УДК 550.362

ИЗУЧЕНИЕ РАДИАЛЬНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ИНДУКЦИОННОМ НАГРЕВЕ КОЛОННЫ

STUDYING OF RADIAL HEAT CONDUCTIVITY OF ROCKS AT INDUCTION HEATING OF THE COLUMN

Пеклаев Сергей Владимирович
магистрант,
Башкирский государственный университет
Peklaev@mail.ru

Мухаматуллин Ильмир Ильгирович
Башкирский государственный университет

Аннотация. Совместное воздействие электромагнитного и акустического поля на насыщенные пористые среды представляет интерес, прежде всего из-за возникновения новых перекрестных явлений – термоакустического эффекта [1–3]. В частности, было установлено явление увеличения эффективной теплопроводности насыщенных пористых тел при совмещении кондуктивного прогрева с воздействием волнами звуковой частоты (термоакустический эффект) [4, 5]. Благодаря этому значительно увеличивается глубина прогрева пласта. Наиболее важной особенностью электромагнитно-акустического воздействия является существенное увеличение темпа прогрева пласта и радиуса воздействия по сравнению с кондуктивным прогревом. Поэтому речь может идти о глубоком прогреве нефтяного пласта в целом.

Применение электромагнитно-акустического воздействия позволит решить следующие практические задачи:

- увеличить коэффициент нефтеотдачи и интенсификацию темпов разработки месторождений, содержащих высоковязкие и высокопарафинистые нефти, повысить производительность скважин;
- повысить эффективность тепловых методов воздействия на призабойную зону и пласт в целом;
- в нагнетательных скважинах увеличить приемистость призабойной зоны пласта и коэффициент охвата пластапо мощности.

Ключевые слова: термоакустический эффект, акустическое воздействие, тепловые источники, призабойная зона пласта (ПЗП).

Peklayev Sergey Vladimirovich
Undergraduate,
Bashkir state university
Peklaev@mail.ru

Mukhamatullin Ilmir Ilgirovich
Bashkir state university

Annotation. The combined effects electromagnetic and acoustic fields to the porous environment introduce interest, because appearing new cross appearance – thermoacoustic effect [1–3]. In particular, was determine appearance of augmentation effective heat-conducting ofsatiating porous substance at combination conducted warming with reaction waves of sound frequency (the thermoacoustic effect) [4, 5]. As a result, significantly increased the heat penetration of the layer.

More important of factor electromagnetic and acoustic influence is the really of the growth rate of the warming-up of the layer and the radius of influence compared with conductive warming up. Therefore speech maybe about deep warming-up of petroleum of the oil. The application of electromagnetic and acoustic influence will allow to solve a lot of next practical problems:

- To grow coefficient of oil recovery and intensification of rate development field, which contents highly viscous and highly paraffinic oils, to increase production wells.
- To increase effective thermal methods for influence to the well bottom zone and the reservoir as a whole.
- In injection wells to enlarge injectivity bottomhole zone and an indicator of coverage of layer by powerful.

Keywords: thermoacoustic effect, the acoustic impact, thermal sources, bottomhole.

Известно, что около 30 % мировых нефтяных запасов приходится на месторождения высоковязких и битумных нефтей, и наблюдается тенденция к росту этой доли. Отчасти это связано с переходом основной группы месторождений на завершающую стадию разработки. Поэтому большое внимание уделяется проблеме использования внешних воздействий на нефтегазовые залежи различными физическими возмущениями с целью повышения нефтеотдачи и увеличения темпов нефтедобычи.

Из существующих сегодня методов увеличения дебита скважины приоритетным является создание искусственных тепловых полей, например, с помощью индукционного нагрева обсадной колонны. Одним из способов изучения теплофизических процессов, происходящих в горной породе в результате индукционного нагрева обсадной колонны, является экспериментальные исследования на модели скважины.

Для этого была сконструирована экспериментальная установка – модель скважины. Схема экспериментальной установки изображена на рисунке 1.

