

**ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ЯДОХИМИКАТОВ НУБАРАШЕНСКОГО
КЛАДБИЩА: КРАТКИЙ ОБЗОР****Мариам Аветисовна Авакян***Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА
avagyan_mariam@yahoo.com*

*Нубарашенское кладбище стойких органических загрязнителей (СОЗ) построено в 1982 г. в оползневой зоне, близости с Ереванским глубинным и Джрвежским активным разломами, без необходимой подготовки основания кладбища. Уничтожение запасов просроченных пестицидов в Нубарашенском захоронении и очистка территорий, загрязненных стойкими органическими загрязнителями, является задачей экологической безопасности для страны. Для исключения вторичного загрязнения окружающей среды при перевозке СОЗ на утилизацию, нужно подобрать безопасные методы утилизации СОЗ на месте в Нубарашенском кладбище. В данной работе впервые представлен обзор о современных подходах и возможностях утилизации СОЗ безопасными, эффективными методами с целью выдвижения предложений для решения проблемы Нубарашенского захоронения. Предложен метод высокотемпературного сжигания просроченных СОЗ на месте; как альтернатива предложена инновационная технология SCWO для утилизации СОЗ. Для обработки загрязненных почв Нубарашенского захоронения предложен биологический метод биоремедиации *in situ*.*

Ключевые слова: *стойкие органические загрязнители, пестициды, методы утилизации СОЗ*

Введение

Нубарашенское кладбище просроченных и запрещенных ядохимикатов построено в 1982 г. в оползневой зоне, близости с Ереванским глубинным и Джрвежским активным разломами, без необходимой подготовки основания кладбища (рис. 1). По данным UNDP Armenia здесь было захоронено около 900 т запрещенных ядохимикатов [1]. В результате оползневых процессов и вымывания поверхностными водами ядохимикатов и их производных, образованных в процессе их разложения, с большей степенью вероятности можно утверждать, что последние проникли в артезианский бассейн Арагатской долины. Кладбище расположено на высоте по отношению к дачной зоне и государственному заповеднику дикой пшеницы “Эребуни”, что означает, что осадочные воды с ядохимикатами проникают и туда.

По данным UNDP Armenia [1] на Нубарашенском кладбище находятся 4150 т загрязненных опасными ядами почв (опасные отходы второй категории); 8500 т слабо загрязненных почв (опасные отходы третьей категории), а по всей республике насчитывается 1200 т СОЗ (стойкие органические загрязнители) и ядовитых веществ (опасные отходы первой категории).

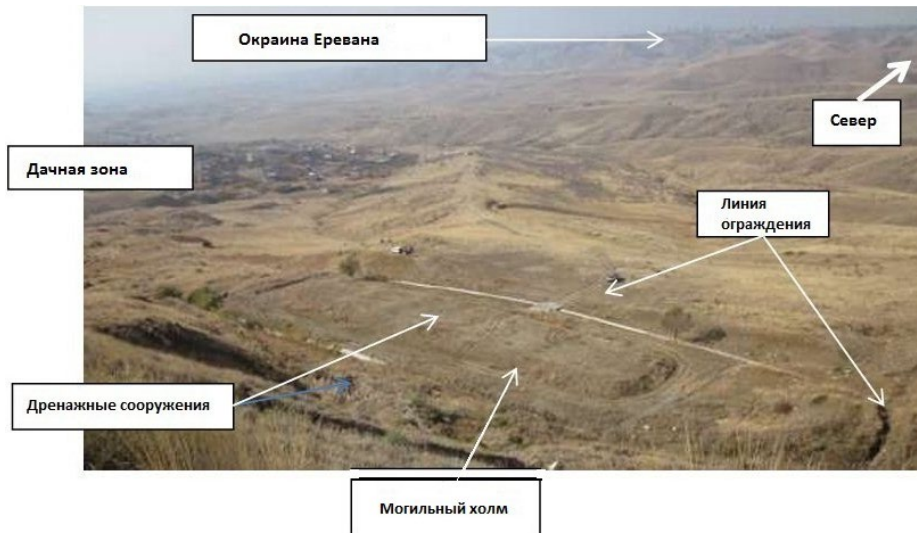


Рис. 1. Вид на захоронение в Нубарашене [1]

