

Space Research & Technologies

КОСМИЧЕСКИЕ

ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ

Международный журнал о космонавтике International Journal of Aerospace

№1-2
2015

Отечественный
космос
на подъеме



Королевское общество
наградило
основателя SSTL

Спутники
на службе
экологии

МКС
переживает
многих



ПИЛОТИРУЕМАЯ КОСМОНАВТИКА

2 Высокое небо Айдына

КАЗКОСМОС

Талгат Мусабаев:

Казахстан не собирается запрещать
использование «Протонов»

РЕПОРТАЖ

Парижский смотр

24 аэрокосмических новинок

КОМПАНИИ

Байконур требует ракет

34 Интервью Александра Дегтярева

ЭКОЛОГИЯ

Экологогигиенические проблемы загрязнения почв гептилом и их решение

Ж. Жубатов,

40 В. Козловский

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ

Использование космической информации для оценки динамики затопления береговых зон равнинных водоемов (на примере озера Ильмень)

В.А. Румянцев

Е.Ф. Чичкова

Ш.Р. Поздняков

46 В.И. Уличев

ISS

52 One-on-one with NASA's chief space station builder

COMPANY

Professor Sir Martin Sweeting awarded Honorary

60 Fellowship by the Royal Aeronautical Society

ПРИКЛАДНАЯ КОСМОНАВТИКА

Перспективы и возможности эксплуатации центробежных космических солнечных электростанций с лазерным каналом передачи энергии

А.Р. Есина

П.С. Аникеев

66 С.Ю. Маркин

НОСИТЕЛИ

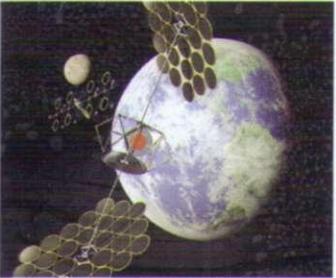
Новые ракеты-носители

72 Д. Воронцов

«Ангара-5В»:

триумф минимализма?

82 Д. Воронцов



Эколого-гигиенические проблемы загрязнения почв гептилом и их решение

**Ж. ЖУБАТОВ,
В. КОЗЛОВСКИЙ**
РГП «НИЦ «ГАРЫШ-ЭКОЛОГИЯ» АК МИР РК



Загрязнение почв гептилом отмечается в районах падения отделяющихся частей ракет носителей (РП ОЧ РН), использующих в качестве ракетного топлива несимметричный диметилгидразин (НДМГ, 1,1-диметилгидразин, гептил). Этот вид ракетного топлива широко используется в космонавтике [1]. Использование гидразина и его производных в качестве горючего для реактивных двигателей известно с середины XX века [2,3]. Так, гидразин во время Второй мировой войны был применен в Германии на реактивных истребителях «Мессершмитт МЕ-163» и летающих снарядах «ВР-20». В настоящее время гептилом в сочетании с окислителем — амилом (тетраоксид азота) заправляются американская ракета «Титан», французская ракета «Ариан»,

китайские ракеты «Тянь чжень» и «Великий поход», индийские ракеты «GSLV» и «SLV», украинские и российские ракеты РС-20, РН «Космос -3М», «Рокот» и «Протон-М» [1].

