

УДК 629.78

Н.М. Дронь, д-р техн. наук, проф.,  
П.Г. Хорольский, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,  
Л.Г. Дубовик

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, г.Днепропетровск, Украина, e-mail: nord@mail.dsu.dp.ua; horol09@mail.ru; dubovik\_l.g@mail.ru

## ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОРЕНИЯ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

N.M. Dron, Dr. Sci. (Tech.), Prof.,  
P.G. Horolsky, Cand. Sci. (Tech.), Sen. Res. Sci.,  
L.G. Dubovik

Oles Gonchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: nord@mail.dsu.dp.ua, horol09@mail.ru, dubovik\_l.g@mail.ru

## WAYS OF REDUCTION OF TECHNOGENIC POLLUTION OF THE NEAR-EARTH SPACE

**Цель.** Исследования направлены на решение одной из наиболее острых проблем использования космического пространства – проблемы, связанной с существованием космического мусора на околоземных орбитах.

**Методика.** На основании проведенного анализа существующего экологического состояния окружающей космической среды и определения основных факторов загрязнения космического пространства рассмотрены основные пути борьбы с космическим мусором на околоземных орбитах.

**Результаты.** Установлено, что основными факторами загрязнения околоземного космического пространства являются отработанные ступени ракет-носителей и разгонные блоки, космические аппараты, прекратившие свое существование, фрагменты разрушения искусственных космических объектов, операционные элементы и т.д. Космический мусор, в основном, сконцентрирован на низких орбитах и в районе геостационарной орбиты, которые являются наиболее эксплуатируемыми, а значит и наиболее засоренными. Показано, что основными путями борьбы с космическим мусором являются предотвращение появления нового и удаление уже существующего. Рассмотрены методы и средства увода космических аппаратов с рабочих орбит по окончании срока их активного существования и известные способы и системы активного удаления уже существующих фрагментов космического мусора.

**Научная новизна.** Научная новизна представленных результатов состоит в описании концептуальных мероприятий по уменьшению загрязнения космоса.

**Практическая значимость.** Работы, выполняемые в данном направлении, имеют весомую практическую ценность, так как освоение космоса дает огромную пользу и значительный прогресс человечеству, но дальнейшая эксплуатация околоземного пространства существующими методами, без принятия указанных в статье мер, не будет безопасной уже в ближайшем будущем.

**Ключевые слова:** космический мусор, околоземное космическое пространство, экологическое состояние, уменьшение техногенного засорения

**Постановка проблемы.** Освоение космоса открыло перед человечеством огромные возможности для проведения научных исследований и решения самых разнообразных задач. Однако космическая деятельность человека в околоземном пространстве (ОКП) привела к появлению ряда проблем, в том числе проблемы экологии, заключающейся в загрязненности ОКП так называемым космическим мусором (КМ). КМ – это антропогенные объекты, которые находятся на околоземной орбите или возвращаются в атмосферу, не принося при этом никакой пользы для космоса. По данным National Aeronautics and Space Administration (NASA) 85% массы космического мусора составляют крупные части ракет-носителей (РН) и разгонных блоков (РБ), с помощью которых искусственные спутники Земли выводятся на орбиту, а также сами космические аппараты (КА), прекратившие свое функционирование. Еще 12% КМ

– это операционные элементы и конструкции, отделившиеся в процессе запуска КА и их эксплуатации. Все остальное (приблизительно 3%) – маленькие фракции, мельчайшие фрагменты и осколки, которые возникли в результате столкновений, а иногда и взрывов РН, РБ и КА [1].

Скопившийся на околоземных орбитах мусор превратился в фактор повышенной опасности и, нередко, угрожает орбитальным полетам. Особая опасность космического мусора связана с тем, что он перемещается в пространстве с огромной относительной скоростью (до 15 км/с). Поэтому даже частица, линейные размеры которой составляют лишь один сантиметр, столкнувшись с космическим аппаратом, может вызвать его серьезные повреждения.

