

27. Матакова Р.Н., Бадавамова Г.Л., Кенжеханова Ж.Т. Электрохимические особенности поведения и анализа низких содержаний редкоземельных элементов на жидких и твердых электродах // Вестник КазНУ. - Серия химич. –2003. – № 3(31). – С. 223-225.
28. Матакова Р.Н., Бадавамова Г.Л., Кенжеханова Ж.Т. Инверсионно-вольтамперометрическое определение церия, европия и иттербия на твердых и твердожидких электродах // Конф. «Аналитика Сибири и Дальнего Востока». – Новосибирск, 2004. – С. 154-157.
29. Матакова Р.Н., Кенжеханова Ж.Т., Сатыбаева М. Определение иттербия методом дифференциальной импульсной полярографии и ИВ на ртутном электроде // Тез. докл. 60-ой Респуб. научн.-практ. конф. молодых ученых и студентов по прикл. вопросам химии «Молодежь и наука: творчество и инновация». Казахст. хим. дни. – 2006. – С. 41-42.
30. Матакова Р.Н., Кенжеханова Ж.Т., Сатыбаева М. Влияние мешающего действия свинца на определение иттербия методом инверсионной вольтамперометрии // Тез. докл. 60-ой Респуб. научн.-практ. конф. молодых ученых и студентов по прикл. вопросам химии «Молодежь и наука: творчество и инновация». Казахст. хим. дни. – 2006. – С. 43-45.
31. Кенжеханова Ж.Т., Матакова Р.Н., Бадавамова Г.Л. Изучение мешающего действия свинца и стронция на контроль микросодержаний иттербия в ходе переработки полиметаллических свинцовых руд // Вестник КазНУ. - Серия химич. –2007. – № 1(45). – С. 320.
32. Бадавамова Г.Л., Матакова Р.Н. Изучение электрохимических процессов на твердом композиционном электроде с участием некоторых редкоземельных металлов (европий, иттербий) // Вестник КазНУ. - Серия химич. –2010. – № 4(60). – С. 105.
33. Бадавамова Г.Л., Матакова Р.Н. Ерітіндіде бірге журген европий, иттербий және церийдің іздік мөлшерлерінің электрохимиялық толдануы // Вестник КазНУ. - Серия химич. –2012. – № 1(65). – С. 127-131.
34. Брайнина Х.З. Инверсионная вольтамперометрия твердых фаз. – М.: Химия, 1978. – 240 с.

СИРЕК-ЖЕР МЕТАЛДАРДЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯСЫ

Р.Н. Матакова, К.Ж. Сағадиева

Минералды-органикалық және сулы ерітінділердегі қатты-сұйық, қатты және сұйық электродындағы СЖЭ-ң электродтық процестерінің зерттелуінің көп жылғы негізгі нәтижелері мен динамикасы берілген.

ELECTROCHEMISTRY OF RARE EARTH METALS

R.N.Matakova, K.Zh.Sagadieva

Dynamics and main results of long-term research of REM behavior in electrode processes on liquid, solid and solid-liquid electrodes in water and mineral-organic solutions are given.

УДК 614.7; 543.8

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРОЛИВОВ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ВЫСОКОТОКСИЧНОГО 1,1-ДИМЕТИЛГИДРАЗИНА

Б.Н.Кенесов, С.Е.Батырбекова

Центр физико-химических методов исследования и анализа,
Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы
e-mail: bkenesov@cfhma.kz

В работе дан краткий обзор актуальных направлений изучения экологических последствий проливов ракетного топлива на основе высокотоксичного 1,1- диметилгидразина. Обобщены последние результаты по изучению процессов трансформации 1,1-диметилгидразина, идентификации его основных метаболитов и разработке методик их определения. Дана характеристика современных методик определения 1,1-диметилгидразина и продуктов его трансформации в объектах окружающей среды. В работе показано, что за последние годы за счет применения наиболее современных методов физико-химического анализа и пробоподготовки, работы в данном направлении существенно продвинулись вперед и способствовали развитию исследований по смежным направлениям. Описан характер распределения продуктов трансформации в почвах мест падения первых ступеней ракет-носителей и охарактеризованы имеющиеся методы их очистки.

