

Сведения об авторах

Гильманова Наталья Вячеславовна, к. г.-м. н., доцент кафедры прикладной геофизики, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)545046, e-mail: GilmanovaNV@tmn.lukoil.com.

Ливаев Равиль Зульфирович, заведующий лабораторией обоснования подсчетных параметров Центра геологического моделирования и подсчета запасов, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» КогалымНИПИнефть», г. Тюмень, тел. 8(3452)545273, e-mail: LivaevRZ@tmn.lukoil.com

Баженова Елизавета Сергеевна, инженер проектного офиса по освоению Имилорско-Источного участка недр, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть», г. Тюмень, тел. 8(3452)545068, e-mail: BazhenovaES@tmn.lukoil.com

Information about the authors

Gilmanova N. V., Candidate of Geology and Mineralogy, Associate Professor at the Department of Applied Geophysics, Industrial University of Tyumen, phone: 8(3452)545046, e-mail: GilmanovaNV@tmn.lukoil.com

Livaev R. Z., Head of the Laboratory of Justification of Counting Parameters of the Center for Geological Modeling and Stock Counting, Branch of LLC «LUKOIL-Engineering» «KogalymNIPIneft», Tyumen, phone: 8(3452)545273, e-mail: LivaevRZ@tmn.lukoil.com

Bazhenova E. S., Engineer of the Project Office for the Development of the Imilor-Source Subsoil, Branch of LLC «LUKOIL-Engineering» «KogalymNIPIneft», Tyumen, phone: 8(3452)545068, e-mail: BazhenovaES@tmn.lukoil.com

DOI: 10.31660/0445-0108-2018-5-45-50

УДК 550.343.6; 550.837.312

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ МЕТОДОМ ОТРАЖЕННЫХ ВОЛН В ЭЛЕКТРИЧЕСКИ ВОЗМУЩЕННОЙ СРЕДЕ

А. Н. Дмитриев

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Аннотация. Работа посвящена актуальной теме совершенствования прямых поисков залежей углеводородов методом отраженных волн. Разработан способ обнаружения залежей углеводородов методом отраженных волн в наложенном электрическом поле. Аномальный эффект от залежи обнаруживается с помощью параметра P , который представляет собой отношение нормированной энергии сейсмического сигнала после возбуждения среды электрическим полем к нормированной энергии сейсмического сигнала до возбуждения этим полем в разных временных окнах. Выполнены полевые проверочные сейсмические работы над известной нефтяной залежью. Проведенная интерпретация предложенным способом дала положительные результаты. Залежь уверенно выделена в сейсмическом поле по глубине и латерали за счет предварительного воздействия электрическим полем на геологический разрез с залежью.

Ключевые слова: электрически возмущенная среда; сейсмоэлектрический эффект; сейсмическая запись в электрическом поле; интегральная энергия спектральных составляющих; способ нормирования сейсмических энергий; безразмерный параметр P

RESULTS OF WORK BY THE METHOD OF REFLECTED WAVES IN AN ELECTRICALLY PERTURBED SURROUNDINGS

A. N. Dmitriev

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Abstract. The article is devoted to the actual topic of improving the direct search for hydrocarbon deposits by the method of reflected waves. A method for detecting hydrocarbon deposits by the method of reflected waves in the superimposed electric field is developed. The anomalous effect of the deposit is detected by the parameter P . This parameter is the ratio of the normalized energy of the seismic signal after the excitation of the medium by an electric field to the normalized energy of the seismic signal before excitation by this field in different time windows. Field verification seismic works on the known oil deposit have been performed. The interpretation of the proposed

method gave positive results. The deposit is confidently allocated in a seismic field on depth and laterals due to preliminary influence by an electric field on a geological section with a deposit.