Статистика [1] показывает, что всего три года назад вероятность столкновения КА с объектом космического мусора прогнозировалась как один случай в пять лет. Сегодня такая вероятность столкновения – один случай в полтора-два года. При этом практиче-

ски неважно, с объектом какой массы сталкивается КА, так как при этом выделяется колоссальная энергия, и он весьма вероятно должен выйти из строя.

Наиболее уязвимой по отношению к космическому мусору является геостационарная орбита (ГСО), где сосредоточены космические аппараты связи, ретрансляции, телевидения, раннего предупреждения о ракетном нападении.

Другой исключительно востребованной областью околоземного космического пространства является область низких околоземных орбит (НОО) высотой до 2000 км, где сконцентрированы группировки космических аппаратов различного целевого назначения.

Если КМ, расположенный на высотах ниже 600 км, в течение нескольких лет входит в атмосферу и сгорает в ней, то мусору, расположенному на высотах 800 км, на это требуются десятилетия, а искусственным объектам на высотах от 1000 км и выше – сотни лет.

**Анализ состояния космической среды.** Из года в год число космических полетов постоянно растет, а вместе с ними увеличивается не только число объектов, выводимых на разные орбиты, но и количество мусора, которое образуется в космическом пространстве. NASA сообщает, что на 01 июля 2013 г. [1] космосе насчитывается 16602 техногенных объекта, из которых 12990 – части ракет-носителей и обломки различного рода (78% от общего числа).

Как видно на рис. 1, 1426 спутников и 4798 ступеней ракет и другого космического мусора принадлежит России и другим странам СНГ. За США числится 4923 объекта (1137 спутников и 3726 ступеней ракет и других элементов космической техники). Немного меньший в засорении космоса китайский вклад. Общее количество числящихся за КНР объектов – 3728 (143 спутника и 3595 обломков космической техники и ступеней ракет-носителей). Франции принадлежит 498 искусственных объектов на околоземной орбите. Японии – 207, Индии – 172, Европейскому космическому агентству (ЕКА) – 91, другим странам – 749 объектов искусственного происхождения.

Если космические полеты будут проходить так же, как и раньше, то в будущем загрязнение космического пространства ускорится из-за столкновений, связанных с увеличением числа обломков на орбите.

Уже сегодня имеет место „перенаселенность“ некоторых орбит, а емкость так называемых „удобных“ орбит практически исчерпана. Дальнейшее накопление техногенных объектов на НОО и ГСО очень опасно тем, что после достижения некоторого критического уровня может начаться лавинообразный рост их числа вследствие фрагментации при взаимных столкновениях. Фрагменты мусора, образовавшиеся после взрывов, способны порождать следующие столкновения, что по существующим оценкам приведет к росту загрязненности в геометрической прогрессии. Это сделает через какое-то время деятельность в космосе практически невозможной.

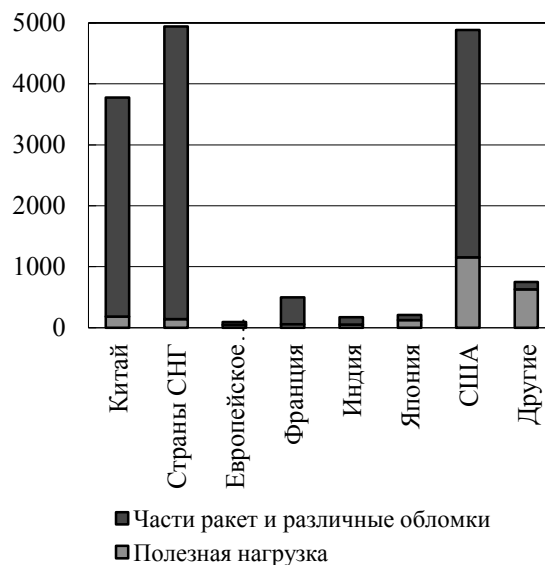


Рис. 1. Количество космических объектов в космосе на 01.08.2013 г.