Введение

В последние годы освоение космического пространства приобретает все большие масштабы для решения научных, социальных и социально-политических проблем [1].

На протяжении многих десятилетий космодром «Байконур» является основным объектом наземной космической инфраструктуры во всем мире, откуда ежегодно осуществляется более 20 запусков космических ракет. Около 50% от общего количества запусков приходится на тяжелые ракеты-носители «Протон», являющиеся основным источником дохода для космодрома и космической отрасли Российской Федерации. Так, за период с 1993 г. по июль 2010 г. коммерческие запуски РН «Протон» принесли бюджету РФ более 4 млрд. долларов США [2].

Однако развитие ракетно-космической деятельности сопряжено с определенными экологическими рисками. Одним из основных факторов негативного влияния ракетно-космической деятельности на окружающую среду является использование в качестве ракетного топлива высокотоксичного 1,1-диметилгидразина (1,1-ДМГ), который относится к веществам первого класса опасности.

Наибольшие риски связаны с проливами остаточного 1,1-ДМГ в результате штатных и аварийных падений ракет-носителей среднего и тяжелого классов [3]. Так, масса остаточного 1,1-ДМГ в баках РН «Протон» может достигать 2 т в ходе штатного и 200 т в результате аварийного падения [4].

Для приземления отработанных ступеней ракет-носителей отведены специальные районы, которые представляют собой эллипсы различного размера (диаметр большой оси до 60 км) с заданными координатами. В Казахстане для приземления ступеней ракет-носителей отведено 22 района падения. Трассы полетов ракет, запускаемых с космодрома «Байконур» проходят через Кызылординскую, Карагандинскую, Акмолинскую, Павлодарскую и Восточно-Казахстанскую области.

Районы падения (РП) первых ступеней ракет-носителей, запускаемых с космодрома «Байконур», расположены в Карагандинской, Кызылординской и Костанайской областях, вторых ступеней – в Восточно-Казахстанской и Павлодарской областях.

Районы падения Казахстаном переданы в аренду Российской Федерации в рамках договора аренды космодрома «Байконур». Как правило, РП не заселены, однако никак не ограждены, что позволяет населению близлежащих районов использовать их для выпаса скота, охоты, рыбалки и другой хозяйственной деятельности. РП первых ступеней находятся в аридной зоне, которая характеризуется ровным ландшафтом, малым количеством рек, большинство из которых пересыхает в летний сезон, и бедным растительным покровом. РП вторых ступеней, наоборот, находятся на территории горного Алтая, покрытой скалами либо лесами с большим количеством рек.

Как было сказано выше, наибольшие экологические риски связаны с запусками РН тяжелого и среднего класса, к которым относятся запускаемые с Байконура РН «Протон» и «Днепр».

Места штатных падений первых ступеней ракет-носителей «Протон», как правило, имеют диаметр около 200 м². В центре места падения располагается воронка диаметром 10 м и глубиной 3-5 м, которая образуется в результате приземления наиболее тяжелой нижней части ракеты с шестью двигателями. При штатном падении первой ступени РН «Протон» чаще всего происходит взрыв, при котором большая часть оставшегося в баках топлива сгорает. В зимний период падение может проходить без взрыва. Оставшееся в двигателях топливо проливается на поверхность почвы. После падения не составляет труда определить места проливов ракетного топлива на поверхности, особенно внутри воронки.

Места падения вторых ступеней ракет-носителей существенно отличаются из-за существенно большей высоты падения и более плотной поверхности. Визуально определить места проливов ракетного топлива на поверхности не представляется возможным. Кроме того, доступ к МП вторых ступеней для исследователей в подавляющем большинстве

случаев невозможен из-за отсутствия дорог в горной местности, поэтому они недостаточно изучены.

Характер мест аварийного падения всегда различается из-за причин возникновения аварийной ситуации и высоты, на которой находилась ракета в тот момент. В случае взрыва ракеты на высоте, обломки ракеты могут приземлиться в разных местах на существенном отдалении друг от друга. При аварийном падении из-за большей массы падающей ракеты может образоваться воронка диаметром до 50 м и глубиной до 20 м (аварийное падение РН «Днепр» в июле 2006 г.).

