

УДК 613.6:613.62

В.А. Козловский, д.м.н., проф., *Г.К. Аширбеков*, д.м.н.,
А.П. Позднякова, д.м.н., *Б.Ш. Бариева*, к.б.н.,
У.Ж. Джусибеков, д.т.н., проф., *К.А. Кидирбеков*, к.х.н.,
И.А. Ратникова, д.б.н.

Научно-исследовательский центр "Гарыш – Эклогия"
Институт химических наук им. А. Б. Бектурова
Институт микробиологии
г. Алматы, Казахстан

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРОДУКТОВ ХИМИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ НЕСИММЕТРИЧНОГО ДИМЕТИЛГИДРАЗИНА В ПОЧВЕ

АННОТАЦИЯ

В статье описаны исследования по разработке предельно допустимых концентраций: гидразина, нитрозодиметиламина, тетраметилтетразена, диметиламина, диметилформамида и метилтриазола в почве.

Ключевые слова: предельно допустимая концентрация, почва, гидразин, нитрозодиметиламин, тетраметилтетразен, диметиламин, диметилформаимид, метилтриазол.

Введение. Большинство районов падения отделяющихся частей (РП ОЧ) первых ступеней ракет-носителей, стартующих с космодрома Байконур, расположены в Центральном Казахстане. Здесь стартуют РН на жидком ракетном горючем: несимметричном диметилгидразине (НДМГ, 1,1-диметилгидразин, гептил). С этим видом горючего первого класса опасности связан риск для окружающей среды и здоровья человека. При приземлении ОЧ РН территория загрязняется гарантийными остатками токсичных компонентов ракетного топлива, которые сохраняются в топливных баках или на оборудовании отработавшей ступени.

Почва активно впитывает и связывает остатки топлива [1]. Этому способствуют особые физико-химические свойства НДМГ и продуктов его химической трансформации, позволяющие им длительное время сохраняться в почве, мигрировать из почвы в воду, растительность, трансформироваться в ещё более опасные канцерогенные вещества [1, 2]. Известно, что гидразины, включая НДМГ, легко вступают во взаимодействие с множеством

реагентов различной природы. Все гидразины – сильные восстановители, но окисление их носит различный характер [3, 4].

В настоящее время идентифицировано значительное количество продуктов окислительной трансформации НДМГ, среди которых метилгидразин (МГ), триметилгидразин (ТМГ), нитрозодиметиламин (НДМА), N,N- диметиламин (ДМА) и другие [4, 5]. Многие продукты трансформации НДМГ не имеют токсикологического паспорта, на них не разработаны гигиенические нормативы предельно допустимого содержания в почве [6].

Цель исследования: дать научное обоснование предельно допустимым концентрациям, распространенным в почвах районов падения отделяющихся частей ракет-носителей продуктов химической трансформации НДМГ.

При нормировании вредных веществ в почве в соответствии с руководством "Гигиеническое нормирование химических веществ в почве" [7] и методическими рекомендациями по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве [8] учитывались физико-химические свойства исследуемых соединений,

токсичность, поведение их в почве (стабильность), способность к миграции из почвы в воздух, воду и растения, влияние на общесанитарные показатели почвы.

Гидразин. При осуществлении ракетно-космической деятельности в районах падения отделяющихся частей ракет-носителей (РП ОЧ РН) отмечается точечное загрязнение почвы компонентами ракетного топлива. Наиболее токсичными из них являются несимметричный диметилгидразин (НДМГ – гептил) и продукты его химической трансформации. Один из первых продуктов трансформации НДМГ в почве – это гидразин, который является продуктом химического разложения гептила. Кроме того, гидразин используется в РКД в качестве топлива. Продукт быстро окисляется на воздухе [9].

Сравнительная характеристика физико-химических свойств гидразина и НДМГ, поведения в объектах окружающей среды, биологического действия, токсичности и клинической картины их воздействия на человека выявляет много общего.