Поскольку с помощью существующих технологий тяжело решить задачу улучшения состояния космической среды, разумным шагом по сохранению космического пространства для будущих поколений в настоящее время есть принятие мер по уменьшению ее загрязненности. Уменьшение количества космического мусора – наилучшая общепризнанная стратегия для продолжительной борьбы с последствиями засорения космического пространства и возможности безаварийного вывода и функционирования космических аппаратов на целевых орбитах.

**Цель работы.** Целью данной работы является рассмотрение основных методов уменьшения количества космического мусора на околоземных орбитах, оценка их универсальности и возможности практической реализации.

**Изложение основного материала. Методы уменьшения космического мусора.** В связи с актуальностью проблемы космического мусора в последние годы под эгидой Европейского Космического агентства регулярно обсуждаются новейшие результаты проводимых исследований по снижению засоренности околоземного космического пространства и обеспечения безопасности космической деятельности. Анализируя и обобщая данные этих исследований, следует выделить два пути борьбы с космическим мусором на околоземных орбитах:

- предотвращение засорения околоземного космического пространства новым КМ;
- активное удаление с околоземных орбит фрагментов уже существующего космического мусора.

Одной из важнейших мер по предотвращению засоренности космической среды является информирование об опасностях, связанных с загрязненностью околоземного пространства, и о многочисленных источниках образования космического мусора. В этой связи возрастает роль действующих и создаваемых систем наблюдения, которые позволяют получать

объективную информацию о космической обстановке.

Для решения проблемы столкновений и взрывов, приводящих к появлению как крупных, так и мелких частей космического мусора, необходимо установить контроль над материалами, технологиями производства и запуска космических аппаратов. Во избежание столкновений КА целесообразно ввести прогнозные расчеты для установления безопасных окон стартов, исключающих пересечение траектории полета КА с пилотируемыми кораблями, находящимися на орбите.

Эффективной мерой предотвращения случайных взрывов является пассивация космических аппаратов, последних ступеней ракет-носителей и разгонных блоков после их использования в конце программы полета. Она состоит в удалении с этих объектов остатков всех видов энергии, включая стравливание компонентов ракетного топлива и газа наддува, консервацию химических источников тока, деактивацию пиротехнических устройств. Ранее, когда это не выполнялось, уже недействующие спутники из-за перегрева нередко взрывались на орбите, порождая массу потенциальных обломков.

Уменьшению числа нового космического мусора будет способствовать ограничение количества операционных элементов (заглушек, пиротехнических устройств и т.д.), которые отделяются от последних ступеней ракет, разгонных блоков, космических аппаратов и пилотируемых космических кораблей в процессе их штатной работы, а также применение автоматической системы ремонта и обслуживания спутников на орбите. Как решение – специальным роботом следует поймать спутник и отбуксировать его на борт ремонтной базы.

Экономически оправданным является применение мер по уменьшению загрязнения на ранних стадиях конструирования КА. Широко практикуется сохранение в двигателях коррекции космических аппаратов запаса топлива, необходимого для удаления с околоземных орбит КА, прекративших свое существование. С НОО неработающие космические аппараты энергетически выгоднее удалять путем дополнительного их снижения с последующим сгоранием в атмосфере Земли, а с орбит высотой более 20000 км – путем перевода на далекие от Земли орбиты. В любом случае космические аппараты должны оснащаться дополнительным оборудованием, предназначенным для увода аппарата с орбиты.

В этой связи следует выделить следующие типы систем увода, которые могут быть разделены на три группы, включающие двигательные установки (ДУ), парусные устройства (ПУ) и магнитные устройства (МУ).

Для быстрого увода КА могут быть использованы ДУ на базе жидкостных или твердотопливных ракетных двигателей. При этом аппарат будет уведен с орбиты за достаточно короткий промежуток времени, но для этого потребуются значительный запас топлива на его борту. Для продолжительного увода КА мо-

гут быть применены электрореактивные двигатели. Так, например, был совершен увод КА SPOT-1. Космический аппарат был переведен на орбиту, находясь на которой он достигнет плотных слоев атмосферы в течение 16,5 лет и сгорит.