Стоит отметить, что как в случае штатного, так и в случае аварийного падения, существует вероятность падения ступени в водоемы (реки, озера, болота и др.).

Процессы трансформации 1,1-диметилгидразина

1,1-Диметилгидразин обладает сильными восстановительными свойствами, поэтому при его попадании в окружающую среду окисляется кислородом воздуха и другими природными окислителями с образованием целого ряда веществ (рисунок) [5], некоторые из которых (например, N-нитрозодиметиламин) превосходят по токсичности сам 1,1-ДМГ.

Изучение процессов трансформации 1,1-ДМГ в объектах окружающей среды в первое время было ограничено несовершенством применяющихся физико-химических методов анализа, а также методов пробоподготовки. Применение масс-спектрометрии в сочетании с газовой (ГХ) [6-7] и жидкостной (ЖХ) [8-9] хроматографией позволило раскрыть образование ранее неизвестных продуктов трансформации 1,1-ДМГ.

В ходе лабораторных исследований продуктов трансформации 1,1-ДМГ с использованием современного метода пробоподготовки на основе твердофазной микроэкстракции в сочетании с газовой хромато-масс-спектрометрией были установлены структуры 27 продуктов трансформации 1,1-ДМГ в почвах Центрального Казахстана – амины, гидразины, триазолы, пиразолы, тетразолы, гидразоны, имидазолы и др. [10].

В ходе детального обследования трех мест падения первых ступеней ракет-носителей, проведенного в 2009-2010 гг. с использованием последних методических разработок, перечень возможных продуктов трансформации 1,1-ДМГ был расширен до 54 соединений [11].

Результаты экспериментов по изучению процессов трансформации 1,1-ДМГ в почвах и воде различной природы [12] позволили установить, что диметилгидразон формальдегида является основным промежуточным продуктом при трансформации 1,1-диметилгидразина в воде и почве, из которого впоследствии образуются 1-метил-1Н-1,2,4-триазол и 1-формил-2,2-диметилгидразин.

Установлено, что в почве 1,1-ДМГ окисляется существенно быстрее, чем в воде [12]; на скорость трансформации существенное влияние оказывает присутствие ионов переходных металлов [13].

Анализ физических и химических свойств продуктов трансформации 1,1-ДМГ показал [5], что подавляющее большинство соединений хорошо растворимы в воде и обладают высоким миграционным потенциалом, позволяющим с дождевыми и талыми водами свободно проникать в глубину почвенного горизонта и попадать в грунтовые воды, являющиеся основным источником питьевой воды в большинстве регионов Казахстана.

Кроме того, ввиду высокой растворимости продуктов трансформации 1,1-ДМГ в воде, скорость их испарения из воды существенно ниже, чем из почвы.

