

УДК 661.938.2.004.3

ОЦІНКА ЗНИЖЕННЯ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВНАСЛІДОК ПЕРЕРОБКИ ОКИСНИКІВ РАКЕТНОГО ПАЛИВА

О. Г. Аблєєв

Сумський державний університет

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна. E-mail: alexey.ableyev@ecolog.sumdu.edu.ua

Охарактеризовано екологічне навантаження на навколишнє середовище при зберіганні некондиційного азотно-кислотного окисника ракетного палива. Проаналізований процес оцінки ризику для здоров'я людини при забрудненні навколишнього середовища токсичними компонентами меланжу. Наведений хімічний склад досліджуваного меланжу марки АК–20к. Описані вихідні дані для моделювання забруднення атмосферного повітря внаслідок аварійного розливу меланжу та при роботі установки з переробки окисника. Здійснене прогнозування розподілення полів концентрацій нітратної кислоти та двооксиду азоту та оцінена зона ураження ними при аварії на сховищі меланжу, а також у результаті впровадження запропонованої технології утилізації окисника. Досліджений індекс сумарного ризику для життя та здоров'я людини при впливі повітря, забрудненого токсичними компонентами меланжу, який вказує на наявність техногенної небезпеки для населення. Доведена екологічність запропонованої технології переробки окисника ракетного палива.

Ключові слова: меланж, окисник ракетного палива, екологічний ризик, двооксид нітрогену, нітратна кислота.

ОЦЕНКА СНИЖЕНИЯ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ВСЛЕДСТВИЕ ПЕРЕРАБОТКИ ОКИСЛИТЕЛЕЙ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА

А. Г. Аблєєв

Сумский государственный университет

ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина, E-mail: alexey.ableyev@ecolog.sumdu.edu.ua

Охарактеризована екологічна навантаження на оточуючу середовище при зберіганні некондиційного азотно-кислотного окислителя ракетного палива. Проаналізований процес оцінки ризику для здоров'я людини внаслідок забруднення оточуючої середовища токсичними компонентами меланжу. Приведен хімічний склад досліджуваного меланжу марки АК–20к. Описані вихідні дані для моделювання забруднення атмосферного повітря внаслідок аварійного розливу меланжу та роботи установки по переробці окислителя. Здійснено прогнозування розподілення полів концентрацій азотної кислоти та діоксида азоту, оцінена зона ураження ними при аварії на сховищі меланжу, а також у результаті впровадження запропонованої технології утилізації окислителя. Досліджений індекс сумарного ризику для життя та здоров'я людини при впливі повітря, забрудненого токсичними компонентами меланжу, який вказує на наявність техногенної небезпеки для населення. Доведена екологічність запропонованої технології переробки окислителя ракетного палива.

Ключевые слова: меланж, окислитель ракетного топлива, экологический риск, диоксид азота, азотная кислота.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Станом на 2010 рік у військових частинах України знаходилось 16 000 тон некондиційного надлишкового окисника ракетного палива – «меланжу», який є сумішшю нітратної кислоти та тетраоксиду динітрогену. Внаслідок корозії ємностей, де зберігається меланж, існує значна ймовірність його розливу, що супроводжується надходженням токсичних компонентів окисника у навколишнє природне середовище та забрудненням останнього. У результаті цього підвищується екологічне навантаження на довкілля, а також виникає небезпека для здоров'я та життя людини. Тому постає гостра необхідність запобігання негативного впливу під час зберігання окисників ракетного палива. Дана проблема є досить актуальною та потребує вирішення шляхом упровадження екологічно безпечної та економічно ефективної технології утилізації меланжу. Тому ДП «ДНДІ МІНДП» був розроблений спосіб переробки меланжу на рідке азотне добриво типу КАС за допомогою застосування мобільної установки [1].

Метою роботи є оцінка зниження ризику для здоров'я та життя населення за рахунок упрова-

дження технології переробки азотнокислого окисника у рідке азотне добриво типу КАС. Оцінка індексу ризику для здоров'я населення дозволяє визначити ступінь екологічної небезпеки та застосовувати заходи щодо її зниження.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. У сучасному розумінні поняття ризик трактується і розуміється як можливість настання несприятливої події та кількісної міри такої події, тобто можливого збитку [2–4]. При цьому збиток розцінюється як фактичні або можливі економічні та соціальні втрати (відхилення здоров'я людини від середньостатистичного значення, тобто його хвороба або навіть смерть; порушення процесу нормальної господарської діяльності; втрата того чи іншого виду власності тощо) і/або погіршення природного середовища внаслідок змін в оточуючому людину середовищі, що виникають у результаті якихось подій, явищ, дій [5].