В качестве колоны использована алюминиевая труба диаметром 35 мм с перфорированным интервалом (80 мм). За счет песчаной засыпки сымитирован пласт высотой 80 мм. Выше и ниже песчаного пласта-коллектора расположена глина. Песчаный пласт, как и вся система запита водой. Вместо индукционного нагревателя используется нихромовая лента, намотанная на трубу. Акустическое воздействие создается с помощью электроакустического магнитострикционного излучателя. Пере-

менное напряжение на излучатель подается от генератора сигналов специальной формы GFG-8219A. Радиальное распределение температуры при нагреве, напротив интервала перфорации, регистрируется с помощью термопар расположенных напротив интервала перфорации в следующем порядке: первая термопара (Т1) установлена вплотную к алюминиевой трубе, вторая (Т2) на расстоянии 1 см от трубы, третья (Т3) на расстоянии 4 см от трубы и четвертая (Т4) на расстоянии 7 см от трубы. Расположение термопар указано на рисунке 2.

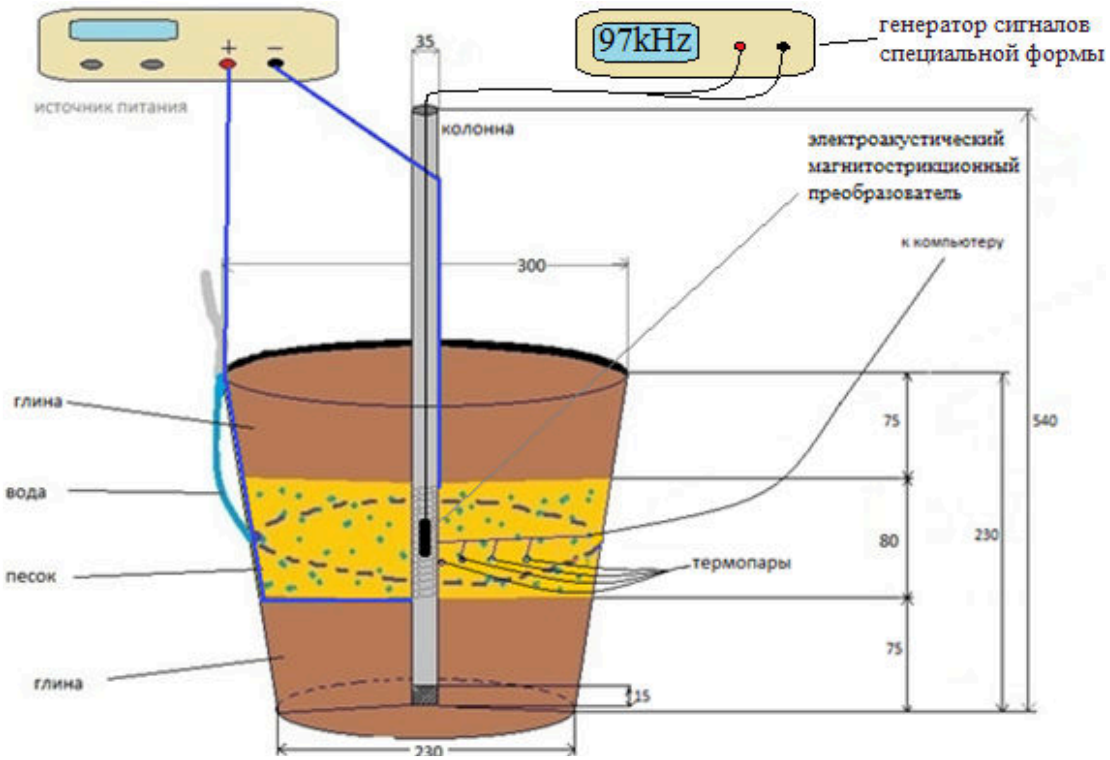

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

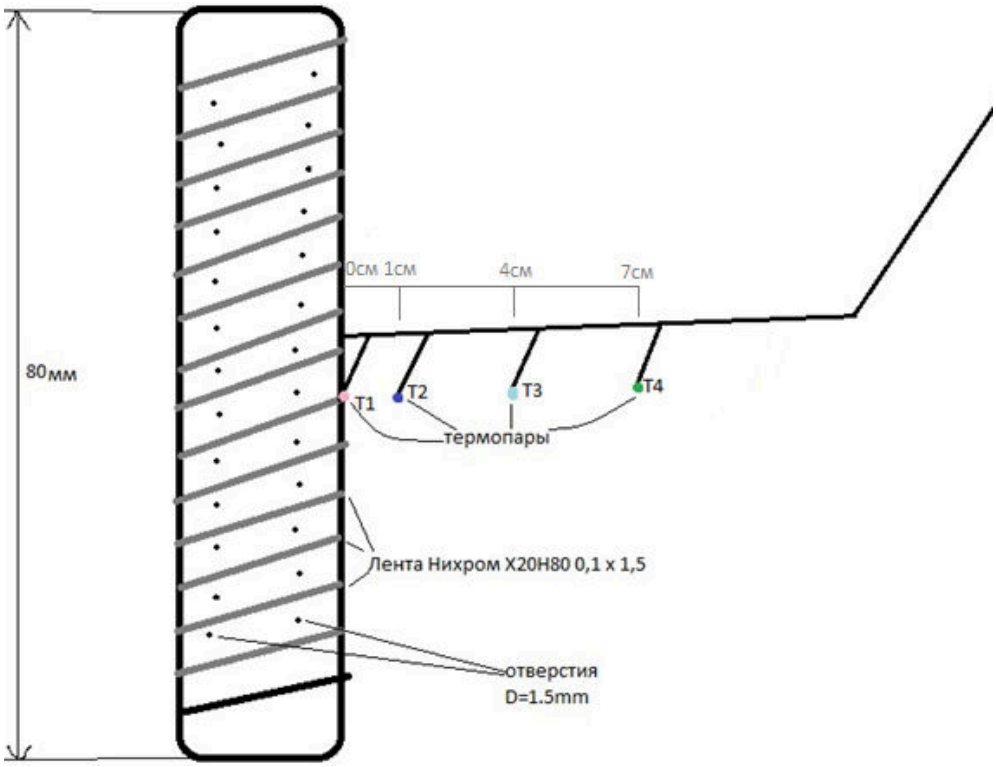

Рисунок 2 – Расположение термопар относительно колонны

Эксперименты проводились следующим образом:

- модель выдерживалась при постоянной комнатной температуре до стабилизации температуры по всей модели;
- электроакустический магнистострикционный излучатель настраивался на резонансную частоту 97 kHz;
- нихромовая лента (сопротивлевнием 11,70 Ом) запитывалась от источника постоянного напряжения $U = 24{,}2$ V и током $I = 2{,}06$ A , мощность нагревателя при этом составляла – 50 Вт;
- нагрев длился в течение одного часа.

Были проведены серии экспериментов без акустического воздействия и с акустическим воздействием.

На рисунках 3–6 показаны графики зависимости распределения температуры в пласте от времени без акустического воздействия и с акустическим воздействием.