Гидразин и его производные являются высокотоксичными и чрезвычайно опасными веществами, вызывают отравления при любом пути их поступления в организм, обладают выраженным ингаляционным и кожно-резорбтивным действием [6]. Достаточно сказать, что полусмертельная доза гидразина для крыс, мышей в 2-3 раза ниже, чем у несимметричного диметилгидразина. Если для мышей токсичность НДМГ по DL50 составляет 155 ± 13 мг/кг, а для крыс 202 мг/кг, то у гидразина этот показатель соответственно 59-80 и 60 мг/кг. Оба соединения отнесены к первому классу опасности. Кроме того, они обладают тератогенным, мутагенным и канцерогенным действием.

По гидразину и его производным разработаны и утверждены ПДК для:

- воздуха рабочей зоны – 0,1 мг/м³,
- атмосферного воздуха – 0,001 мг/м³ (1 класс опасности);
- вод, используемых в культурно-бытовых и питьевых целях – 0,01 мг/л (2 класс опасности).

Лимитирующий признак вредности – санитарно-токсикологический. Для почвы норматива нет.

Нами теоретически и экспериментально

доказана низкая степень устойчивости гидразина к химической деградации. Расчетный период полураспада гидразина в дозах 1,0-10,0 мг/кг немногим больше 1,5 сут., полного – около 8,5 сут. Низкие концентрации гидразина в почве (от 0,1-1,0 и 10,0 мг/кг) практически полностью деградируют в течение 10 дней. Высокие концентрации (более 100 мг/кг) обладают большей устойчивостью к деградации и разрушаются в течение 60 дней.

При оценке влияния различных концентраций гидразина на биологическую активность почвы изучены изменение численности почвенных микроорганизмов и ферментативной активности почвы. Подсчет микроорганизмов произведен в пробах почвы, обработанных гидразином в концентрациях 0,1, 1,0, 10 мг/кг и 100 мг/кг через 1- 2- 3 - 6 - 12 ч, 10 - 20 - 30 дней после обработки. Контролем служила почва, не обработанная гидразином. Установлено, что влияние гидразина на исследованные образцы почв изменяет количественный и качественный состав почвенных микроорганизмов.

При воздействии гидразина в выше перечисленных дозах уже через 1 ч отмечалось снижение общего количества микроорганизмов (ОЧМ) в почве, в том числе усваивающих органические формы азота, соответственно в 22,7; 50; 50 и 1000 раз. Более значительное изменение (в 500-1000 раз) произошло в группе микроорганизмов, усваивающих неорганические формы азота. В 400 раз снизилось количество микроскопических грибов в почве, содержащей 0,1 мг/кг гидразина. В почвах с большей концентрацией гидразина микроскопические грибы не обнаружены. Снижение численности микроорганизмов продолжалось в последующие сроки наблюдения вплоть до 30 дней наблюдения. Существенные изменения в количественном и качественном составе почвенных микроорганизмов отмечались уже при концентрации гидразина в почве, равной 0,1 мг/кг.

Самыми чувствительными к гидразину оказались микроскопические грибы. Численность спорных микроорганизмов в опытных почвах снизилась, однако через 20 дней после обработки повысилась, не достигнув исходного уровня.

Определение ферментативной активности почвенных образцов, загрязненных гидразином, производилось в аналогичных, как при подсчете ОЧМ, экспериментальных условиях. Отме-

чено отсутствие изменения активности инвертазы в первый срок наблюдения при дозе 1 мг/кг. В дальнейшем наблюдалось снижение её активности (через 30 дней наблюдений в 2,6-3,4 раза в зависимости от концентрации гидразина).

Со стороны дегидрогеназы установлено, что под воздействием гидразина происходит увеличение активности фермента в 2,1-3,3 раза. При этом чем больше была его концентрация, тем выше проявлялась активность фермента. Основные изменения активности происходят до 20 дней наблюдений. Чутко реагирует на воздействие гидразина активность каталазы. При наличии в почве 0,1 мл/кг гидразина каталазная активность снижается через 10 дней в 1,5 раза, 100 мл/кг за тот же период – в 2,9 раза; через 20 дней – в 1,6-3,4 раза, через 30 дней – в 1,7-3,8 раза соответственно.