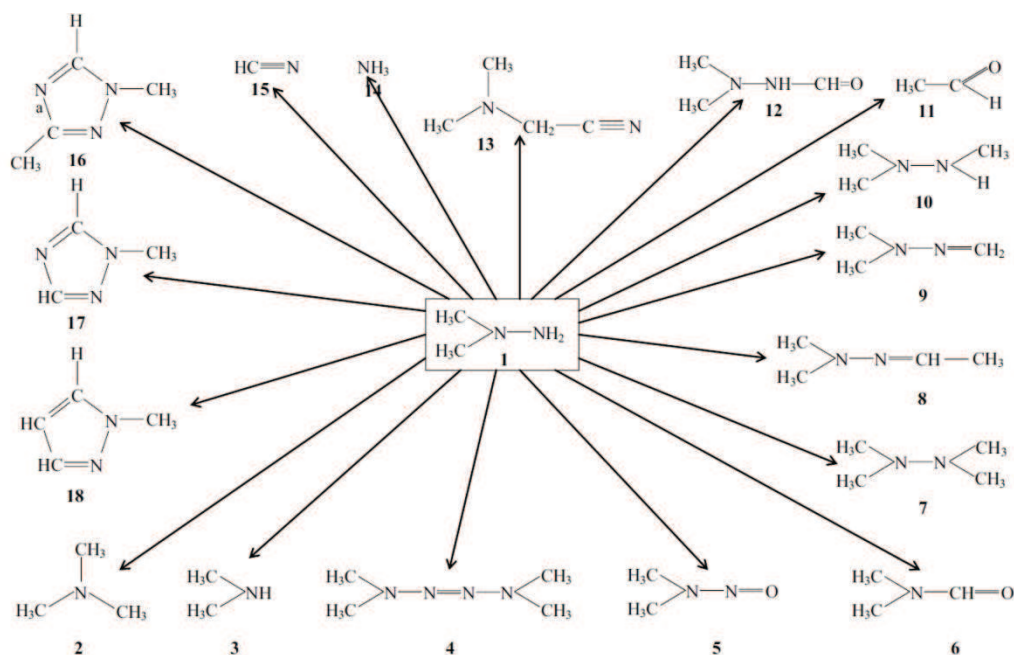


Рисунок – Основные продукты трансформации 1,1-диметилгидразина в объектах окружающей среды [5]

Токсикологические свойства продуктов трансформации 1,1-диметилгидразина

Токсические свойства таких соединений, как нитрозодиметиламин, тетраметилтетразен, ацетальдегид и формальдегид, хорошо изучены. Однако данные о токсичности подавляющего большинства продуктов трансформации в литературе не представлены. В работах [5;14] с применением методов математического моделирования проведены исследования по приоритизации продуктов трансформации НДМГ на основании расчетных и экспериментальных данных по их токсичности, устойчивости и способности к миграции. Среди наиболее опасных и важных с точки зрения экологической опасности были выделены такие соединения, как нитрозодиметиламин, тетраметилтетразен, 1-формил-2,2-диметилгидразин (ФДМГ) и 1-метил-1Н-1,2,4-триазол (МТА).

Методы аналитического контроля содержания 1,1-ДМГ и продуктов его трансформации в объектах окружающей среды

Методики определения 1,1-ДМГ [15-16] и продуктов его трансформации [17-21] представлены, главным образом, методиками на основе жидкостной и газовой хроматографии с различными вариантами детектирования (электрохимическое, спектрофотометрическое, масс-спектрометрическое для ЖХ; масс-спектрометрическое, азотно-фосфорное и азотно-хемиллюминисцентное для ГХ). Несмотря на дороговизну, большинство исследователей сводится к целесообразности использования масс-спектрометрического детектирования для одновременного определения всего спектра продуктов трансформации 1,1-ДМГ, однако подобные методики к настоящему моменту не разработаны.

Пробоподготовка является наиболее сложным этапом при определении 1,1-ДМГ и продуктов его трансформации в объектах окружающей среды. Так, при стандартном хроматографическом определении валовой концентрации 1,1-ДМГ в почвах, пробоподготовка включает в себя стадии кислотного выщелачивания, щелочного отгона и дериватизации с п-нитробензальдегидом [15-16]. При определении продуктов трансформации 1,1-ДМГ в почвах пробоподготовка, как правило, включает в себя стадии экстракции органическим растворителем (ацетон, дихлорметан и др.), концентрирования упариванием растворителя и очистки [5;19].

В работе [22] впервые сделана попытка разработать эффективную систему аналитического контроля объектов окружающей среды на местах проливов гидразиновых ракетных топлив, которая опирается на использование недорогой методики скрининга всего спектра продуктов трансформации [9]. Данная методика была успешно внедрена в лаборатории Центра физико-химических методов исследования и анализа (ЦФХМА) КазНУ им. аль-Фараби для обследования мест падения первых ступеней ракет-носителей, где показала свою высокую эффективность.

Характер загрязнения мест падения первых ступеней ракет-носителей 1,1-ДМГ и продуктами его трансформации

Распределение 1,1-ДМГ на местах падения первых ступеней ракет-носителей было предметом исследования ученых в период до 2005 г., результаты обобщены в работе [23]. Однако выявленные позже недостатки методик определения 1,1-ДМГ [8] и последние результаты исследований процессов трансформации 1,1-ДМГ в объектах окружающей среды [6-9] показали важность изучения распределения его метаболитов.