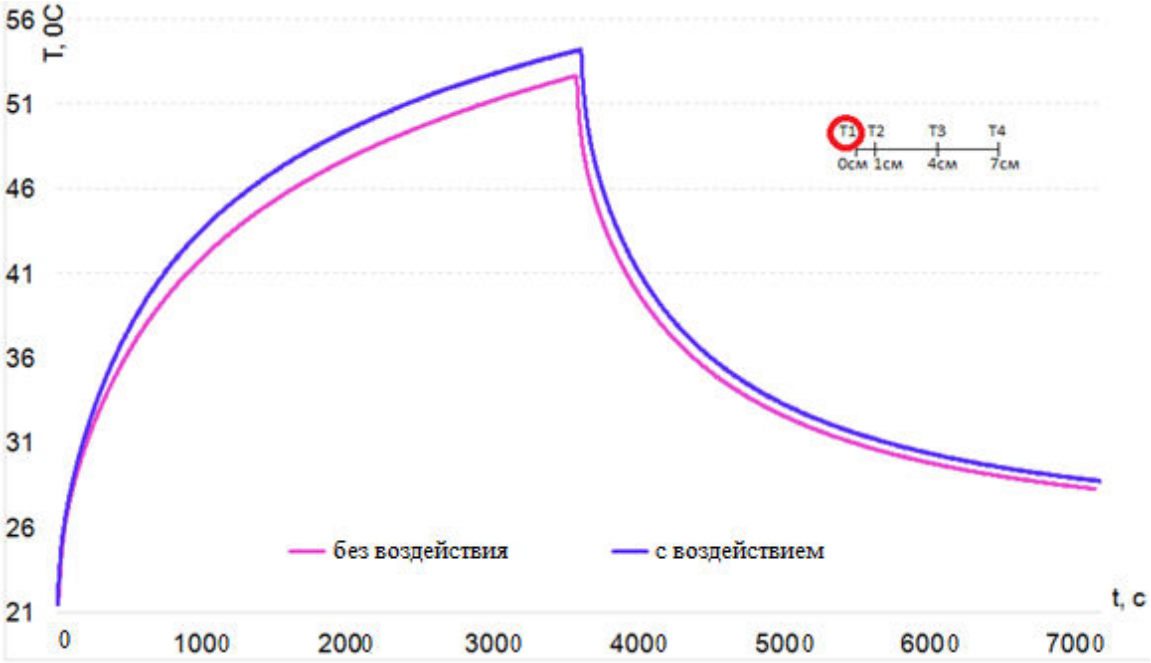

Рисунок 3 – Графики зависимости распределения температуры в горной среде от времени для первой термопары

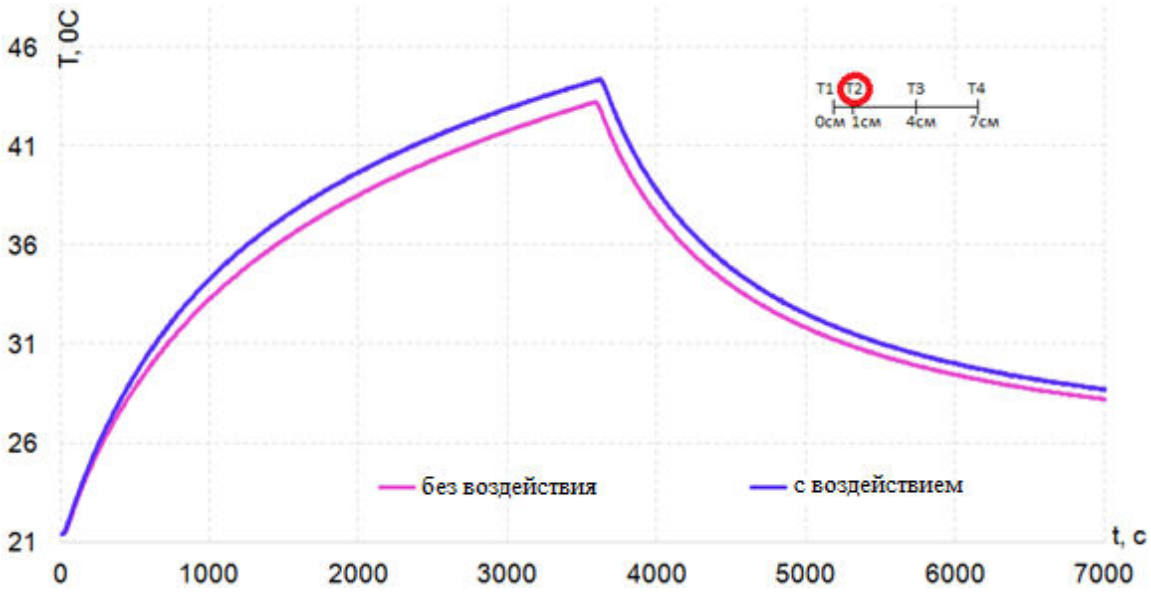

Рисунок 4 – Графики зависимости распределения температуры в горной среде от времени для второй термопары