Одним из стандартных элементов оборудования КА в будущем может стать надувной шар GOLD [2], который относится к аэродинамическим парусным устройствам увода КА с рабочих орбит. Это простое устройство представляет собой оболочку и небольшой баллон с газом. В нерабочем состоянии GOLD занимает мало места, а в случае необходимости газ наполняет оболочку, и рядом со спутником надувается шар диаметром до нескольких сотен метров. Благодаря трению об атмосферу нашей планеты эта конструкция эффективно тормозит КА, заставляет его снизиться и, в конечном итоге, сгореть в плотных слоях атмосферы. Преимущество данной идеи в дешевизне и простоте реализации на любых космических аппаратах. Однако есть и серьезные недостатки: воздушный шар уязвим для микрометеоритов и частиц пыли, эффективность его использования падает с высотой нахождения КА.

Аэродинамические парусные устройства увода могут быть не только объемной конфигурации (в форме шара, тора, цилиндра, пирамиды и т.д.), но и плоской – в форме диска, зонга, парашюта, квадрата, комбинации различных надувных форм.

Для изготовления данных систем, в основном, могут применяться тонкопленочные материалы, такие как Mylar, Kevlar, Twaron, Zylon, Kapton и углеродистая ткань. Для повышения прочности материала полимерную пленку можно покрывать тонким слоем алюминия, кремния либо керамики.

20 января 2011 г. NASA запустило на орбиту небольшой спутник NanoSail-D, оснащенный „солнечным парусом“ (СП) – устройством, использующим силу давления солнечного света для приведения в движение КА. Спутник успешно испытал оборудование для развертывания тончайшего полимерного паруса, который продемонстрировал эффективность работы в разреженной атмосфере на высоте 650 км. Преимущества СП заключаются в малом весе оборудования и возможности замедлять и улавливать микроскопические частицы мусора без особого ущерба для главной задачи – увода старого КА с орбиты. Недостаток видится в невысокой надежности систем, разворачивающих парус, и ориентации относительно Солнца. Следует также принять во внимание особенности их движения, состоящего из разгона на одном участке орбиты и торможения на другом.

За счет использования магнитного взаимодействия собственного магнитного поля космического аппарата и магнитного поля Земли могут быть созданы магнитные средства увода КА с рабочих орбит:

- стационарные магнитные устройства;
- электродинамические космические тросовые системы.

Стационарные магнитные устройства могут быть выполнены в виде устройств, предназначенных для

генерирования магнитного поля, размещенных на борту КА. Данные системы, в отличие от парусных систем, не требуют систем развертывания, ориентации и являются более устойчивыми к столкновениям с фрагментами космического мусора.

Принцип действия электродинамической космической тросовой системы состоит в том, что по окончании срока активного существования КА с его борта выстреливают концевое тело, к которому прикреплен трос или лента. Под действием тока, текущего в тросе, возникает сила Ампера, направленная против движения связки „КА-трос“ и обуславливающая электродинамическое торможение за счет разности потенциалов магнитного поля Земли.

Достоинствами данных систем является небольшая масса и простота изготовления, недостатком – сложность разворачивания троса.

Однако рассмотренные магнитные устройства увода КА, несмотря на ряд их достоинств, на данный момент времени не вызывают особого интереса у исследователей и разработчиков [3].

Для удаления фрагментов существующего космического мусора выдвигаются следующие предложения:

- удаление отработанных верхних ступеней ракет-носителей с помощью ионного пучка [4]. Идея концепции заключается в передаче импульса фрагменту космического мусора без физического контакта, используя импульс ионов, испускаемых магнитогидродинамическим двигателем. В результате фрагмент теряет свою скорость и сходит с орбиты;

- применение для утилизации крупных фрагментов КМ космического корабля-буксира, который использует электростатические силы, не требуя при этом физического контакта [5]. Используя направленный электронный луч, фрагменту сообщается заряд. В результате электромагнитного взаимодействия поля Земли с собственным полем фрагмента космического мусора возникает сила, достаточная для безопасного схода фрагмента с орбиты в течение нескольких месяцев;

