

УДК 577. 345

DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art17

**МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СВЧ-ПОЛЯ
С ВОДОНАСЫЩЕННЫМИ ГЕОСТРУКТУРАМИ.
ЧАСТЬ 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
МЕХАНИЗМОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СВЧ-ПОЛЯ НА
СТРУКТУРУ ВОДЫ**

Володин И.А.¹, Терпугов Е.Л.², Дегтярева О.В.², Савранский В.В.³

1 – Институт проблем нефти и газа РАН, 2 – Институт биофизики клетки РАН

3 – Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН

E-mail: el_terpugov@rambler.ru, savr@nsc.gpi.ru

Аннотация. В статье изложены результаты экспериментальных исследований механизмов воздействия электромагнитного СВЧ-поля на структуру воды. Проведенные эксперименты при использовании ИК эмиссионной спектроскопии позволили установить, что при СВЧ-воздействии возбуждаются те части спектра инфракрасного диапазона частот, которые отвечают за взаимодействия между молекулярными кластерами структуры вещества. Некоторые резонансные частоты эмиссионного спектра несколько сдвинуты относительно пиковых частот спектра поглощения. Это говорит о нелинейном характере формирования спектра эмиссии. Время релаксации таких возбуждений исчисляется десятками минут. Наличие подобной памяти воды позволяет говорить о возможности накопления эффекта воздействия СВЧ-полем.

Ключевые слова: СВЧ-диапазон, ИК эмиссионная спектроскопия, структура воды, коллективные движения.

**MECHANISMS OF INTERACTION OF ELECTROMAGNETIC MICROWAVE FIELD
WITH WATER-SATURATED GEOSTRUCTURES.
PART 2. EXPERIMENTAL STUDY OF MECHANISMS OF THE
ELECTROMAGNETIC MICROWAVE EFFECT ON THE WATER STRUCTURE**

Volodin I.A.¹, Terpugov E.L.², Degtyareva O.V.², Savranskii V.V.³

1 – Oil and Gas Research Institute RAS, 2 – Institute of Cell Biophysics RAS

3 – Prokhorov General Physics Institute RAS

E-mail: el_terpugov@rambler.ru, savr@nsc.gpi.ru

Abstract. The article presents the results of experimental studies of the mechanisms of action of an electromagnetic microwave field on the structure of water. The experiments made it possible to establish that under microwave action those part of the infrared frequency range of

spectrum are excited that are responsible for the interactions between molecular clusters of the structure of matter. Some resonance frequencies of the emission spectrum are slightly shifted relative to the peak frequencies of the absorption spectrum. This indicates the nonlinear nature of the emission spectrum. The relaxation time of such excitations is measured in tens of minutes. The presence of such a memory of water suggests that the effect of the action of the microwave field can be accumulated.

Keywords: microwave range, IR emission spectroscopy, water structure, collective movements.

Экспериментальные исследования механизмов воздействия электромагнитного СВЧ-поля на электролит воды показали, что при облучении вещества с частотой $\gg 10$ ГГц наблюдается существенное изменение *спектров поглощения*. В силу ограниченности возможностей применения спектров поглощения для изучения структуры воды проведено исследование динамики изменения *эмиссионных Фурье-спектров* при различных типах электромагнитного воздействия. Подобные исследования с использованием метода ИК эмиссионной спектроскопии жидких и твердотельных образцов, включая различные нефти, отражены в работах [1–7]

На рис. 1 показан спектр поглощения (оптической плотности) и эмиссионный спектр воды ИК-диапазона. На спектре выделяются основные частотные диапазоны, на которых фиксируется отклик СВЧ-воздействия и исследуется динамика изменения спектров поглощения, соответствующих различным типам движений на структуре вещества:

- трансляциям молекулярных кластеров ($\gg 50\text{--}200\text{ см}^{-1}$),
- либрациям молекулярных кластеров ($\gg 400\text{--}800\text{ см}^{-1}$),
- деформациям молекул ($\gg 1000\text{--}1700\text{ см}^{-1}$),
- валентным колебаниям молекул ($\gg 3200\text{--}3600\text{ см}^{-1}$).

Последний из указанных частотных диапазонов, являющийся частью ИК-спектра, наиболее сильно влияет на физико-химические процессы в геосреде [8]. На представленном спектре выделяются основные интервалы частот колебаний структуры вещества, представляющие интерес для дальнейших исследований.

Проведенные эксперименты по воздействию СВЧ-полями на воду, показанные на рис. 2, позволили установить, что при этом возбуждаются те части спектра инфракрасного

диапазона частот, которые отвечают за взаимодействия между молекулярными кластерами структуры вещества [9].