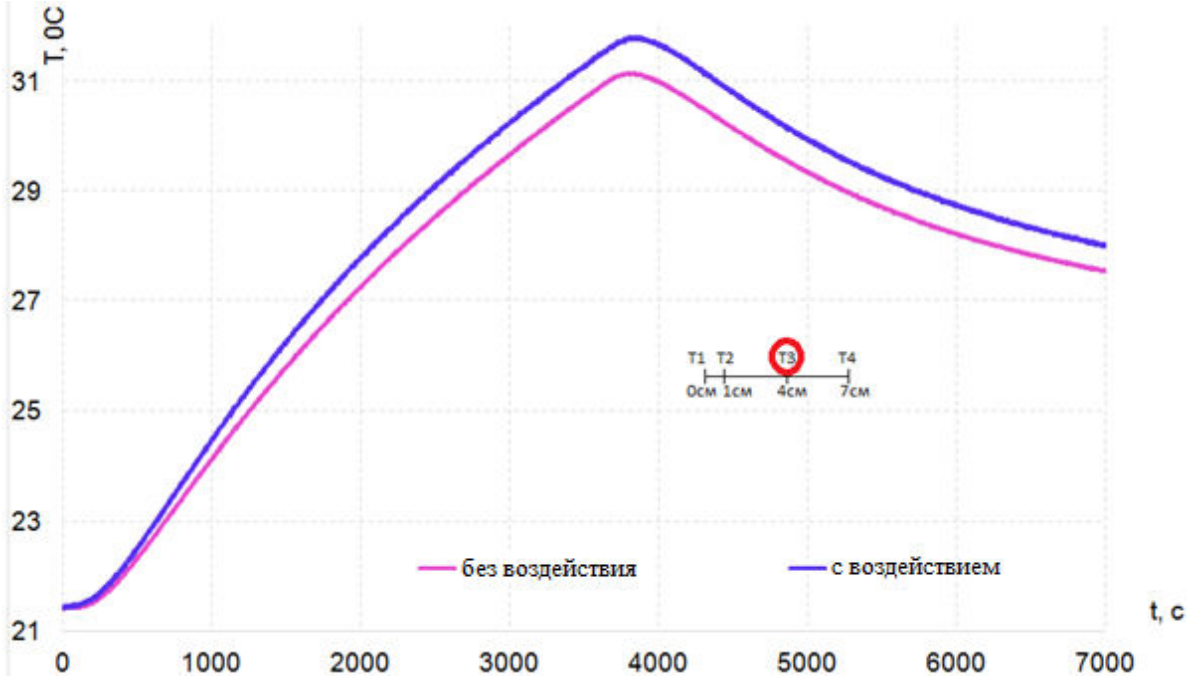

Рисунок 5 – Графики зависимости распределения температуры в горной среде от времени для третьей термопары

