

РОЛЬ ЦЕПНЫХ ПРОЦЕССОВ В ХОЛОДНЫХ ПЛАМЕНАХ И САЖЕОБРАЗОВАНИИ

З. А. Мансуров¹

Аннотация: Стодвадцатипятилетний юбилей академика Н. Н. Семёнова — великого естествоиспытателя XX в. — знаменательное событие для мирового научного сообщества. Он внес своими открытиями и неутомимой научно-организационной, педагогической и общественной деятельностью неоценимый вклад в становление химической физики, в развитие физики, химии и биологии. Лауреат Нобелевской премии, академик Н. Н. Семёнов сыграл огромную роль при создании кафедры химической кинетики и горения Казахского национального университета им. аль-Фараби и Института проблем горения. Контакты с учениками академика Н. Н. Семёнова дали возможность научным сотрудникам Института проблем горения пройти обсуждение кандидатских и докторских диссертаций на семинарах Института химической физики в г. Москве. При поддержке Н. Н. Семёнова, Я. Б. Зельдовича, А. Г. Мержанова были проведены Всесоюзные симпозиумы по горению и взрыву (1980 г., г. Алма-Ата) и по структурной макрокинетике (1984 г., г. Алма-Ата). В статье проведен обзор работ автора по изучению структуры фронта холодных пламен диэтилового эфира и бутана, предпламенной зоны нормальных пламен пропана и сажеобразованию при горении углеводородов. Рассмотрены феноменология, кинетика и механизм сажеобразования, влияние различных факторов на образование полициклических ароматических углеводородов (ПЦАУ), углеродных нанотрубок, фуллеренов, графенов и сажи.

Ключевые слова: атомы водорода; пероксидные радикалы; холодные пламена; осцилляционный режим; наночастицы; сажеобразование

DOI: 10.30826/CE20130302

Литература

1. Химическая кинетика и цепные реакции: К 70-летию академика Н. Н. Семёнова. — М.: Наука, 1966. 603 с.
2. Семенов Н. Н. Цепные реакции. — Л.: Госхимтехиздат, 1934. 555 с.
3. Семенов Н. Н. Химическая физика (Физические основы химической кинетики). — Черноголовка, 1975. 55 с.
4. Ксандопуло Г. И., Сагиндыков А. А., Кудайбергенов С. А., Мансуров З. А. Низкотемпературная зона фронта углеводородных пламен. V. Профили концентраций атомарного водорода и перекисных радикалов во фронте пропан-воздушного пламени // Физика горения и взрыва, 1975. Т. 11. № 6. С. 838–843.
5. Мансуров З. А., Мироненко А. В., Жукова Л. Н., Ксандопуло Г. И. Обнаружение радикалов и их распределение во фронте неизотермического холодного пламени диэтилового эфира // Докл. Акад. наук СССР, 1978. Т. 239. № 4. С. 883–885.
6. Ксандопуло Г. И., Колесников Б. Я., Однорог Д. С. Профиль концентрации атомов водорода в низкотемпературной зоне фронта пламени пропан-воздух // Докл. Акад. наук СССР, 1974. Т. 216. № 5. С. 1098–1101.
7. Мансуров З. А. Неизотермические холодные пламена углеводородов: Дис. . . . д-ра хим. наук. — Черноголовка: ИСМАН, 1990.
8. Фристром Р. М., Вестенберг А. А. Структура пламени. — М.: Металлургия, 1969. 364 с.
9. Kubitzka Ch., Schotter M., Homann K. H. Scavenging of radicals from the gas phase by freezing with dimethyl disulfide. 2. Radicals from discharges and a flame of acetylene // Ber. Bunsen. Phys. Chem., 1987. Vol. 91. Iss. 7. P. 695–700.
10. Сонгина О. А., Захаров В. В. Амперометрическое титрование. — М.: Мир, 1970. 304 с.
11. Lignola P. G., Reverchon E. Cool flames // Prog. Energ. Combust., 1987. Vol. 13. P. 75–96.
12. Ксандопуло Г. И., Дубинин В. В. Химия газофазного горения. — М.: Химия, 1987. 240 с.
13. Мансуров З. А. Обнаружение атомов водорода и их распределение во фронте стабилизированных холодных пламен углеводородов // Междунар. конф. по аналитической химии. — Алматы, 2001. С. 87.
14. Штерн В. Я. Механизм окисления углеводородов в газовой фазе. — М.: Изд-во АН СССР, 1960. 466 с.
15. Мансуров З. А., Матафонов А. А., Пестерев В. И. Осцилляции в холодных пламенах бутана // Хим. физика, 1988. Т. 7. № 8. С. 1152.

