

Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Т.Ф. Холоденко

## К ВОПРОСУ О ВОЗДЕЙСТВИИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ С ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ РАКЕТНЫХ ТОПЛИВ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ

### BY QUESTION ABOUT AFFECTING ENVIRONMENT OF EMULSIVE EXPLOSIVES WITH SOLID PROPELLANT PRODUCTS IS PROVED IN BLASTING OPERATIONS

По результатам теоретических и практических исследований подтверждено экологически безопасное применение эмульсионных ВВ марки «ЕРА», в т.ч. с продуктами переработками твердых ракетных топлив при взрывных работах. Определены основные факторы, влияющие на вредность продуктов взрывания.

**Ключевые слова:** эмульсионное взрывчатое вещество, твердое ракетное топливо, экология.

**Введение.** Современное развитие взрывного дела в Украине связано с внедрением на горнодобывающих предприятиях буровзрывных технологий, в которых широко используются эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ). При этом внедрение таких технологий привело не только к замене ассортимента предыдущего поколения промышленных ВВ, таких как энергозатратные акватола и экологически небезопасные гранулола и динамиты, но и к изменению параметров буровзрывных работ (БВР) и применяемых средств инициирования и взрывания. В зависимости от особенностей рецептур и способов изготовления ЭВВ, при БВР они могут применяться в скважинах и шпурах различных размеров и степени обводненности, а также по породам различной крепости. При этом, следует отметить, что из-за различия горно-геологических условий и параметров БВР на горнодобывающих предприятиях не представляется возможным обеспечить оптимальные результаты взрывания с использованием только одного универсального вида ЭВВ.

В настоящее время в Украине изготавливаются и применяются различные виды ЭВВ под марками «Украинит» (Кривбассвзрывпром), «Анемикс» (Интервзрывпром), «Эмонит» (Кривбассвзрывпром), «ЕРА» (ГП «НПО «ПХЗ»). ЭВВ марки «ЕРА» включают в себя ассортимент разновидностей ВВ подкласса 1.1 – «ЕРА-Р1», «ЕРА-Р2», «ЕРА-Р3» и «ЕРА-III», где ЭВВ «ЕРА-III» содержит продукты переработки твердых ракетных топлив (ТРТ), а также включает ассортимент ВВ подкласса 1.5, изготавливаемых с использованием смесительно-зарядных машин – «ЕРА-А», «ЕРА-АМ», «ЕРА-АЛ», «ЕРА-І», «ЕРА-ІІ», «ЕРА-ІІІ», где ЭВВ «ЕРА-І (ІІ) (ІІІ)» содержат продукты переработки ТРТ.

Разработка указанных разновидностей ЭВВ и технологий их взрывания осуществлялась на основе сбалансированных рецептур и процессов ведения взрывных работ, обеспечивающих получение необходимых энергетических и взрывчатых параметров ЭВВ при минимизации и исключении образования

вредных, токсичных веществ в продуктах взрыва. Указанные ЭВВ марки «ЕРА» допущены к постоянному применению и имеют соответствующие заключения надзорных органов.

Учитывая различные условия применения ЭВВ марки «ЕРА» специалистами НИИВЭМ ГП «НПО «ПХЗ» проводится постоянный контроль и сопровождение взрывных работ для обеспечения эффективности использования таких ВВ и определения влияния на окружающую среду.

**Анализ предыдущих исследований.** При рассмотрении вопросов экологического воздействия на окружающую среду буровзрывных технологий с использованием ЭВВ необходимо учитывать ряд факторов, которые можно разделить на две группы. Факторы первой группы характеризуют так называемые «внутренние» рецептурные особенности ЭВВ и его адаптированность к тем или иным изменениям в условиях применения при взрывных работах. Факторы второй группы характеризуют так называемые «внешние» условия, связанные с особенностями изготовления и заряжания ЭВВ в скважины и шпуры, особенностями инициирования взрывания скважинных зарядов, а также горно-геологическими условиями проведения взрывных работ.

