

**Индукцированные акустическими полями процессы  
структурообразования в высокомолекулярных средах**

*А. Р. Каримов, В. К. Богданов, Р. А. Валиуллин, Р. Ф. Шарафутдинов,  
А. Ш. Рамазанов, А. А. Рухман, Т. Р. Хабиров, А. Е. Шиканов*

*Рассмотрены механизмы разрушения и синтеза макромолекул, которые могут стимулироваться внешними акустическими полями в многофазной нефтяной дисперсной среде, содержащей большое количество растворенного в нефти газа. Предполагается, что динамика этих пузырьков зависит от изменения геометрии потока и возбуждения звуковых колебаний в потоке. Особое внимание уделено процессу изменения плотности жидкости за счет эффекта внутреннего эрлифта в жидкой дисперсной среде. Механически вызванные кинетические изменения макромолекул (разрушение и синтез коллоидных цепей) могут происходить, когда пузырьки схлопываются. Эти особенности могут быть использованы при обработке нефти и в геофизических исследованиях скважин для оценки нефтенасыщенности пластов.*

*Ключевые слова:* акустический цилиндрический излучатель, магнитостриктор, пьезокерамический элемент, кавитация, полимерная жидкость, углеводороды, нефть, теплота разгазирования нефти, соли.

**DOI:** 10.51368/2307-4469-2021-9-2-128-143

**Каримов Александр Рашатович**<sup>1,2,5</sup>, в.н.с.,  
профессор, д.ф.-м.н.

E-mail: ARKarimov@mephi.ru

**Богданов Владислав Константинович**<sup>1</sup>, м.н.с.,

**Валиуллин Рим Абдуллович**<sup>4</sup>, профессор, д.т.н.

**Шарафутдинов Рамиль Фаизырович**<sup>4</sup>, профессор,  
д.ф.-м.н.

**Рамазанов Айрат Шайхуллинович**<sup>4</sup>, профессор,  
д.т.н.

**Рухман Андрей Александрович**<sup>3</sup>, директор, к.т.н.

**Хабиров Тимур Раильевич**<sup>4</sup>, доцент, к.ф.-м.н.

**Шиканов Александр Евгеньевич**<sup>1</sup>, профессор,  
д.т.н.

<sup>1</sup> Национальный исследовательский ядерный  
университет «МИФИ».

Россия, 115409, Москва, Каширское шоссе, 31.

<sup>2</sup> Объединенный институт высоких температур РАН.

Россия, 125412, Москва, ул. Ижорская, 13/2.

<sup>3</sup> ООО «Ультразвуковые генераторы».

Россия, 108811, Москва, Восточный проезд, 7.

<sup>4</sup> Башкирский государственный университет.  
Республика Башкортостан, 450076, г. Уфа,  
ул. Заки Валиди, 32.

<sup>5</sup> Российский экономический университет  
имени Г. В. Плеханова.  
Россия, 117997, Москва, Стремянный пер., 36.

*Статья поступила в редакцию 04 декабря 2020 г.*

© Каримов А. Р., Богданов В. К., Валиуллин Р. А.,  
Шарафутдинов Р. Ф., Рамазанов А. Ш., Рухман А. А.,  
Хабиров Т. Р., Шиканов А. Е., 2021

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сафиева Р. З. Химия нефти и газа. Нефтяные дисперсные системы: состав и свойства. – М.: РГУНГ, 2004.

2. Келбалиев Г. И., Расулов С. Р., Тагиев Д. Б., Мустафаева Г. Р. Механика и реология нефтяных дисперсных систем. – М.: Маска, 2017.