В результате исследования процессов десорбции гидразина из почвы в воздух, водный поток и транслокации в растения установлено следующее:

- наиболее вероятное значение ПДК гидразина в почве, соответствующее ПДК при эмиссии гидразина в атмосферный воздух, равно 0,05 мг/кг;

- миграция гидразина из почвы в воду, обеспечивающая безопасный уровень содержания гидразина химического соединения в воде, близка к 0,05 мг/кг;

- одинаковый рост и развитие растений отмечены на контрольной почве и на почве, загрязненной гидразином в концентрациях 1,0 и 10,0 мг/кг. Отсутствие роста опытных растений (кукурузы, фасоли и салата) за исключением пшеницы и редиса отмечалось на почвах, загрязненных гидразином в дозе 100,0 мг/кг. Наиболее устойчивыми к химическому воздействию оказались пшеница и редис.

Хорошая растворимость гидразина в воде способствует идеальному поглощению вещества растениями. Выявление гидразина в растении отмечалось уже при концентрации вещества в почве, равной 1,0 мг/кг.

Влияние НДМГ на биохимические процессы в почве проявлялось снижением интенсивности дыхания почвы в виде ингибирования ферментов. Наименьшей концентрацией, при которой отмечались изменения, определена 1,0 мг/кг. Концентрация НДМГ, равная 100,0 мг/кг, угнетала самоочищающуюся способность почвы.

Пороговая концентрация НДМГ в почве по общесанитарному показателю составила 1,0 мг/кг. В фитологических исследованиях обнаружено, что при содержании НДМГ в почве, равной 1,0 мг/кг, увеличиваются рост и развитие растений. Фитотоксическое действие НДМГ регистрировалось при концентрации вещества в почве на уровне 10,0 мг/кг. Накопления НДМГ в растениях не обнаруживалось при концентрациях НДМГ в почве на уровне 0,1-10,0 мг/кг (ниже уровня чувствительности метода <0,01 мг/кг по ПДОК НДМА и НДЭА в зерновых культурах – 0,015 мг/кг). По водно-миграционному показателю пороговой определена концентрация 0,3 мг/кг. На основании полученных результатов (транслокации НДМГ из почвы в растения) авторы рекомендуют в качестве ПДК величину 0,1 мг/кг.

В нашем исследовании минимально действующими показателями, на которые можно ориентироваться в качестве ПДК гидразина в почве, являются миграционно-воздушный и миграционно-водный. В обоих случаях минимальной концентрацией гидразина в почве, при которой миграция вещества в воздух и водный поток соответствуют их ПДК в указанных объектах, является 0,05 мг/кг.

На основании интегральной оценки полученных экспериментальных данных, с учетом гигиенической значимости обнаруженных изменений, а также токсичности соединения, в качестве ПДК гидразина в почве рекомендуется величина 0,05 мг/кг по миграционно-воздушному и миграционно-водному показателям вредности. Данный уровень предельно допустимого содержания гидразина в почве коррелирует с токсичностью вещества (токсичность гидразина превышает токсичность НДМГ в 2 и более раз).

Нитрозодиметиламин и тетраметилтетразен. НДМА и ТМТ по токсичности эти вещества соответствуют 1 и 3 классу опасности. Оценка стабильности веществ в почве производилась при искусственном её загрязнении водными растворами НДМА и ТМТ на уровне 10,50 и 100 ПДК по воде (ПДК НДМА для воды культурно-бытового и питьевого водопользования равна 0,01 мг/л, для ТМТ – 0,1 мг/л). Содержание веществ в почве определялось через 24, 48, 72 и 120 ч.

Основное разрушение НДМА и ТМТ в концентрации 10 ПДК происходит в первые

часы исследования. Так, содержание НДМА в парах снизилось от исходной величины через 48 ч на 15,4 %, через 72 ч – на 30,8 % и через 120 ч – на 42,4 %. Такая же тенденция прослеживалась при оценке деградации веществ в других концентрациях.