Методологический подход к критериальной оценке факторов безопасного применения ЭВВ, представленный в работах [1-3], позволяет выделить указанные «внутренние» и «внешние» условия и параметры, определяющие экологическое воздействие ЭВВ.

К так называемым «внутренним» условиям и параметрам для ЭВВ можно отнести:

– сбалансированность рецептуры по окислительным и горючим компонентам, когда кислородный баланс (КБ) находится в пределах 0 – 1,0%;

– отсутствие в рецептуре высокотоксичных компонентов и условий для образования токсичных продуктов взрыва;

– сохранение стабильности соотношений компонентов и физико-химической структуры ЭВВ в скважине и при инициировании взрывания;

– водоустойчивость и отсутствие миграции компонентов в окружающую среду.

К так называемым «внешним» условиям и параметрам можно отнести:

– соответствие параметров и технологии изготовления полуфабрикатов и ЭВВ с использованием стационарного или мобильного оборудования для получения оптимальных соотношений компонентов и структуры ЭВВ с заданными свойствами;

– соответствие параметров и технологии заряжения ЭВВ в скважины и шпуров для получения заданной физико-механической структуры заряда ЭВВ, в т.ч. плотности, сплошности и удовлетворение условию  $d_{крВВ} < d_{скв}$  (где  $d_{крВВ}$  – критический диаметр ЭВВ,  $d_{скв}$  – диаметр скважины);

– интенсивность воздействия водной среды скважин и длительность нахождения ЭВВ в таких скважинах;

– особенности инициирования взрывания колонки заряда ЭВВ, исключая структурные разрушения и «выжигание» ЭВВ и обеспечивающее развитие устойчивой детонации заряда ЭВВ в скважине;

– создание оптимальных схем замедления взрывания скважинных зарядов ЭВВ на блоке, исключая эффект «подбоя» заряда ВВ и его флегматизацию;

– оптимизация параметров забойки для обеспечения полноты взрывчатого превращения ЭВВ;

– особенности геологии взрываемого массива, связанные с наличием трещин, полостей соединяющихся со скважинным пространством.

Следует отметить, что факторы, характеризующие «внешние» условия и параметры применения ЭВВ при БВР, являются определяющими для образования газопылевого облака продуктов взрыва и, соответственно, для характеристики влияния на окружающую среду. Игнорирование влияния этих факторов может привести к отклонению и несоответствию условий, для которых предусмотрено применение ЭВВ, ухудшению его взрывчатых свойств и развитию дефлаграционных процессов в заряде ЭВВ. Как следствие, это приводит к образованию большого количества таких токсичных продуктов термического разложения ЭВВ как СО и NO<sub>x</sub> [3-5].

Ухудшение взрывчатых свойств, по сравнению с заявляемыми, для всех видов наливных ЭВВ, изготавливаемых и заряжаемых в скважины с использованием смесительно-зарядных машин (СЗМ), происходит при нарушении параметров и технологии изготовления ЭВВ из-за сбоев или отклонений в работе дозаторов и смесителей СЗМ, а также при снижении контроля со стороны персонала. В результате не выдерживается сбалансированное соотношение компонентов, не образуется или преждевременно теряется структурная устойчивость ЭВВ, что влечет за собой прерывание детонации по колонке заряда ЭВВ и ее переход к дефлаграционным процессам. Кроме того, такие процессы проявляются при «затекании» ЭВВ в трещины и полости вокруг скважин, где нет условий для взрывчатого превращения ЭВВ. Разрушение

структуры ЭВВ от преждевременных инициирующих импульсов и воздействия скважинной водной среды, а также недостаточная мощность промежуточных детонаторов способствуют ухудшению взрывчатых свойств ЭВВ и, соответственно, выделению продуктов неполного окисления и взрывчатого превращения рецептурных компонентов ЭВВ.