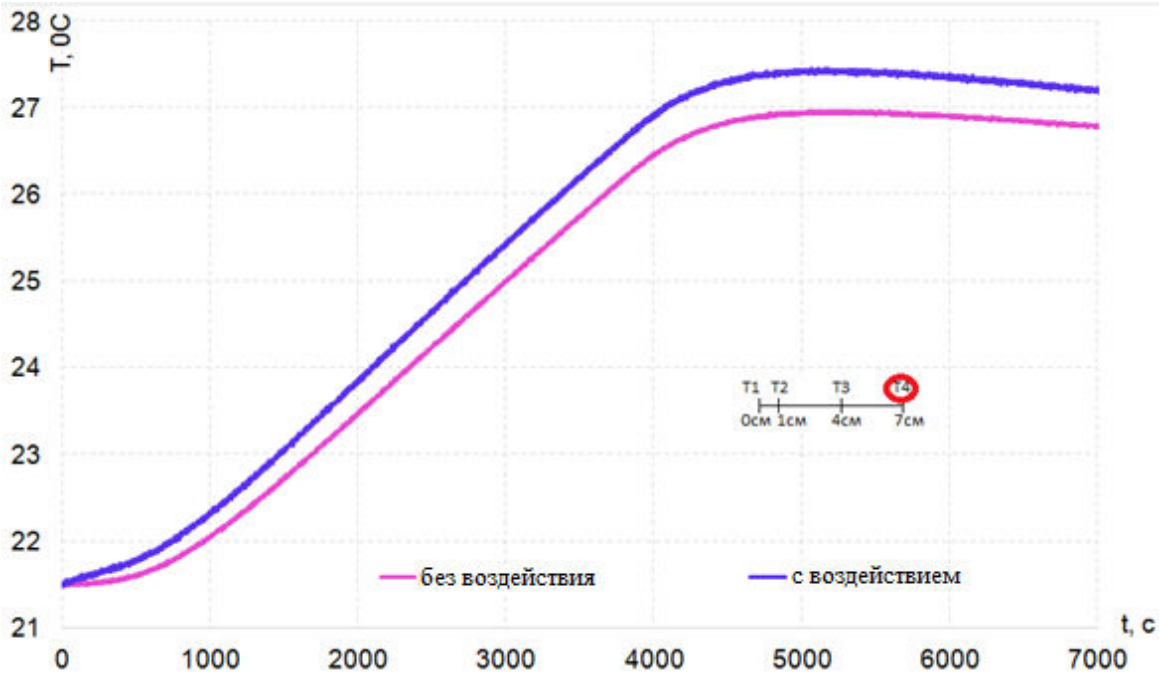

Рисунок 6 – Графики зависимости распределения температуры в горной среде от времени для четвертой термопары

Результаты экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментов

	Датчик № 1 (0 см)	Датчик № 2 (1 см)	Датчик № 3 (4 см)	Датчик № 4 (7 см)
ΔT без воздействия	31,45 °C	21,79 °C	9,41 °C	4,36 °C
ΔT с воздействием	32,8 °C	22,94 °C	10,05 °C	4,86 °C
ΔT с воздействием – ΔT без воздействия	1,35 °C	1,15 °C	0,64 °C	0,5 °C
Эффективность воздействия	4,29 %	5,28 %	6,80 %	11,47 %

При выполнении данной работы были получены следующие результаты:

1. Разработана и изготовлена экспериментальная установка для изучения радиальной теплопроводности горных пород, напротив интервала перфорации, при акустическом воздействии на пласт.
2. Проведена предварительная серия измерений, по изучению распространению тепла в коллекторе без акустического воздействия, с акустическим воздействием при частоте 97,6 кГц.
3. Показано увеличение темпа нагрева при акустическом воздействии.

Литература:

1. Саяхов Ф.Л. Исследование термо- и гидродинамических процессов в многофазных средах в высокочастотном электромагнитном поле применительно к нефтедобыче : дис. ... д-ра физ.-мат. наук. – М., 1985. – 449 с.
2. Вахитов Г.Г., Кузнецов О.Л., Симкин Э.М. Термодинамика призабойной зоны нефтяного пласта. – М. : Недра, 1978. – 216 с.
3. Сургучев М.Л., Кузнецов О.Л., Симкин Э.М. Гидродинамическое, акустическое, тепловое циклическое воздействия на нефтяные пласты. – М. : Недра, 1975. – 184 с.
4. Кузнецов О.Л., Сергеев Л.А., Симкин Э.М. Возникновение конвективной теплопередачи под действием звукового поля в насыщенных песках // Журнал прикладной механики и технической физики. – 1968. – № 3. – С. 150–152.
5. Симкин Э.М., Кузнецов О.Л., Филатова Е.Е. Экспериментальное исследование теплопроводности насыщенных сред при воздействии акустическим полем различной интенсивности // ИФЖ. – 1973. – Т. 24. – № 4. – С. 639–642.

References:

1. Sayakhov F.L. A research thermo- and hydrodynamic processes in the multiphase environments in a high-frequency electromagnetic field in relation to oil production : dis. ... Dr.s phys-mat. sciences. – M., 1985. – 449 p.
2. Vakhitov G.G., Kuznetsov O.L., Simkin E.M. Termodinamika of a bottomhole zone of oil layer. – M. : Nedra, 1978. – 216 p.
3. Surguchev M.L., Kuznetsov O.L., Simkin E.M. Gydrodinamic, acoustic, thermal cyclic impacts on oil layers. – M. : Nedra, 1975. – 184 p.
4. Kuznetsov O.L., Sergeyev L.A., Simkin E.M. Origin of a convective heat transfer under the influence of a sound field in saturated sands // Journal of application mechanics and technical physics. – 1968. – № 3. – P. 150–152.
5. Simkin E.M., Kuznetsov O.L., Filatova E.E. The experimental study of heat conduction of the saturated environments in case of influence by an acoustic field of different intensity // IFZh. – 1973. – T. 24. – № 4. – P. 639–642.