

ПОТЕНЦІЙНИЙ РИЗИК ДЛЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА І ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ 1,1-ДИМЕТИЛГІДРАЗИНУ (ГЕПТИЛУ) – ВАЖЛИВА ПРОБЛЕМА ХІМІЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЗРОСТАННЯ ВІЙСЬКОВИХ, ДИВЕРСІЙНИХ ТА ТЕРОРИСТИЧНИХ ЗАГРОЗ

*М.Г. Проданчук, член-кор. НАМН України, Г.М. Балан, доктор мед. наук, професор,
О.О. Бобильова, кандидат мед. наук*

*ДП «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки
імені академіка Л.І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України», м.Київ*

РЕЗЮМЕ. У роботі узагальнено дані літератури щодо потенційного екологічного ризику, впливу на тварин і здоров'я людини основного компоненту рідкого ракетного палива – 1,1-диметилгідразину (гептилу). Тривалий процес утилізації компонентів рідкого ракетного палива – це одна з важливих проблем хімічної та екологічної безпеки України та потребує посилення контролю спеціальних відомств і громадськості.
Ключові слова: 1,1-диметилгідразин (гептил), токсичні властивості, екологічний ризик, ризик для здоров'я населення.

Вступ. Донедавна інформація про зберігання та утилізацію високотоксичних компонентів рідкого ракетного палива – гептилу на основі 1,1-диметилгідразину та продуктів його окислення була секретною. Але в зв'язку з тим, що процеси зберігання і особливо утилізації компонентів рідкого ракетного палива (РРП) нерідко пов'язані зі забрудненням об'єктів довкілля, в науковій літературі та засобах масової інформації все більш відкрито постають питання екології, хімічної безпеки та потенційного ризику для здоров'я населення даних хімічних сполук [1 -4, 7, 8, 10]. Враховуючи, що хімічна екологічна безпека є неодмінним елементом національної безпеки, проблема потенційного екологічного ризику впливу компонентів РРП стала ретельно вивчатися в США та Європейських країнах [11-13, 16-19]. Останніми роками медико-соціальні та екологічні проблеми компонентів РРП (гептилу) широко розробляються, а результати досліджень публікуються в Росії як у науковій літературі [5, 6, 8, 14, 15, 23-25, 27, 28, 34, 35, 38], так і в засобах масової інформації [26, 36, 37], а також у Казахстані – у зв'язку з багаторічним функціонуванням ракетно-космічного комплексу в Байконурі Джезказганської області [18,29-34].

Приєднання України до міжнародних угод щодо скорочення і обмеження деяких видів озброєння зумовило створення ряду державних програм та проведення широкомасштабних робіт з ліквідації стратегічної зброї назем-

ного та повітряного базування, засобів доставки зброї, а також реабілітації інфраструктури та територій, забруднених внаслідок багаторічної експлуатації цих об'єктів [1 5], особливо технологічного обладнання та компонентів РРП [1-4, 6-8]. Під час реалізації зазначених програм виникла необхідність нейтралізації об'єктів, що становлять екологічну загрозу (залишків ракетних комплексів, технологічного обладнання, компонентів ракетного палива, промислових стоків та відходів, що містять гептил і продукти його окислення, забрудненого ґрунту на території об'єктів). Для вирішення цих завдань були створені мобільні та стаціонарні станції нейтралізації на базі агрегатів, робота яких заснована на високотемпературному термічному (каталітичному) розкладанні токсичних речовин [3, 4, 8, 9].

У літературі описані випадки недостатньої ефективності проведених заходів, що стало наслідком порушень технології консервації, знищення та рекультивациі таких об'єктів, а також безконтрольного доступу до них населення. Результатом таких дій у 2000 році виникла надзвичайна екологічна ситуація, що супроводжувалася масовими захворюваннями населення, в т.ч. дітей у Первомайському районі Миколаївської області (Болеславчик, Чаусове-1, Чаусове-2, Підгір'я і Мічуріне) [1-4, 9, 15, 64].

Серед технологій, застосовуваних для ліквідації колишніх ракетних комплексів, з погляду хімічної безпеки, особливе значення має нада-

ватися високотемпературному термічному (каталітичному) розкладанню хімічних речовин (компонентів РРП) на спеціальних підприємствах і станціях нейтралізації. Однак висока енергоємність і висока вартість [4, 8-10] цієї технології іноді призводить до спроби несумлінних підприємців порушувати прийняті вимоги, що спричиняють високі ризики забруднення навколишнього середовища і потенційні ризики для здоров'я населення. Недостатнім, мабуть, при цьому є контроль спеціальних відомств, державних органів і громадських організацій.

Приводом для написання цієї статті стала надзвичайна подія в м. Шостка Сумської області 30.04.2015 року, пов'язана із забрудненням повітря і ґрунту при перевезенні в самоскиді вночі через місто на смітник водно-газової суміші промислових відходів, що містили гептил, продукт його окислення — диметилнітрозоамін, тирсу і пестициди (заборонені до використання хлорорганічні пестициди — ДДТ, ДДД, гербіциди та ін.)

Забруднена даною сумішшю 30.04.2015 міська траса силами ДСНС була дезактивована, забруднений ґрунт з узбіч дороги (сотні тонн) вивезений на відкритий бетонований майданчик за межу міста. З приводу даної надзвичайної події порушено кримінальну справу. Населення міста майже щодня збиралося на мітинги, вимагаючи проведення термінових заходів щодо повної ліквідації наслідків розливу промислових відходів з інтенсивним хімічним запахом на дорогах міста і звалищах до повної екологічної безпеки. З цією метою в мерії було створено міський штаб. Співробітники Наукового центру були запрошені для проведення досліджень та тренінг-семінару для медичних працівників міста з повідомленнями про потенційний ризик для навколишнього середовища і здоров'я населення гептилу та продуктів його окислення (нітрозодиметиламіну та ін.), а також хлорорганічних пестицидів і гербіцидів.