Для определения безопасного применения ЭВВ марки «ЕРА», в т.ч. с продуктами переработки ТРТ, были проведены экспериментальные исследования и экологический контроль по характеристикам продуктов взрыва таких ЭВВ. Полученные результаты показали отсутствие в продуктах взрыва не только диоксиновых веществ, но и хлористого водорода [6-8]. Показатели газовой вредности продуктов взрыва были ниже требований экологических нормативов

**Цель работы.** Для подтверждения экологически безопасного применения ЭВВ марки «ЕРА», в т.ч. с продуктами переработки ТРТ, была проведена теоретическая и практическая оценка их рецептурных особенностей и результатов контроля продуктов взрыва на карьерах.

**Результаты исследования.** При разработке рецептур ЭВВ «ЕРА» использовались расчетно-экспериментальные методы, позволяющие оптимизировать технологические и эксплуатационные, в т.ч. экологические параметры и свойства конкретных видов ВВ. С использованием программы термодинамических расчетов «АСТРА», разработанной специалистами МВТУ им. Н. Баумана, проведен анализ по зависимостям «состав-свойство» применяемых компонентов и рецептур ЭВВ «ЕРА». В качестве критерия выбора рецептуры ЭВВ была выбрана её сбалансированность по параметрам энергетических характеристик и минимизации образования вредных продуктов взрывчатого превращения.

Для оценки безопасного экологического воздействия, по влиянию так называемого фактора «внутренних» рецептурных условий, проведен выбор и анализ использования компонентов для ЭВВ «ЕРА». Основными компонентами ЭВВ «ЕРА» подкласса 1.5 (см. табл.1) являются аммиачная и кальциевая селитры, используемые в виде сухих компонентов и (или) растворов в количестве 75-95%, и промышленное масло в смеси с углеводородным эмульгатором в количестве 4,5-7,0%. В качестве энергетических добавок, увеличивающих фугасное действие ЭВВ, в некоторые составы добавляется алюминиевый порошок или крошка продуктов переработки ТРТ в количестве до 10% (продукт ИТ или ИТЭМ). Для обеспечения необходимых технологических свойств, стабильности структуры ЭВВ и достижения сенсibiliзирующих характеристик ЭВВ в их составах используются соответствующие технологические добавки и газогенерирующие реагенты с общим количеством до 2%.

Все эти компоненты не являются высокотоксичными веществами, а традиционно применяются для изготовления практически любых водосодержащих эмульсионных ВВ. Представленные в табл. 1 данные показывают, что токсичность компонентов исполь-

зуються в ЭВВ «ЕРА» і ЭВВ інших марок стоїть на рівні 3-4 класів. Винятком є технологічні добавки, які в процесі технологічних операцій по виготовленню ЭВВ або при їх заряджанні в скважини претерплюють хімічні перетворення з утворенням речовин 3 класу або знаходяться в хімічно пов'язаному стані, виключаючи їх міграцію. Продукти переробки ТРТ належать до 3 класу небезпечності за токсичністю і представляють собою подрібнену гумову крошку, наповнену алюмінієвим порошком. Решткове вміст перхлорату амонію в такій крошці не перевищує 1%. Слід зазначити, що гумова крошка, алюмінієвий порошок і перхлорат амонію традиційно застосовуються як компоненти промислових ВВ [4, 5]. ЭВВ марки «ЕРА», в

т.ч. з продуктами переробки ТРТ, не містить хлорорганічних і діоксидних речовин.

Ураховуючи технологічні особливості виготовлення ЭВВ з використанням СЗМ, була проведена розрахунково-експериментальна оцінка збалансованості складів за допустимими відхиленнями вмісту того або іншого компонента рецептури ЭВВ марки «ЕРА», не призводячи до погіршення його характеристик, в т.ч. складу продуктів вибуху.

Представлені в табл. 2 дані по елементному складу ЭВВ марки «ЕРА», що відповідає умовній формулі складу на 1 кг з урахуванням технологічних допусків, показують, що мольне вміст елементів вуглецю (С), водню (Н), азоту (N), кисню (О), сірки (S) для таких ЭВВ приблизно однаково, як і для інших марок ЭВВ.