Key words: electrically perturbed surroundings; seismoelectric effect; seismic recording in an electric field; the integral of the energy spectral components; the method of valuation of seismic energies; the dimensionless parameter P

Введение

При поисковых работах на нефть и газ ведущим методом является сейсморазведка, по результатам которой принимается окончательное решение по заложению той или иной поисковой или разведочной скважины. Однако даже с привлечением дополнительной информации по другим методам (геофизическим, геохимическим, космическим и т. д.) успешность прогноза по мировой статистике следующая: из 4 пробуренных скважин только одна является продуктивной. В ряде случаев избыточность дополнительной информации, как правило, о косвенных признаках присутствия залежей углеводородов иногда позволяет поднять успешность прогноза до 50 %. Тем не менее затраты на бурение непредусмотренных пустых скважин остаются слишком большими.

В этой связи целью работы является представление геофизического способа (технологии), обеспечивающего как на суше, так и на акватории обнаружение залежей углеводородов с ожидаемым коэффициентом успешности 0,8–1,0. В его основу положено предварительное воздействие на геологическую среду электрическим полем перед сейсмическими измерениями.

Основы метода отраженных волн в электрически возмущенной среде (МОВ ЭВС)

Известно, что проблемой сейсмоэлектрического эффекта и совмещения электро- и сейсмо методов занимались давно и достаточно активно как в России (прежде в СССР), так и за рубежом, но, к сожалению, успех не сопутствовал исследователям из-за недостаточного понимания модели временного взаимодействия электрического и сейсмического полей с горными породами [1].

Ученые Института геофизики СО РАН в Новосибирске провели исследования, направленные на изучение закономерностей изменения состояния породы при длительном воздействии на нее постоянным электрическим полем [2–6]. Исследования показали, что продолжительное действие постоянного тока на среду выражается вполне ощутимым изменением скоростей распространения сейсмических и акустических волн. Аномалии поведения скоростных характеристик упругих волн определяются временем процесса электризации среды, что также приводит к уменьшению высокочастотных составляющих в спектрах продольных волн и противоположному смещению для поперечных [2].

На основании изложенного представляется возможным использовать следующий способ, названный как метод отраженных волн в электрически возмущенной среде (МОВ ЭВС):

- этап 1 — регистрация сейсмического поля методом отраженных волн МОВ ОГТ до возбуждения геологической среды электрическим током;
- этап 2 — возбуждение геологической среды постоянным электрическим током с помощью длинной питающей линии АВ на протяжении времени Δt ;
- этап 3 — регистрация сейсмического поля методом отраженных волн МОВ ОГТ после возбуждения геологической среды электрическим током;
- этап 4 — нормирование (получение параметра P) в заданных временных интервалах сейсмической энергии в электрически возбужденной среде к энергии невозбуждаемой среды в этих же интервалах.

В результате представляется реальным по аномальным значениям P устанавливать контур и глубину присутствующей в разрезе залежи нефти.

Проверка МОВ ЭВС в полевых условиях

Согласно описанным этапам были проведены опытные полевые работы, позволившие впервые зарегистрировать в сейсмическом электрически напряженном поле четкий аномальный эффект непосредственно от залежи нефти.

Объектом исследований служила небольшая нефтяная залежь с глубиной залегания порядка 2,1 км и горизонтальными размерами не более 1 км (рис. 1).

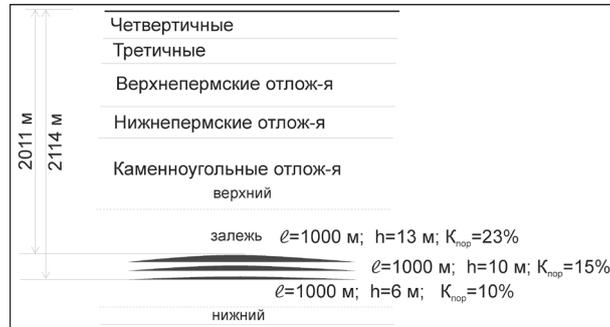


Рис. 1. Геологический разрез и нефтяная залежь, ее параметры

Схема расстановки сейсмоприемников по профилю выбрана таким образом, чтобы при проведении работ можно было получить набор сейсмограмм отраженных волн как на своде структуры (от самой залежи), так и на ее крыльях. Из четырех пунктов возбуждения H_e проводились сейсмические воздействия с приемом на расстановки сейсмоприемников, погруженных на глубину H_d . Затем сейсмические записи были повторены сразу же после воздействия на геологическую среду электрическим током (рис. 2). Электрическое поле создавалось питающей линией АВ длиной 2 330 м (пикеты 5,90–29,18).