Установами Державної санітарно-епідеміологічної служби та Державної екологічної інспекції виявлено перевищення ГДК компонентів РРП (гептилу і особливо нітрозодиметиламіну), хлорорганічних пестицидів і гербіцидів на міських звалищах, у відпрацьованому кар'єрі, в купах сміття в лісозахисних смугах, меншою мірою — в ґрунті на узбіччях міської траси, по якій вивозили суміш промислових відходів і пестицидів. Населення міста продовжує ставити питання: як промислові відходи в цистернах, що містять високотоксичні компоненти РРП, потрапили в Шостку на територію фірми, яка не має ліцензії на утилізацію компонентів РРП (зокрема гептилу і нітрозодиме-

тиламіну)? Як силами місцевого бюджету впровадитися з рекультивацією забруднених територій? Які будуть віддалені наслідки в стані здоров'я населення? Як місту Шостці, де основні бюджетотворюючі підприємства (найбільший в СРСР завод «Свема» з виробництва фотоплівки, завод «Хімреактив» та ін.) фактично давно не працюють, провести термічну нейтралізацію тисяч тонн забрудненого ґрунту і здійснити гігієнічний і біологічний моніторинг?

Матеріали проведеного семінару про потенційний ризик компонентів РРП для навколишнього середовища і здоров'я населення та дані літератури лягли в основу цієї статті.

1,1-диметилгідразин і його токсичні властивості. 1,1-диметилгідразин (1,1-ДМГ), синоніми: несиметричний диметилгідразин (НДМГ), димазин, диметилгідразин (ДМН), N, N-диметилгідразин) — безбарвна легкозаймиста водорозчинна рідина, жовтіюча на повітрі, з аміачним або специфічним «рибним» запахом відноситься до 1-го класу небезпеки. Гептил — це ракетне паливо на основі 1,1-диметилгідразину або несиметричного диметилгідразину (НДМГ). Всесвітньою організацією охорони здоров'я НДМГ внесений до списку особливо небезпечних хімічних сполук [11-14]. LD₅₀ НДМГ для собак (внутрішньовенно) 60 мг/кг, для мишей (внутрішньовенно) — 250 ± 19 мг/кг, внутрішньочеревинно — 290 ± 38 мг/кг; LD₅₀ НДМГ для щурів (внутрішньовенно) 119 ± 3,8 мг/кг, внутрішньочеревинно — 131 ± 5,1 мг/кг, перорально — 122 ± 10,6 мг/кг [11, 15, 24]. При інгаляційному впливі LC₅₀ для кроликів 964 мг/м³, для щурів — 630 мг/м³, для мишей — 423 мг/м³ [11, 13]. У США ГДК НДМГ для повітря робочої зони 1 мг/м³ при роботі в спеціальних костюмах [11], допустимою концентрацією вважається 0,15 мг/м³, що не викликає професійного ризику — 0,025 мг/м³ [16, 17, 19-21]. У СРСР [54] і в РФ [15] для НДМГ (гептилу) ГДК в повітрі робочої зони — 0,1 мг/м³.

ГДК НДМГ для повітря робочої зони в Україні 0,1 мг/м³, для атмосферного повітря максимально разова ГДК — 0,001 мг/м³, середньодобова ГДК — 0,001 мг/м³. ГДК для води рибогосподарського призначення — 0,0003 мг/дм³, для води інших водойм — 0,02 мг/дм³, для ґрунту — 0,02 мг/кг. ПДУ шкіри — 0,00001 мг/см², ПДУ поверхні конструкцій — 0,004 мг/м². Аварійні межі дії НДМГ представлені в табл.

Похідне гідразину — НДМГ (гептил) справляє на організм людини загальнотоксичну, шкірно-подразнюючу і канцерогенну дію. Він може надходити до організму інгаляційним шляхом, через шкіру і через шлунково-кишковий тракт. В організмі НДМГ розподіляється

Аварійні межі дії НДМГ, мг/м³

Контингент	5 хв.	15 хв.	60 хв.	240 хв.
Ліквідатори	6	2	0,8	0,3
Населення	3	1	0,4	0,15

досить рівномірно, вражаючи печінку, центральну нервову, серцево-судинну і кровотворні системи та відноситься до потенційних канцерогенів (група 2В) [11-14, 16, 17, 21]. На повітрі, у воді і в ґрунті НДМГ легко окислюється, утворюючи при цьому більш небезпечні сполуки. До них відноситься нітрозодиметиламін – рідина жовтого кольору, частково розчинна у воді та в багатьох органічних розчинниках. Він у 10 разів більш токсичний ніж НДМГ, небезпечний для людини за будь-якого надходження в організм, порушує діяльність багатьох органів і систем [49]. Його ГДК у повітрі робочої зони – 0,01 мг/м³. Він є сильнішим канцерогеном (група 2А).

Крім того, залежно від умов (температура, тривалість окислення, концентрація кисню і каталітично активних металів та інших окислювачів) при окисленні НДМГ утворюються диметиламін, тетраметилтетразен, формальдегід, синільна кислота та інші продукти окислення [1, 4, 16, 17, 19, 20, 23, 27, 38]. Швидкість окислення НДМГ в ґрунті залежить від концентрації окислювачів і доступу повітря і становить кілька годин або кілька років [29-34].

В організмі тварин і людини одним із шляхів метаболізму похідних гідразину, в тому числі й НДМГ, є їх залучення до мікросомальної системи цитохрому Р-450 печінки [39, 41, 65]. Похідні гідразину відносять до опосередкованих оборотних інгібіторів цитохрому Р-450, які діють не безпосередньо, а за рахунок утворення реактивних метаболічних інтермедіатів, здатні взаємодіяти з гемопротеїнами та інгібувати їх активність. Ці метаболічні інтермедіати діляться на 2 типи: ті, що утворюють зворотні ферментосубстратні комплекси з цитохромом Р-450 і ті, що взаємодіють ковалентно з ферментом, отже, викликають його незворотну інактивацію [39]. Істотне значення в механізмі інгібування гідразинами метаболічних реакцій відіграє їхнє комплексоутворення з мікросомальним цитохромом Р-450, що призводить до часткової деструкції гему і формуванню гемолітичної анемії [39, 40, 65].