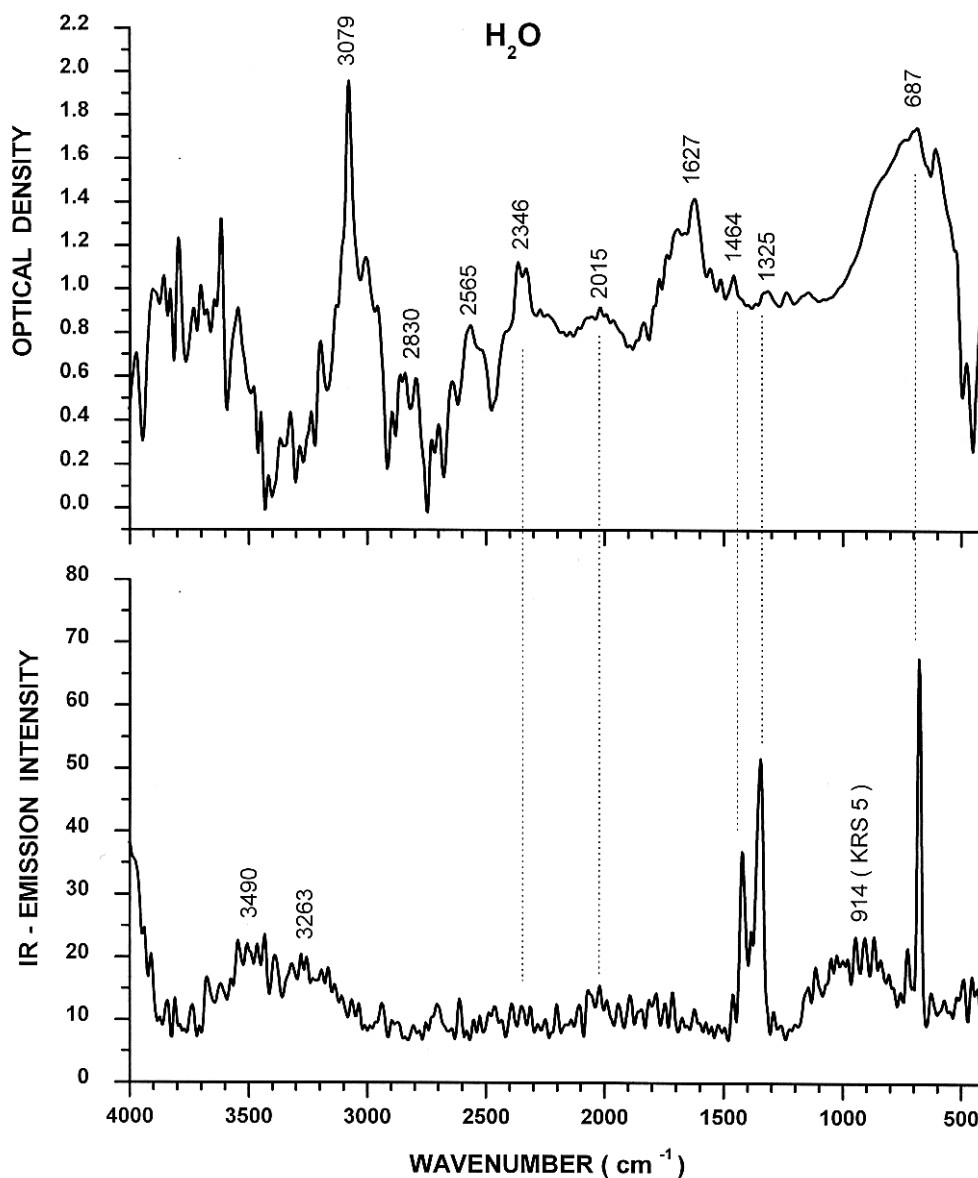


Рис. 1. Спектр поглощения (оптической плотности) и эмиссионный спектр воды ИК-диапазона

Действительно, пики оптической плотности резонансно усиливаются после СВЧ-возбуждения, формируя спектр эмиссии воды. Интересно отметить, что некоторые резонансные частоты эмиссионного спектра несколько сдвинуты относительно пиков частот спектра поглощения. Это говорит о нелинейном характере формирования спектра эмиссии, а параметры сдвига помогут сформировать нелинейные коэффициенты в динамической модели распространения поля в геосреде [8,10].