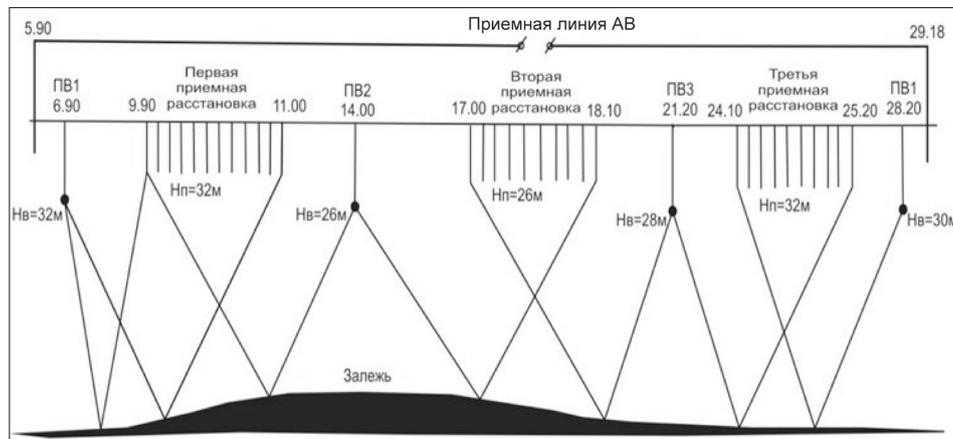


Рис. 2. Схема сейсмической и электрической расстановок над нефтяной залежью

Всего получено 6 записей по 12 каналам, охватывающим участок профиля от пикета 8,40 до пикета 26,70.

Наиболее сложной задачей при обработке полученных данных стал поиск проявления воздействия электрического поля на сейсмическую запись.

Анализ спектральных характеристик сейсмических записей для областей прямых и преломленных волн показал, что значительных изменений формы спектров

сигналов не происходит, однако интегральная энергия спектральных составляющих изменяется.

На рисунке 3 показаны спектры отраженных волн до возбуждения среды электрическим полем и после возбуждения. Воздействие на среду электрическим полем значительных изменений в форму спектра сейсмических сигналов не вносит, но тем не менее наблюдается некоторое перераспределение энергии отдельных спектральных составляющих (см. рис. 3).

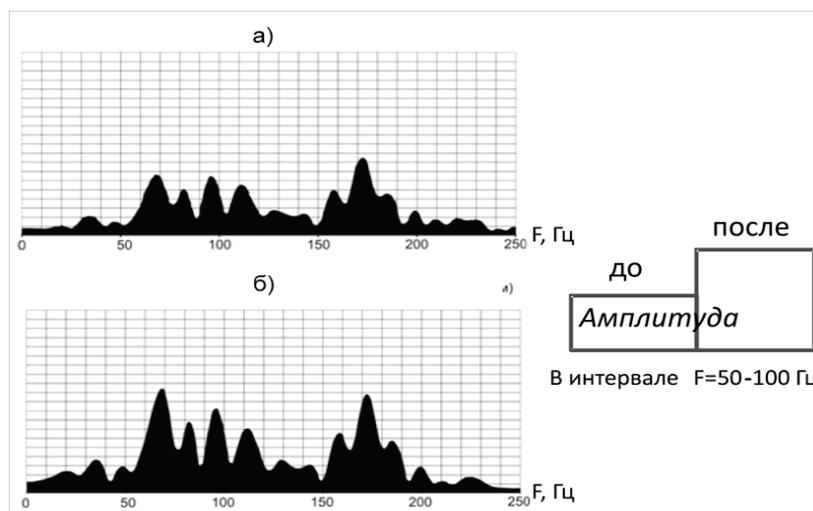


Рис. 3. Спектры отраженных волн до возбуждения разреза электрическим полем (а) и после возбуждения (б)

Вторым направлением поиска явился амплитудный (энергетический) анализ. Первые же расчеты показали значительные изменения в энергии сейсмических сигналов. Такие значительные изменения энергии сигнала наблюдаются для всей сейсмической записи (включая и область прямых волн). В таблице показано изменение энергии отраженных волн (окно 740–860 мс) для различных пикетов наблюдения.