- использование полиуретановой пены, образуемой при смешивании двух жидких компонентов в результате экспансивной реакции [6]. Небольшие фрагменты космического мусора поглощаются пенной губкой, после чего губка уводится с орбиты. На данный момент времени получен оптимальный химический состав пены для работы в условиях космоса;

- увод с орбиты свободно вращающихся объектов КМ различной формы, геометрии и поверхностных особенностей с помощью специальной системы их захвата [7], в основу которой заложена идея мягкой стыковки с удаляемым объектом за счет электросухого прилипания;

- применение пульсирующего лазера, взаимодействующего с фрагментами космического мусора [8]. Основой метода является воздействие лазерным импульсом на фрагмент космического мусора, вследствие чего возникает абляция поверхностного слоя

фрагмента. Испарившийся слой материала придает импульс фрагменту, который теряет скорость и сходит с орбиты. Недостатком данного метода является требуемая высокая мощность лазера, что влечет за собой создание соответствующих источников энергии;

- удаление массивных объектов (более 1 т.) с помощью гарпунной системы, захватывающей космический мусор [9]. Гарпун состоит из набора шипов для надежного удерживания цели, разрушаемой секции для поглощения избыточной энергии удара, и троса. Система работает на сжатом газе, так как это позволяет обеспечивать несколько выстрелов гарпуна;

- использование электродинамической тросовой системы [10]. В этом случае электродинамический трос пристыковывается к фрагменту космического мусора. В результате взаимодействия троса с электромагнитным полем Земли фрагмент теряет скорость и сходит с орбиты. Недостатком системы является сложность сохранения конфигурации в полете.

**Выводы и перспективы дальнейшего развития.** Учитывая вышеизложенное, можно сделать следующие выводы.

1. Существенное ограничение и уменьшение уровня засоренности околоземного космического пространства может быть достигнуто при совокупном использовании таких мер, как регулирование общего количества запускаемых космических аппаратов, исключение взрывов космических объектов, уменьшение числа сопутствующих фрагментов КМ при запусках и эксплуатации КА, а также увод аппаратов, закончивших срок своего активного существования, собственными средствами.

2. Предложенные способы и системы увода космических аппаратов с рабочих орбит по окончании срока их существования и активного удаления фрагментов уже существующего космического мусора, хотя и являются эффективными, лишены универсальности. Их практическая реализация связана с определенными затруднениями, в частности, обусловленными отсутствием экономической оценки рассмотренных технических решений.

Предметом дальнейших исследований должен быть поиск оптимального варианта решения данной проблемы, предполагающий определение наиболее засоренной орбиты, количества фрагментов космического мусора на ней, их размеров, массы и скорости, а также анализ затрат, необходимых на выполнение поставленной задачи.

#### Список литературы / References

1. Orbital Debris Quarterly (2013), *National Aeronautics and Space Administration*, Volume 17, Issue 3, 10 p.
2. Kristen Gates (2010), *Proceedings of the Astrodynamics Specialists Conference*, Toronto, Canada, August 2–5, 2010.
3. Палий А.С. Методы и средства увода космических аппаратов с рабочих орбит (Состояние пробле-

мы): сб. докладов научной конференции „Информационные технологии в управлении сложными системами“ / А.С. Палий – Днепропетровск: изд-во „Свидлер А.Л.“, 2011. – С. 94–102.

Paliy, A.C. (2011), “Methods and means of withdrawal of space vehicles from working orbits (A problem Condition)”, *The collection of reports of scientific conference “Information Technology in Control of Difficult Systems”*, pub. House “Svidler A.L.”, Dnipropetrovsk, pp. 94–102

4. Bombardelli, C., Herrera-Montojo, J. and Gonzalo, J.; Technical University of Madrid (2013), “Multiple Removal of Spent Rocket Upper Stages with an Ion Beam Sheph”, *Proceedings of the sixth conference on space debris, ESOC, Darmstadt, Germany, 22–25 April 2013*.

5. Schaub, H. and Sternovsky, Z.; University of Colorado Laboratory for Atmospheric and Space Physics, Univ. of Colorado Active (2013), “Space Debris Charging for Electrostatic Disposal Maneuvers”, *Proceedings of the sixth conference on space debris, ESOC, Darmstadt, Germany, 22–25 April 2013*.