По данным Министерства чрезвычайных ситуаций РА Нубарашенское кладбище построено с множественными проектными и строительными нарушениями, ядохимикаты зарыты в пяти небетонированных камерах (рис. 2). Захоронены ДДТ (дихлордифенилтрихлорметилметан) и ядохимикаты, содержащие мышьяк, серу, фосфор и ртуть, общее количество захороненных ядохимикатов составляет 512 т, а особо загрязненной почвы - 1052 т.

В соответствии со Стокгольмской конвенцией [1], Армения обязуется уничтожить и утилизировать запасы и полигоны СОЗ к 2025-му году. Для утилизации СОЗ на Нубарашенском кладбище ООН предоставила 4,7 млн долларов, а правительство Армении взяло обязательство внедрить в программу разрешения проблемы кладбища 16,2 млн долларов.

Известно, что СОЗ оказывают токсическое и вредное воздействие на здоровье населения и окружающую среду [2, 3], поэтому крайне важно удалить эти вещества из окружающей среды.

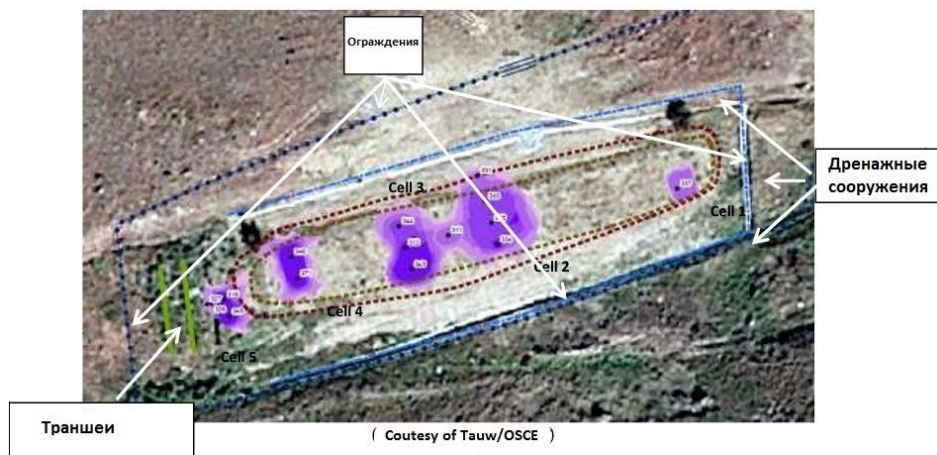


Рис. 2. Расположение пяти камер (Cell 1, Cell 2, Cell 3, Cell 4, Cell 5) и особенности корпуса захоронения [1]

В работах [4, 5] описана ситуация связанная с СОЗ в постсоветской Закавказской зоне, а в работах [5, 6] выявлено загрязнение СОЗ почвы вокруг захоронения в Нубарашене. Для выявления картины загрязненности в [6] провели качественную и количественную оценку хлорорганических пестицидов в пробах почвы методом газожидкостной хроматографии.

Уничтожение запасов просроченных пестицидов в Нубарашенском захоронении и опреснение территорий, загрязненных СОЗ является задачей экологической безопасности для страны, а также для выполнения обязательств по Стокгольмской конвенции. Для исключения вторичного загрязнения окружающей среды при перевозке СОЗ на утилизацию необходимо подобрать безопасные методы утилизации СОЗ на месте на Нубарашенском кладбище и других 24 складах страны.

В данной работе впервые представлен обзор о современных подходах и возможностях утилизации СОЗ безопасными, эффективными методами с целью разработки предложений для решения проблем Нубарашенского захоронения.