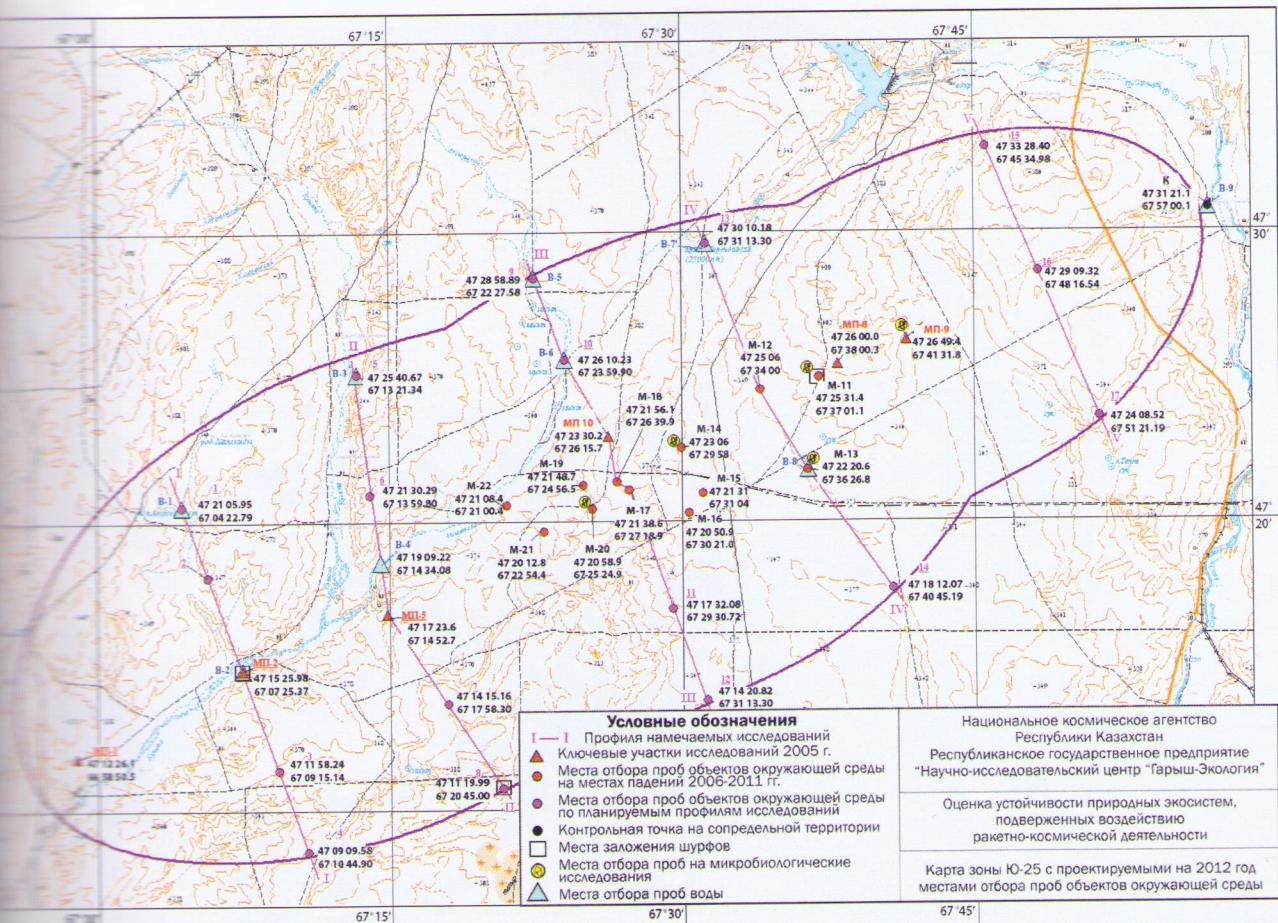
При приземлении отработавшей ступени РН и разрушении ее топливных баков возможно загрязнение почвы остатками ракетного топлива. Основные районы падения (РП) отделяющейся первой ступени ракет, работающих на гептиле, расположены в Центральном Казахстане. В процессе их постоянного использования в РП ОЧ РН сформировались природные комплексы с почвенными контурами, содержащими гептил и продукты его трансформации [1,4,5].

Наличие гептила и его производных может обнаруживаться в глубинных слоях

почвы спустя много лет после падения ОЧ РН. В то же время на территориях падения ракетных пунктов, прилегающих к местам падения ОЧ РН, загрязнений гептилом не отмечается. Следует отметить, что в наше время влияние человеческой деятельности на почвы и грунты значительно, как в последние годы. Ракеты совершаются в экологической сфере. Места загрязнений подвергаются обезвреживанию до предельно допустимой концентрации (ПДК) гептила в почве. При этом очистка почвы не является очистка почвы только от гептила, но и от продуктов его химической трансформации до образованием малотоксичных соединений азота [5,6].