Таблиця 1

Компонентний склад ЭВВ і клас небезпечності за токсичністю застосовуваних речовин

Найменування компонента	Клас небезпечності	«ЕРА»			Україніт	Анемікс	Емоніт Н	Вміст, %
		АМ (А)	АЛ	І (ІІ) (ІІІ)				
Амміачна селітра	4	+	+	+	+	+	+	75-83
Натрієва селітра	3	-	-	-	-	-	+	
Кальцієва селітра	3	+	+	+	+	-	-	
Індустр. масло	3	+	+	+	+	+	+	4,5-7,0
Емульгатор	3	+	+	+	+	+	+	
АЛ - порошок	4	-	+	-	-	-	-	< 2,0
Продукт (ІТ, ІТЭМ)	3	-	-	+	-	-	-	< 10,0
Технологіч. добавки	2	+	+	+	+	+	+	1,0-2,0
Вода	4	+	+	+	+	+	+	10-15

Таблиця 2

Елементний склад і характеристики ЭВВ

Марка ЭВВ	Елементний склад, моль/кг								Характеристика			
	С	Н	О	N	Ca	Cl	S	Al	КБ, %	T, К	k	δ <sub>вв</sub> , %
ЕРА-АМ	4,5-4,8	52,5-54,5	37,0-38,0	17,0-17,5	1,30-1,35	-	<10 <sup>-1</sup>	-	-0,2 -0,8	2120-2230	1,287	88,6
ЕРА-АІ	4,5-4,8	51,0-52,5	36,0-37,5	16,0-17,0	1,35-1,50	-	<10 <sup>-1</sup>	0,72-0,75	-0,5 -0,7	2540-2650	1,249	85,3
ЕРА-І (ІІ) (ІІІ)	4,4-6,1	52,0-55,0	35,0-37,5	17,0-18,5	0,85-1,25	<10 <sup>-1</sup>	<10 <sup>-1</sup>	0,25-0,56	-0,2 -0,8	2370-2470	1,298	89,8
Україніт	4,5-4,6	52,5-53,0	37,5-38,0	15,5-16,0	1,65-1,75	-	<10 <sup>-1</sup>	-	-0,2 -2,2	2080-2150	1,274	87,4
Анемікс	3,4-3,6	63,2-64,0	38,0-38,5	20,0-20,5	-	-	<10 <sup>-1</sup>	-	-0,85 -1,9	2030-2100	1,276	87,1
Емоніт Н	4,8-4,9	58,0-58,5	37,0-37,5	17,0-17,5	1,80-1,90 (Na)	-	<10 <sup>-1</sup>	-	-0,2 -0,8	1920-2000	1,254	85,2

Наявність в складі ЭВВ елементів кальцію (Ca) і натрію (Na) обумовлено введенням в склад ЭВВ їх нітратів, забезпечуючих кращі технологічні властивості і стабільність структури емульсійних матриць. Також наявність цих елементів дозволяє нейтралізувати утворення кислотних продуктів вибухчатого перетворення компонентів ЭВВ, таких як CO, NO<sub>x</sub>, HCl, H<sub>2</sub>S і, відповідно, знизити газову шкідливість продуктів вибуху [4, 9-11]. Наявність елементів алюмінію (Al) і хлору (Cl) обумовле-

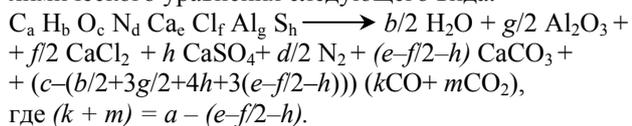
но введенням в склад ЭВВ компонентів, збільшують температуру продуктів вибуху (T) і їх фугасне діє. Наявність елементу сірки обумовлено використанням в складі ЭВВ вуглеводородів горючої фази і технологічних добавок, що містять цей елемент. Слід зазначити, що мольне вміст елементів сірки і хлору незначально і стоїть на рівні як для домішок, супутуючих технічним видам сировини для різних марок ЭВВ.