Материалы и методы

Для подбора возможных безопасных методов утилизации СОЗ рассмотрен ряд современных методов, разработанных в соответствии с требованиями Базельской конвенции [7-14]. В работе представлены методы оптимальные по эффективности и затратам.

Результаты и обсуждение

По требованию Стокгольмской конвенции о СОЗ нужно принять соответствующие меры для того, чтобы отходы, состоящие из стойких органических загрязнителей, содержащие их или загрязненные ими, удалялись таким образом, чтобы содержащиеся в них СОЗ уничтожались или необратимо преобразовывались таким образом, чтобы они не проявляли свойств СОЗ, или удалялись иным экологически безопасным способом [7-14]. Неправильная обработка может привести к выбросу СОЗ или образованию непреднамеренных СОЗ и их последующему выбросу в окружающую среду. В рамках Базельской конвенции были предприняты усилия по разработке технических руководящих принципов экологически обоснованного управления отходами СОЗ [7, 8]. Эти руководящие принципы включают методы уничтожения и необратимой трансформации СОЗ, эти методы разложения стойких органических загрязнителей можно сгруппировать по трем типам: химическим, физическим и биологическим.

Высокотемпературное сжигание [8] может безопасно уничтожить отходы СОЗ, но это должно проводиться на специализированных предприятиях, которые соответствуют строгим экологическим стандартам. Установки для высокотемпературного сжигания опасных отходов имеют *основную камеру* - первичную камеру для сжигания полихлорированных бифенилов (ПХБ) и СОЗ, таких, как нежелательные и устаревшие пестициды, и *вторичную камеру*. Вторичная камера используется для продления времени пребывания для максимального разрушения материала и его термического окисления в газы и несгораемые твердые вещества. С помощью этих технологий производительностью 100 т и 500 т в час можно уничтожать опасные отходы 1 и 2 класса на месте. При этом имеет место полное разложение опасных химических отходов, перевод их в газообразные компоненты путем термической обработки при температуре не менее 1000 °С. Затем на следующем этапе при температуре не ниже 1200 °С идет термическое разложение газообразных компонентов, которые образовались в течение первого этапа разложения. Происходит полное разложение образующихся газообразных отходов на неопасные газообразные компоненты. Далее идет третий этап – этап предотвращения образования токсичных веществ путем быстрого охлаждения образующихся газов в температурном режиме, сниженном до 200°С, а также нейтрализации кислых газов. На этом этапе помимо системы гашения (для уменьшения образования диоксинов) часто применяют упакованные башенные абсорберы, осадители и другие реактивные абсорберы (рис. 3) [8]. Идет многоступенчатая очистка выхлопных газов от летучих токсичных веществ, подверженных термическому разложению.