В умовах зберігання та транспортування окисника можна виділити такі основні ризикові події:

– витік токсичних компонентів окисника з резервуарів безпосередньо в місцях його зберігання (ри-

зик для здоров'я персоналу охорони і населення прилеглих населених пунктів);

– витік токсичних компонентів окисника при транспортуванні з метою його утилізації в інших країнах на транспортних засобах (ризик для населення і навколишнього середовища).

Зазначені ризики мають постійний характер при тривалому зберіганні окисника і тимчасовий – при транспортуванні окисника до місць його утилізації та переробки. Однак аварії ускладнюються особливістю поведінки токсичних компонентів. Як відомо, хімічні речовини токсичної дії леткі і мають здатність розповсюджуватись на значній території, де існує вірогідність виникнення великих зон небезпечного забруднення. Крім того, компоненти при контакті з деякими іншими речовинами здатні вибухати, що ще більше ускладнює ситуацію. Причинами аварійних ситуацій можуть стати порушення правил безпеки й транспортування, недотримання техніки безпеки, вихід із ладу агрегатів, механізмів, трубопроводів, ушкодження ємностей, де зберігається тривалий час «меланж» тощо [6].

Процес оцінки ризику для здоров'я людини складається з наступних п'яти етапів [7]:

1. Оцінка даних, їх перетворення та виведення. Використовується для отримання остаточного списку небезпечних факторів впливу.

2. Оцінка впливу. Виявляються групи людей, які підпадають під вплив, сценарії, шляхи та фактори впливу.

3. Оцінка токсичності. Значення токсичності складається з не канцерогенних референтних (безпечних) доз і канцерогенних факторів нахилу.

4. Характеристика ризику. Розраховуються ризики для здоров'я людини, пов'язані із впливом небезпечних факторів, з використанням інформації, отриманої на попередніх етапах.

5. Аналіз невизначеності. Виявляються ключові невизначеності, що виникають при оцінці ризиків.

Таким чином, на першому етапі було визначено, що фактором негативного впливу на здоров'я людини є основні компоненти окисника ракетного палива: тетраоксид динітрогену у вигляді його мономеру – двооксиду азоту та пари нітратної кислоти.

За сценарій аварійної ситуації було прийнято надходження у навколишнє середовище окисника марки АК–20к, склад якого відображений у табл. 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад меланжу типу АК–20к

Назва компоненту	Вміст, %
Нітратна кислота (HNO_3)	не менше 73,00
Тetraоксид динітрогену (N_2O_4)	17,50–22,50
Безводний фтороводень (HF)	0,50–0,75
Ортофосфорна кислота (H_3PO_4)	1,00–1,30
Вода (H_2O)	до 2,10

Зазвичай окисник зберігається у ємностях 10 м^3 , тому виходячи зі значень густини, за аварійну ситу-

ацію взяли, розлив меланжу масою 15 тонн. Забруднення атмосферного повітря, що виникає під час переробки азотнокислого окисника, відбувається внаслідок викиду парів нітратної кислоти від установки потужністю 1 тонна окисника на годину. Вихідні дані для прогнозування масштабів забруднення у разі аварії та утилізації меланжу приведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Вихідні дані для моделювання аварійної ситуації з розливом меланжу

Забруднюючі речовини	Кислота нітратна, двооксид нітрогену
Швидкість вітру	5 м/с
Температура	20°C , інверсія відсутня
Тип джерела	Рідина на поверхні землі та труба для установки з переробки
Площа розливу	200 м^2
Маса розлитої рідини	15 т
Моделі розподілу	Модель Гауса, модель важких газів
Маса витоку HNO_3	0,05 г/с
Висота труби	3 м
Діаметр отвору труби	0,1 м

Визначення розповсюдження полів концентрацій токсичних компонентів меланжу в атмосферному повітрі здійснювали за допомогою програмного продукту ALOHA® 5.4.4. Він розроблений Office of Emergency Management, EPA та використовується для розрахунку розподілення концентрацій при випаровуванні забруднюючих речовин унаслідок аварійного розливу. Ранжування ступеня забруднення проводили за концентраціями, які наведені у базі даних концентрацій Acute Exposure Guideline Levels [8]. Згідно з методикою AEGLS визначається три рівні концентрацій AEGL–1, AEGL–2 та AEGL–3 відповідно, які відображають такий рівень концентрацій забруднюючих речовин, нижче яких не будуть виникати проблеми з дихальною функцією організму людини.

