных методом "конверта" по углам эталонного участка и в его центре. Образцы лугово-бурых почвы высушивались на воздухе и пропускались через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Анализы почв проводились по общепринятым в агрохимической практике методикам: механический состав почв по Робинсону, гумус по Тюрину, сумма щелочноземельных катионов в карбонатных почвах по Иванову, реакция среды по потенциометру, подвижный азот по Тюрину-Коновой, фос-

фор по Мачигину, калий по Масловой. Содержание валовых форм тяжелых металлов определяли спектрально-эмиссионным методом, нейтронной активацией, подвижных форм – атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре "AAS-1". Все проведенные эксперименты имели до 10 аналитических повторностей и статистически обработаны [6].

АЦЗ расположен в юго-восточной части Армении в окрестностях города Арарат, который расположен в полупустынной зоне с сухим, резко континентальным климатом. Высота над уровнем моря составляет 800–1000 м. Почвы орошаемые, полупустынные, полупустынные малогумусные, которые сформировались в равнинной зоне Араратской котловины в условиях резко континентального сухого климата. Почвообразующими породами служили аллювиальные отложения реки Аракс, перекрывающие древние осадочные изверженные породы.

АЦЗ выпускает сублиматные и пуццолановые цементы, которые относятся к группе гидравлических вяжущих веществ. За многие десятилетия интенсивных работ под влиянием его антропогенных выбросов значительно изменились физико-химические свойства близлежащих почв. Это выразилось в разрушении почвенного поглощающего комплекса, в повышении обменной кислотности, в изменении степени насыщенности основаниями, в снижении/повышении содержания поглощенного кальция и магния. Все эти процессы способствуют ослаблению и разрушению связей гумусового вещества с минеральной частью почвы, увеличению скорости разложения органического вещества, эрозии почвы, нарушению соотношения элементов минерального питания, повышению электропроводности.

Согласно полученным нами результатам (табл. 1), влияние техногенных выбросов АЦЗ на агрохимические и физико-химические показатели почв в основном зависит от удаленности источника загрязнения. Так, в сильно загрязненных почвах (удаленность до 5 км от АЦЗ) содержание гумуса снизилось в среднем на 9 % по сравнению с фоном, при этом реакция почвы стала более щелочной. Содержание карбонатов увеличилось:  $\text{CO}_2$  до 2,3 раз,  $\text{CaCO}_3$  – 2,16–1,42 раза,  $\text{MgCO}$  – 2,55–1,68 раза. Обменные катионы: Ca – 1,90–1,48, Mg – 1,26–0,93, Na – 1,70–1,62 раза. Что касается техногенного влияния на подвижные формы биогенных элементов, то оно различно, а именно, наблюдается снижение подвижного азота и незначительное увеличение фосфора и калия (табл. 1).

Полученные результаты по содержанию валовых и подвижных форм исследуемых ТМ в образцах почвы вблизи АЦЗ с учетом розы ветров в данном регионе представлены в таблице 2.

Таблица 1

**Агрохимические показатели образцов почв в зоне влияния Араратского цементного завода**

| R,<br>км | pH  | Гумус,<br>% | Содержание подвижных питательных элементов, мг на 100г почвы |                               |                  | Обменные катионы, мг-экв на 100г почвы |      |     | Карбонаты, %    |                   |                   |
|----------|-----|-------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------------------|------|-----|-----------------|-------------------|-------------------|
|          |     |             | N                                                            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca                                     | Mg   | Na  | CO <sub>2</sub> | CaCO <sub>3</sub> | MgCO <sub>3</sub> |
| 0,5      | 8,9 | 1,9         | 2,1                                                          | 3,8                           | 40,0             | 27,0                                   | 11,0 | 3,4 | 13,8            | 28,5              | 8,4               |
| 2,0      | 8,6 | 1,9         | 2,2                                                          | 3,3                           | 37,7             | 20,0                                   | 10,8 | 3,7 | 11,0            | 24,0              | 7,0               |
| 5,0      | 8,7 | 2,0         | 3,4                                                          | 2,9                           | 37,1             | 18,2                                   | 8,1  | 2,1 | 9,0             | 18,7              | 5,0               |
| 20       | 8,2 | 2,2         | 3,3                                                          | 2,9                           | 36,1             | 14,2                                   | 8,7  | 2,9 | 6,0             | 13,2              | 3,3               |

*Примечание.* R – удаленность от источника загрязнения. тока короткого замыкания.