Степень эмиссии НДМА с паром находилась в прямой зависимости от исходной концентрации вещества в растворе: чем выше концентрация, тем значительнее выделения паров НДМА и ТМТ. Полученные данные о поведении веществ в водных растворах в какой-то степени демонстрируют динамику и скорость деградации веществ в почве.

В то же время исследование низких концентраций затруднено в связи с отсутствием утвержденных методов индикации этих веществ в воздухе, либо по причине их малой чувствительности. Так, при содержании НДМГ в атмосферном воздухе, близком к ПДК ($0,001 \text{ мг/м}^3$), хроматографическое определение вещества возможно лишь на уровне 0,5 ПДК [9]. Для НДМА и ТМТ ситуация ещё более жесткая.

Оценка влияния разных концентраций НДМА и ТМТ на всхожесть и рост растений разных семейств в концентрациях 10 и 50 ПДК для питьевой воды, показала в первые недели хорошее развитие стеблей и всхожесть, но уже на 7-й неделе эксперимента растения отставали в своем развитии от контрольных опытов. Наиболее устойчивым растением к воздействию НДМА оказалась фасоль, а к воздействию ТМТ – пшеница.

При отсутствии гигиенического норматива на предельно допустимое остаточное количество (ПДОК) исследуемых соединений в растениях количественная оценка транслокации веществ из почвы в растения не производилась.

Обработка почвы производными НДМГ повлияла на общее количество микрофлоры. При наличии НДМА в растворе, превышающем ПДК в 50 раз, численность микробов уменьшалась в 2 раза. При разведении НДМГ в 10^3 и 10^5 степени ситуация оставалась стабильной. При разведении 10^3 колонии, образующие единицы, были незначительно равны, и даже несколько больше в конце опыта, а при разведении 10^5 – меньше в 3 раза.

Изучение миграции НДМА и ТМТ из почвы в воду проводилось на МПЭ массой 50 кг

НДМА и ТМТ вносились в МПЭ количестве 0,09 мг; 0,5 мг и 5,0 мг соответственно. Затем через МПЭ пропусклась водопроводная вода в количестве 3 л. После завершения процесса фильтрации содержание в почве НДМА было на уровне 0,0076, а содержание ТМТ – 0,069 мг/кг. Это означает, что в качестве ПДК по миграционно-водному показателю можно рекомендовать нагрузку НДМА на почву, равную 0,01 мг/кг, а для ТМТ – 0,1 мг/кг, при которых не превышает уровень ПДК для воды, используемой в хозяйственно-питьевых целях.

Диметиламин. ДМА – типичный представитель ряда низших алифатических аминов, является высокотоксичным соединением второго класса опасности. Опыты проводились с нагрузкой ДМА на почву в количестве 33,0-3,3 и 0,3 мг/кг.

При концентрации ДМА в МПЭ, равной 33,0 мг/кг, уровень содержания вещества в почве снижается через 3 мес. на 30,75 %, при 3,3 мг/кг – через 2 мес. на 58,8 % и спустя 3 мес. – на 100 %. В третьем случае – через 2 мес. – на 10,9 % и через 3 мес. – на 100 %. Более высокая химическая нагрузка на почву сопровождалась более длительным сроком деградации вещества в почве.

Анализ продуктов деградации ДМА, осуществляемый методом хроматомасс-спектрометрии на приборе "Agilent-7890A", позволил по истечении 15 сут. выявить в водной вытяжке НДМА, ТМТ, ДМФА, МТ, ДМТ, ДМФГА. С увеличением экспозиции при дозах 10,0 и 1,0 мг/л количество продуктов трансформации ДМА в МПЭ нарастало.

При оценке влияния ДМА на изменение общесанитарных показателей и биологической активности почвы установлено следующее. Под действием ДМА происходит уменьшение количества микроорганизмов. Общее число микроорганизмов на 10-й день загрязнения ДМА снизилось на порядок. Через 30 дней количество их повысилось наполовину по сравнению с 10-м днем обработки, но не достигло исходного уровня, а через 90 дней число их увеличилось до $1,0 \times 10^7$ КОЕ/г, но не достигло исходного уровня.

