

СОНОТРИБОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ СУЛЬФАТА ТЕРБИЯ В Н-АЛКАНАХ, НАСЫЩЕННЫХ МНОГОАТОМНЫМИ ГАЗАМИ

Бурангулова Н.Ф.¹, Тухбатуллин А.А.², Шарипов Г.Л.³

Email: Burangulova654@scientifictext.ru

¹Бурангулова Наркас Фаниловна – магистрант,
кафедра физической химии и химической экологии,
Башкирский государственный университет;

²Тухбатуллин Адис Анисович – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник;

³Шарипов Глюс Лябибович – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник,
лаборатория химии высоких энергий и катализа,
Институт нефтехимии и катализа
Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
г. Уфа

Аннотация: исследована сонотриболюминесценция суспензий сульфата тербия в некоторых н-алканах в атмосфере N₂, O₂ и SF₆. Показано, что напуск молекулярного азота приводит к росту интенсивности газовой компоненты (линий *N₂) спектра сонотриболюминесценции суспензий. Кислородом тушит линии *N₂, на твердотельную компоненту (свечение иона Tb³⁺) O₂ не влияет, SF₆ приводит к полному тушению сонотриболюминесценции суспензий. Полученные результаты свидетельствуют об электролюминесцентном механизме сонотриболюминесценции. Многоатомные газы снижают эффективный заряд на поверхности кристаллов и в микротрещинах. Это уменьшает напряженность электрических полей, вероятность электрического пробоя и, соответственно, тушит генерируемое свечение иона Tb³⁺ и *N₂ при ультразвуковом воздействии на суспензии. Напротив, напуск молекулярного азота активизирует эти процессы.

Ключевые слова: сонотриболюминесценция, суспензия, н-алканы.

SONOTRIBOLUMINESCENCE OF TERBIUM SULPHATE SUSPENSIONS IN N-ALKANES AT POLYATOMIC GASES ATMOSPHERE

Burangulova N.F.¹, Tukhbatullin A.A.², Sharipov G.L.³

¹Burangulova Narkas Fanilovna – Undergraduate,
Department of Physical Chemistry and Chemical Ecology
BASHKIR STATE UNIVERSITY;

²Tukhbatullin Adis Anisovich – Researcher,
INSTITUTE OF PETROCHEMISTRY AND CATALYSIS UFSC RAS;

³Sharipov Glyus Lyabibovich – Doctor of Chemistry, Leading Researcher,
LABORATORY OF HIGH ENERGY CHEMISTRY AND CATACLYSUS,
INSTITUTE OF PETROCHEMISTRY AND CATALYSIS

UFA FEDERAL RESEARCH CENTER OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES,
UFA

Abstract: the sonotriboluminescence of terbium sulfate suspensions in some n-alkanes in the N₂, O₂, and SF₆ atmosphere was studied. It is shown that molecular nitrogen leads to an increase intensity of the gas component (*N₂ lines) spectrum of sonotriboluminescence. The molecular oxygen quenches the *N₂ lines, on the solid-state component (luminescence of Tb³⁺ ion) O₂ does not affect, SF₆ atmosphere leads to the complete suppression of sonotriboluminescence of suspension. The results indicate the electroluminescent mechanism of sonotriboluminescence. Polyatomic gases reduce the effective charge on the surface and microcracks of crystals. This reduces strength of the electric fields, the probability of electrical breakdown and, accordingly, quenches the generated luminescence of the Tb³⁺ ions and *N₂ during sonicated of suspensions. The opposite, of molecular nitrogen activates these processes.

Keywords: sonotriboluminescence, suspensions, n-alkanes.

УДК 535:378

Недавно была обнаружена новая разновидность люминесценции при сонолизе суспензий различных органических [1, 2] и неорганических [3, 4] веществ, определенная в последующем, как сонотриболюминесценция (СТЛ). СТЛ наблюдается во время ультразвукового воздействия на суспензию в результате разрушения микрочастиц кристаллов при их столкновений между собой с высокими скоростями (~100 м/с), вызванном воздействием кавитационных ударных волн. Было обнаружено, что при таком способе активации свечения в спектрах СТЛ суспензий регистрируются атомные и молекулярные линии, которые обычно не наблюдаются при простой механической активации кристаллов

в процессе триболюминесценции [5]. В тоже время в работах [1, 2] показано, что при СТЛ органических суспензий насыщенных He и O₂, помимо линий N₂, наблюдается люминесценция других газов (*He, *O) и продуктов химических реакций разложения углеводородов (CO, CO⁺, CO₂⁺, H, C₂ CH).