Істотним найбільш гострим моментом в механізмі дії похідних гідразину є утворення з них азо- і діазенових сполук, здатних утворювати міцні комплекси з мікросомальним цитохромом Р-450 [39, 40, 65]. Розпад цих комплек-

сів супроводжується алкилюванням гемів, інактивацією мікросомальної захисної супероксиддисмутазиної системи і утворенням надзвичайно токсичних кисневих і вуглецевих вільних радикалів. У механізмі інгібування мікросомального цитохрому Р-450 лежить зниження цитозолевої супероксиддисмутазиної активності, що супроводжується посиленням мембранної ліпідної пероксидації та руйнуванням ліпопротеїдного комплексу [39, 65]. Автори вважають, що збільшення генерацією супероксидних радикалів є основним шляхом прояви токсичної дії похідних гідразину, в тому числі і НДМГ. Утворення азо- і діазенових сполук з активацією процесів ПОЛ і генерацією супероксидних радикалів обумовлюють мембрано- і цитотоксичну дію НДМГ, формування тканинної гіпоксії, порушення метаболізму мембранозв'язаних білків і вуглеводів глікопротеїнів у субклітинних органелах [39, 40, 41, 65].

Вивчення стану обміну білків, нуклеїнових кислот, амінів, ліпідів, вуглеводів, вітамінів, окисного фосфорилування, структури і функції еритроцитів, процесів біотрансформації гідразину та НДМГ в умовах однократного внутрішньочеревинного введення в максимально переносимих дозах і модельних дослідах на еритроцитах і мікросомної фракції печінки показало, що токсичні властивості названих гідразинів реалізуються шляхом пошкодження біохімічних реакцій майже всіх вивчених видів обміну [41]. До провідних патогенетичних ефектів отруєння відносяться порушення функції та блокада ензимів, що каталізують процеси окислення, переамінування, дезамінування і фосфорилування. Активація процесів ПОЛ з пригніченням антиоксидантної системи та генерацією вільних радикалів, ензиматичні порушення, формування тканинної гіпоксії обумовлюють розвиток гепато-, кардіо-, нефро-, нейро- і гематотоксичних ефектів [11, 13, 16, 21, 39, 43-48, 54, 57], а також мутагенну [29, 51, 65], генотоксичну [22, 39, 50, 54], ембріо- і гонадотоксичну дію НДМГ [30, 54-56, 65].

Інгаляційні експозиції щурів гідразинном і 1,1-ДМГ в концентраціях 1-6 мг/м³ протягом усього періоду вагітності призводили до загибелі або затримки розвитку ембріонів. Період найбільшої чутливості ембріонів знаходився в

межах 10-го дня вагітності [55]. Порогом ембріотоксичної дії гідразину та 1,1-ДМГ за впливу протягом усього періоду вагітності була концентрація $0,1 \text{ мг/м}^3$. Інші автори повідомляють, що гідразин при пероральному надходженні до організму в концентраціях $0,824\text{--}0,018 \text{ мг/л}$ справляє виражену ембріотоксичну і гонадотоксичну дію [56]. При цьому, концентрація гідразину $0,018 \text{ мг/л}$ є пороговою, а $0,002 \text{ мг/л}$ — неефективною. При інгаляційному впливі концентрація $0,13 \text{ мг/м}^3$ виявилася пороговою, а $0,01 \text{ мг/м}^3$ — недіючою щодо цього ефекту.

Показано, що НДМГ канцерогенний для тварин, призводить до розвитку ангіосарком, раку шкіри, легенів, підшлункової залози, печінки, наднирників, товстого кишковика та інших пухлин [11-13, 19, 20, 52, 53, 65]. Канцерогенність НДМГ для людини й до тепер не доведена, тому він відноситься до потенційних канцерогенів (2В групи канцерогенного ризику) [19, 20, 52, 53].

Вплив НДМГ на людину. При контакті людини з НДМГ слабкий аміачний запах відчувається на рівні $0,01 \text{ мг/м}^3$, концентрація $0,05\text{--}0,08 \text{ мг/м}^3$, відчувається як сильний аміачний запах, чутливі особи можуть відчути концентрацію $0,003 \text{ мг/м}^3$. Переносимою для людини протягом 10 хв вважається концентрація 240 мг/м^3 , для 30 хв — 120 мг/м^3 , для 60 хв — 70 мг/м^3 [54].

При надходженні в організм у дозі $10\text{--}20 \text{ мг/кг}$ можливий розвиток отруєнь легкого ступеня. Описані випадки гострого отруєння при перебуванні в атмосфері, забрудненій до $2,6 \text{ мг/м}^3$, протягом 1-2,5 год. Гострі отруєння у людини зустрічаються переважно на виробництвах (72%), часто поєднуючись з впливом нітрозодиметиламіну (9%) з азотною кислотою (42%). Основний шлях потрапляння НДМГ в організм у виробничих умовах — інгаляційний (92%), у третині випадків відзначено потрапляння на шкіру. У постраждалих спостерігається прихований період, який триває від 30 хв до 24 год і більше. Близько 85% отруєнь відносяться до легких, летальність при яких становить 2%, а при середніх і важких — 15% [9].

Легкий ступінь отруєння в уражених осіб проявляється через кілька годин (діб) після перебування в атмосфері НДМГ (гептилу). Виникають нудота, блювання, біль у животі, озноб, головні болі. З'являються безсоння, втрачається апетит, в окремих випадках відзначається збільшення печінки, у деяких постраждалих виникає пронос. Явище роздратування слизових оболонок верхніх дихальних шляхів і очей виражені помірно. Відзначається схильність до тахікардії, артеріальної гіпертензії. Тривалість захворювання рідко перевищує 5-6 діб.

Середній ступінь отруєння характеризується токсичною енцефалопатією, гепатитом і нефропатією. Виражена адинамія, слабкість супроводжується сильними головними болями, блюванням, проносами, ознобом, підвищенням температури тіла, болями в м'язах. На 4-5-у добу з'являються жовтяниця, масивні кровотечі з ясен. У крові реєструються диспротеїнемія, гемолітична анемія, збільшується вміст білірубину, виявляється порушення функції печінки. Одуjuanня затягується до 3-4 тижнів. Важкий ступінь отруєння проявляється, крім перерахованих ознак, судомним синдромом, вираженими розладами кровообігу, поступовим розвитком недостатності печінки і нирок. Симптоми важкого отруєння розвиваються на 4-5 добу [11, 12, 43-45], нерідко закінчуються летальним результатом.