3. Сыркин А. М., Мовсумзаде Э. М. Основы химии нефти и газа. – Уфа: УГНТУ, 2002.
4. Valiullin R. A., Sharafutdinov R. F., Ramazanov A. Sh. // Powder Technology. 2004. Vol. 148. No. 1. P. 72.
5. Akartuna I., Studart A. R., Tervoort E. et al. // Langmuir. 2008. Vol. 24. P. 7161.
6. Berger K. J., Hrenya C. M. // Powder Technology. 2014. Vol. 264. P. 627.
7. Акопян В. Б., Ершов Ю. А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами. – М.: Из-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005.
8. Физика простых жидкостей / Под ред. Г. Темперли, Дж. Роулинсона, Дж. Рашбрука. – М.: Мир, 1971.
9. Conway J. H., Sloane N. J. A sphere packings, lattices, and groups. – New York: Springer-Verlag, 1999.
10. Рождественский В. В. Кавитация. – Ленинград: Судостроение, 1977.
11. Наугольных К. А., Островский Л. А., Сутин А. М. «Нелинейная акустика». Нелинейные волны. – М.: Наука, 1981. P. 166–185.
12. Маргулис М. А. Сонолюминесценция // УФН. 2000. Т. 170. С. 263.
13. Гуляев Д. Н., Лазуткина Н. Е., Жуйков Ю. Ф., Ильинский А. В., Рухман А. А., Шиканов А. Е. // Нефтяное Хозяйство. 2018. № 8. С. 60.
14. Karimov A. R., Korshunov A. M., Beklemishev V. V. // Physica Scripta. 2015. Vol. 90. P. 185.
15. Karimov A. R., Taleisnik M. A., Savenkova T. V., Aksenova L. M. // Physica Scripta. 2019. Vol. 94. P. 045002.
16. Karimov A. R., Schamel H. // Phys. Plasmas. 2001. Vol. 8. P. 1180.
17. Suslick K. S., Price G. J. // Annu. Rev. Mater. Sci. 1999. Vol. 29. P. 295.
18. Caruso M. M., Davis D. A., Shen Q. et al. // Chem. Rev. 2009. Vol. 109. P. 5755.
19. Бабаева Н. Ю., Berry R. S., Найдис Г. В. и др. // ТВТ. 2016. Т. 54. С. 792.
20. Гиматудинов Ш. К., Ширковский А. И. Физика нефтяного и газового пласта. – М.: Недра, 1982.
21. Valiullin R. A., Sharafutdinov R. F., Sadret-dinov A. A., Bochkov A. S. // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2008. Vol. 49. No. 6. P. 992.
22. Валиуллин Р. А., Рамазанов А. Ш. Термические исследования при компрессорном освоении скважин. – Уфа: Изд-во Башкир. ун-та, 1992.
23. Валиуллин Р. А., Рамазанов А. Ш., Шарифутдинов Р. Ф. // Изв. РАН. Механика жидкости и газа. 1994. № 6. С. 113.

PACS: 43.35+d, 43.38+n, 43.90+v

## Induced by acoustic fields processes of structure formation in high-molecular media

A. R. Karimov<sup>1,2,5</sup>, V. K. Bogdanov<sup>1</sup>, R. A. Valiullin<sup>4</sup>, R. F. Sharafutdinov<sup>4</sup>, A. Sh. Ramazanov<sup>4</sup>,  
A. A. Rukhman<sup>3</sup>, T. R. Khabirov<sup>4</sup>, and A. E. Shikanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Research Nuclear University MEPHI  
31 Kashirskoe shosse, Moscow, 115409, Russia  
E-mail: ARKarimov@mephi.ru

<sup>2</sup> Institute for High Temperatures, Russian Academy of Sciences  
Bd. 2, 13 Izhorskaya st., Moscow, 127412, Russia

<sup>3</sup> LLC Ultra-resonance  
7 Vostochny proezd, Moscow, 108811, Russia

<sup>4</sup> Bashkir State University  
32 Zaki Validi, st., Ufa, 450076, Rep. Bashkortostan, Russia

<sup>5</sup> Plekhanov Russian University of Economics

36 Stremyanny lane, Moscow, 117997, Russia

Received December 04, 2020

**The paper considers the mechanisms of destruction and synthesis of macromolecules, which can be stimulated by external acoustic fields in a two-phase, oil dispersed medium containing a large number of gas bubbles. It is assumed that the dynamics of these bubbles depends on changes in the geometry of the flow and the excitation of sound vibrations in the flow. Particular attention is paid to the process of changing the density of a liquid due to the effect of an internal airlift in a liquid dispersed medium. Mechanically induced kinetic changes in macromolecules (destruction and synthesis of colloidal chains) can occur when bubbles collapse. These features can be used in oil processing and well logging to assess oil saturation of reservoirs.**

**Keywords:** acoustic cylindrical emitter, magnetostrictor, piezoceramic element, cavitation, polymer liquid, hydrocarbons, oil, heat of oil degassing, salt.