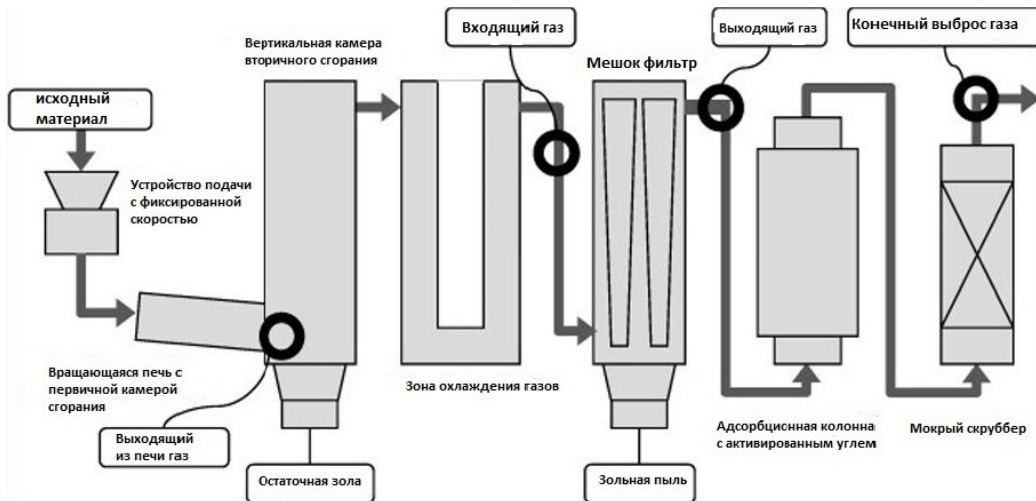


Рис. 3. Схема высокотемпературного сжигания CO₂ [8]

Для защиты от выбросов токсичных газов в случае возможных аварий или чрезвычайных ситуаций производится перманентный контроль и мониторинг летучих токсичных компонентов и состав выхлопных газов в режиме реального времени. Хорошо управляемое сжигание может уничтожать CO₂ с большой эффективностью уничтожения и удаления, что требует тщательно контролируемых условий и управления установкой сжигания для достижения этой эффективности.

Химия сжигания представляет собой контролируемое высокотемпературное окисление в первую очередь органических соединений для получения диоксида углерода и воды. Из отходов также могут быть получены неорганические вещества, такие как соли, кислоты и металлические соединения. Процессы сжигания для управления опасными отходами очень сложны и требуют контроля кинетики химических реакций в нестационарных условиях.

Неправильное использование мусоросжигательных печей и ненадлежащие процедуры управления ими могут привести к образованию опасных побочных продуктов при сжигании, представляющими серьезную угрозу для окружающей среды, здоровья людей и животных. Иногда побочный продукт может быть более токсичным, чем исходный сжигаемый продукт. Особую озабоченность вызывает образование в процессе сжигания полихлорированных дибензодиоксинов и полихлорированных дибензофуранов (диоксинов и фуранов). Фураны образуются при охлаждении газов после вторичной камеры. Это реакция образования, которая зависит от температуры газа, наличия хлора или других галогенированных соединений и присутствия катализатора. Современные системы быстрого охлаждения газов до безопасных температур, а также использование мокрых скрубберов предотвращают образование опасных диоксинов и фуранов.

Современные мусоросжигательные заводы, рассчитанные на высокую температуру и оснащенные технологиями для предотвращения формирования диоксинов и фуранов, устранили проблему подобных опасных выбросов.

Плазменная дуга [8, 9], или как часто называется - плазменная горелка, создается при чрезвычайно высоких температурах от 1000 до 3000 °C для уничтожения высокотоксичных отходов, таких как полихлорированные бифенилы (ПХБ) и CO₂. Вторичные выбросы газообразные и шлаковые, обрабатываются в системе газоочистки. Плазменная дуга - это процесс пиролиза, он не требует энергии для

нагрева избыточного воздуха, как обычные мусоросжигательные печи, однако использует электроэнергию в качестве источника энергии и, как таковой, является дорогостоящим.

Гидрогенизация или газофазное химическое восстановление [8, 10, 11] - для разрушения хлорированных органических соединений используют водород высокой температуры в качестве восстановителя. При температуре 850°C или выше водород соединяется с органическими соединениями в реакции, известной как восстановление, с образованием более мелких, более легких углеводородов, в первую очередь метана. Эта реакция усиливается присутствием воды, которая действует как восстановитель и источник водорода. Органические вещества, такие как ПХБ, хлорфенолы, диоксины, хлорбензолы, пестициды, гербициды и инсектициды, количественно преобразуются в метан. Примерно 40 % полученного метана может быть впоследствии преобразовано в водород и процесс может работать без внешней подачи водорода. Смесь газов и испаренных жидкостей нагревается, проходя через электрические нагревательные элементы, при этом обеспечивается время удержания более 2 с при 900°C . Реакции завершаются до того, как газы достигают скруббера, где удаляются вода, тепло, кислота и углекислый газ. При необходимости добавляется едкий скрубберный агент для поддержания pH воды скруббера на уровне от 6 до 9. Температура выходящего газа поддерживается около 35°C путем охлаждения воды скруббера с помощью двухпластинчатых теплообменников и холодной воды из испарительного охладителя. Процесс гидрогенизации дехлорирует молекулы и разрушает хлорные кольца и, следовательно, обрабатывает ПХБ и другие СОЗ.