У людей, які працюють в умовах впливу 1,1-ДМГ протягом 6 місяців, спостерігається порушення функції печінки, підвищення активності аланінамінотрансферази (АЛТ) у сироватці крові, при біопсії печінки виявляється жирова дистрофія [54]. Розвиток гепатотоксичних ефектів при хронічному впливі 1,1-ДМГ у працюючих відзначають й інші автори [11, 12, 43-48]. При цьому йдеться про порушення антитоксичної, екскреторної, глікогенутворюючої та дезамінуючої функцій печінки. Ці порушення проявлялися зрушеннями різних біохімічних показників, зростанням активності трансаміназ, зниженням загального білка, зменшенням активності лужної та кислої фосфатаз.

А.А. Белов [47] вивчав динаміку біохімічних показників крові у 28 військових фахівців, які працювали під впливом 1,1-ДМГ у концентрації в повітрі робочої зони $50\text{--}80 \text{ ГДК}$ 2-3 години протягом 2,5 місяців (основна група) і 20 здорових, не пов'язаних з впливом 1,1-ДМГ військовослужбовців. У 80% обстежених військовослужбовців основної групи відразу ж після припинення контакту з компонентами РРП у сечі був виявлений 1,1-ДМГ. У військовослужбовців після завершення робіт по зливу компонентів РРП мало місце достовірне підвищення в сироватці крові рівня креатиніну, загального білірубину, АЛТ, АСТ, ЛДГ і достовірне зниження рівня гамаглутамілтранспептидази (γ -ГТП), лужної фосфатази і кальцію [47]. Активність ЛДГ в основній групі була достовірно вище на всіх етапах робіт у порівнянні з рівнем 1,1-ДМГ у осіб, які не контактували з ним. Автор зазначає, що в основній групі достовірно знижувалася активність лужної фосфатази до кінця робочого циклу, що, за даними літератури [40, 58, 65], є характерним для інтоксикацій похідними гідразину та може вказувати на зниження синтезу ферменту в тканинах під дією

токсичного агента. Певний інтерес представляє характер змін α -амілази у військових фахівців у робочому циклі. Відомо, що похідні гідразину, в тому числі і 1,1-ДМГ порушують окислювання вуглеводів з уповільненням розпаду їх в тканинах і зниженням рівня інсуліну в крові [44]. Автор [47] вважає, що зниження активності α -амілази, яка каталізує гідроліз крохмалю, також пов'язане з цим механізмом токсичного впливу гідразинів. Після припинення контакту з компонентами РРП у обстежуваних осіб основної групи в сироватці крові достовірно підвищився рівень γ -ГТП в порівнянні з вихідними показниками і контролем. Даний фермент, що каталізує перенесення глютамінової групи з гама-глютамінпептиду на акцепторний пептид або α -амінопептид, за даними літератури, є більш чутливим показником порушення в клітинах печінки, ніж АЛТ, АСТ і лужна фосфатаза. γ -ГТП бере безпосередню участь у реакціях глютамінової кон'югації, що становить другу фазу біотрансформації ліпідорозчинних ксенобіотиків [39, 40, 58, 65].

Ряд авторів вважає активацію γ -ГТП маркером специфічної дії нітрозосполук, які, зокрема, утворюються при окисленні 1,1-ДМГ (нітрозодиметиламін) [39, 40, 44]. Це пов'язане з особливостями хімічної будови, механізмом токсичної дії та біотрансформації в ЕПР печінки токсичних речовин даного класу [49]. Відзначено, що на особливу увагу заслуговує факт зменшення вмісту кальцію в крові обстежуваних осіб основної групи до кінця робіт. Відомо [58], що іони кальцію здатні викликати глибокі зміни внутрішньоклітинного метаболізму і призводити до появи некротичних вогнищ і загибелі клітини. В умовах впливу на клітинні мембрани високих концентрацій супероксидних радикалів, іони Ca^{2+} здатні спрямовуватися усередину клітин. Висока концентрація супероксидних радикалів утворюється в процесі біотрансформації 1,1-ДМГ в ЕПР [39, 40]. Збільшення Ca^{2+} в цитозолі призводить до активації ряду Са-залежних ферментів. Одним з них є нейтральна протеаза. При збільшенні її активності прискорюється розщеплення білків мембран, що призводить до деструкції білкового цитоскелету. Крім того, збільшення внутрішньоклітинного рівня Са супроводжується підвищенням активності ряду фосфоліпаз, що розщеплюють ліпідну складову мембран і ліпокіназ, відповідальних за первинне окислення ліпідів. Автор [47] припускає, що зменшення рівня Ca^{2+} в сироватці крові обстежених військовослужбовців основної групи відбувалося за подібним механізмом і супроводжувалося змінами внутрішньоклітинного метаболізму.

Таким чином, одноразовий вплив підвищених рівнів 1,1-ДМГ на людину може викликати розвиток гострого отруєння з поліорганичним ураженням з розвитком легкого, середнього або важкого ступеня інтоксикації залежно від концентрації даної речовини. Вплив протягом 2,5 місяців 1,1-ДМГ при перевищенні ГДК у повітрі робочої зони (в 50-80 разів) супроводжується порушенням функції печінки у працюючих [47]. Тривала дія 1,1-ДМГ нерідко викликає також розвиток токсичного гепатиту, токсичної енцефалопатії, нефропатії, гемолітичної анемії та інших порушень [11, 12, 43-46, 48].

Медико-соціальні та екологічні проблеми впливу компонентів рідкого ракетного палива. Більшість ракет радянського періоду і РФ, таких як «Протон-К», «Протон-КМ», «Циклон-2», «Циклон-3», «Космос-3М», «Штиль-2», «Рокот», «Стріла», «Дніпро», «Прибій» використовували і використовують в якості палива гептил [4, 14, 27], причому багато цих ракет виробляли в Україні.