Видно, что диапазон изменения отношений очень широк. Эти наблюдения указывают на присутствие явных изменений сейсмической энергии под действием электрического поля, особенно в интервале изменений, связанных с наличием залежи (между пикетами 8,90–12,10 и 16,00–19,10). Надо отметить, что эти значения маскируются общими сильными изменениями энергии сигнала, и их выделение представляет определенные трудности. Последние сильно осложняют выделение слабых изменений энергии сигнала, которые можно отнести на счет влияния залежи на фоне общих мощных изменений сигнала.

Расчет отношения энергий сейсмических сигналов, полученных после воздействия на среду электрическим полем ($E_{\text{отн}}$), на энергии сигналов до воздействия (E_n)

Пикеты ОГТ	8,55	8,75	8,90	12,10	12,30	12,45	15,55	15,75	19,10	19,30	19,55	22,70	22,80	23,10
Отношения энергий, $E_{\text{отн}}/E_n$	0,53	0,44	0,43	1,62	1,42	1,47	2,52	2,68	0,49	0,57	0,57	0,40	0,42	0,42

Для преодоления этих трудностей был привлечен способ нормирования. Его суть состоит в том, что сравниваются не отношения энергии в различных времен-

ных окнах, соответствующих различным отражающим горизонтам, а берется отношение энергии сигнала в окнах, нормированных на всю энергию сигнала. Таким образом, происходит самокомпенсация мощных изменений, и выделяются отдельные, локальные по времени изменения сигнала, которые сопоставляются с теми или иными отражающими горизонтами. Амплитуды выделенных локальных изменений достигали десятков процентов. Эти изменения с большой долей вероятности были отнесены к проявлению в сейсмической записи изменений, связанных с изменениями свойств нефтяной залежи, возникающими под действием электрического поля.

Для сглаживания результатов наблюдений и коррекции погрешностей было проведено усреднение различных точек ОГТ для получения усредненных отражающих площадок. Этот анализ способом нормированных отношений был проведен для всех точек наблюдений в разных временных окнах, соответствующих различным отражающим горизонтам (продуктивным и нет). Полученные графики нормированных отношений энергии сейсмических сигналов для различных пикетов наблюдений в различных временных окнах показаны на рисунке 4. Для простоты описания было введено понятие безразмерного параметра P , равного отношению нормированных энергий сейсмического сигнала после возбуждения среды электрическим полем к нормированной энергии сейсмического сигнала до возбуждения электрическим полем в разных временных окнах.

Из рисунка 4 отчетливо видно, что наибольшее отклонение параметра P от среднего значения (1,0) происходит в районе продуктивных горизонтов. Отклоняясь, параметр маркирует залежь как по пикетам, так и по времени (глубине). Этот эффект с физической точки зрения может быть объяснен изменением акустических жесткостей разреза под воздействием электрического тока.