При указанном в табл. 2 элементном составе для всех видов ЭВВ «ЕРА» кислородный баланс (КБ) находится в пределах от -0,2 до -0,8%, что показывает на сбалансированность составов в пределах допустимого нормативного отклонения (не более 1,5%) по содержанию компонентов. Этот норматив обеспечивается устойчивостью работы оборудования СЗМ типа UMS-11 и УМС-2008, применяемых для изготовления и заряжания ЭВВ «ЕРА», и контролируется при периодической калибровке оборудования СЗМ.

Данные табл. 2 показывают, что рецептурный состав ЭВВ марки «ЕРА» позволяет получить на 10-15% более высокий уровень термодинамической температуры ( $T$ ) при взрыве по сравнению с другими марками ЭВВ. Кроме того, продукты взрыва ЭВВ «ЕРА-АМ» и «ЕРА-І» («ЕРА-(II) (IIIн)») обладают более высоким значением показателя адиабаты ( $k$ ) и соответственно для них получен более выгодный коэффициент использования теплоты взрыва ( $\delta_{\text{вв}}$ ) – до 90%.

Сравнительные данные для других марок ЭВВ, приведенных в табл. 2, в связи с отсутствием информации о возможных отклонениях по содержанию компонентов в их составах при изготовлении и зарядании с использованием других типов СЗМ, были рассчитаны исходя из указанного выше норматива.

Для оценки термохимической способности составов ЭВВ к образованию тех или иных продуктов взрыва использовалась модель химического превращения Бринкли-Вильсона, принятая для ВВ с наибольшим отрицательным кислородным балансом и описанная в работах [4, 12]. В общем виде реакция взрывчатого превращения для ЭВВ «ЕРА-І», («ЕРА-(II) (IIIн)»), состав которых выражен условной формулой на 1 кг, может быть представлена в виде термохимического уравнения следующего вида:



При проведении термохимических расчетов в продуктах взрывчатого превращения ВВ указываются вещества, для которых имеются соответствующие возможности для образования. Такие возможности определяются через химико-кинетические принципы протекания процессов, когда атомы соединяются в молекулы только таких веществ, при образовании которых выделяется наибольшее количество энергии и когда возрастает число простых веществ. Кроме того, при оценке возможности образования тех или иных веществ при взрыве, необходимо учитывать такие параметры, как энтальпия образования веществ – которая должна быть отрицательной, энтропия и энергия Гиббса – которая должна стремиться в сторону уменьшения [13]. Всем этим требованиям удовлетворяют указанные в термохимическом уравнении продукты взрывчатого превращения ЭВВ «ЕРА» с продуктами переработки ТРТ.

Подобная оценка возможности образования в продуктах взрыва хлорорганических и диоксиновых веществ показывает, что термохимических основ для

их образования нет. Это связано с тем, что, во-первых, они отсутствуют в составе ЭВВ, а во-вторых эти вещества имеют сложный молекулярный состав (например  $\text{C}_{12}\text{H}_4\text{O}_2\text{Cl}_4$ ), свойство сохранять конденсированное состояние при температуре более 400 °С, при весьма высокой положительной энтальпии образования (более 323 КДж/моль) и возрастающей энергии Гиббса [14].

Образующиеся продукты взрывчатого превращения ЭВВ марки «ЕРА» с продуктами переработки ТРТ, а именно оксид алюминия, хлорид, карбонат и сульфат кальция – это вещества, которые не относятся к твердым (3-4 класс опасности) и переходят в твердое состояние при температурах менее 1000 °С. Такие вещества являются составными компонентами минерального сырья и присутствуют в пылевых образованиях окружающей среды. Газообразные продукты взрыва, такие как оксиды углерода, азот, вода, являются составными атмосферного воздуха.

Более точная термодинамическая оценка способности составов ЭВВ к образованию тех или иных продуктов взрыва, в т.ч. фурановых ( $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c$ ), хлорорганических ( $\text{C}_a\text{H}_b\text{Cl}_d$ ) и диоксиновых ( $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{Cl}_d$ ) выполнена по результатам термодинамических расчетов, которые представлены в табл. 3.