Опасность загрязнения почв гептилом возрастает при аварийных падениях РН. В этих случаях обогащение компонентов почвы гептилом контролируется количеством в почве гептила, более тщательно.

Технология обезвреживания почв от компонентов ракетного топлива постоянно совершенствуется. Большое внимание придается разработке более эффективных опасных способов. Уничтожение методом окисления гептила хлорной извести, прицательные последствия действия активного хлора.



его химической трансформации, комбинированным методом». Обезвреживание гептила и продуктов его химической трансформации основано на использовании каталитического и микробиологического методов. В качестве катализатора в детоксиканте используется 1% водный раствор комплексногого железа, а окислителя — гидроксид перманганата водорода. Микробиологической доочистке с использованием аборигенных штаммов микробов подвергаются почвы, загрязненные гептилом в количестве менее 50 мг/кг (500 ПДК). Внесение в почву микробов способствует восстановлению почвенной микрофлоры после химической очистки почв. Комбинированная технология обезвреживания была успешно применена при обезвреживании проливов

гептила на площади 13100 м² (в местах аварийного падения РКН «Протон-М» 02.07.2013г.). Потребовалось четырехкратное проведение детоксикационных работ с выемкой загрязненного грунта, пока уровень загрязнения почв НДМГ не снизился в 2500 раз по сравнению с первоначальными значениями загрязнения и не достиг 2-3,5 ПДК. Одновременно в 13 раз сократилась и общая площадь загрязнения.

При обезвреживании почв следует учитывать роль природно-климатических факторов. На количественное содержание и поведение химических веществ в почве оказывает влияние тип почвы, ее механический, морфологический состав, различный микробиоценоз, кислотность, а также температура, влажность, сезон года и т.д.



