The Experience of Conduction of Low-Frequency Seismic Sounding Technology (LFS) Test Works on the Shelf of the Sea of Okhotsk (Sakhalin Island)

V.A. Ryzhov* (CJSC Gradient), O.S. Zhukova (RN-Shelf-Arktika LLC), A.I. Chernyshkov (RN-Shelf-Arktika LLC), A.V. Khazhenets (RN-Shelf-Arktika LLC), A.V. Kharakhinov (RN-Shelf-Arktika LLC), S.A. Feofilov (CJSC Gradient), I.R. Sharapov (CJSC Gradient), D.A. Ilyinsky (CJSC Geonod)

SUMMARY

Low-frequency seismic sounding (LFS) has proven itself on land in many oil and gas provinces of the Russian Federation and is successfully used in prospecting and exploration of hydrocarbon fields.

In principle, the use of the LFS on the shelf and in the sea-land transit zone is possible when field records of low-frequency microseismic background obtained from the bottom surface have good quality. However, in order to fully confirm the working capacity of the technology for shelf conditions, there was required to conduct real test studies involving specialized bottom and seismological equipment.

Test works of the LFS, in agreement with the branch of RN-Shelf-Arktika LLC, were carried out by a "wide" profile on land and shelf of one of the licensed areas on Sea of Okhotsk. The purpose of the surveys was to test the LFS technology in marine conditions, as well as to identify interpretation features of oil and gas potential zones, in analogy with the standard LFS surveys from daylight surface, and assess the oil and gas potential of the territory on the profile of observations.

The result of the test work was a map of hydrocarbon potential for production layer of the Daginsky Formation within the "broad" profile of the LFS, which confirms the possibility of effective application of the LFS technology on the shelf of the seas.

Опыт проведения тестовых работ по технологии Низкочастотного сейсмического зондирования (НСЗ) на шельфе Охотского моря (о. Сахалин)

В.А. Рыжов* (ЗАО «Градиент»), О.С. Жукова (ООО «РН-Шельф-Арктика»), А.И. Чернышков (ООО «РН-Шельф-Арктика»), А.В. Хаженец (ООО «РН-Шельф-Арктика»), А.В. Харахинов (ООО «РН-Шельф-Арктика»), С.А. Феофилов (ЗАО «Градиент»), И.Р. Шарапов (ЗАО «Градиент»), Д.А. Ильинский (ЗАО «Геонод»)

Введение

В процессе проведения ГРП и разработки месторождений УВ встает вопрос о выборе оптимальных мест заложения поисково-разведочных и эксплуатационных скважин. Наличие положительных структур, выявленных по данным сейморазведочных работ, не является гарантом выявления залежи УВ. Для снижения рисков бурения «пустых» скважин необходимо привлекать дополнительные методы прогнозирования насыщения перспективных участков. Одним из таких методов является Низкочастотное Сейсмическое Зондирование (НСЗ).

Технология НСЗ хорошо зарекомендовала себя на суше во многих нефтегазоносных провинциях РФ и успешно применяется при поиске и разведке залежей УВ в практике ГРП различных нефтегазодобывающих компаний [1-4], в том числе при проведении работ на лицензионных участках ПАО «НК «Роснефть» [5].

Принципиально использование НСЗ на шельфе и в транзитной зоне «море-суша» возможно при условии получения кондиционных полевых материалов низкочастотного микросейсмического фона с донной поверхности, но для полноценного подтверждения работоспособности технологии в шельфовых условиях требовалась постановка реальных тестовых исследований с привлечением специализированной донной аппаратуры и сейсмологического оборудования.

Тестовые работы НСЗ, по согласованию с филиалом ООО «РН-Шельф-Арктика», были проведены «широким» профилем на суше и шельфе одного из лицензионных участков Охотского моря. Целью проведенных исследований было тестирование технологии НСЗ в морских условиях, а также выявления признаков нефтегазоносности по аналогии с сухопутными исследованиями НСЗ и оценка нефтегазоперспективности территории по профилю наблюдений.

Полевые работы

Исследования НСЗ проведены «широким» профилем от скважины № 1 с наличием нефтеносности в отложениях дагинской свиты через акваторию Охотского моря к скважине № 2 с отсутствием нефтеносности в разрезе (рис. 1). Под «широким» профилем понимается проведение микросейсмической съемки тремя параллельными линиями.

Согласно схеме, представленной на рис. 1, профильные измерения микросейсмического волнового поля проведены тремя линиями с расстоянием между пунктами наблюдения на линии и между линиями 300 м. Общее количество пунктов наблюдений в соответствии с методикой составило - 81 п.н. Протяженность профиля – 7,8 км.