Інші держави також використовують гептил на основі 1,1-ДМГ: це американські ракети сімейства «Титан» — «Titan-IVA», «Titan IVB»; французькі сімейства «Аріан» — «Ariane-42P», «Ariane-421», «Ariane-44P» та ін., а також японські сімейства «N», китайські сімейства «Великий похід» [14, 27]. Гептил використовується в двигунах пілотованих кораблів і міжпланетних станцій. Автори відзначають, що кількість країн, що використовують як ракетне паливо гептил, збільшується (Південна Корея) [17], що свідчить про те, що використання гептилу в ракетно-космічній техніці, а також процеси зберігання й утилізації його в знятих із озброєння ракетах — це важлива світова екологічна проблема, актуальна й для України.

Більшість досліджень з вивчення екологічного впливу компонентів РРП на людину присвячені проблемі алтайського феномена — «жовті» діти, народження яких пов'язують з токсичним впливом гептилу на вагітних жінок, у яких розвинулася анемія [14, 23-27, 38]. Найбільш гострою проблемою «жовтих» дітей на Алтаї відзначалася з 1989 по 1999 рр., що автори пов'язують з підривом в Тальменському районі чотирьох міжконтинентальних балістичних ракет SS-18 [14, 27]. Сплеск народження «жовтих» дітей у Тальменському районі пов'язують з цією подією [14]. Автор зазначає, що всі інші поліетіологічні фактори (радіаційний вплив через ядерні випробування на Семіпалатинському полігоні (1949 р.), надлишок марганцю в довікеллі внаслідок розлому кори Землі в даному регіоні) мали місце до підриву балістичних ракет на РРП і продовжували діяти після підриву ракет, але вони не були причиною народження «жовтих» дітей.

Феномен «жовтих» дітей не є чисто алтайським. Народження «жовтих» дітей спостерігалося також в Астраханській області, Башкирії та інших місцях, де відмічався екологічний вплив гептилу [14]. Під керівництвом академіка РАМН Л.Е.Паніна експериментально підтверджено токсичний вплив компонентів ракетного палива (гептилу) на біологічні об'єкти, що пояснює багато патологічних станів у людей, що проживають у районах забруднення [14]. Вперше була розроблена модель розвитку гіпербілірубінемії у новонароджених щурят при експозиції вагітних самок малими дозами гептилу. Показано, що гептил викликав у них дистрофічні зміни в печінці, при цьому порушувалася структура печінкових балок. Дегенеративні зміни гепатоцитів призводили до утворення численних міжклітинних щілин, які часто відкривалися в жовчні протоки. Через це жовч легко потрапляла в лімфатичні судини або відразу в капілярну мережу печінки, що викликало розвиток тривалої гіпербілірубінемії у новонароджених [59]. З'ясовано також причини розвитку імунодефіцитів у новонароджених щурят. Вони пов'язані з тим, що гептил (НДМГ) значно придушував продукцію IgM і IgG імунокомпетентними клітинами — лімфоцитами [60]. Авторами розкриті молекулярні механізми цього явища.

Гептил потрапляє в навколишнє середовище головним чином шляхом дисперсії його в атмосфері, при впливі залишків РРП у момент падіння паливних баків на землю і в процесі утилізації знятих з озброєння ракет [1-4, 14, 27]. Наявність продуктів його розпаду виявляється тільки в ґрунті і на рослинності [5, 14]. Ні у воді, ні в повітрі, ні в продуктах харчування продукти його розпаду практично не виявляються [14]. Результати досліджень зразків ґрунту Алтаю, виконаних Інститутом біофізики МОЗ РФ і МГУ показали, що частка проб, які містять гептил і його похідні становить всього 14,3%, а одночасна присутність гептилу та продуктів його розпаду виявлена тільки в 4,6% проб [14, 24]. Але висока захворюваність населення, що проживає на території, прилеглої до районів падіння ступенів ракет, свідчить про те, що на нього постійно діють токсичні фактори [27, 28].

Не менш гострою є проблема екологічного впливу гептилу (1,1-ДМГ) у Казахстані у зв'язку з функціонуванням ракетно-космічного комплексу в Байконурі [29-34]. Автори відзначають підвищену захворюваність населення, що проживає в регіонах екологічного впливу гептилу. Повідомляється про його вплив на репродуктивне здоров'я населення в екологічно несприятливих районах центрального Казахстану [30]. У чоловіків, які проживають в

екологічно несприятливих регіонах Центрального Казахстану, забруднених НДМГ, спостерігали порушення морфологічних показників сперматозоїдів, у тому числі зміни рухливості сперматозоїдів і появу атипичних форм у чоловіків молодого віку [30]. Автори вважають, що дані порушення могли бути індуковані взаємодією НДМГ і його похідних з білками цитоскелету, порушуючи морфодиференціювання сперміїв і блокуючи рухливість сперматозоїдів.

Територія Байконурського ракетно-космічного комплексу — це 6700 км² і більш ніж 45000 км² областей Центрального Казахстану (Джезказганської, Карагандинської, Акмолинської, Павлодарської і Східно-Казахстанської областей) піддається негативному екологічному впливу гептилу. Промислові підприємства, автомобільний транспорт, залізниці, великі річки і канали, розташовані в близькості регіонів падіння ступенів ракет, — все це потенційна «зона екологічного впливу гептилу» і покриває в Казахстані понад 7700000 км² [18]. 1,1-ДМГ виявлений більше ніж у 1000 зразках ґрунту в регіонах падіння [18]. Залежно від характеру ґрунту він виявляється у підвищених концентраціях протягом багатьох років [18, 31, 33, 34, 61-63].

Допускається, що самоочищення земель, забруднених гептилом, може відбутися не раніше, ніж через 34 роки [27], причому швидкість розкладання компонентів РРТ залежить від їх початкової концентрації, типу ґрунту, вологості, температури, присутності різних окислювачів (залізо, мідь, марганець, йод та ін.), а також концентрацій кисню. З іншого боку, повідомляється, що окислювальна деградація 1,1-ДМГ у присутності іонів міді призводить до більш швидкого утворення канцерогенних нітросоамінів [18]. Автори відзначають, що хоча екологічний ризик пов'язують переважно з високотоксичними 1,1-ДМГ і диметилнітросоаміном, проте не можна недооцінювати внесок у формування ризику для здоров'я населення також інших токсичних продуктів окислення РРП, таких як 1,2,4,5-тетраметилтетразен, 1-метил-1Н-1,2,4-триазол, формальдегід та інших сполук.