Однако систематического исследования СТЛ суспензий неорганических веществ в алканах в атмосфере многоатомных газов не проводилось. Между тем, знания в этой области представляют несомненный интерес для разработки новых химико-технологических процессов и влияния газов на эти процессы. Использование спектроскопических данных для анализа соно- и трибо- воздействия на суспензии в алканах позволит, например, вести непосредственный контроль образования продуктов разложения в данном процессе.

В связи с этим исследована сонотриболюминесценция суспензий неорганического триболюминесцентного вещества, а именно, сульфата тербия в некоторых n-алканах при насыщении многоатомными газами (N₂, O₂ и SF₆), с исследованием их активирующего и тушащего действия на интенсивность газозависимой и твердотельной компонент СТЛ.

Сонотриболюминесценция возбуждалась в 10 мл суспензии, содержащей 250 мг навески кристаллов Tb₂(SO₄)₃·8H₂O (99,99%, Lanhit) в n-алканах (n-C₅H₁₂, n-C₇H₁₆, n-C₁₀H₂₂, n-C₁₂H₂₆, n-C₁₆H₃₄), в термостатируемой цилиндрической кювете с кварцевым окошком на дне, с помощью ультразвукового генератора UZDN-2T (частота 22 кГц) с погружным титановым волноводом, при мощности 20 Вт, температуре 283-293К. Спектры СТЛ регистрировали при помощи спектрофлуориметра на базе монохроматора МДР-204 с детектором Hamamatsu R3896.

Насыщение суспензий молекулярным азотом при СТЛ приводит к заметному росту интенсивности линий N₂ (газовая компонента спектра СТЛ), напротив, напуск O₂ приводит к полному их подавлению (рис.1). В тоже время на свечение возбужденного иона Tb³⁺ атмосфера этих газов практически не влияет. Однако полное подавление свечения СТЛ суспензий наблюдается при напуске гексафторида серы. О подобном действии на классическую ТЛ некоторых этих многоатомных газов [5, 6] сообщалось нами ранее. При переходе на высшие алканы (декан, гексадекан) можно заметить, что в спектрах СТЛ суспензий тушение свечения происходит постепенно. Даже после 10 мин барботажу SF₆ в отличие от СТЛ суспензий, например, в пентане и гептане, в спектре на уровне шумов регистрируются максимумы, соответствующие свечению иона тербия(III). Данное отличие может быть связано с различной растворимостью этих газов в n-алканах, а также, как было показано в [2], с давлением насыщенного пара растворителей.

Таким образом, насыщение суспензий различными многоатомными газами влияет на обе компоненты спектра СТЛ. Механизмы тушения и активации свечения идентичны механизмам классической ТЛ с ее электролюминесцентной природой [5]. В связи с этим можно предположить, что вероятнее всего, активация и подавление люминесценции происходит по общему для обоих способов возбуждения свечения механизму воздействия на электрофизические свойства кристаллов.