6. Rizzitelli, F.; Bellini, N., Candini, G. P. and Ditaranto, A.; University of Bologna; University of Rome (2013). “Active Debris System based on Polyurethane Foam”, *Proceedings of the sixth conference on space debris, ESOC, Darmstadt, Germany, 22–25 April 2013*.

7. Branz, F., Savioli, L. and Francesconi, A.; University of Padova - CISAS “G. Colombo”; Simon Fraser University (2013), “Soft-Docking system for capture of irregularly shaped, uncontrolled space objects”, *Proceedings of the sixth conference on space debris, ESOC, Darmstadt, Germany, 22–25 April 2013*.

8. Liedahl, D., Rubenchik, A. and Libby, S.; Lawrence Livermore National Laboratory; Photonic Associates, LLC (2013), “Pulsed Laser Interactions with space debris: Target shape effects”, *Proceedings of the sixth conference on space debris, ESOC, Darmstadt, Germany, 22–25 April 2013*.

9. Reed, J. (2013), “Development of harpoon system for capturing space debris”, *Proceedings of the sixth conference on space debris, ESOC, Darmstadt, Germany, Darmstadt, Germany, 22–25 April, 2013*.

10. Emanuelli, M., Nasser, A., Raval, S., etc.; Space Generation Advisory Council; University of Toronto; Sardar Vallabhbhai Patel Institute of Technology; University of Surrey; University of Cape Town; South African Astronomical Observatory; Dresden (2013), “Active space debris removal using European modified launch vehicle upper stages equipped with electrodynamic tethers”, *Proceedings of the sixth conference on space debris, ESOC, Darmstadt, Germany, 22–25 April 2013*.

**Мета.** Дослідження спрямоване на вирішення однієї з найбільш гострих проблем використання космічного простору – проблеми, пов’язаної з існуванням космічного сміття на навколоземних орбітах.

**Методика.** На підставі проведеного аналізу існуючого екологічного стану й визначення основних факторів засмічення космічного простору розглянуто основні шляхи боротьби з космічним сміттям на навколоземних орбітах.

**Результати.** Встановлено, що основними факторами засмічення навколоземного космічного простору є відпрацьовані ступені ракет-носіїв та розгінні блоки, космічні апарати, що припинили своє існування, фрагменти руйнування штучних космічних об’єктів, операційні елементи та ін. Космічне сміття, в основному, сконцентроване на низьких орбітах і в околі геостационарної орбіти, що є найбільш експлуатованими та, як наслідок, найбільш засміченими. Показано, що основними шляхами боротьби з космічним сміттям є запобігання появі нового й видалення вже існуючого. Розглянуто методи й засоби уводу космічних апаратів з робочих орбіт по закінченню терміну активного існування та відомі способи й системи активного видалення фрагментів космічного сміття.

**Наукова новизна.** Наукова новизна одержаних результатів полягає у представлених заходах відносно зменшення засмічення космосу.

**Практична значимість.** Роботи, що виконуються в даному напрямі, мають вагому практичну значимість, оскільки освоєння космосу дає велику користь і значний прогрес людству, проте подальша експлуатація навколоземного простору існуючими методами, без прийняття заходів, що вказані у статті, не буде безпечною вже в найближчому майбутньому.

**Ключові слова:** космічне сміття, навколоземний космічний простір, екологічне становище, зменшення техногенного засмічення

**Purpose.** Our research is directed on the solution of one of the most important problems of the space use, a problem of space debris on the near-earth orbits.

**Methodology.** We have analysed the existing ecological condition of the space environment and defined the major factors of its pollution in order to find basic ways of reduction of space debris on near-earth orbits.

**Findings.** We have established that the major factors of pollution of the near-earth space are spent stages of launch vehicles and accelerating units, out-of-service space vehicles, fragments of destroyed artificial space objects, operational elements etc. Space debris is concentrated on low orbits and around the geostationary orbit. They are in most common use so they became the most polluted. The basic ways of the space debris reduction are prevention of further pollution and removal of the already existing debris. We have considered the methods and means of withdrawal of space craft from working orbits upon termination of their active utilization and known ways and systems of active removal of fragments of space debris.