На завершення слід зазначити, що з усіма соціально-медичними та екологічними проблемами впливу компонентів РРП та їх окислення Україна буде стикатися в процесі утилізації, а також забруднених гептилом і нітросодиметиламіном промислових відходів, що зберігаються на полігонах в різних регіонах нашої країни [14].

Ми вважаємо, що контроль за станом даних проблем хімічної та екологічної безпеки повинен здійснюватися не тільки спеціальними

військовими відомствами, а й науковим потенціалом країни та громадськістю, інакше нам не уникнути розвитку нових надзвичайних екологічних ситуацій, масштаби яких важко передбачити. Крім того, процеси утилізації РРП досить коштовні і в сьогоденних умовах для вирішення цих проблем необхідне як державне фінансування, так, ймовірно, спеціальна фінансова і технічна допомога країн-партнерів України.

Особливого значення набуває проблема гептилу і його похідних в умовах військових, диверсійних та терористичних загроз, оскільки застосування самого гептилу та промислових відходів, які містять його навіть в невеликих кількостях, може завдати непоправної шкоди

здоров'ю людей. Окрім цього, забруднення територій гептилом та його похідними на багато років перетворить їх в непридатне для життя середовище. Беручи до уваги ці загрози, необхідно зосередити увагу в галузі хімічної безпеки держави також на можливостях відповідних інституцій своєчасно та за відповідними сучасними валідованими методиками здійснювати детекцію та ідентифікацію значимих рівнів забруднення гептилом та його похідними в об'єктах середовища життєдіяльності людини. Водночас необхідно мати відповідний потенціал системи охорони здоров'я для надання кваліфікованої токсикологічної допомоги постраждалим.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шаровара В.В. Екологічна небезпека геохімічної поведінки ракетних палив / В.В. Шаровара, Я.І. Мовчан // Техногена безпека. – 2013. Випуск 221. – Т.233. – С.53–57.
2. Прохач Е.Ю. Експериментальна та аналітична оцінка забруднення ґрунту в районі сховищ компонентів ракетних палив / Е.Ю. Прохач // Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків: УЦЗУ, 2009. – Випуск 11. – С.105–112.
3. Прохач Е.Ю. Методологія визначення рівня небезпеки військових об'єктів, шовиводяться з експлуатації / Е.Ю. Прохач, Л.Л. Михальська // Проблема надзвичайних ситуацій. Харків: УЦЗУю 2009. – Випуск 9. – С.82–88.
4. Франчук Г.М. Екологія, авіація, космос / Г.М. Франчук, В.М. Ісаєнко. К.: Вид-во Нац.авіац.ун-ту «НАУ-друк», 2010. – 456 с.
5. Родин И.А. Превращения несимметричного диметилгидразина в почвах / И.А.Родин, Д.Н. Москвин, А.Д. Смоленков // Журнал физической химии. – 2008. – Т.82, №6. – С.1039–1044.
6. Губанов Б.И. Триумф и трагедия «Энергии». Размышления Главного конструктора / Б.И. Губанов. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского института экономического развития, 1998. – Т.3. – ISBN 5-93320-002-6.
7. Підлісна М.С. Екологічна безпека військ/ М.С. Підлісна. – К.: МАУ, 1998. – 130 с.
8. Архипов В.А. Прикладные аспекты экологии при эксплуатации ракетно-космической техники / В.А. Архипов, И.К. Жарова, Е.А. Козлов // Оптика атмосферы и океана. – 2013. – Т.26, №8. – С.636–641.
9. Михальська Л.Л. Організаційно-технічні заходи при гасінні пожежі на станції нейтралізації компонентів ракетного палива. Автореферат дис.на здобуття ступеня канд.техн.наук. 21.06.02. – Пожежна безпека. Харків, – 2004. – 16 с.
10. Залозная Н. Компоненты ракетного топлива и экологические риски / Н. Залозная // Гражданская защита. – 2007. – №7. – С.40–41.
11. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Occupational Safety and Health Standards, Toxic and Hazardous Substances. Code of Federal Regulations. 29 CFR 1910.1000.–1998.
12. U.S. Environmental Protection Agency. Health and Environmental Effects Profile for 1,1-Dimethylhydrazine. EPA/600/x-84/134. Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development, Cincinnati. OH. 1984.
13. U.S. Department of Health and Human Services. Hazardous Substances Databank (HS.DB. online database). National Toxicology Information Program, National Library of Medicine, Bethesda, MD. 1993.
14. Панин Л.Е. Медико-социальные и экологические проблемы использования ракет на жидком топливе (гептил) / Л.Е. Панин, А.Ю.Серова // Бюллетень СО РАМН. 2006. – №1, (119) – С.124–131.
15. Проект Постановления Главного государственного санитарного врача РФ «Об утверждении ГН 2.2.5 «Предельно допустимая концентрация (ПДК) 1,1-диметилгидразина в воздухе рабочей зоны» (по состоянию на 08.06.2015), подготовлен Роспотребнадзором. Консультант Плюс. www.consultant.ru
16. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Pocket Guide to Chemical Hazards. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention. Cincinnati, OH. 1997.
17. U.S. Environmental Protection Agency. Integrated Risk Information System (IRIS) on 1,1-Dimethylhydrazine. National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington, DC. 1999.
18. Carlsen L. A preliminary assessment of the potential environmental and human health impact of unsymmetrical dimethylhydrazine as a result of space activities / L.Carlsen, O.Kenesova, S. Baturbekova // Chemosphere. 2007. – 67. – P.1108-1116.
19. ACGIN. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, vols.I, II, III, sixth ed. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Inc. Cincinnati, 1991. – P.492-494.
20. IARC. Re-Evaluation of Some Organic Chemical, Hydrazine and Hydrogen Peroxide Summary Of Data Reported and Evaluation. IARC Monograph's on the Evaluation of the Carcinogenic risk of Chemicals to humans. International Agency for research on cancer. 1999. – V.71. P.3. – P.1425-1436.
21. NIOSH, 1997. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards: 1,1-Dimethylhydrazine, NIOSH Publication No. 2005-151. National Institute of Occupational Safety and Health, Washington, DC. <<http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0227.html>> (accessed November 2006).
22. Норппа, Н. Genetic polymorphisms and chromosome damage. / Н. Норппа // Int. J. Hyg. Environ. Health. – 2001. – P.31–38.
23. Власов М.Н. Экологическая опасность космической деятельности. Аналит.обзор: За экологическую безопасность ракетно-космической деятельности / М.Н. Власов, С.В. Кричевский. – М.:Наука. Центр экологической политики России. – 1999.
24. Маринин И. Влияет ли ракетная техника на здоровье алтайцев? / И. Маринин // Новости космонавтики. – 2001. – №11 // <http://www.novosti-kosmonavтики.ru/content/numbers/226/34>.