**DOI:** 10.51368/2307-4469-2021-9-2-128-143

#### REFERENCES

1. R. Z. Safieva. *Chemistry of oil and gas. Oil dispersed systems: composition and properties* (RGUNG, Moscow, 2004).
2. G. I. Kelbaliev, S. R. Rasulov, D. B. Tagiev, and G. R. Mustafaeva, *Mechanics and rheology of oil dispersed systems* (Mask, Moscow, 2017).
3. A. M. Syrkin and E. M. Movsumzade, *Fundamentals of oil and gas chemistry* (UGNTU, Ufa, 2002).
4. R. A. Valiullin, R. F. Sharafutdinov, and A. Sh. Ramazanov, A Research into thermal field in Fluid-saturated Porous Media, *Powder Technology* **148** (1), 72 (2004).
5. I. Akartuna, A. R. Studart, E. Tervoort et al., Stabilization of oil-in-water emulsions by colloidal particles modified with short amphiphiles, *Langmuir* **24**, 7161 (2008).
6. K. J. Berger and C. M. Hrenya, Challenges of DEM: II. Wide particle size distributions, *Powder Technology* **264**, 627 (2014).
7. V. B. Akopyan and Yu. A. Ershov, *Fundamentals of the interaction of ultrasound with biological objects* (Iz-in MSTU named after N. E. Bauman, Moscow, 2005).
8. *Physics of simple liquids*, ed. G. Temperley, J. Rawlinson, J. Rushbrook (Mir, Moscow, 1971).
9. J. H. Conway and N. J. Sloane, *A sphere packings, lattices, and groups* (Springer-Verlag, New York, 1999).
10. V. V. Rozhdestvensky, *Cavitation* (Ship-building, Leningrad, 1977).
11. K. A. Naugolnykh, L. A. Ostrovsky, and A. M. Soutine, "Nonlinear Acoustics" *Nonlinear Waves* (Nauka, Moscow, 1981) pp. 166–185.
12. M. A. Margulis, Sonoluminescence, *UFN* **170**, 263 (2000).
13. D. N. Gulyaev, N. E. Lazutkina, Yu. F. Zhukov, A. V. Ilyinsky, A. A. Rukhman, and A. E. Shikanov, *Oil Industry*, No. 8, 60 (2018).
14. A. R. Karimov, A. M. Korshunov, and V. V. Beklemishev, *Physica Scripta* **90**, 185 (2015).
15. A. R. Karimov, M. A. Taleisnik, T. V. Savenkova, and L. M. Aksenova, *Physica Scripta* **94**, 045002 (2019).
16. A. R. Karimov and H. Schamel, *Phys. Plasmas* **8**, 1180 (2001).
17. K. S. Suslick and G. J. Price, *Annu. Rev. Mater. Sci.* **29**, 295 (1999).
18. M. M. Caruso, D. A. Davis, Q. Shen et al., *Chem. Rev.* **109**, 5755 (2009).
19. N. Yu. Babaeva, R. S. Berry, G. V. Naidis et al., *TVT* **54**, 792 (2016).
20. Sh. K. Gimatudinov and A. I. Shirkovsky, *Physics of oil and gas reservoir* (Nedra, Moscow, 1982).
21. R. A. Valiullin, R. F. Sharafutdinov, A. A. Sadretdinov, and A. S. Bochkov, *J. Applied Mechanics and Technical Physics* **49** (6), 992 (2008).
22. R. A. Valiullin and A. Sh. Ramazanov, *Thermal studies during compressor development of wells* (Publishing house Bashkir. un-ta, Ufa, 1992).
23. R. A. Valiullin, A. Sh. Ramazanov, and R. F. Sharafutdinov, *Izv. RAS. Mechanics of liquid and gas*, No. 6, 113 (1994).