На 10-й день загрязнения ДМА грибы не обнаруживались. На 30-й день появились единичные колонии грибов, к 90-му дню – 250 КОЕ/г. Содержание спорных микроорганизмов под влиянием ДМА снизилось пример-

но на 50 %, а к 30-му дню количество спорных микроорганизмов повысилось на 50 % по сравнению с 10-м днем обработки. К 90-му дню их количество повысилось до 250, но не достигло исходного уровня.

Инвертазная активность при внесении ДМА в почву в дозе 33,0 мг/кг снизилась на 10-е сут. по сравнению с контролем почти в 2 раза (с 11,3 до 5,5 мг/мл), через 30 сут. снижение оставалось на том же уровне, но через 90 сут. увеличилось до 9,46 мг/мл.

На 10-й день обработки ДМА активность дегидрогеназы сходит на нет. К 30-му и 90-му дням происходит неполное восстановление данных ферментов.

Каталазная активность почвенных образцов, загрязненных ДМА в концентрации 33,0 мг/кг, на 10-й день после обработки почвы ДМА снижалась на 34,3 %, затем несколько восстанавливалась к 30-му дню (до 0,40 мг/мл) и сохраняла этот уровень до 90-го дня наблюдения.

При оценке влияния ДМА на рост и развитие растений в качестве тест-претендентов использовались кукуруза, фасоль, редис, салат и овес, срок вегетации которых достаточен для формирования растительной массы (надземной и подземной) – от 4 до 7 недель.

Фитотоксичное действие оценивалось по всхожести семян (в абсолютных цифрах по отношению к аналогичному показателю контрольной пробы) и угнетению роста стеблей (определялось по абсолютным показателям длины стеблей растений, проросших на субстрате, содержащем ДМА). Все испытываемые растения начали активно расти, давали пышную растительность (фасоль, кукуруза, салат, редис и овес). Тем растениям, которым предварительно в почву вводили ДМА в различных концентрациях – 33,0 и 3,3 мг/кг почвы – первоначально несколько увеличили активность в своем развитии, но на 4-й неделе процесс развития у части испытываемых образцов остановился.

Результаты исследования процессов миграции диметиламина из почвы в воздух и воду (грунтовый поток) показали, что при концентрации диметиламина в почве в количестве соответственно 0,5 и 0,2 мг/кг достигается гигиенический норматив для атмосферного

воздуха и для воды хозяйственно-питьевого назначения. При содержании ДМА в почве 0,5 мг/кг обеспечивается миграция вещества в атмосферный воздух, близкая к максимально разовой предельно допустимой концентрации ДМА в атмосферном воздухе 0,005 мг/м³. При содержании ДМА в почве 0,2 мг/кг обеспечивается миграция вещества в воду на уровне ПДК ДМА для воды хозяйственно-питьевого назначения (0,1 мг/л).

Таким образом, в качестве предельно допустимой концентрации ДМА в почве была рекомендована величина 0,2 мг/кг.

Диметилформамид. По своим физико-химическим и токсикологическим свойствам ДМФА относится к 2-му классу опасности. В почве диметилформамид является довольно стабильным соединением. Разрушение его в почве не наблюдается даже по истечению 90 сут. эксперимента. Длительному сохранению ДМФА в почве способствуют хорошая растворимость вещества в воде и возможность образования комплексов.

Из почвы ДМФА убывает:

- на 10-е сут. на 7,2 % от исходного значения;
- на 30-е сут. - на 7,95 %;
- на 50-е сут. - на 21,3 %;
- на 90-е сут. - на 60 %.