AEGL–1 є концентрацією у повітрі (вираженою в ppm [частин на мільйон] або $\text{мг}/\text{м}^3$) речовини, вище якої передбачається, що населення в цілому, а також уразливі особи, можуть відчути помітний дискомфорт, роздратування або деякі безсимптомні невідчутні ефекти. Однак наслідки не наносять непоправної шкоди і є прохідними й зворотними після припинення впливу.

AEGL–2 є концентрацією у повітрі (вираженою в ppm [частин на мільйон] або $\text{мг}/\text{м}^3$) речовини, вище якої передбачається, що населення в цілому, а також уразливі особи, можуть відчути незворотні або інші серйозні, тривалі несприятливі наслідки для здоров'я або порушення здатності до відновлення.

AEGL–3 є концентрацією у повітрі (вираженою в ppm [частин на мільйон] або $\text{мг}/\text{м}^3$) речовини, вище

якої передбачається, що населення в цілому, а також уразливі особи, можуть відчувати побічні ефекти для здоров'я, які загрожують життю або призводять до смерті. Значення концентрацій для даних рівнів наведені у табл. 3.

Таблиця 3 – Рівні небезпечних концентрацій нітратної кислоти та двооксиду нітрогену згідно з класифікацією AEGLs

Рівень небезпечної концентрації	Речовина та концентрація			
	нітратна кислота		двооксид нітрогену	
	ppm	мг/м ³	ppm	мг/м ³
AEGL-1	0,16	0,387	0,50	0,94
AEGL-2	3,0	7,73	12	22,58
AEGL-3	11	28,35	20	37,64

Було визначено, що забруднення атмосферного повітря під час аварійного розливу меланжу відбувається за рахунок згаданих вище токсичних компонентів окисника – двооксиду азоту та парів нітратної кислоти. Тому проводилося окреме прогнозування розповсюдження цих речовин у повітрі, а також визначення характеру їх поведінки, що базується на фізико-хімічних властивостях, з метою з'ясування внеску у забруднення кожної з них.

Результати розрахунків для аварійної ситуації наведені на рис. 1 і 2 для двооксиду азоту та нітратної кислоти відповідно.

На графіках відображені три зони, які вказують на різний рівень небезпеки для життя та здоров'я людини, котра знаходиться у зоні впливу забруднення атмосферного повітря внаслідок аварії емоності, де зберігається меланж. Дана оцінка базується на наведеному вище ранжуванні рівнів небезпечної концентрації.

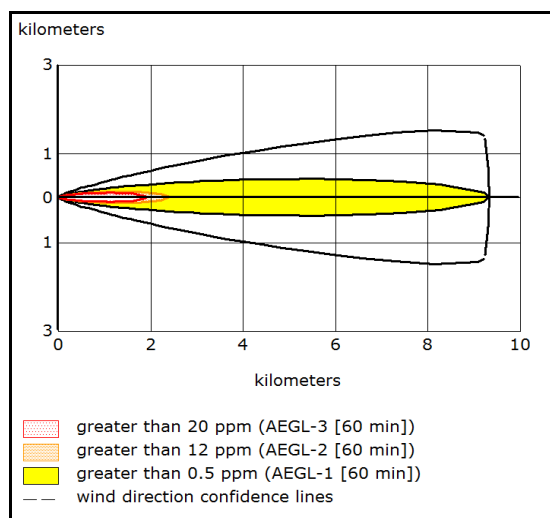


Рисунок 1 – Прогнозування розповсюдження двооксиду азоту в атмосферному повітрі внаслідок аварії

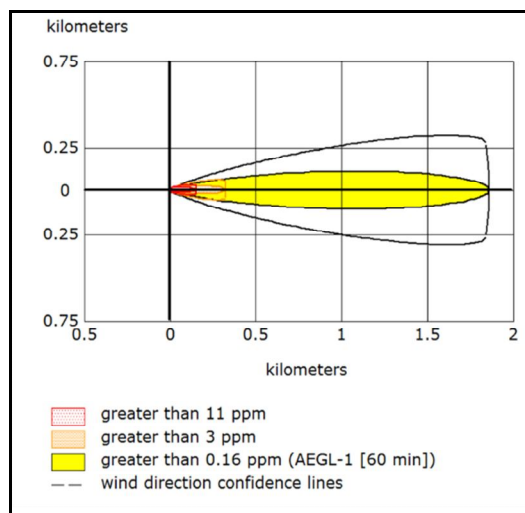


Рисунок 2 – Прогнозування розповсюдження нітратної кислоти в атмосферному повітрі внаслідок аварії