¹Институт проблем горения, zmansurov@kaznu.kz

16. *Mansurov Z. A., Matafonov A. A., Konnov A. A., Ksandopulo G. I.* Radical concentrations and temperature oscillations in cool flame oxidation of butane // *React. Kinet. Catal. L.*, 1990. Vol. 41. No. 2. P. 265–270.
17. *Мансуров З. А., Калтаев А., Шакибаев Н.* Экспериментальное и численное исследование колебательного режима при низкотемпературном окислении углеводородно-воздушной смеси // *Хим. физика*, 1999. Т. 18. № 3. С. 79–85.
18. *Böhm H., Hesse D., Jander H., et al.* The influence of pressure and temperature on soot formation in premixed flames // *22nd Symposium (International) on Combustion Proceedings.* — Pittsburg, PA, USA: The Combustion Institute, 1988. P. 403–411.
19. *Погосян М. Д., Мантаяян А. А.* Структура газозаженных пламен. — Новосибирск: ИТПМ СО АН СССР, 1988. Ч. 1. 59 с.
20. *Popov V. T., Turesheva G. O., Pesterev V. I., Mansurov Z. A.* On polycyclic aromatic hydrocarbon formation in the soot flames of methane and propane // *Archivum Combustionis*, 1990. Vol. 10. No. 1-4. P. 209–215.
21. *Mansurov Z. A.* Cool sooting flames of hydrocarbons // *J. Therm. Sci.*, 2001. Vol. 10. No. 3. P. 269–280.
22. *Мансуров З. А., Попов В. Т., Тулеутаев Б. К., Туткабаева Т. Т.* Диплом на открытие «Явление низкотемпературного холоднопламенного сажеобразования», 11 июня 2002 г., Москва, Регистрационный № 243. Международная ассоциация авторов научных открытий на основании результатов научной экспертизы заявки на открытие № А-243 от 19 августа 2001 г.
23. *Мансуров З. А.* Сажеобразование в процессах горения (обзор) // *Физика горения и взрыва*, 2005. Т. 41. № 6. С. 137–156.
24. *Теснер П. А.* Образование сажи при горении // *Физика горения и взрыва*. 1979. Т. 15. № 2. С. 3–14.
25. *Homann K. H., Wagner H. G.* Some aspects of soot formation // *Dynamics of exothermicity / Ed. J. Ray Bawen.* — Combustion science and technology book ser. — CRC Press, 1996. Vol. 2. P. 151–184.
26. *Мансуров З. А., Приходько Н. Г., Савельев А. В.* Образование ПЦАУ, фуллеренов, углеродных нанотрубок и сажи в процессах горения. — Алматы: al-Farabi Kazakh National University, 2012. 383 с.
27. *Kroto H. W., Heath J. R., O'Brien S. C., et al.* C₆₀: Buckminsterfullerene // *Nature*, 1985. Vol. 318. No. 6042. P. 162–163.
28. *Howard J. B.* Fullerenes formation in flames // *24th Symposium (International) on Combustion Proceedings.* — Pittsburgh, PA, USA: The Combustion Institute, 1992. Vol. 24. No. 1. P. 933–946.
29. *Мансуров З. А.* Образование сажи полициклических ароматических углеводородов, фуллеренов и углеродных нанотрубок при горении углеводорода // *Инженерно-физический ж.*, 2011. Т. 84. № 1. С. 116–149.
30. *Мансуров З. А.* Получение наноматериалов в процессах горения // *Физика горения и взрыва*, 2012. Т. 48. № 5. С. 77–86.
31. *Нажипкызы М., Мансуров З. А., Пури И. К. и др.* Получение супергидрофобной углеродной поверхности при горении пропана // *Нефть и газ*, 2010. Т. 5. № 59. С. 27–33.
32. *Mansurov Z. A., Prikhodko N. G., Auyelkhanqyzy M., et al.* Synthesis of single and few layer graphenes in flames // *7th European Combustion Meeting Proceedings.* — Budapest, Hungary, 2015. P. 118–119.
33. *Kratschmer W., Lamb L., Fostiropoulos K., Huffman D.* Solid C: A new form of carbon // *Nature*, 1990. Vol. 347. P. 354.
34. *Jager C., Huisken F., Lamas J. I., Henning Th.* Formation of polycyclic aromatic hydrocarbons and carbonaceous solids in gas-phase condensation experiments // *Astrophysics*, 2009. No. 696. P. 706–712.
35. *Ahrens J., Bachmann M., Baum Th., et al.* Fullerenes and their ions in hydrocarbon flames // *Int. J. Mass Spectrom.*, 1994. Vol. 138. P. 133–148.
36. *Mansurov Z. A.* Soot formation. — Алматы: al-Farabi Kazakh National University, 2015. 167 p.
37. *Mansurov Z.* Complete scheme for fullerene, graphene and soot formation in flame // *Eurasian Chemico-Technological J.*, 2018. Vol. 20. No. 4. P. 277–281.
38. *Soot formation in combustion / Ed. H. Bockhorn.* — Berlin–Heidelberg: Springer, 1994. 596 p.

Поступила в редакцию 14.08.2020