Наиболее детальное изучение распределения продуктов трансформации 1,1-ДМГ на двух выбранных местах падения проведено ЦФХМА в 2009-2010 г. в рамках проекта МНТЦ К-1482 [10] с использованием современных методов анализа. С каждого места падения отобрано и проанализировано более 250 образцов поверхностных и глубинных почв. В эпицентре мест падения на участке 10x10 м проведено обследование в 3 измерениях (до глубины 40 см). Построены диаграммы трехмерного распределения основного продукта трансформации 1,1-ДМГ - 1-метил-1Н-1,2,4-триазола. Полученные диаграммы горизонтального распределения позволили установить, что наибольшие концентрации МТА обнаруживаются в местах непосредственного пролива ракетного топлива, с постепенным их снижением по мере удаления. Другие продукты трансформации 1,1-ДМГ детектированы главным образом в местах непосредственного пролива ракетного топлива.

Результаты детального изучения распределения продуктов трансформации 1,1-ДМГ по почвенному профилю показали, что продукты трансформации способны мигрировать на глубину до 120 см, однако для этого требуется значительное время [10]. Наибольшие концентрации продуктов трансформации 1,1-ДМГ, как правило, зарегистрированы на глубине 20-60 см, однако данный показатель может варьироваться в зависимости от типа, влажности и физических свойств почв, особенностей рельефа и других условий. В поверхностном слое почвы, как правило, обнаруживаются лишь полуволетучие продукты трансформации, что вызвано быстрым испарением и биотрансформацией летучих соединений. По результатам количественного определения продуктов трансформации 1,1-ДМГ, максимальная концентрация МТА составила 57,3 мг/кг, 1-этил-1Н-1,2,4-триазола – 5,45 мг/кг, 1,3-диметил-1Н-1,2,4-триазола – 24,0 мг/кг, 4-метил-4Н-1,2,4-триазола - 4,2 и 0,66 мг/кг [10].

Работы по уменьшению экологических рисков, связанных с запусками РН «Протон»

Несмотря на имеющиеся экологические риски, снизить интенсивность использования космодрома «Байконур» в ближайшее время не представляется возможным ввиду его высокой экономической, политической и научной значимости. Поэтому в настоящий момент перед конструкторами и учеными-экологами стоит задача разработки эффективных методов снижения экологических рисков, связанных с запусками ракет тяжелого класса.

Одним из основных методов снижения нагрузки на окружающую среду в результате запусков РН «Протон» является уменьшение остаточного количества 1,1-диметилгидразина в топливных баках путем их продувки непосредственно после отделения первой ступени, реализованное в РН «Протон-М». Результаты обследования мест падения РН «Протон-М» подтвердили снижение общего уровня загрязнения почвенного покрова по сравнению с

местами падения РН «Протон-К». Однако экологические последствия применения данного способа мало изучены и существует вероятность загрязнения существенно большей территории в результате выпадения осадков, содержащих 1,1-ДМГ и продукты его трансформации.

Очистка почв мест падения от 1,1-ДМГ и продуктов его трансформации

Для очистки почв мест падения ступеней ракет-носителей разработан ряд методов: химические, термические, биологические и сорбционные [24-25]. Как показали исследования, подавляющее большинство предложенных методов малоэффективно на практике, что вызвано недостатком данных о процессах и продуктах трансформации 1,1-ДМГ в почвах на момент их разработки, а также отсутствием на тот момент эффективных методов определения продуктов трансформации. Результаты последних мониторинговых работ показали, что применение ранее считавшихся наиболее эффективных химических (химическое окисление) методов приводит к существенному увеличению высокотоксичного продукта трансформации 1,1-ДМГ – нитрозодиметиламина.

Заключение

Таким образом, в работе дан обзор актуальных направлений изучения экологических последствий проливов ракетного топлива на основе высокотоксичного 1,1-диметилгидразина.