Основными преимуществами этого метода являются полное уничтожение всех СОЗ, саморегенерация технологического газа водорода, низкое количество твердых остатков процесса. Разработаны системы гидрогенизации, которые мобильны, занимают небольшую площадь (1000 м^2), могут перерабатывать около 70 т/мес. и удобны для небольших запасов или загрязненных участков. Затраты на подобные системы гидрогенизации составят около $51\text{ млн долларов США}$, это около 10 % от стоимости современного мусоросжигательного завода [10].

Рассмотрим также инновационную технологию **SCWO**, аббревиатура от **Supercritical Water Oxidation (сверхкритическое окисление воды)** [8, 10, 11]. Эта технология очистки, в первую очередь, сточных вод, но не только. Метод использует свойства воды в ее сверхкритической фазе для растворения и окисления даже самых стойких органических соединений, включая опасные для здоровья токсины. В реакторе Aquarden нагреваются и сжимаются сточные воды и воздух до температуры выше 374°C и давления 221 бар . При этих условиях вода переходит в сверхкритическую фазу. Неорганические соли имеют очень низкую растворимость в сверхкритической фазе воды, они осаждаются и концентрируются в виде рассола, соли и тяжелые металлы концентрируются и удаляются при температуре около 374°C . Затем сверхкритические сточные воды без соли дополнительно нагреваются до $450\text{...}550^{\circ}\text{C}$, где все органические вещества, включая самые стойкие из вредных токсичных соединений, полностью разрушаются. Конечным продуктом является вода, практически не содержащая солей и органических веществ. Этот продукт настолько чист и безопасен, что его можно утилизировать через канализацию, сбрасывать в море или повторно использовать в качестве технической воды. Технология SCWO очищает лучше, чем конкурирующие системы и является экономичной альтернативой традиционным методам, таким как сжигание, химическое окисление и другие. В ходе очистки из органических веществ образуются CO_2 и вода, содержащие азот соединения полностью окисляются, образуя безвредный N_2 ; содержащие серу соединения окисляются, образуя сульфат; сое-

динения с фосфором преобразуются в фосфат, галогены преобразуются в соответствующие им минеральные кислоты, побочных токсичных веществ не производится. К методу SCWO отмечается большой интерес и активность, основными преимуществами SCWO являются очень низкие выбросы, низкие затраты и малочисленные сопутствующие ресурсы (катализаторы) для работы в удаленных местах.

Инновационная технология SCWO может быть эффективно применена для обеззараживания Нубарашенского захоронения.

Для обработки загрязненных почв интересен биологический метод *биоремедиации in situ* [12-14] - это обработка загрязненной почвы на месте загрязнения: экологически безопасный и экономически эффективный, естественный способ удаления загрязняющих веществ из окружающей среды, без перемещения загрязненных участков почвы. Процесс биоремедиации не является быстрым и требует контроля. Ключевым моментом в процессе является определение подходящего микроорганизма для выполнения процесса биоремедиации. Для успешного применения необходимо учитывать влияние влажности, температуры, уровня кислорода и источников пищи на микроорганизмы. Ремедиация *in situ* обычно использует местные бактерии и добавки с питательной водой для увеличения микробиологических показателей.

Биоремедиация *in situ* может быть осуществлена с помощью различных способов, таких как *биоаугментация*, *биостимуляция* и *фиторемедиация*.