Таблица 2

**Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в образцах почв в зоне влияния Араратского цементного завода**

| R,<br>км        | Формы тяжелых металлов, мг/кг |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|-----------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                 | Cu                            |                 | Zn              |                 | Pb              |                 | Fe              |                 | Ni              |                 |
|                 | V <sub>TM</sub>               | П <sub>TM</sub> | V <sub>TM</sub> | П <sub>TM</sub> | V <sub>TM</sub> | П <sub>TM</sub> | V <sub>TM</sub> | П <sub>TM</sub> | V <sub>TM</sub> | П <sub>TM</sub> |
| 0,5             | 90,4                          | 13,1            | 81,2            | 18,9            | 74,1            | 15,2            | 5180,2          | 667,3           | 36,2            | 4,9             |
| 2,0             | 85,6                          | 12,4            | 76,3            | 18,3            | 58,1            | 13,8            | 4963,3          | 660,4           | 35,4            | 4,6             |
| 5,0             | 61,8                          | 7,1             | 63,4            | 9,8             | 38,3            | 10,6            | 4700,2          | 684,2           | 24,1            | 5,1             |
| 20,0 (контроль) | 31,0                          | 3,7             | 56,3            | 7,1             | 20,4            | 2,6             | 3940,4          | 487,3           | 15,2            | 3,4             |
| ПДК             | 55,0                          | 3,0             | 55,0            | 23,0            | 32,0            | 6,0             | -               | -               | 85,3            | 4,4             |

*Примечание.* R – удаленность от источника загрязнения. тока короткого замыкания, V<sub>TM</sub> – валовая форма тяжелого металла, П<sub>TM</sub> – подвижная форма тяжелого металла, ПДК – предел допустимых концентраций.

Установлено, что повышенное содержание ТМ на территории завода, а также на расстоянии до 5 км находится в диапазонах: для Cu – 90,4–61,8 и 18,1–7,1 мг/кг; для Zn – 81,2–63,4 и 18,9–9,8 мг/кг; для Pb – 74,1–38,3 и 15,2–10,6 мг/кг; для Fe – 5180,2–4700,2 и 687,4–684,2 мг/кг; для Ni – 36,2–24,1 и 4,9–5,1 мг/кг. При этом содержание ТМ как валовых, так и подвижных по сравнению с фоном больше соответственно: для Cu – в среднем 2,5 и 3,4 раза; для Zn – 1,4 и 2,02 раза; для Pb – 2,7 и 4,9 раза; для Fe – 1,3 и 1,5 раза; для Ni – 2 и 1,7 раза. На отметке 20 км содержание ТМ в почве близко к ПДК значениям (табл. 2). В процентном соотношении в исследуемых образцах почв содержание подвижных форм ТМ

было больше содержания их валовых форм. Очевидно, что эколого-токсикологическое состояние почв в зоне влияния Араратского цементного завода до 5 км оценивается как неблагоприятное.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета по науке РА в рамках научного проекта № 21Т-2Н216 «Оценка геоэкологических рисков многокомпонентного воздействия техногенного загрязнения природно почвенных поясов РА и разработка комплексных мер по их предотвращению».

### Библиографические ссылки

1. *Sukiasyan A.* Influence of heavy metals content in water of small rivers used for irrigation of maize of Armenian population // *Theoretical and Applied Ecology*. 2018. No. 4. P. 40–45 (in Russian). DOI: 10.25750/1995-4301-2018-4-040-045.

2. *Sukiasyan A. R., Kroyan S. Z., Skugoreva S. G., Kirakosyan A. A., Ghazaryan H. Gh.* Consequences of the impact of some industrial plants on the content of heavy metals in soils // *Theoretical and Applied Ecology*. 2021. No. 4. P. 90–97 (in Russian). DOI: 10.25750/1995-4301-2021-4-090-097.

3. *Hunanyan S. A.* Accumulation of heavy metals in vegetable crops in the environs of technogenic zones of Alaverdi, Lori Marz of RA // *Proceedings of Agrarian Science*. 2012. V. 10, No. 3. P. 104–108 (in Russian).

4. *Dzhugaryan O. A.* Plants as indicators and biomonitors of atmospheric pollution // *Nature, City, Man*. Yerevan, 1987. P. 260–262.

5. *Vazhenin I. G.* Diagnostics of soil fertility subjected to technogenic pollution // *Bulletin. Soil Institute named after V.V. Dokuchaev*. 1987. V. 40. P. 30–32.

6. *Kirakosyan A. A., Sukiasyan A. R.* Using MATLAB as an express method for evaluating experimental results // *International Youth Conference: Information Technologies*. Yerevan, 2005. P. 34–37 (in Russian).