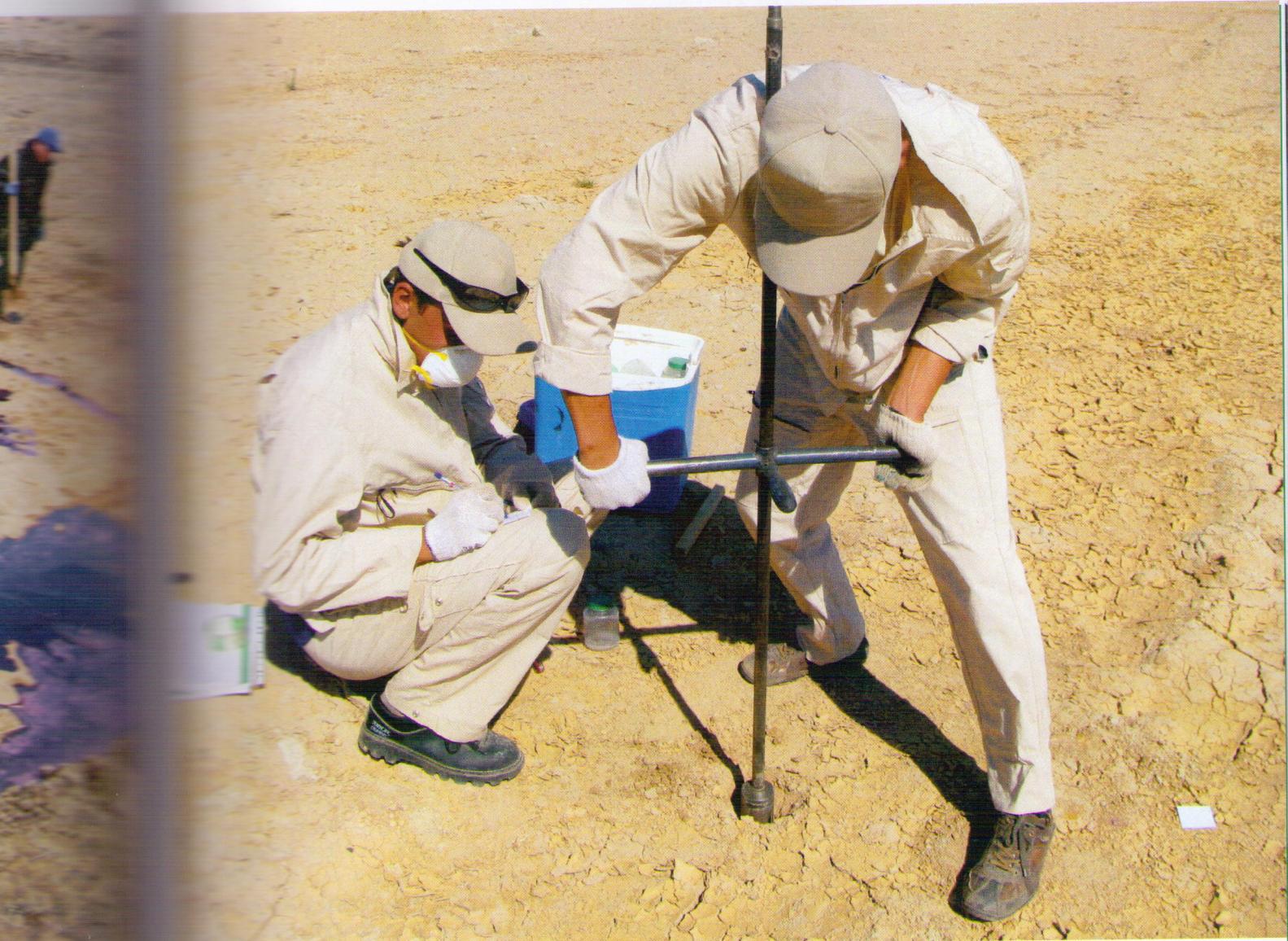
Распространенные в Центральном Казахстане суглинки с бурыми сильно солонцеватыми почвами, солонцами и солончаками затрудняют проникновение гептила в почвенную толщу, а песчаные, наоборот, содействуют [4,7]. Щелочная среда, малое содержание органических веществ в ней, естественное присутствие металлов-катализаторов (Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+}), влияющих на химическое окисление гептила, способствуют его деградации в почве.

Известно, что гидразины весьма реакционно-способные соединения. Они легко вступают

во взаимодействие с множеством реагентов различной природы. Все гидразины — сильные восстановители, но окисление их носит различный характер в зависимости от условий осуществления процесса, природы, числа и расположения заместителей, и, конечно, используемых окислителей [2,3]. Атмосферный кислород окисляет гидразины даже при низких температурах, хоть и значительно медленнее.

Значительная солнечная радиация в Центральном Казахстане, сопровождающаяся прогреванием почв, ультра-

фиолетовое облучение способствуют окислению гидразина и выветривание различных веществ из почвенных слоев почвы. Благоприятны условия удаления и трансформации гидразинов в почве — период года, который в регионе длится больше половины года. Время пребывания гептила в поверхности почвы зависит от количества пролитого ракетного топлива, оно может измеряться часами и длиаться до нескольких недель. Часть гептила проникает в почву, где процесс



обучение, а также трансформации замедленного гептила в почве исключается. В зимнее время миграция гептила в почву пропускает гидразин и гидразин-содержащие соединения могут сохраняться в почве длительное время, подвергаясь лишь испарению и деградации. Весной с талыми водами гидразин-содержащие соединения выносятся из глубоких слоев почвы на поверхность почвы, что может привести к увеличению загрязнения территории загрязнения, в том числе растений. Интерес представляет то, что гептил и его производные — гидразин, метилгидразин, нитрозодиметиламин — в растениях.