Полученные данные термодинамических расчетов подтверждают соответствие и правильность выполненной термохимической оценки по составу продуктов взрывчатого превращения ЭВВ марки «ЕРА», содержащих продукты переработки ТРТ и согласуются с результатами, представленными в работах [6-8]. Эти расчеты показали отсутствие в продуктах химического и взрывчатого превращения таких ЭВВ не только фурановых, хлорорганических и диоксиновых веществ, но и простых хлоруглеводородов или их фрагментов, которые могут быть источником образования указанных веществ.

Кроме веществ, представленных в табл. 3, термодинамически в продуктах взрывчатого превращения присутствуют вещества промежуточного состояния и неполного окисления углерода и водорода с концентрациями менее  $10^{-4}$ , а также молекулярный азот.

Таким образом, термохимическая и термодинамическая оценка рецептурных факторов экологического влияния ЭВВ марки «ЕРА», в т.ч. с продуктами переработки ТРТ, показывает, что при их взрывчатом превращении токсичные вещества не образуются. Соответственно, такие ЭВВ и их применение не могут загрязнять токсичными веществами окружающую среду в местах ведения взрывных работ.

Для подтверждения экологически безопасного применения ЭВВ марки «ЕРА», в т.ч. с продуктами переработки ТРТ, на различных карьерах, где используются такие ЭВВ, проводился контроль воздушной среды, почвы и грунтовых вод на содержание вредных веществ. Отбор соответствующих проб осуществлялся до начала заряжания скважин и после проведения взрыва в соответствии с методиками экологического контроля и в порядке, описанном в [8].

Таблица 3

Содержание продуктов взрывчатого превращения ЭВВ марки «ЕРА» при разных давлениях, моль/кг

Продукты взрыва	ЕРА – АМ			ЕРА – АL			ЕРА – I (II) (III)		
	Давление среды, МПа			Давление среды, МПа			Давление среды, МПа		
	100	100	0,1	100	100	0,1	100	100	0,1
CO	0,39	0,39	10 <sup>-6</sup>	0,51	0,54	10 <sup>-3</sup>	0,34	0,34	10 <sup>-6</sup>
CO <sub>2</sub>	4,40	4,40	3,46	4,05	4,03	3,11	4,14	4,14	3,64
H <sub>2</sub> O	25,3	25,3	26,7	24,8	24,8	25,9	26,2	26,3	27,2
HCl	0	0	0	0	0	0	0,12	0,11	0
H <sub>2</sub> S	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0
H <sub>2</sub>	0,44	0,45	0,03	0,46	0,48	0,01	0,27	0,26	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0,37	0,37	0,37	0,12	0,12	0,12
Ca(OH) <sub>2</sub>	1,33	1,33	0	1,48	1,48	0	0,91	0,91	0
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	0,06
CaCO <sub>3</sub>	0	0	1,32	0	0	1,47	0	0	0,85
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0	0,01
C <sub>a</sub> H <sub>b</sub> O <sub>c</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C <sub>a</sub> H <sub>b</sub> Cl <sub>d</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C <sub>a</sub> H <sub>b</sub> O <sub>c</sub> Cl <sub>d</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Отбор проб и соответствующие замеры проводились для различных условий взрывания ЭВВ марки «ЕРА» в 19 областях Украины, в т.ч. при использовании на карьерах с различными горно-геологическими условиями и условиями организации взрывных работ. ЭВВ м. «ЕРА» изготавливались на карьерах и заряжались в скважины любой степени обводненности диаметром от 105 до 250 мм с использованием СЗМ типа UMS-11 и УМС-2008. Иницирование скважинных зарядов и коммутация поверхностной сети осуществлялась с использованием неэлектрических систем «Прима-ЕРА» и па-

тронов боевиков марки «ЕРА-РЗ» или шашек детонаторов Т-800 (Т-400Г).