Биоаугментация - это внесение в загрязненную почву биопрепаратов, в основу которых входят микроорганизмы, способствующие расщеплению загрязняющих веществ [13]. Это особенно полезный метод, когда естественная местная популяция бактерий в почве недостаточно эффективно разлагает загрязняющие вещества. Для этого часто выделяют определенные аборигенные штаммы микроорганизмов с загрязненного участка и культивируют их в лабораториях для последующего использования в работах по биоаугментации почвы [14]. Эти микроорганизмы имеют усиленные деградационные способности и их добавление в почву ускоряет процесс биоразложения и повышает эффективность. Микроорганизмы, использующие в качестве источника своего питания загрязняющие вещества, преобразуют их в безопасные соединения такие как углекислый газ и вода.

При применении *биостимуляции* в почву добавляют питательные биогенные вещества – гуматы, которые содержат ряд питательных веществ и органических соединений для стимулирования роста и активности микроорганизмов в почве. Этот подход особенно полезен для почв, обедненных питательными веществами, а местная популяция микроорганизмов не функционирует в полную силу. Биостимуляция повышает эффективность биоремедиации и ускоряет восстановление загрязненной почвы.

Процесс *фиторемедиации* - разновидность биоремедиации *in situ*, когда используют растения для удаления или разложения загрязняющих веществ в почве. Некоторые растения обладают способностью к накоплению или разрушению загрязняющих веществ за счет клеток своего организма или микроорганизмов, располагающихся у их корневой системы. Фиторемедиация может служить ценным дополнением к традиционным методам биоремедиации, особенно в труднодоступных загрязненных участках.

Биоремедиация *in situ* — это безопасный и эффективный способ очистки загрязненной почвы. Он не угрожает биологическому разнообразию, в сравнение с традиционными методами очистки, таких как выемка грунта, сжигание, и может применяться для широкого спектра загрязнителей органи-

ческого характера. Используемые бактерии позволяют уменьшить воздействие загрязнения на окружающую среду. Метод может быть адаптирован к конкретным загрязнителям и условиям окружающей среды.

Заключение

На основании изучения методов утилизации СОЗ сделаны следующие предложения.

1. Создать межведомственную комиссию по решению проблемы Нубарашенского кладбища ядохимикатов.
2. Провести консультации с профессиональной компанией по управлению отходами, для определения оптимального метода утилизации отходов СОЗ Нубарашенского захоронения.
3. Приобрести печи для высокотемпературного сжигания просроченных СОЗ на месте, на территории Нубарашенского захоронения.
4. Рассмотреть возможности применения инновационной технологии SCWO.
5. Применить для обработки загрязненных почв Нубарашенского захоронения биологический метод биоремедиации *in situ*.
6. Провести системные исследования и мониторинг присутствия хлорорганических пестицидов, как стойких органических загрязнителей в воздухе, почве и в поверхностных водах Армении.
7. Создать системы учета и контроля ввоза, применения и хранения пестицидов на территории Армении.