25. Миняев А.П. Ракетно-космическая деятельность и здоровье человека /А.П. Миняев, П.И. Сидоров, С.Л. Совершаева //Экология человека. — 1997. — №3//http://www.ecoline.ru/books/raket/15.htm.
26. Федоров Л.А. Ни дня без химии / Л.А. Федоров. — М.: Центр экологической политики России. — 1990. — 196 с.
27. Экологические проблемы и риски воздействия ракетно-космической техники на окружающую природную среду. Справочное пособие // Под общ.ред. В.В.Адушкина, С.И. Козлова, А.В. Петрова. — М.: Анкил, 2000.
28. Шойхет Я.Н. Заболеваемость населения территорий, прилегающих к районам падения отделяющихся частей ракетно-носителей //Я.Н. Шойхет, В.Б.Колядо, И.Б. Колядо. — Барнаул. — 2005. — 188 с.
29. Колумбаева С.З. Мутагенный эффект компонента жидкого ракетного топлива несимметричного диметилгидразина на крыс / С.З. Колумбаева, Т.М. Шаяхметова, Д.А. Ведитветова // Генетика. — 2007. — V. 43, №6. — С.742–746.
30. Култанов Б.Ж. Оценка действия несимметричного диметилгидразина на репродуктивное здоровье населения в экологически неблагоприятных районах Центрального Казахстана / Б.Ж. Култанов, В.И. Кислицкая // Междунар.ж.экспер.образ. 2014. — №3. Ч.2. — С.89–91.
31. Акылбаев Ж.С. Несимметричный диметилгидразин и продукты его превращения как фактор загрязнения окружающей среды / Ж.С. Акылбаев, К.С. Бахтыбеков, В.К. Быйстро// Вестник Карагандинского государственного университета. Специальный выпуск. — 2001. — №1(21). — С.54–56.
32. Choundhary G. Human health perspective on environmental exposures to hydrazines: a review / G.Choundhary, H.Hansen // Chemosphere. 1998. — 37. — P.701–843.
33. ISTC. System analysis of environmental objects in the territories of Kazakhstan, which suffered negative influence through Baikonur space port activity. Annual 2005 technical Report of ISTC. K 451. 2.
34. Nauryzbaev M.K. Ecological problems of Central Asia resulting from space rocket debris / M.K. Nauryzbaev, S.E. Baturbekova, Kh.S. Tassibekov // In: History and Society in Central and Inner Asia. Toronto Studies in Central and Inner Asia. 2005. — V. 7. Asian Institute. University of Toronto, Toronto. — 2005. — P. 327-349.
35. Петров В.М. Исследование миграции несимметричного диметилгидразина и продуктов его распада в почвах / В.М. Петров, Н.С. Остапенко, Л.В.Бойцова // Экологическая химия. 2000. — №2. — С.24–27.
36. Дела ракетные: дума о думе // проблемы химической безопасности // Химия и война: электронный бюллетень. — 2003. — 4 июня. — №467 // http://www.seu.ru/members/ucs/chemwar/467.htm.
37. Игнатова Е. Старьевщики на орбите / Е.Игнатова // Новая газета. — №88. — 28 ноября. — 2002//http://2002.novaygazeta.ru/nomer/2002/88n/n88n-s16.shtml
38. Горшкова Р.Б. Современные токсико-гигиенические критерии безопасности населения в районах осуществления ракетно-космической деятельности // Р.Б. Горшкова, В.С. Кушнева. // Космонавтика и ракетостроение. 1999. — №15. — С.11–14.
39. Авакян А.Х. Новые молекулярные критерии оценки токсического действия производных гидразина. Активные формы кислорода как ключевые агенты в механизме токсичности / А.Х. Авакян // Фармакология и токсикология. 1990. — №1. Т. 53. — С.70–73.
40. Портянная Н.И. О влиянии производных гидразина на процессы микросомального окисления и перекисидации липидов в печени крыс/ Н.И. Портянная, Ю.И. Черняк, Г.А. Москадынова // Мед.труда и промышл.экология. 1994. — №3. — С.29–34.
41. Портянная Н.И. К биохимическому механизму токсического действия гидразинов / Н.И. Портянная, Б.Г. Осипенко, Г.А. Москадынова // 1-й съезд токсикологов России: Тезисы докладов. М., 1999. — С.306–307.
42. Sasputgaeva G.Y. Dynamics of plasma proteins under the influence of hydrazine and vanadium oxide derivatives /G.Y. Sasputgaeva, R.R. Beysenova // Journal on Environmental Science and Engineering. USA. 2011. — №1. — P.1155–1161.
43. Богданов Н.А. Патология, клиника и терапия поражений жидкими ракетными топливами / Н.А. Богданов Л.: ВМОЛА, 1970. — 196 с.
44. Несимметричный диметилгидразин. Токсикология, гигиена и профпатология. Под ред. С.Д.Заугольникова. — М., Институт биофизики. — 1982. — 263 с.
45. Лебедев Г.Г. Клиника, диагностика и неотложная помощь при острых отравлениях компонентами жидкого ракетного топлива / Г.Г. Лебедев, Ю.М. Мусийчук, В.И. Клевцов. М.: Медицина, 1984. — 122 с.
46. Белов А.А. К вопросу о токсичности и опасности гидразина // А.А. Белов // Современные проблемы токсикологии. 2000. — №1. — С.1–12.
47. Белов А.А. Изменение биохимических показателей крови у работающих с высокотоксичными компонентами ракетного топлива // Современные проблемы токсикологии. — 2000. — №2. — С.24–28.
48. Гембицкий Е.В. Влияние неблагоприятных факторов военного труда на состояние здоровья военнослужащих / Е.В. Гембицкий, Г.Н. Клинецвич // Военно-медицинский журнал. — 1983. — №40. — С.20–23.
49. Тутельян В.А. О механизме острого токсического действия N-нитрозодиметиламина / В.А. Тутельян, Н.В. Лашаева // Фармакол. и токсикол. — 1983. — Т.46, №2. — С.111–114.
50. Тарасов В.А. Количественная оценка риска в генетических исследованиях в токсикологии / В.А. Тарасов, А.В. Тарасов, И.К. Любимова // Успехи соврем.биол, 2002. — V.122, N2, — С.136-147.
51. Тарасов В.А. Значение батарейных тестов в оценке потенциальной мутагенности химических веществ / В.А. Тарасов, С.К. Абилов, Р.М. Велибеков, М.М. Асланян // Генетика, 2003. — В.39, 10. — P.1191–1200.
52. Денисов В.Л. Канцерогенность производных гидразина / В.Л. Денисов // Вопр.онкол. — 1998. — В.32, N7. — С. 3–9.
53. RoC.1.1-Dimethylhydrazine. CAS No. 57-14-7. 11th Report on Carcinogens National Toxicology Program/ — 2005 http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/eleventh/profiles/s077umdh.pdf> (accessed November 2006).
54. Вредные вещества в промышленности [Под. Общей редакцией Н.В. Лазарева и И.Д. Гадаскиной] Л.: «Химия», 1977. — Т.III. — С.95–97.
55. Савченкова М.Ф. Влияние гидразина на внутриутробное развитие плода /М.Ф. Савченкова // Гиг. и сан. 1974. — №10. — С.23-25.
56. Дымин В.В. Влияние гидразина на генеративную функцию животных при различных путях поступления в организм // В.В. Дымин, В.Л. Денисов, С.Н. Андропова // Гиг. и сан. 1984. — №9. — С.25-29.
57. Басараба И.Н. Токсичность комбинации 1,2-диметилгидразина и диоксида серы при хроническом воздействии /И.Н. Басараба, В.В. Бенеманский // Тез. Докладов 1-го съезда токсикологов России. 17-20 ноября 1998. М. — С.33–34.
58. Голиков С.Н. Общие механизмы токсического действия / С.Н. Голиков, И.В. Саноцкий. Ленинград.: «Медицина», — 1986. — С.24–25.
59. Панин Л.Е. Нарушение обмена билирубина и развитие гипербилирубинемии у новорожденных крысят под влиянием несимметричного диметилгидразина (гептила) / Л.Е. Панин, Н.Е. Костина. Л.В, Шестопалова // Бюл. СО РАМН. — 2005. — № 4 (118). — С. 73–78.
60. Панин Л.Е. Влияние несимметричного диметилгидразина (гептила) на продукцию иммуноглобулинов М и G и развитие иммунодефицитов/ Л.Е. Панин, Е.Ю. Клейменова, Г.С. Русских// Бюл. СО РАМН. — 2005. — № 4(118). — С. 42–45.