Як видно з отриманих результатів моделювання аварійної ситуації, що показані на рис. 1 і 2, сильнішим забруднювачем буде двооксид нітрогену. Глибина ураження при розливі меланжу за нижньою допустимою границею складатиме 9,2 км від двооксиду нітрогену та 1,8 км – від нітратної кислоти. Тому масштаби зони впливу аварійного розливу меланжу визначаються площею забруднення атмосферного повітря двооксидом азоту.

Зазвичай для порівняння негативного ефекту для населення від двох забруднюючих речовин замало площі ураження. Потрібно обов'язково враховувати токсичність та відносну агресивність шкідливих речовин. Для цього вводять такі поняття, як гранично допустима концентрація (ГДК) і клас небезпеки. Значення цих показників для нітратної кислоти та двооксиду нітрогену наведені у табл. 4.

Таблиця 4 – ГДК нітратної кислоти та двооксиду нітрогену у повітрі

Компонент меланжу (ЗР)	ГДК (мг/м ³) ЗР у повітрі			Клас небезпеки ЗР у повітрі	
	робочої зони	населених місць		робочої зони	населених місць
		ГДК м.р.	ГДК с.д.		
Нітратна кислота	2	0,4	0,15	3	2
Двооксид нітрогену	2	0,085	0,04	3	2

Як видно з таблиці, ГДК для двооксиду нітрогену на порядок нижча, ніж ГДК для нітратної кислоти. Це вказує на більшу токсичність та небезпечність двооксиду азоту, не зважаючи на однаковий клас небезпеки для цих речовин.

Також слід зазначити, як позначено на рис. 1, на відстані до 2 км рівень концентрації двооксиду нітрогену вище за смертельний поріг.

Оскільки основною метою є визначення небезпеки для здоров'я та життя людини, то здійснили про-

гнозування забруднення атмосферного повітря над територією населеного пункту. Було прийнято, що найближчий населений пункт знаходиться на відстані 3 км. За допомогою згаданої вище програми ALOHA® 5.4.4 виконали розрахунок зміни концентрації забруднюючих речовин з часом на відстані 3 км від місця аварії. Це дозволяє прогнозувати наслідки та загрозу для людини, що потрапила у зону впливу токсичних компонентів меланжу при його аварійному розливі.

Графіки залежностей рівня концентрацій двооксиду нітрогену та нітратної кислоти від часу показані на рис. 3 і 4 відповідно.

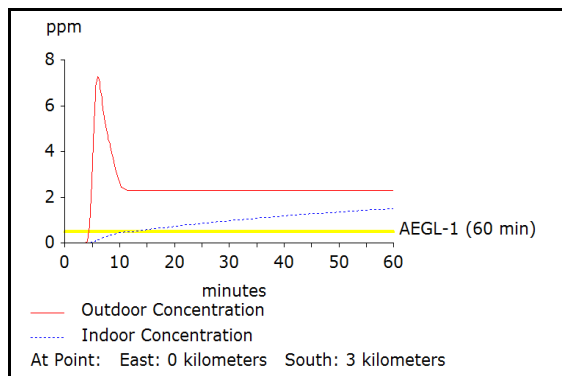


Рисунок 3 – Рівень концентрації двооксиду нітрогену в атмосферному повітрі на відстані 3 км від місця аварії

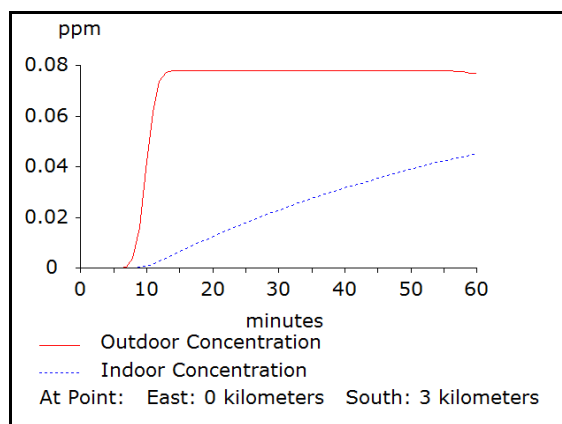


Рисунок 4 – Рівень концентрації парів нітратної кислоти в атмосферному повітрі на відстані 3 км від місця аварії

