

# ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА КОМПОНЕНТОВ И СКОРОСТЬ ГОРЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ НА ИХ ОСНОВЕ

П. И. Калмыков<sup>1</sup>, Е. М. Попенко<sup>2</sup>, А. В. Сергиенко<sup>3</sup>, К. А. Сидоров<sup>4</sup>, М. А. Михайленко<sup>5</sup>,  
Б. П. Толочко<sup>6</sup>, Ю. Д. Черноусов<sup>7</sup>

**Аннотация:** Исследовано влияние радиационно-химической модификации энергоёмких соединений с различными дозами ионизирующего излучения на морфологию поверхности кристаллов, характеристики термораспада и горения высокоэнергетических конденсированных систем (ВКС) на их основе. Образцы поли-N-аллилметил-5-винилтетразола (ПВМТ), гексанитрогексаазаизовюрцитана (CL-20), октогена (НМХ) и ВКС на их основе облучались потоком электронов. Облучение полимера ПВМТ дозами от 20 до 80 кГр практически не влияет на объем газовыделения при термостатировании в течение 72 ч при 80 °С, а его характеристическая вязкость при этом монотонно уменьшается. Температура начала разложения облученных (дозами от 40 до 120 кГр) образцов CL-20 и НМХ снижается на 100 и 97 °С соответственно. Суммарный тепловой эффект разложения уменьшается в 2,5 раза для CL-20 и в 12 раз — для НМХ. Скорость горения нитроэфиртетразольных связующих с использованием полимера, облученного дозами от 20 до 40 кГр, понижается на 28%–41%. Скорость горения составов с облученным CL-20 с ростом дозы увеличивается на 5%–14%, а составов с НМХ — практически не изменяется до дозы 60 кГр, а при дозе 90 кГр — снижается. Незначительный рост скорости горения (на 6,3%) отмечается лишь при увеличении дозы облучения до 120 кГр.

**Ключевые слова:** радиационно-химическая модификация; поли-N-метил-5-винилтетразол (ПВМТ); горючее связующее НЭТ; циклические нитраминны CL-20, НМХ; термостабильность; термическое разложение; термические эффекты разложения; скорость горения

DOI: 10.30826/CE23160112

EDN: GSMRFG

## Литература

1. Ауслендер В. Л., Безуглов В. В., Брызгин А. А. и др. Импульсные линейные ускорители электронов серии ИЛУ производства Института ядерной физики им. Будкера // Вестник НГУ. Серия: Физика. 2006. Т. 1. Вып. 2. С. 89–96.
2. Поданева Л. Ф., Артемова Е. В., Сидоров К. А., Калмыков П. И., Королев К. Г., Михайленко М. А., Толочко Б. П., Брызгин А. А. Влияние ионизирующего излучения на свойства поли-N-метилаллил-5-винилтетразола и энергоёмких композиций на его основе // Химия в интересах устойчивого развития, 2019. Т. 27. № 5. С. 512–516. doi: 10.15372/ChUR2019167. EDN: MGOULZ.
3. Толочко Б. П., Королёв К. Г., Михайленко М. А. и др. Радиационно-химическая модификация поли-N-метилаллил-5-винилтетразола (МПВТ-А) и композиций на его основе // Тезисы докладов 3-й Всеросс. конф. с международным участием, посвященной 75-летию Института химии твердого тела и механохимии СО РАН «Горячие точки химии твердого тела: от новых идей к новым материалам». — Новосибирск, 2019. С. 197.
4. Артёмова Е. В., Калмыков П. И., Толочко Б. П. и др. Высокотемпературные превращения циклических нитраминов HNIW и НМХ // Тезисы докладов 3-й Всеросс. конф. с международным участием, посвященной 75-летию Института химии твердого тела и механохимии

<sup>1</sup>Федеральный научно-производственный центр «Алтай», post@frpc.secna.ru

<sup>2</sup>Федеральный научно-производственный центр «Алтай»; Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова, emp@bti.secna.ru

<sup>3</sup>Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова, abc@bti.secna.ru

<sup>4</sup>Федеральный научно-производственный центр «Алтай»; Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук, post@frpc.secna.ru

<sup>5</sup>Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук, mikhailenko@solid.asc.ru

<sup>6</sup>Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук, tolochko@inp.nsk.ru

<sup>7</sup>Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук, chern@catalysis.ru

- СО РАН «Горячие точки химии твердого тела: от новых идей к новым материалам». — Новосибирск, 2019. С. 51.
5. *Kalmykov P. I., Mikhaylenko M. A., Artemova Ye. V., Sidorov K. A., Chernousov Y. D.* Radiation-chemical modification of energy-intensive compounds of polyvinyltetrazole and cyclic nitramines HNIW and HMX // 37th Fortov Conference (International) on Equations of State for Matter Abstracts, 2022.
  6. *Архипов В. А., Волков С. А., Ревягин Л. Н.* Влияние состава смесевых композиций и ионизирующего излучения на устойчивость горения // Хим. физика, 2012. Т. 31. № 5. С. 50. EDN: OXXUSB.
  7. *Huestis P. L., Stull J. A., Lichthardt J. P., Wasiolek M. A., Montano-Martinez L., Manner V. W.* Effects of low-level gamma radiation on common nitroaromatic, nitramine, and nitrate ester explosives // ACS Omega, 2022. Vol. 7. No. 3. P. 2842–2849. doi: 10.1021/acsomega.1c05703.
  8. *Mikhailenko M. A., Sharafutdinov M. R., Gerasimov K. B., Kalmykov P. I., Artemova E. V., Tolochko B. P., Korobeynikov M. V.* SAXS-study of electron beam treatment effect on hniw thermal transformations // Conference (International) “Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application” Book of Abstracts. — Novosibirsk, 2022. P. 59–60.

Поступила в редакцию 26.04.2022