Обобщены последние результаты по изучению процессов трансформации 1,1-диметилгидразина, идентификации его основных метаболитов и разработке методик их определения. В работе показано, что за последние годы за счет применения наиболее современных методов физико-химического анализа и пробоподготовки работы в данном направлении существенно продвинулись вперед и способствовали развитию исследований по смежным направлениям.

Почва является основным объектом накопления токсичных продуктов трансформации 1,1-ДМГ, где они распределяются за счет диффузионных процессов и воздействия природных факторов. Поверхностные и грунтовые воды, куда велика вероятность попадания продуктов трансформации 1,1-ДМГ, являются основными источниками риска для людей и животных, проживающих в районах, прилегающих к районам падения.

Проводимые на данный момент работы по снижению экологического риска, связанного с запусками ракет тяжелого класса с космодрома «Байконур» оправданы лишь частично, так как экологические последствия применяемых методов в большинстве случаев мало изучены.

Перспективы дальнейшего развития данного направления состоят в разработке эффективных и недорогих методов очистки и ремедиации почв, загрязненных 1,1-диметилгидразином и продуктами его трансформации, разработке экспрессных in-situ методик определения продуктов трансформации 1,1-диметилгидразина с применением методов мобильной хромато-масс-спектрометрии в сочетании с эффективными методами пробоподготовки, изучении влияния продуктов трансформации на состояние экосистем и здоровья населения, проживающего в населенных пунктах, прилегающих к районам падения ракет-носителей.

Работы в ЦФХМА КазНУ им. аль-Фараби по данному направлению выполнялись в рамках международных проектов МНТЦ (Международный научно-технический центр, г.Москва, Россия) К-451, К-451.2 «Системный анализ объектов окружающей среды территорий Казахстана, испытывающих негативное влияние деятельности космодрома «Байконур» (2001-2005), К-1482 «Разработка эффективных методов анализа объектов окружающей природной среды, загрязненных токсичными компонентами ракетного топлива, и создание схемы высокочувствительного биосенсорного модуля на наличие

мутагенов» (2007-2009); республиканской программы «Мониторинг экологического состояния участков территорий Республики Казахстан, подверженных ракетно-космической деятельности» Министерства охраны окружающей среды Республики Казахстан (номер госрегистрации 0103 РК 00 751) и Государственной программы «Развитие космической деятельности в Республике Казахстан на 2005-2007 гг.».

В выполнении работ по данному направлению принимали активное участие зарубежных коллабораторы: профессор Lars Carlsen (Awareness Center, Дания), профессор Jacek Koziel (Iowa State University, США), профессор Tim Grotenhuis (Wageningen University, Нидерланды), профессор Joao Gomes (Instituto de Soldadura e Qualidade, Environmental, Technological Center, Португалия).