Як бачимо, концентрація двооксиду азоту через 10 хвилин після початку впливу його над територією населеного пункту на порядок вище концентрації нітратної кислоти за тих же умов, хоча вона різко знижується після 10 хвилин у той час, коли концентрація нітратної кислоти залишається незмінною протягом 60 хвилин. Як було розраховано, час повного випаровування кислоти становить 60 годин, а двооксиду азоту – 58 хвилин. Тому нітратна кислота в атмосферному повітрі буде відповідати за тривалість дії меланжу.

Для порівняння можливих ефектів під час аварійної ситуації з меланжем та при роботі установки з пере-

робки меланжу було здійснене аналогічне моделювання розповсюдження забруднюючих речовин. Прийняли, що при експлуатації установки можливий викид парів нітратної кислоти в атмосферне повітря. Тому прогнозування екологічної ситуації, що склалася, проводили лише для даної забруднюючої речовини.

Результати розповсюдження концентрації від установки з переробки меланжу відображені на рис. 5. Слід зазначити, що забруднення від установки з переробки мають низькі показники, які не досягають жодного з вище зазначених рівнів концентрацій. Тому за позначення зон забруднення брали довільні значення концентрації парів нітратної кислоти у повітрі.

Концентрацію забруднюючих речовин визначали на відстані 3 км, що пов'язано з теоретичним розміщенням населеного пункту та існуванням реальної загрози для людей.

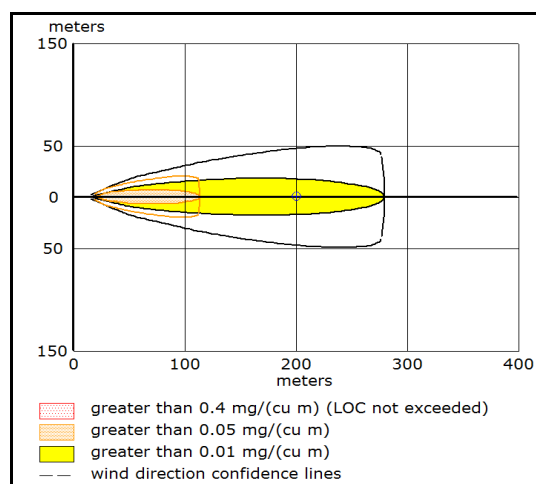


Рисунок 5 – Прогнозування розповсюдження нітратної кислоти в атмосферному повітрі при роботі установки для переробки меланжу

Визначення індексу сумарного ризику для життя та здоров'я людини при впливі забрудненого повітря внаслідок аварійного розливу меланжу проводилося за формулою (1) [9]:

$$HI = \frac{E1}{AL1} + \frac{E2}{AL2} + \dots + \frac{Ei}{ALi} \quad (1)$$

де HI – індекс ризику, Ei – рівень експозиції i-ої речовини, ALi – максимально прийнятний рівень.

$$HI = \frac{E(NO_2)}{AL(NO_2)} + \frac{E(HNO_3)}{AL(HNO_3)} = \frac{7}{12} + \frac{0,08}{0,16} = 1,08$$

Отриманий індекс ризику HI = 1,08 засвідчує, що забруднене внаслідок аварії атмосферне повітря буде здійснювати негативний вплив на здоров'я та життя людей у зоні розповсюдження забруднюючих речовин, адже рівень індексу ризику HI > 1 є небезпечним для людини та неприйнятним.

Для оцінки зниження ризику внаслідок застосування запропонованої технології переробки мелан-

жу потрібно порівняти індекси ризику для обох випадків.

Як видно з розрахунків, концентрація нітратної кислоти, що потрапляє у повітря від установки, стає наближеною до 0 на відстані 300 метрів. Звідси випливає, що на відстані 3 кілометри ризик буде відсутнім. Тому розрахуємо ризик для здоров'я людини від впливу установки переробки меланжу на території безпосередньої її роботи, тобто у місці його зберігання, за наступним виразом:

$$HI = \frac{E1}{AL1} = \frac{0,055}{0,412} = 0,133$$

Отримане значення індексу ризику вважається прийнятним, адже $HI < 1$. Це свідчить про зниження загрози для людини, її здоров'ю та життю за рахунок впровадження екологічно безпечної технології переробки меланжу.