Список литературы

- [1] Elimination of Obsolete Pesticide Stockpiles and Addressing POPs Contaminated Sites within a Sound Chemicals Management Framework (POPs Project), Terminal Evaluation Report. <<https://erc.undp.org/evaluation/documents/download/19576>> (accessed 16.08.24).
- [2] Persistent Organic Pollutants: A Global Issue, A Global Response, Available from: <<https://www.epa.gov/international-cooperation/persistent-organic-pollutants-global-issue-global-response>> (16.08.24).
- [3] Persistent Organic Pollutants (POPs) and Pesticides, Available from: <<https://www.unep.org/cep/persistent-organic-pollutants-pops-and-pesticides>>, (accessed 16.08.24).
- [4] **A. Ukalska-Jaruga, K. Lewińska, E. Mammadov, A. Karczewska, B. Smreczak, and A. Medyńska-Juraszek**, Residues of Persistent Organic Pollutants (POPs) in Agricultural Soils Adjacent to Historical Sources of Their Storage and Distribution - The Case Study of Azerbaijan, Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7221879/?fbclid=IwY2xjawEvKVZleHRuA2FlbQIxMAABHelhY7gSaRF-IV8HerinkYxacnkLE4AEODJcW9T8nVv69Uwkw9mqey9ADQ_aem_ATrWp9Vm_boBO9qZgmuOQQ> (accessed 16.08.24)
- [5] **M. Avagyan**, The Organochlorine Pesticides Reserves in the Transcaucasian Region. The Ecological Consequences, in: Proceedings of the 8th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, 26-28 October 2016, Yerevan, Civil Engineering, Sustainable Construction, Materials, Structural Mechanics and Technologies Environmental Engineering, Transport Problems, 2016, pp.10-12.
- [6] **М. Авакян**, Проблема нубарашенского кладбища ядохимикатов, Науч. труды НУАСА, 1(85) (2023) 34, DOI: <https://doi.org/10.54338/18294200-2023.1-04>, Available from: <<https://sp.nuaca.am/index.php/sp/article/view/8>> (accessed 16.08.24).

- [7] POPs destruction technologies. Available from: <<https://www.unep.org/topics/chemicals-and-pollution-action/pollution-and-health/persistent-organic-pollutants-pops-12>> (accessed 16.08.24).
- [8] Обновленные общие технические руководящие принципы, Available from: <<http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/pub/techguid/tg-POPs-r.pdf>> (accessed 16.08.24).
- [9] Training Manual on the environmentally Sound Management and Disposal of Persistent Organic Pollutants (POPs), Available from: <https://bcrc-caribbean.org/wp-content/uploads/2021/06/ESM-and-Disposal-Manual-12.4.2021_Final.pdf> (accessed 16.08.24)
- [10] Non-combustion Technologies for POPs Destruction Review and Evaluation. United Nations Industrial Development Organization (eds. S. Zinoviev, P. Fornasiero, A. Lodolo, S. Miertus), UNIDO (2007), Available from: <https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-noncombustion-en-v1_2aw.pdf> (accessed 16.08.24)
- [11] Non-combustion techniques for POPs waste destruction: an IPEN brief on environmentally sound management of POPs, Available from: <https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-brief-noncombustion-v1_1-en.pdf> (accessed 16.08.24)
- [12] Destruction and decontamination technologies FRO PCBs and other POPs wastes under the Basel Convention. A Training Manual for Hazardous Waste Project Managers, Volume A. Available from: <<http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/meetings/sbc/workdoc/TM-A.pdf>> (accessed 16.08.24)
- [13] **Г.А. Жариков и др.** Разработка и полевые испытания технологии биоремедиации территорий предприятий, загрязненных токсичными химическими веществами, подготовка нормативно-технической документации. *Medicine of Extreme Situations* 21(2) (2019), Available from: <<https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-polevyie-isyptaniya-tehnologii-bioremediatsii-territoriy-predpriyatij-zagryaznennyh-toksichnymi-himicheskimi>> (accessed 16.08.24).
- [14] Почвенные микроорганизмы и беспозвоночные, участвующие в биоремедиации и круговороте питательных веществ. Комиссия по генетическим ресурсам для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. XIX очередная сессия, Рим, 17–21 июля 2023 года, с. 8, Available from: <<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3a909c52-b1cc-4746-b44a-3330b0cd84ba/content>>, 2023 (accessed 16.08.24).