Изменение общесанитарных показателей почвы при загрязнении её ДМФА в различных концентрациях (в % к контролю) в первые дни опыта сопровождалось угнетением всех показателей санитарного состояния почвы (общего числа микроорганизмов, ферментов), за исключением микроскопических грибов. Каталазная и инвертазная активность почвы при дозе ДМФА 100 мг/кг резко снижалась; но к 30-му дню – восстанавливалась. Минимальная действующая доза ДМФА на показатели санитарного состояния почвы должна быть ниже 100 мг/кг.

Опыты по изучению влияния диметилформамида на рост и развитие растений показали, что наибольшей устойчивостью к воздействию ДМФА обладают злаковые культуры (пшеница). Содержание в почве ДМФА на уровне 5 ПДК для питьевой воды (50 мг/кг почвы) легче переносилось растениями.

Загрязнение диметилформамидом почв сопровождалось угнетением биологических её

свойств: снижение общего числа микробов (за исключением микроскопических грибов) и активности дыхательных ферментов почвы (дегидрогеназы, каталазы, инвертазы). Доза ДМФА, равная 100 мг/кг, вызывала менее значимые изменения биологических свойств почвы.

При исследовании миграции ДМФА из загрязненной почвы в воду установлено, что химическая нагрузка на почву ДМФА, равная в 1 мг/кг, приводила к появлению химического соединения в водном потоке на уровне 10 мг/л, что соответствует ПДК для воды, используемой для хозяйственно-питьевых нужд.

При исследовании миграции ДМФА из почвы в воздух установлено, что из загрязненной почвы, содержащей ДМФА в количестве 1,12 мг/кг, достигается ПДК для атмосферного воздуха на уровне 0,03 мг/м³.

На растения ДМФА в меньшей степени оказывало влияние содержание вещества в воде на уровне 5 ПДК для питьевой воды (соответственно 50 мг/кг почвы).

Наименьшим показателем вредности является величина загрязнения почвы в дозе 1 мг/кг, которая рекомендуется в качестве ПДК.

Метилтриазол (1-метил-1,2,4-триазол). В чистом виде 1-метил-1,2,4-триазол обладает меньшей токсичностью, чем НДМГ (3 класс опасности).

В экспериментальных условиях изучена стабильность МТ в почве. Теоретически доказана повышенная устойчивость метилтриазола к химической деградации по сравнению с другими продуктами химической трансформации НДМГ. Выдерживание в течение 60 сут. МТ без доступа воздуха в МПЭ в дозе 10,2 мг/кг (образец № 1) сопровождалось снижением его концентрации на 35,3 %, при нагрузке в 116,7 мг/кг (образец № 2) – на 39,7 %, а при 1094,7 мг/кг (образец № 3) – на 33,6 %. Математическим расчетом с применением метода наименьших квадратов установлено, что период полной деструкции МТ (Т99) может составлять при нагрузке 10 мг/кг 657,1 сут., 100 мг/кг – 597,4 сут. и при 1000 мг/кг – 666,6 сут. Период полураспада приближается к 100 дням.

Экспериментальные исследования по оценке влияния на общую микрофлору почвы, включая почвенные грибы, выявили снижение роста микробов, использующих органические формы азота (рост на МПА), на 10-й день после

обработки МТ во всех образцах почвы на 28,1-30,6 и 61,2 % соответственно.

Количество микроскопических грибов через 10 дней после обработки снизилось во всех образцах почв (№ 1 – на 30 %, № 2 – на 50,0 % и № 3 – на 92,0 %). Через 30 дней после обработки в исследуемых образцах почв микроскопические грибы не обнаружены, а на 60-й день они вновь появились, хотя и не достигли уровня в контроле. Пороговая концентрация МТ в почве по воздействию на жизнеспособность микробов и актиномицетов может быть принята на уровне 10,0 мг/кг.

Инвертазная активность в почвенных образцах № 1 и № 2 через 10 дней после обработки упала по сравнению с контролем на 47,6 и 44,7 % соответственно. Через 60 дней после обработки активность инвертазы достигла контроля во втором и третьем вариантах.