Литература

- 1 Carlsen L., Kenessova O., Bатырбекова S. A preliminary assessment of the potential environmental and human health impact of unsymmetrical dimethylhydrazine as a result of space activities // *Chemosphere*. – 2006. – Vol.67. – P.1108-1116.
- 2 Коммерческие запуски ракет "Протон" дали бюджету России более \$4 млрд. - <http://www.rian.ru/science/20100715/255116410.html> (обращение к ресурсу 05.04.2012).
- 3 Касимов Н.С., Гребенюк В.Б., Королева Т.В., Проскуряков Ю.В. Поведение ракетного топлива в почве, воде и растениях // *Почвоведение*. – 1994. - №9. - С. 110-120.
- 4 Carlsen L., Kenessov B.N., Bатырбекова S.Ye., Nauryzbaev M.K. On the space activities at the Baikonur cosmodrome: an approach to an integrated environmental assessment // *International Journal of Environmental Sciences*. – 2010. - Vol.1. - P.55-64.
- 5 Carlsen L., Kenessov B.N., Bатырбекова S.Ye. A QSAR/QSTR study on the environmental health impact by the rocket fuel 1,1-dimethyl hydrazine and its transformation products // *Environmental Health Insights*. – 2008. - Is.1. - P.11-20.
- 6 Буряк А.К., Татаурова О.Г., Ульянов А.В. Исследование продуктов трансформации несимметричного диметилгидразина на модельных сорбентах методом газовой хроматографии/масс спектрометрии // *Масс-спектрометрия*. – 2004. - Т.1(2). - С.147-152.
- 7 Кенесов Б.Н. Идентификация летучих продуктов трансформации несимметричного диметилгидразина в почвах методом парофазного извлечения в сочетании с хромато-масс-спектрометрией // *Известия НАН РК. Серия химическая*. – 2008. - №5(371). - С.48-53.
- 8 1-Formyl-2,2,-dimethylhydrazine as a new decomposition product of 1,1-dimethylhydrazine // *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. – 2007. – Vol. 87. – P.351-359.
- 9 Родин И.А., Москвин Д.Н, Смоленков А.Д., Шпигун О.А. Трансформации несимметричного диметилгидразина в почвах // *Журнал физической химии*. – 2008. - №6 (82). - С.1039-1044.
- 10 Kenessov B., Koziel J., Grotenhuis T., Carlsen L. Screening of transformation products in soils contaminated with unsymmetrical dimethylhydrazine using headspace SPME and GC-MS // *Analytica Chimica Acta*. – Vol. 674. – P.32-39.
- 11 Kenessov B., Alimzhanova M., Sailaukhanuly Ye., Baimatova N., Abilev M., Bатырбекова S., Carlsen L., Tulegenov A., Nauryzbayev M. Transformation products of 1,1-dimethylhydrazine and their distribution in soils of fall places of rocket carriers in Central Kazakhstan // *Science of the Total Environment*. – 2012. – In Press. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.04.017.
- 12 Алимжанова М.Б., Батырбекова С.Е., Carlsen L., Наурызбаев М.К. Трансформация несимметричного диметилгидразина в водных экстрактах почв // *Известия НАН РК. Серия химическая*. – 2009. - №1. – С.87-92.
- 13 Алимжанова М.Б., Досжан Г.Н., Кенесов Б.Н., Батырбекова С.Е., Наурызбаев М.К. Изучение процессов трансформации 1,1-диметилгидразина в воде в присутствии катионов железа (III), меди (II) и марганца (II) // *Вестник КазНУ. Серия химическая*. – 2009. - №2(54). – С.139-144.
- 14 Carlsen L., Kenessov B., Bатырбекова S.Ye. A QSAR/QSTR study on the human health impact by the rocket fuel 1,1-dimethylhydrazine and its transformation products // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. – 2009. - Vol. 27. - P. 415-423.
- 15 Denisov A.A., Smolenkov A.D., Shpigun O.A. Determination of 1,1-dimethylhydrazine by reversed-phase high-performance liquid chromatography with spectrophotometric detection as a derivative with 4-nitrobenzaldehyde // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2004. – Vol.59. – P.452-456.
- 16 Кенесов Б.Н., Калугина С.М, Алимжанова М.Б., Байматова Н., Батырбекова С.Е. Разработка методик определения 1,1-диметилгидразина в воде, почве и растениях методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектированием // *Вестник КазНУ. Серия Химическая*. - 2007. - №5(49). - С.73-77.

17 Rodin I.A., Anan'eva I.A., Smolenkov A.D., Shpigun O.A. Determination of the products of the oxidative transformation of unsymmetrical dimethylhydrazine in soils by liquid chromatography/mass spectrometry // Journal of Analytical Chemistry. – 2010. - Vol.65. – P.1405-1410.

18 Smirnov R.S., Rodin I.A., Smolenkov A.D., Shpigun O.A. Determination of the products of the transformation of unsymmetrical dimethylhydrazine in soils using chromatography/mass spectrometry // Journal of Analytical Chemistry. – 2010. - Vol.65. – P.1266-1272.

19 Kenessov B., Batyrbekova S., Nauryzbayev M., Bekbassov T., Alimzhanova M., Carlsen L. GC-MS determination of 1-methyl-1H-1,2,4-triazole in soils affected by rocket fuel spills in Central Kazakhstan // Chromatographia. – 2008. – Vol. 57. – P.421-424.