**ՆՈՒԲԱՐԱՇԵՆԻ ԳԵՐԵՉՄԱՆՈՑԻ ԹՈՒՆԱՔԻՄԻԿԱՏՆԵՐԻ ՉԵԶՈՔԱՑՄԱՆ
ՀՆԱՐԱՎՈՐ ՄՈՏԵՑՈՒՄՆԵՐԸ . ԿԱՐՃ ԱՎՆԱՐԿ**

Մարիամ Ավետիսի Ավագյան

*Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ
avagyan_mariam@yahoo.com*

Կայուն օրգանական աղտոտիչների (ԿՕԱ) Նուրարաշենի գերեզմանատունը կառուցվել է 1982 թ. սողանքային գոտում՝ Երևանի խորքային և Ջրվեժի ակտիվ խզվածքների հարևանությամբ՝ առանց գերեզմանոցի հիմքի անհրաժեշտ նախապատրաստման: Ժամկետանց և արզելված թունաքիմիկատների չեզոքացումը և դրանցով աղտոտված տարածքների մաքրումը երկրի համար բնապահպանական անվտանգության խնդիր է: Շրջակա միջավայրի երկրորդային աղտոտումից

խուսափելու համար ԿՕՍ-ի չեզոքացումը նպատակահարմար է իրականացնել տեղում՝ Նուբարաշենի գերեզմանատանը, կիրառելով չեզոքացման անվտանգ մեթոդներ: Այս աշխատանքում, որպես ակնարկ, առաջին անգամ ներկայացվում է ԿՕՍ-ի հեռացման ժամանակակից մոտեցումները և հնարավորությունները՝ անվտանգ, արդյունավետ մեթոդների կիրառմամբ, Նուբարաշենի գերեզմանոցի խնդրի լուծման համար առաջարկներ ներկայացնելու նպատակով: Աշխատանքում առաջարկվում է կիրառել ժամկետանց ԿՕՍ-ի բարձր ջերմաստիճանով այրման մեթոդ, և որպես այլընտրանք՝ առաջարկվում է ԿՕՍ-ի հեռացման նորարարական SCWO տեխնոլոգիան: Նուբարաշենի գերեզմանոցի աղտոտված հողերը բուժելու համար առաջարկվել է *bioremediation in situ* կենսաբանական մեթոդը:

Բանալի բառեր. կայուն օրգանական աղտոտիչներ, պեստիցիդներ, ԿՕՍ-ի չեզոքացման մեթոդներ

POSSIBLE APPROACHES TO DISPOSAL OF TOXIC CHEMICALS FROM THE NUBARSHEN CEMETERY: A BRIEF REVIEW

Mariam Avagyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA
avagyan_mariam@yahoo.com

The Nubarashen cemetery of persistent organic pollutants (POPs), was built in 1982 in a landslide zone, near the Yerevan deep fault and the Djrvezh active fault, without the necessary preparation of the foundation of the cemetery. The destruction of stocks of expired pesticides in the Nubarashen landfill and the purification of territories contaminated with persistent organic pollutants is a task of ecological security for the country. To exclude secondary pollution of the environment when transporting POPs for disposal, it is necessary to choose safe methods of disposal of POPs on site in the Nubarashen cemetery. In this work, for the first time, an overview of modern approaches and possibilities of POPs utilization by safe, effective methods is presented in order to propose for solving the problem of Nubarashen landfill. The proposed method of high-temperature burning of expired POPs on site, as an alternative, the innovative SCWO technology is proposed for the utilization of POPs. Biological method of bioremediation in situ is proposed for the processing of contaminated soils of Nubarashen burial ground.

Keywords: *persistent organic pollutants, pesticides, methods of POPs disposal*

Ավագյան Մարիամ Ավետիսի, կ.գ.թ., դոցենտ (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ՇՄԿՏՍ ամբիոն, (+374)93438756, *avagyan_mariam@yahoo.com*

Авакян Мариам Аветисовна, к.б.н., доцент (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Управления окружающей средой, туризма и сервиса, (+374)93438756, *avagyan_mariam@yahoo.com*

Avagyan Mariam, doctor of philosophy (Ph.D) in biology, associate professor (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Geoecology and Biosafety (+374)93438756, *avagyan_mariam@yahoo.com*

Ներկայացվել է՝ 25.10.2024թ.

Գրախոսվել է՝ 11.11.2024թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 25.12.2024թ.