Известно, что растения способны синтезировать нитрозоамины на почвах, загрязненных нитритами и нитратами [8]. В то же время растения выполняют и другую функцию. Ученые Агрофизического научно-исследовательского института (Санкт-Петербург) при изучении влияния гептила на растительность и сопутствующую ей биоту (почвенные микроорганизмы) установили, что гептил в невысоких концентрациях, стимулируя рост и развитие растений, повышает их устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды.

При этом делается вывод, что растения вместе с биотой способны эффективно перерабатывать это вредное вещество в безопасные для человека соединения. На этой основе были разработаны методы биореставрации почв при любых начальных концентрациях гептила и его производных [9].

Эколого-гигиенические проблемы гептила и продуктов его трансформации, безусловно, определяются степенью токсичности химических соединений. Гептил и его производные — гидразин, метилгидразин, нитрозодиметиламин, относятся



к первому классу опасности. В организм животных и человека эти вещества могут проникать любыми путями: при вдыхании, через кожу, с продуктами питания [10].

Основной путь профилактики отравлений — нормирование их содержания в объектах окружающей среды. Необходимо учитывать возможность поступления гептила и продуктов его деградации в организм человека по биологическим пищевым цепям: почва — растение — человек; почва — растения — животное — человек; почва — вода — человек; почва — атмосферный воздух — человек. Поэтому оптимальным является разработка ПДК для воздуха, воды, почвы и про-

дуктов питания. Такие нормативы предельно допустимого содержания гептила и продуктов его деградации существуют для атмосферного воздуха, воздуха рабочей зоны и воды, используемой в культурно-бытовых и хозяйственных целях. Для почв была принята лишь ПДК гептила 0,1 мг/кг. Однако этот пробел в последние годы постепенно устраняется. Методической основой разработки ПДК в почве является руководство «Гигиеническое нормирование химических веществ в почве» [11] и «Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве» [12]. В рамках республиканской бюджетной программы

002 «Прикладные научные исследования в области радиационной деятельности» разработаны ПДК для продуктов деградации гептила: гидразина (0,01 мг/кг), нитрозодиметиламина (0,01 мг/кг), тетраметилтетрацетата (0,01 мг/кг), диметиламина (0,01 мг/кг), триметиламина (0,01 мг/кг), диметилформамида (0,01 мг/кг) и метилтриазола (10,0 мг/кг) в почве [13].

Для обоснования ПДК производится оценка опасности исследуемых веществ в почве, влияние их на здоровье человека, санитарные показатели, степень загрязнения почвы, миграцию веществ из почвы в воздух, воду и растения, а также транслокация в растения. Оценка фитотоксичности

что гидразины подвергнуты к воздействию внешней среды. Стабильность в почве меняется у гидразинов НДМГ и ГДМГ от дозовой нагрузки при гидразиновой нагрузке 1,0 мг/кг расчетный период распада вещества составлял 32 часа, а распада — 8,5 суток; при 100 мг/кг, соответственно 7,2 и 47,9 суток. Параллельно установлено, что при дозе 0,1 мг/кг устойчивость гидразина в почве в течение суток падает на 68,5%, за 7 суток — на 82,75%. Установлен расчетный период распада составил 10 суток, что позволяет использовать это химическое вещество в качестве маркера загрязнения почвы.

Несмотря на нормативов по-
лучающиеся в почве, а также
проведения соответствующих
деградации почв и контроль
загрязнения почвы

и контроль и контроль
загрязнения почв, а также
проведения соответствующих
деградации почв и контроль
загрязнения почвы

использование ограниченного
числа пусков РН, используя
для ракетного топлива;
замену «гептильных»
на «диметилгидразиновые»,
экологическое со-
стояние каждого пуска
космодрома Байконур
подвергнуто к воздействию на
объектов окружающей среды, включая очистку
территорий от остатков ракетного топлива;
проведение научных исследований по экологиче-
ко-специально-гигиени-

ческому мониторингу терри-
торий при аварийных пусках
для выявления отдаленных по-
следствий их воздействия на
состояние окружающей среды
и здоровья населения;

- выполнение научных работ по исследованию химиз-
ма поведения гидразинов в
почве и растительности, моде-
лирование процессов химиче-
ской трансформации гептила,
совершенствование методов
индикации и разработку регла-
ментов допустимого содержа-
ния токсических соединений в
объектах окружающей среды, а
также способов детоксикации
загрязненных почв и др.