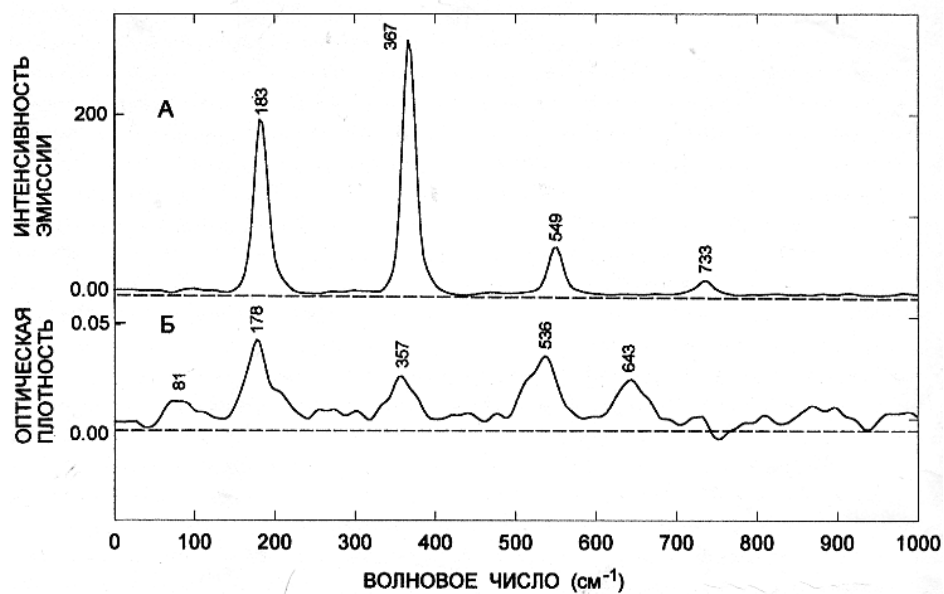


Рис. 2. Спектры поглощения и эмиссии воды после СВЧ-возбуждения: А – спектр эмиссии воды после СВЧ-возбуждения; Б – спектр поглощения воды при толщине слоя 0,5 мм

Дальнейшие экспериментальные исследования, приведенные на рис. 3, показали, что время релаксации таких возбуждений исчисляется десятками минут.

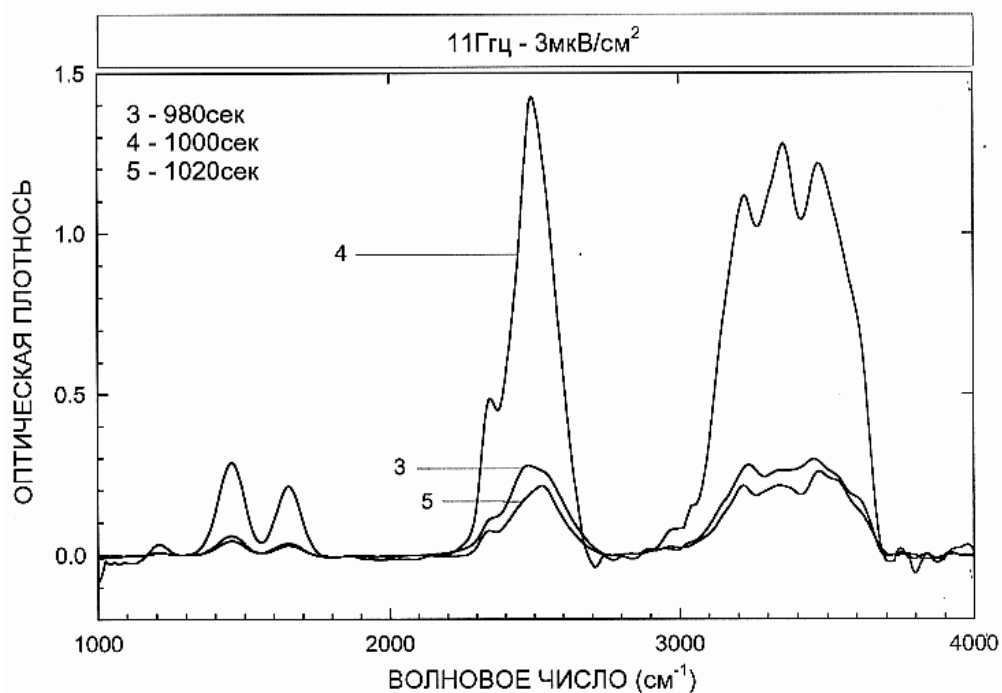


Рис. 3. Изменение во времени амплитуд спектра поглощения воды после СВЧ-накачки на частоте 11 ГГц, характерное время сохранения возбужденных состояний 15 мин

Наличие подобной памяти воды позволяет говорить о возможности накопления эффекта воздействия СВЧ-полем. Период релаксации, исчисляемый десятками минут, позволит за счет эффекта накопления достигнуть нужного результата.