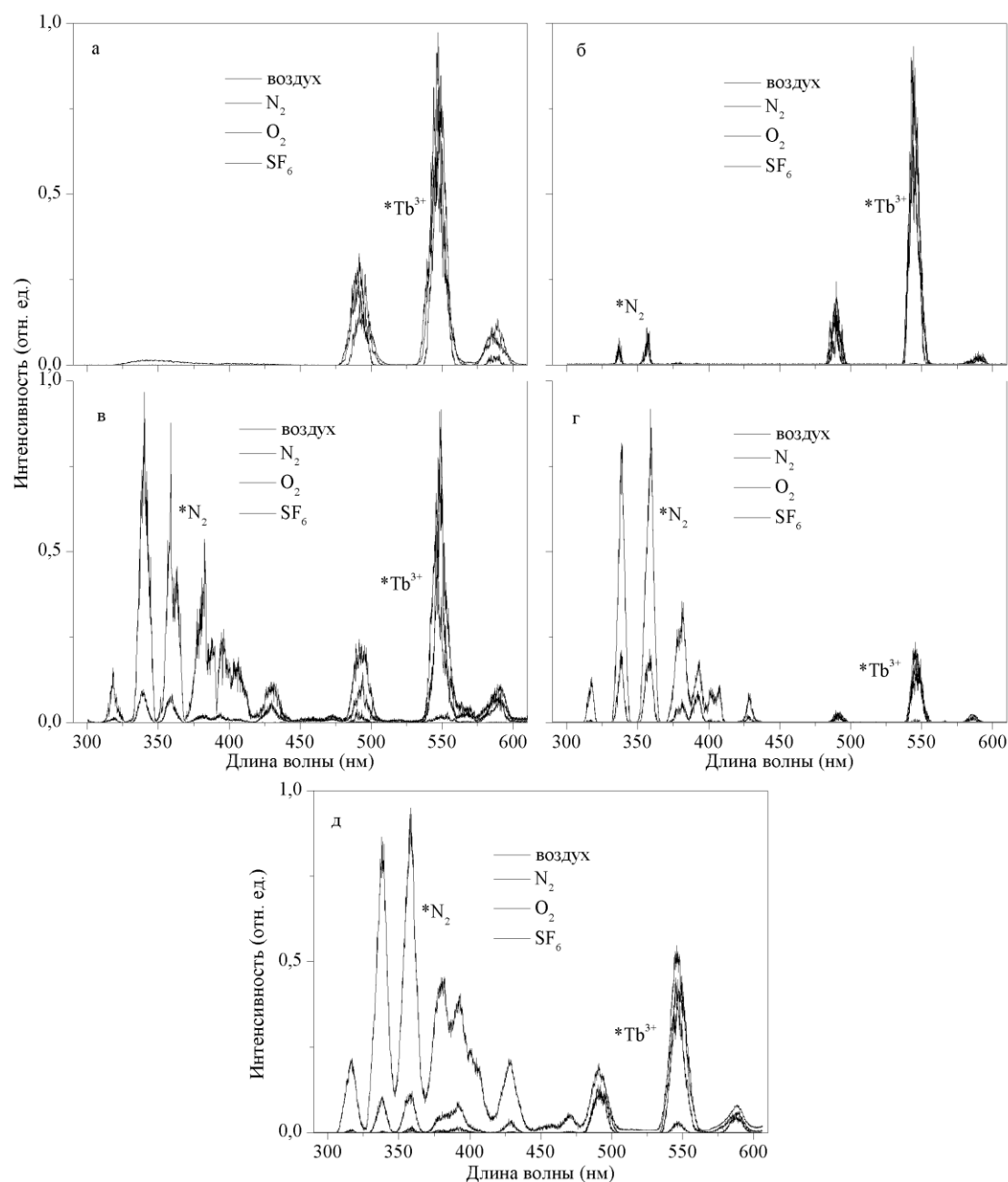


Рис. 1. Спектры СТЛ суспензий сульфата тербия в пентане (а), гептане (б), декане (в), додекане (г) и гексадекане (д) на воздухе и при барботировании суспензии N_2 , O_2 и SF_6

В атмосфере кислорода и гексафторида серы имеет место снижение эффективного заряда на поверхности кристаллов и в микротрещинах, последующее уменьшение вероятности электрического пробоя и снижение напряженности электрических полей, ответственных за электролюминесцентное возбуждение свечения, и, напротив, улучшение этих параметров в атмосфере N_2 .

Список литературы / References

1. Eddingsaas N.C., Suslick K.S. Mechanoluminescence: Light from sonication of crystal slurries. // *Nature*, 2006. V. 444. P. 163.
2. Eddingsaas N.C. Mechanoluminescence Induced by Acoustic Cavitation; In: Olawale D.O.; Okoli O.O.I.; Fontenot R.S.; Hollerman W.A. (eds.). *Triboluminescence: Theory, Synthesis, and Application*. Springer International Publishing, Switzerland, 2016. P. 237–271.
3. Шарипов Г.Л., Тухбатуллин А.А., Абдрахманов А.М. Триболюминесценция кристаллов и суспензий неорганических солей лантанидов // *Физикохимия поверхности и защита материалов*, 2011. Т. 47. № 1. С. 16–22.

4. Virost M., Pflieger R., Skorb E., Ravoux J., Zemb T., Möhwald H. Crystalline silicon under Acoustic Cavitation: from Mechanoluminescence to Amorphization. // J. Phys. Chem. C., 2012. V. 116. P. 15493–15499.
5. Olawale D.O., Okoli O.O.I., Fontenot R.S., Hollerman W.A. (eds.). Triboluminescence: Theory, Synthesis, and Application. Springer International Publishing, Switzerland, 2016. 454 p.
6. Sharipov G.L., Tukhbatullin A.A., Bagautdinova A.R. Quenching of electronically excited N₂ molecules and Tb³⁺/Eu³⁺ ions by polyatomic sulfur-containing gases upon triboluminescence of inorganic lanthanide salts. // Luminescence, 2017. V. 32. P. 824–828.