20 Kenessov B., Sailaukhanuly Ye., Koziel J., Carlsen L., Nauryzbayev M. GC-MS and GC-NPD determination of formaldehyde dimethylhydrazone in water using SPME // Chromatographia. – 2011. – Vol. 73. – P.123-128.

21 Использование твердофазной микроэкстракции в качестве пробоподготовки для определения N-нитрозодиметиламина в воде, загрязненной в результате проливов гидразинового ракетного топлива // Вестник КазНУ. Серия химическая. – 2009. - №2(54). – С.92-97.

22 Кенесов Б.Н. Система аналитического контроля объектов окружающей среды на местах проливов гидразиновых ракетных топлив // Вестник КазНУ. Серия химическая. – 2010. - №3(59). - С.403-406.

23 Nauryzbaev M.K., Batyrbekova S.Ye., Kenessov B.N., Tassibekov Kh.S., Vorozheikin A.P., Proskuryakov Yu.V. Ecological Problems of Central Asia Resulting from Space Rocket Debris // History and Society in Central and Inner Asia Toronto Studies in Central and Inner Asia, №7 Asian Institute, University of Toronto. – Toronto, 2005. – P.327-349.

24 Жубатов Ж.К., Товасаров А.Д., Бисариева Ш.С., Толегенова Н.А., Сембаев Е.Т. Эффективные экологически безопасные методы детоксикации почв, загрязненных несимметричным диметилгидразином и продуктами его трансформации. – Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Обеспечение экологической безопасности ракетно-космической деятельности. – Москва, 2011. – С.110-115.

25 Цель А.В. Разработка адсорбционной технологии детоксикации почв, зараженных компонентами ракетного топлива // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук. – Алматы, 2010. – 16 с.

ACTUAL DIRECTIONS IN STUDY OF ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF A HIGHLY TOXIC 1,1-DIMETHYLHYDRAZINE-BASED ROCKET FUEL SPILLS

B.N.Kenessov, S.Ye.Batyrbekova

The paper represents a review of the actual directions in study of ecological consequences of highly toxic 1,1-dimethylhydrazine-based rocket fuel spills. Recent results on study of processes of transformation of 1,1-dimethylhydrazine, identification of its main metabolites and development of analytical methods for their determination are generalized. Modern analytical methods of determination of 1,1-dimethylhydrazine and its transformation products in environmental samples are characterized. It is shown that in recent years, through the use of most modern methods of physical chemical analysis and sample preparation, works in this direction made significant progress and contributed to the development of studies in adjacent areas. A character of distribution of transformation products in soils of fall places of first stages of rocket-carriers is described and the available methods for their remediation are characterized.

1,1-ДИМЕТИЛГИДРАЗИН НЕГІЗІНДЕГІ УЛЫ ЗЫМЫРАН ОТЫНЫНЫҢ ТӨГІЛУІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ САЛДАРЫН ЗЕРТТЕУДІҢ ӨЗЕКТІ БАҒЫТТАРЫ

Б.Н.Кенесов, С.Е.Батырбекова

Жұмыста 1,1-диметилгидразин негізіндегі улы зымыран отынының төгілуінің экологиялық салдарын зерттеудің өзекті бағыттары жайлы қысқаша шолу берілген. 1,1-Диметилгидразиннің трансформация процесстерін зерттеу, оның негізгі метаболиттерін анықтау, оларды анықтау әдістемелерін әзірлеу жайлы соңғы нәтижелер жинақталып жазылды. 1,1-Диметилгидразинді және оның трансформация өнімдерін қоршаған орта нысандарында анықтаудың жаңаша әдістерінің сипаттамасы берілді. Жұмыста заманауи сынамаңы даярлау және физика-химиялық талдау әдістерін қолданудың нәтижесінде соңғы жылдары осы бағыттағы зерттеулердің алға басқаны жайлы баяндалды. Зымыран тасымалдағыштардың бірінші сатысының құлау аумақтарында трансформация өнімдерінің топырақта тасымалдануы және оларды тазалау әдістері сипатталды.