Результаты выполненных мониторинговых исследований в период с 2006 по 2009 гг., показали (табл. 4 и 5), что при взрывании ЭВВ марки «ЕРА» в воздушной среде на площадках взрывания отсутствуют хлористый водород и хлорорганические вещества. В грунте и в грунтовых водах также не обнаружен перхлорат аммония и хлорорганические вещества, а содержание нитрат-ионов и хлорид-ионов остается на уровне фоновых концентраций, сложившихся на том или ином карьере, и является ниже ПДК.

Таблица 4

Концентрация веществ в грунте (мг/кг) и в воде (мг/л) в период проведения замеров с 2006 по 2009 гг.

Вещество	Среда	Требования ПДК	Концентрация вещества, C <sub>пр</sub>	
			до взрыва	после взрыва
Нитраты (-NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> )	Вода	45	2 -26	2 -26
	Грунт	130	28 -94	28 -94
Хлориды (-Cl <sup>-1</sup> )	Вода	300	120-260	120-260
	Грунт	> 500	32-180	32-180
Перхлорат аммония	Вода	5,0	отсут.	отсут.
	Грунт	< 5,0-	отсут.	отсут.
Хлорорганика (хлорбензол)	Вода	0,02	отсут.	отсут.
	Грунт	< 0,3	отсут.	отсут.

Таблица 5

Концентрация веществ в воздушной среде в период проведения замеров с 2006 по 2009 гг.

Вещество	Требования, мг/м <sup>3</sup>		Концентрация вещества, C <sub>пр</sub> , мг/м <sup>3</sup>		
	по ПДК <sub>мр</sub>	по фону СЗЗ (0,4 ПДК <sub>мр</sub> )	до взрыва	после взрыва	
				через 2-3 с	через 30-45 мин.
CO	5,0	2,0	отсут.	1,1-2,2	отсут.
NO <sub>x</sub>	0,085	0,034	0,02-0,028	0,024-0,042	0,02-0,025
HCl	0,2	0,08	отсут.	отсут.	отсут.
Хлорорганика (хлорбензол)	< 0,1	< 0,04	отсут.	отсут.	отсут.
Пыль (алюмосиликаты)	2,0-4,0	0,8-1,6	0,2-0,8	500-900	< 2,0

Анализ проб воздушной среды, полученных через 2-3 с после взрыва с использованием вакуумного дистанционного пробоотборника, располагаемого на взрываеом блоке, показывает, что газопылевые выбросы, образовавшиеся непосредственно при взрыве, состоят приблизительно на 99,8% из частиц карьерной пыли и около 0,2% смеси окиси углерода и окиси азота. При этом концентрация окиси углерода и азота находится в пределах допускаемых для фоновых концентраций таких веществ и в 2-3 раза ниже максимально разовых значений ПДК<sub>мр</sub>. Анализ проб воздушной среды через 30-45 минут после взрыва показывает, что за счет явления рассеивания, эти показатели возвращаются к исходным значениям до взрыва. Наибольшее смещение нуля произошло у датчика с а аналогично предыдущим случаям взаимоувязаны.

**Выводы.** Выполненный анализ свойств компонентов ЭВВ марки «ЕРА», в т.ч. содержащих продукты переработки ТРТ, показал на отсутствие в их составе токсичных веществ. Используемые компоненты являются традиционно применяемыми в составах промышленных ВВ. Выполненный анализ рецептурных особенностей этих ЭВВ показал на их сбалансированность по кислородному балансу и отсутствие термохимических и термодинамических предпосылок для образования токсичных хлорорганических и диоксиновых веществ в продуктах взрывчатого превращения ЭВВ.

Результаты экологического мониторинга подтверждают, что рецептура, условия применения и изготовления ЭВВ марки «ЕРА», содержащих до 10% продуктов переработки ТРТ, обеспечивают полноту прохождения химических реакций при взрывных процессах без образования токсичных продуктов взрыва и такие ЭВВ не влияют на экологическое состояние карьеров.