Крім того, була здійснена оцінка відверненого еколого-економічного збитку. Під останнім розуміють різницю між можливим збитком Z_m унаслідок аварії на сховищі з меланжем та фактичним Z_f при впровадженні технології утилізації меланжу. У загальному випадку економічний збиток від порушення природного середовища (скорочено еколого-економічний збиток) становить виражені у вартісній формі фактичні й можливі втрати, заподіяні економічним суб'єктам внаслідок екодеструктивного впливу, а також додаткові витрати на компенсацію цих збитків.

При розгляді соціальних, економічних та екологічних аспектів суттєвої аварії чи катастрофи зазвичай оперують поняттям повного збитку, який складається з прямого та непрямого. Прямий економічний збиток від НС включає в себе наступні складові [10]:

- збиток від знищення або руйнування ґрунтового покриву;
- збиток від знищення або пошкодження рослинного і тваринного світу;
- збиток від забруднення водних джерел і водойм, їх зникнення або небажана поява;
- збиток від забруднення атмосфери.

Таким чином, укрупнена оцінка еколого-економічного збитку від забруднення навколишнього середовища (Z_m) внаслідок аварії на сховищі з меланжем здійснюється на основі сумування збитків: атмосфері (Z_a), водним ресурсам (Z_w), земельним ресурсам (Z_z) [11], тобто

$$Z = Z_a + Z_w + Z_z \quad (2)$$

При розгляді випадку аварії ємності, де зберігається 15 тонн меланжу, було прийнято, що в атмосферне повітря потрапляє двооксид азоту, а водні та земельні ресурси забруднюються за рахунок нітратної кислоти.

Прямий еколого-економічний збиток від забруднення навколишнього природного середовища внаслідок аварії Z_m розрахований за виразом (2) і становить 270 тис. грн.

Оцінка еколого-економічного збитку при використанні технології утилізації меланжу здійснюється

за рахунок визначення збитку лише від забруднення атмосфери, адже при роботі установки можливі тільки викиди в атмосферне повітря таких забруднюючих речовин, як азотна кислота та двооксид карбону. Негативний вплив на водні та земельні ресурси відсутній.

Тому загальний збиток Z_f від порушення навколишнього середовища внаслідок впровадження технології переробки меланжу становить 1278,97 грн. Звідси виходить, що за рахунок застосування запропонованої технології переробки меланжу вдасться відвернути еколого-економічний збиток у розмірі 268,8 тис. грн. на кожні утилізовані 15 тонн меланжу.

ВИСНОВКИ. Окисник ракетного палива здійснює значне екологічне навантаження під час його накопичування та зберігання. Ризик небезпеки підсилюється внаслідок аварії ємності де зберігається меланж. Тому була запропонована технологія переробки окисника у рідке азотне добриво типу КАС. З метою оцінки зниження ризику для життя та здоров'я людини за рахунок утилізації меланжу здійснене прогнозування можливих наслідків аварії що супроводжується забрудненням навколишнього середовища нітратною кислотою та двооксидом азоту. За результатами змодельованої ситуації та розрахунку індексу ризику була виявлена значна екологічна небезпека для населення. Аналогічні розрахунки для запропонованої технології переробки меланжу довели зниження техногенного ризику до мінімуму. Встановлено, що за рахунок застосування запропонованої технології переробки меланжу вдасться відвернути еколого-економічний збиток у розмірі 268,8 тис. грн. на кожні утилізовані 15 тонн меланжу.

Отже, використання даного процесу утилізації меланжу забезпечує підвищення екологічної безпеки та зниження навантаження на навколишнє природне середовище.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аблеев А.Г., Вакал С.В., Карпович Э.А. Особенности утилизации окислителя ракетного топлива, содержащего серную кислоту // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2011. – Вип. 4/2011 (69), част. 1. – С. 138–141.
2. Порфирьев Б.Н. Риски как научная и правовая категория // Вопросы анализа риска. – 1999. – № 2. – С. 25–31.
3. Быков А.А., Порфирьев Б.Н. Об анализе риска, концепциях и классификации рисков. – М.: Деловой экспресс, 2006. – С. 319–337.
4. Горбулін В.П., Качинський А.Б. Стратегічне планування: вирішення проблем національної безпеки: монографія. – К.: НІСД, 2010. – 288 с.
5. Мальований М.С., Шмандій В.М., Харламова О.В. і ін. Аналіз та систематизація існуючих методів оцінювання ступеня екологічної небезпеки // Екологічна безпека. – 2013. – № 1(15). – С. 37–44.
6. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.
7. Human Health Risk Assessment NAF Atsugi. – Japan, 2001. – 574 p.

8. Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.epa.gov/oppt/aegl/>

9. Guidelines for the Health Risk Assessment of Chemical Mixtures // Risk Assessment Forum U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC EPA/630/R-98/002.

10. Дронова О.Л. Фактори ризику техногенних надзвичайних ситуацій в Україні. – К.: Інститут географії НАН України, 2011. – 270 с.

11. Балацкий О.Ф. Антология экономики чистой среды. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2007. – 272 с.

ASSESSMENT OF REDUCTION OF HUMAN HEALTH RISK INDUCED BY UTILIZATION OF ROCKET FUEL OXIDIZERS

A. Ableyev

Sumy State University

vul. Rymyskiy-Korsakov 2, Sumy, 40007, Ukraine. E-mail: alexey.ableyev@ecolog.sumdu.edu.ua

The authors have characterized ecological impact on the environment during the storage of substandard nitric acid rocket fuel oxidizer. The assessment process of risks on human health caused by mélange toxic components environmental pollution is analyzed. The chemical composition of the studied mélange of the AK-20k is shown. Initial data for air pollution modeling due to accidental spill of mélange is described, as well as operation of the oxidant utilization plant. The forecasting distribution of the concentration fields of nitric acid and nitrogen dioxide is implemented. It is evaluated the affected area of the accident at the mélange store and the result of implementation of the proposed utilization oxidant technology. The overall risk index for human life and health when exposed to the air polluted by toxic components of mélange is investigated; it indicates the presence of man-made hazards to the population. Sustainability of the proposed technology of rocket fuel oxidizer utilization is provided. It has been determined the using of the proposed mélange disposal process enhances environmental safety and reduces the pressure on the environment.

Key words: mélange rocket's fuel oxidizer, environmental risk, nitrogen dioxide, nitric acid.

REFERENCES

1. Ableyev, A.G., Vakal, S.V., Karpovich, E.A. (2011), "Features of the disposal of rocket fuel oxidizer containing sulfuric acid", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, vol. 4, no. 69, pp. 138–141.

2. Porfiriev, B.N. (1999), "Risks both scientific and legal category", *Problems of risk analysis*, vol. 2, pp. 25–31.

3. Bykov, A.A., Porfiriev, B.N. (2006), *Ob analise riska, kontseptsiyah i klassifikatsiy riskov* [Risk analysis, concepts and classification of risks], Business Express, Moscow, Russia.

4. Gorbunin, V.P., Kachynskyy, A.B. (2010), *Strategichne planuvannya: vyrishennya problem natsionalnoy bezpeky* [Strategic planning: addressing issues of national security], NISD, Kyev, Ukraine.

5. Malovanyy, M.S., Shmandiy, V.M., Kharlamova, O.V., Chelyadin, L.I., Sakalova, G.V. (2013), "Analysis and systematization of existing methods for assessing the degree of environmental hazards", *Environmental Safety*, vol. 1, no. 15, pp. 37–44.

6. Akimov, V.A., Forest, V.V., Radaev, N.N. (2004), *Riski v prirode, tekhnosfere, obschestve, ekonomike* [Risks in nature, technosphere, society and economy], Business Express, Moscow, Russia.

7. (2001), Human Health Risk Assessment NAF Atsugi, Japan.

8. Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs), available at: <http://www.epa.gov/oppt/aegl/>

9. "Guidelines for the Health Risk Assessment of Chemical Mixtures", Risk Assessment Forum, U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC EPA/630/R-98/002.

10. Dronova, O.L. (2011), *Faktory ryzyku tekhnogenykh nadzvychaynykh sytuatsiy v Ukraini* [Risk factors of man-made emergencies in Ukraine], Institute of NAS of Ukraine, Kyev, Ukraine.

11. Balatsky, O.F. (2007), *Antologiya ekonomiki chistoi sredy* [Anthology clean environment of economy], ITD "University Book", Sumy, Ukraine.

Стаття надійшла 22.04.2014.