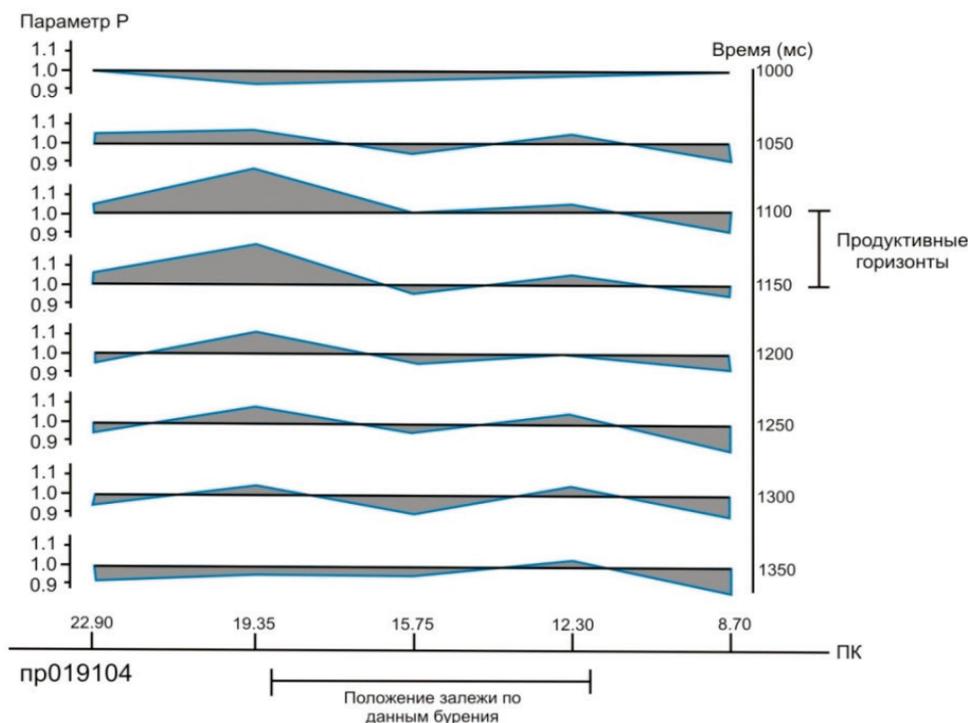


Рис. 4. Распределение параметра P по времени и по горизонтали

Выводы

Технология МОВ ЭВС за счет предварительного пропускания в геологическую среду электрического тока высокой плотности перед регистрацией упругих колебаний в перспективе может обеспечить:

- высокую эффективность 2D- и 3D-сейсморазведки;
- детальное расчленение геологического разреза (пласты толщиной до 4 м) на глубинах до 2 500 м и более;
- выявление крупных, средних и мелких залежей нефти и газа, приуроченных к разрезам различной степени сложности;
- наблюдения в режиме мониторинга за движением флюида в пласте.

Библиографический список

1. Основы сейсмoeлектроразведки / О. А. Потапов [и др.]. – М.: Недра, –1995. – 268 с.
2. Изменение сейсмических скоростей в поле постоянного электрического тока / А. К. Манштейн [и др.] // Геология и геофизика. – Т. 40, № 3. – 1999. – С. 454–461.
3. Подбережный М. Ю. Оценка влияния постоянных электрического и магнитного полей на упругие параметры флюидонасыщенных рыхлосвязанных и консолидированных горных пород // Геофизика — 2005: тр. междунар. науч.-практ. геолого-геофизической конф. молодых ученых и специалистов. – СПб.: СПбГУ, 2005. – С. 231–233.
4. Подбережный М. Ю. Особенности взаимодействия многофазных микроструктурированных сред с акустическими и электрическими полями: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Новосибирск, 2009. – 17 с.
5. Подбережный М. Ю., Нефедкин Ю. А. Электросейсмические явления в флюидонасыщенных горных породах // Российский геофизический журнал. – 2006. – № 43–44. – С. 103–108.
6. Сибиряков Б. П. Динамика микронеоднородных геологических сред. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2004. – 236 с.

Сведения об авторе

Дмитриев Аркадий Николаевич, д. г.-м. н., профессор кафедры прикладной геофизики, директор научно-технического центра «Геофизические поисковые технологии», Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 89068205415, e-mail: dmitriev38@inbox.ru

Information about the author

Dmitriev A. N., Doctor of Geology and Mineralogy, Professor at the Department of Applied Geophysics, Director of the Scientific and Technical Center «Geophysical Exploration Technology», Industrial University of Tyumen, phone: 89068205415, e-mail: dmitriev38@inbox.ru