**Originality.** We have described the conceptual measures of space pollution reduction.

**Practical value.** The described activities are of importance as the outer space exploration gives huge ad-

vantage and significant progress to mankind. But further operation at near space by existing methods without acceptance of the measures listed in the article can make its further safe development impossible in the near future.

УДК 504.064

Е.А. Борисовская, канд. техн. наук, доц.,  
В.В. Федотов

**Keywords:** *space debris, near-earth space, ecological condition, reduction of technogenic pollution*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук  
Є.О. Джуром. Дата надходження рукопису 22.07.13.*

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г.Днепропетровск, Украина,  
e-mail: BorysovskaO@nmu.org.ua; vaclavdnepr@i.ua

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССА ОПАСНОСТИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ

Ye.A. Borisovskaya, Cand. Sci. (Tech.), Associate  
Professor,  
V.V. Fedotov

State Higher Educational Institution “National Mining University”,  
Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: BorysovskaO@nmu.org.ua

## IMPROVEMENT OF THE METHOD OF DANGER CLASS DEFINITION OF COAL-MINING SOLID WASTES

**Цель.** Анализ нормативной методики определения класса опасности промышленных отходов и поиск альтернативных подходов к определению степени опасности шахтных отходов для окружающей природной среды.

**Методика.** Определение класса опасности шахтных отходов проводилось расчетным способом по нормативной методике ГСанПиН 2.2.7.029-99 и по „Критериям отнесения отходов к классу опасности для окружающей природной среды“.

**Результаты.** Исследована нормативная методика определения класса опасности промышленных отходов, выявлены ее основные недостатки. Определен класс опасности шахтных отходов по нормативной методике. Выявлены расхождения между расчетным и действительным уровнем опасности отходов для окружающей природной среды, возникающие при расчете класса опасности твердых отходов угледобычи данным методом, что приводит к занижению сумм экологического налога. Рассчитан класс опасности для тех же шахтных отходов по альтернативной методике. Приведена сравнительная характеристика нормативной и альтернативной методики. Предложен вариант усовершенствования метода определения степени опасности промышленных отходов.

**Научная новизна.** Предложен и обоснован переход от санитарно-гигиенического к экологическому нормированию, что позволит исключить расхождения в результатах расчета для одних и тех же отходов, предупредить нарушения требований по обращению с опасными отходами.

**Практическая значимость.** Предложенный в работе способ усовершенствования нормативной методики по определению класса опасности промышленных отходов позволит повысить ее точность и предотвратить занижение сумм экологического налога за размещение твердых отходов угледобычи в окружающей среде.

**Ключевые слова:** *шахтные отходы, тяжелые металлы, класс опасности отходов, санитарные правила, обращение с отходами*

**Введение.** В Украине продолжается процесс прогрессирующего накопления отходов. По официальным данным, их общее количество в настоящее время достигло 35 млрд т. [1]. Основная масса отходов образуется на предприятиях угольной, горно-металлургической, химической и других отраслей промышленности. Так, на предприятиях угольной отрасли складировано 627 млн т. отходов обогащения угля, 247 млн т. шлама и „хвостов“, которые образовались на обогатительных фабриках, 2,4 млрд т. отходов горных пород и грунтов, образующихся при проведении вскрышных работ в процессе строи-

тельства шахт, разрезов, добычи угля открытым способом [2].

Сложная ситуация в сфере обращения с промышленными отходами, сложившаяся в настоящее время в Украине, усугубляется отсутствием адекватной методики определения класса их опасности. В настоящее время единственной официально утвержденной методикой определения класса опасности отходов являются Государственные Санитарные правила и нормы ГСанПиН 2.2.7.029-99 „Гигиенические требования к поведению с промышленными отходами и определение их класса опасности для здоровья населения“ [3].

**Анализ предыдущих исследований.** Согласно данному нормативному документу, для определения