Установлено наибольшее снижение активности дегидрогеназы во все сроки и во всех образцах более чем на 90 %. Такая же картина прослеживалась в отношении активности каталазы. Таким образом, влияние МТ на биохимические процессы в почве проявлялось снижением интенсивности дыхания почвы. Наименьшая концентрация МТ, при которой обнаружены изменения биохимической активности почвы, составляет 10,0 мг/кг.

Проращивание овса на почве, загрязненной МТ в дозе 30 мг/кг, не оказывало существенного влияния на развитие злаковой культуры. Кукуруза оказалась менее устойчивой к прорастанию на загрязненной МТ почве в дозе 300 и 3000 мг/кг. Отсутствие прорастания семян редиса отмечалось в загрязненной МТ почве при дозе, равной 3000 мг/кг.

Таким образом, минимальная действующая концентрация МТ на рост овса, кукурузы и редиса приближалась к 30 мг/кг.

Моделирование процессов миграции МТ из почвы в воздушную среду не производилось в связи с тем, что МТ является нелетучим соединением (температура кипения – 175-177 °С, плотность – 1,465 г/см³).

При изучении процессов миграции МТ в грунтовые воды установлено, что допустимый уровень МТ в почве при прогнозировании опасности загрязнения грунтового потока достигает до 10 мг/кг – концентрация МТ в фильтрате соответствует ПДК в питьевой воде (1,0 мг/л).

Предложенные ПДК прошли необходимую экспертизу и находятся в стадии утверждения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Касимов Н.С., Гребенюк В.Б., Королева Т.В., Проскурякова Ю.В. Поведение компонентов ракетного топлива в почвах, водах и растениях // Почвоведение. – 1994. – № 9. – С. 110-120.
- 2 Экологические проблемы и риски воздействий ракетно-космической техники на окружающую природную среду: справочное пособие / под ред. В.В. Адушкина, С.И. Козлова, А.В. Петрова. – М.: "Анкил", 2000. – 640 с.
- 3 Иоффе Б.В., Кузнецов М.Л., Потехин А.А. Химия органических производных гидразина. – Л.: "Химия", 1979. – 224 с.
- 4 Жубатов Ж. Обоснование и разработка концептуальных основ экологического нормирования ракетно-космической деятельности космодрома "Байконур": автореф. докт. техн. наук. – Алматы, 2010. – 58 с.
- 5 Смоленков А.Д. Новые подходы к хроматографическому определению гидразинов и их производных в объектах окружающей среды: автореф. докт. хим. наук: 02.00.02. – М., 2014. – 46 с.
- 6 Справочник по токсикологии и гигиеническим нормативам (ПДК) потенциально опасных химических веществ / под ред. Кушневой В.С., Горшковой Р.Б. Ин-т биофизики и его филиалов. – М.: ИздАТ, 1999. – 272 с.
- 7 Гончарук Е.И., Сидоренко Г.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве. – М.: "Медицина". – 1986. – 320 с.
- 8 Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве (№ 2609-82). – М., 1982. – 32 с.
- 9 Кондратьев А.Д., Штигун О.А., Смоленков А.Д. Использование хроматографии при экологическом сопровождении ракетно-космической деятельности // Аналитическая хроматография и капиллярный электрофорез: матер. Всерос. конф. – Краснодар, 2010. – С. 91.

Түйін

Мақалада гидразиннің, нитрозодиметиламин, тетраметилтетразен, диметиламин, диметилформамид пен метилтриазолдың топырақтағы шектеуі рұқсат етілген концентрацияларын әзірлеу жөніндегі зерттеулер суреттелген.

Түйінді сөздер: шектеуі рұқсат етілген концентрация, топырақ: гидразин, нитрозодиметиламин, тетраметилтетразен, диметиламин, диметилформамид, метилтриазол.

Summary

This article describes research on the development of maximum allowable concentrations: hydrazine, N-nitrosodimethylamine, tetramethyltetrazene, dimethylamine, dimethylformamide and methyltriazole soil

Key words: maximum allowable concentration, soil, hydrazine, N-nitrosodimethylamine, tetramethyltetrazene, dimethylamine, dimethylformamide, methyltriazole.