Параллельно должна со-
вершенствоваться служба
контроля загрязнения объ-
ектов окружающей среды в
районах падения отработав-
ших ступеней РН. РГП «НИЦ
«Фарыш-Экология» разверну-
ты химические лаборатории в
городах Жезказган, Байконыр
и Алматы, которые оснащены
современным аналитическим
оборудованием. Создана пере-
движная химико-аналитиче-
ская лаборатория на базе двух
автомобилей КАМАЗ, осна-
щенная приборами для про-
ведения экспрессных иссле-
дований состояния объектов
окружающей среды.

Проводятся научные иссле-
дования по оценке состояния
здоровья домашнего скота на
территориях, прилегающих к
объектам комплекса Байконур.

По результатам комплекс-
ных научных исследований
создан и постоянно пополня-
ется банк данных на основе
геоинформационных техно-
логий.

Такой системный под-
ход позволяет решать про-
блемы экологической без-
опасности деятельности
космодрома Байконур, в том
числе связанные с загрязне-
нием почв компонентами
жидкого ракетного топлива. ■

Литература

1. 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.
2. Греков А.П., Веселов В.Я. Гидразин космический. // Химия и жизнь. — 1979. — № 7. — С. 25-29.
3. Иоффе Б.В., Кузнецова М.Л., Потехин А.А. Химиya органических производных гидразина. — Л.: Химия, 1979. -224 с.
4. Касимов Н.С., Гребенюк В.Б., Королева Т.В., Прокурякова Ю.В. Поведение компонентов ракетного топлива в почвах, водах и растениях // Почвоведение, 1994. — № 9. — С. 110-120.
5. Жубатов Ж. и др. Особенности ландшафтной характеристики и ее трансформации в результате загрязнения компонентами ракетного топлива в зонах падения первой ступени ракетносителей «Протон» и «Днепр» // Тр. 12-ой междунар. конф. «Экология и развитие общества». — СПб.:МАНЭБ, 2009. — С. 32-36.
6. Родин И.А., Москвин Д.Н., Смоленков А.Д., Шпигун О.А. Превращения несимметричного диметилгидразина в почвах // Журнал физической химии. — 2008. — № 6, Т. 82. — С. 1039-1044.
7. Жубатов Ж. Обоснование и разработка концептуальных основ экологического нормирования ракетно-космической деятельности космодрома «Байконур»: автореф.... докт. техн. наук. — Алматы, 2010. — 58 с.
8. Нитраты, нитриты и N-нитрозосоединения. Гигиенические критерии состояния окружающей среды: Совместное издание Программы ООН. — Женева: Всемирная организация здравоохранения, 1991. — С. 11.
9. Панова Г.Г. Влияние компонентов ракетного топлива на почвенно-растительную систему: автореф канд. биол. наук. — СПб.: АФИ, 1998. — 16 с.
10. Справочник по токсикологии и гигиеническим нормативам (ПДК) потенциально опасных химических веществ / под ред. Кушневой В.С., Горшковой Р.Б. // Институт биофизики и его филиалов. — М.: ИздАТ, 1999. — 272.
11. Гончарук Е.И., Сидоренко Г.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве. — М.:Медицина. — 1986. — 320 с.
12. Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве (№ 2609-82). — М., 1982. — 32 с.
13. Козловский В.А., Мусабаев Т.А., Жубатов Ж. Гигиеническое нормирование производных 1,1-диметилгидразина в почве. — Алматы, 2014., 264 с.