### Список литературы

1. Устименко Е.Б., Шиман Л.Н. Технические аспекты использования ВМ, извлеченных из боеприпасов и ракет, для приготовления промышленных ВВ // Современное состояние, проблемы, перспективы развития взрывного дела: Сб. докл. Междунар. конф., 09-10 дек. 2006 г. – Павлоград, 2006. – С. 20-24.
2. Устименко Е.Б., Шиман Л.Н., Устименко М.А. Некоторые подходы в области обеспечения безопасности при использовании конверсионных ВМ, полученных от утилизации боеприпасов и ракет // Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов: Сб. научн. тр. VII МНТК. – Красноармейск: КНИИМ. – М.: Оружие и технологии, 2007. – С. 203-211.
3. Устименко Е.Б., Шиман Л.Н., Подкаменная Л.И. Факторы безопасного применения водосодержащих ВВ с продуктами утилизации ТРТ // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. – 2008. – Вип. 5/2008(52), ч. 2. – С. 112-115.
4. Светлов Б.Я., Яременко Н.Е. Теория и свойства промышленных взрывчатых веществ. – М.: Недра, 1973. – 216 с.
5. Дубнов Л.В., Бахареви́ч Н.С., Романов А.И. Промышленные взрывчатые вещества. – М.: Недра, 1988. – 320 с.
6. Визначення діоксинів у складі газів, що утворюються під час вибухів емульсійних вибухових речовин марки «ЕРА»: Звіт про НДР (заключний) / ЕКОГІНТОКС, МОЗ України, 2007. – 16 с.
7. Оценка возможности образования полихлорированных диоксинов (ПХДД) при взрывании емульсионных ВВ марки «ЕРА», содержащих вещества от конверсионной переработки ракетных топлив / Устименко Е.Б., Шиман Л.Н., Холоденко Т.Ф., Устименко М.А. // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. – 2008. – Вип. 1/2008(48), ч. 1. – С. 103-105.
8. Устименко Е.Б., Шиман Л.Н., Холоденко Т.Ф. Экологический мониторинг взрывных работ, проводимых с использованием ЭВВ марки «ЕРА» с продуктами переработки ТРТ // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. – 2008. – Вип. 1/2008(48), ч. 1. – С. 97-99.
9. Генералов М.Б. Основные процессы и аппараты технологии промышленных взрывчатых веществ. – М.: ИКЦ Академкнига, 2004. – 397 с.
10. Slaughter J.A., Munson W.O., Bonner C. The use of reclaimed solid rocket propellant in commercial explosives: 31st AIAA Joint Propulsion Conference and Exhibit. 10-12 July, 1995. – San Diego. – P. 43-50.
11. Чебенко В.Н. Пути снижения токсичных выбросов при производстве взрывных работ на карьерах // Вісник КДПУ, 2003. – Вип. 6(23). – С. 123-126.
12. Максимов Л.Н. Расчет термохимических величин компонентов и составов: Учебное пособие. – Казань, КХТИ, 1974. – 55.
13. Глинка Н.Л. Общая химия: Учебное пособие / Под ред. А.И. Ермакова. – 30-е изд. – М.: Интеграл-Пресс, 2006. – 728 с.
14. Васильев И.А., Петров В.М. Термодинамические свойства кислородсодержащих органических соединений: Справочник. – Л.: Химия, 1984. – 240 с.

За результатами теоретичних і практичних досліджень підтверджено екологічно безпечно застосування емульсійних ВР марки «ЕРА», у т.ч. з продуктами переробки твердих ракетних палив при вибухових роботах. Визначено основні фактори, що впливають на шкідливість продуктів підривання.

**Ключові слова:** *емульсійна вибухова речовина, тверде ракетне паливо, екологія.*

In view of theoretical and practical studies the environmentally sound application of ERA emulsion explosives including those with solid propellant products is proved in blasting operations. The main factors that influence gaseous pollutants of blasting products are determined.

**Key words:** *emulsion explosives, solid rocket fuel, environment.*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Голіньком 06.01.10*