61. ISTC, 2004. System analysis of environmental objects in the territories of Kazakhstan, which suffered negative influence through Baikonur space port activity. Annual 2004 technical Report of ISTC K451.2. Center of Physical-Chemical Methods of Analysis, al-Farabi Kazakh National University in Almaty, Kazakhstan.
62. ISTC, 2005. System analysis of environmental objects in the territories of Kazakhstan, which suffered negative influence through Baikonur space port activity. Annual 2005 technical Report of ISTC K451.2. Center of Physical-Chemical Methods of Analysis, al-Farabi Kazakh National University in Almaty, Kazakhstan.
63. RFERL, 2006. Kazakhstan: Fallout Continues from Russian mishap. <<http://www.rferl.org/featuresarticle/2006/08/A9D1D975-41C3-41F1-A5E7-3EE70E3CE245.html>> (accessed November 2006).
64. Москаленко В.Ф. Медицинские аспекты чрезвычайной экологической ситуации в Первомайском районе Николаевской области (сборник материалов и документов / В.Ф. Москаленко, М.Г. Проданчук, Г.Г. Рошин // Учебно-методическое пособие. – 2002. – 264 с.
65. Гидразин. Гигиенические критерии состояния окружающей среды: Совместное издание программы ООН по окружающей среде, Международной организации труда и ВОЗ. Всемирная организации здравоохранения. Женева, 1991. – 83 с.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ РИСК ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА 1,1-ДИМЕТИЛГИДРАЗИНА (ГЕПТИЛА) – ВАЖНАЯ ПРОБЛЕМА ХИМИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ УВЕЛИЧЕНИЯ ВОЕННЫХ, ДИВЕРСИОННЫХ И ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ УГРОЗ

Н.Г. Проданчук, Г.М. Балан, О.А. Бобылева

Резюме. В работе обобщены данные литературы о потенциальном экологическом риске, влиянии на животных и здоровье человека основного компонента жидкого ракетного топлива – 1,1-диметилгидразина (гептила). Затянувшийся процесс утилизации компонентов жидкого ракетного топлива (преимущественно промышленных стоков) представляет одну из важных проблем химической и экологической безопасности Украины и требует усиления контроля специальных ведомств и общественности.

Ключевые слова: 1,1-диметилгидразин (гептил), токсические свойства, экологический риск, риск для здоровья населения.

POTENTIAL RISK FOR THE ENVIRONMENT AND HUMAN HEALTH OF 1,1-DIMETHYLHYDRAZINE (HEPTYL) AS ONE OF THE MAIN PROBLEM OF THE UKRAINE'S ENVIRONMENTAL SAFETY UNDER THE CONDITION OF THE MILITARY, DIVERSION AND TERRORISTIC HAZARDS

M. Prodanchuk, G. Balan, O. Bobylova

Summary. The study synthesizes the data about potential ecological risk, influence on the animals and human health of the liquid rocket fuel components 1,1-dimethylhydrazine (heptyl). The utilization process (mainly production wastes) is one of the important problems of chemical and ecological safety of Ukraine and requires strong control of special bodies and communities.

Key words: influence on the public health, 1,1-dimethylhydrazine (heptyl), toxicity, ecological risk.

Надійшла до редакції: 04.09.2015