При анализе частей спектров, соответствующих различным типам движений на структуре воды, можно видеть, что интенсивность эмиссионного спектра экспоненциально убывает в направлении валентных колебаний молекул, что объясняется рассеянием волн на поверхности образца. На приведенных спектрах видно, что наиболее информативными являются интервалы, соответствующие либрациям и деформациям молекул. Интересно отметить, что на интервалах деформаций молекул возникают довольно резкие резонансные пики, которые соответствуют колебаниям клатратной структуры воды. По-видимому, они будут играть решающую роль при анализе структуры нелинейных колебаний воды [11].

В дальнейшем предполагается проведение лабораторных исследований по реакции образцов воды на различные виды воздействия (акустическое и электромагнитное) согласно следующему плану:

1. Исследование динамики изменения *спектров поглощения* морской воды при различных типах многочастотного воздействия электромагнитными полями СВЧ и КВ-диапазона, на интервалах частот, соответствующих СВЧ и радиодиапазону, а также различным типам коллективных движений на структуре воды:

- трансляциям ($\gg 50\text{--}200\text{ см}^{-1}$),
- либрациям ($\gg 400\text{--}800\text{ см}^{-1}$),
- деформациям молекул ($\gg 1000\text{--}1700\text{ см}^{-1}$),
- валентным колебаниям молекул ($\gg 3200\text{--}3600\text{ см}^{-1}$).

2. Исследование динамики изменения *эмиссионных Фурье-спектров* морской воды в указанных выше интервалах частот при различных типах электромагнитного воздействия.

Статья написана в рамках выполнения государственного задания (тема «Энергетика, динамика и дегазация Земли, теоретические и экспериментальные основы инновационных сейсмоакустических технологий исследования геологической среды и контроля за объектами нефтегазодобычи», № АААА-А16-116021510125-7 и тема «Лазерные технологии», № АААА-А18-118022090038-6).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Gorelik V.S., Gagarinov A.G., Degtyareva O.V., Savransky V.V., Terpigov E.L.* Infrared emission of single-crystal calcite under broadband short-wavelength excitation, *Inorganic Materials // Inorganic Materials*. 2006. Vol. 42, No. 11. P. 1251–1254.
2. *Терпугов Е.Л., Дегтярева О.В.* Инфракрасный колебательный спектр эмиссии лизина, возбужденный видимым излучением умеренной мощности // *Письма в ЖЭТФ*. 2001. Т. 73. С. 320–323.
3. *Terpigov E.L., Degtyareva O.V.* Infrared emission from photoexcited bacteriorhodopsin: studies by FT-IR spectroscopy // *J. Mol. Struct.* 2001. Vol. 565–566. P. 287–292.
4. *Терпугов Е. Л., Дегтярева О.В., Гагаринов А.Г., Савранский В.В.* Генерация ИК-излучения биологических пленок под воздействием широкополосной оптической накачки // *Краткие сообщения по физике*. 2004. Т. 12, С. 13–17.
5. *Terpigov E.L., Degtyareva O.V.* Investigation of thin films using FT-IR emission spectroscopy // *Proc. SPIE*. 2000. Vol. 4129. P. 97–81.
6. *Терпугов Е.Л., Дегтярева, О.В.* Инфракрасные спектры эмиссии бактериородопсина в колебательно-возбужденном состоянии // *Биохимия*. 2001. Т. 66, № 11. С. 1628–1637.
7. *Дмитриевский А.Н., Конов В.И., Володин И.А., Дегтярева О.В., Терпугов Е.Л., Терпугова С.Е., Савранский В.В.* Изучение реакции структуры вязкой нефти на воздействия физическими полями // *ДАН*. 2011. Т. 437, № 2. С. 243–248.
8. *Володин И.А.* Нелинейная динамика геологической среды. М.: ГУП «ВИМИ», 1999. 230 с.
9. *Дмитриевский А.Н., Володин И.А.* Формирование и динамика энергоактивных зон в геологической среде // *ДАН*. 2006. Т. 411, № 3. С. 395–399.
10. *Додд Р., Эйблек Дж., Гиббон Дж., Норрис Х.* Солитоны и нелинейные волновые уравнения. М.: Мир, 1988. 692 с.
11. *Володин И.А.* Энергоструктура Земли и квантовая геодинамика // *Фундаментальный базис новых технологий газовой промышленности: Сб. ст.* М.: Наука, 1999. С. 36–41.