Выполнение полевых работ проведено в 2 этапа:

- I этап – «Зимний» – проведение исследований по профилю по аналогии с сухопутными исследованиями НСЗ, при этом в пределах акватории регистрирующие комплексы (сейсмометры Lennartz «LE-3DLite» и регистраторы «SCOUT») устанавливались на ледовую поверхность (рис. 2);
- II этап – «Летний» - повторное проведение исследований на открытой воде в пределах акватории с использованием автоматических самовсплывающих донных регистраторов (АСДР) «Геонод» (рис. 2).

Рисунок 1. Обзорная схема (а), космоснимок (б) и схема наблюдения тестовой съемки (в).

I этап – «Зимний»

II этап – «Летний»

Рисунок 2. Полевые работы в зимний и летний период

Камеральные работы

Из геологических особенностей территории работ следует отметить, что на протяжении профиля исследования НСЗ, расположенного по линии скважин №№ 1 - 2, происходит значительное понижение отметок поверхности дагинских отложений, составляющее порядка 1000 м. В связи с этим использование стандартного интерпретационного подхода сравнения спектров территории работ с опорными спектрами было не возможно.

Интерпретация материалов велась на основе методики многовариантного 3D моделирования, которая отличается от стандартного подхода тем, что определяется наиболее вероятная модель распространения нефтяной залежи, а не прогнозируется нефтеперспективность каждого п.н.

С учетом структурных планов, по материалам сейсморазведки в пределах участка недр, охватывающего часть суши и акватории Охотского моря, была создана полноценная 3D структурная модель (рис. 3). Всего было промоделировано 25 возможных вариантов, включающих 1 вариант отсутствия нефтеносности в разрезе и 24 варианта различной конфигурации распространения выявленной в скв. № 1 залежи в отложениях дагинской свиты, в зависимости от глубинного положения её подошвы, т.е. условной границы ВНК. Добавление залежи в продуктивном пласте в 3D численной модели велось с начала профиля до скв. № 2, с шагом понижения условной границы ВНК между вариантами модели 50 м.

Рисунок 3. 3D модель (V_p , ρ , E), разрез V_p и срез по подошве залежи для модели залежи № 11.

На основе графиков средних значений абсолютного (рис. 4) и нормированного коэффициентов корреляции Спирмена спектров п.н. НСЗ с модельными спектрами была определена наиболее вероятная модель залежи под № 11, по которой определена восточная граница нефтеперспективной области. Процедура определения наиболее вероятной модели выполнялась отдельно для «Зимнего» и «Летнего» этапа. Схожесть между собой графиков корреляций обоих этапов свидетельствуют о достоверности полученных результатов НСЗ.

Рисунок 4. Графики средних абсолютных коэффициентов корреляции реальных спектров с модельными спектрами всех вероятных вариантов залежей

Западная граница выделенной области была определена на основе карт относительных коэффициентов корреляции реальных данных с модельными данными залежи № 11.

В итоге построена карта прогнозной оценки перспектив нефтеносности отложений продуктивного пласта дагинской свиты в пределах «широкого» профиля НСЗ на которой выделена единственная нефтеперспективная область (рис. 4). С запада данная область, вероятно, ограничена тектоническим нарушением с амплитудой порядка 60 м, а с востока - абсолютной отметкой -2075 м структурной поверхности продуктивного пласта.

Рисунок 4. Карта прогнозной оценки перспектив нефтеносности отложений продуктивного пласта дагинской свиты в пределах «широкого» профиля НСЗ.

Выводы

Проведенные тестовые работы в пределах лицензионного участка в Охотском море указывают на возможность эффективного применения технологии НСЗ на шельфе морей.

Библиография

1. Birialtsev, E.V. The analysis of microseisms spectrum at prospecting of oil reservoir on Republic Tatarstan [Text] / E.V. Birialtsev, I.N. Plotnikova, I.R. Khabibulin, N.Y. Shabalin // EAGE Conference. – Saint Petersburg, Russia, 2006.
2. Birialtsev, E. Experience in Low-Frequency Spectral Analysis of Passive Seismic Data in Volga-Ural Oil-Bearing Province [Electronic resource]/ E. Birialtsev, E. Eronina, N. Shabalin, D. Rizhov, V. Rizhov, A.A. Vildanov // IPTC 13678. INTERNATIONAL PETROLEUM TECHNOLOGY CONFERENCE (IPTC), DOHA, QATAR, 2009.
3. Рыжов В.А. Возможности пассивной низкочастотной сейсморазведки [Текст] / В.А. Рыжов, Н.Я. Шабалин, Е.В. Биряльцев, И.Р. Шарапов // EAGE Conference. – Геленджик, Россия, 2013.
4. Шабалин, Н.Я. Пассивная низкочастотная сейсморазведка – мифы и реальность [Текст] / Н.Я. Шабалин, Е.В. Биряльцев, В.А. Рыжов // Общероссийский ежеквартальный научно-технический журнал «ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ» 2(44)/2013 С. 46-53
5. Шарапов, И.Р. Опыт применения Низкочастотного сейсмического зондирования на стадии геологоразведочных работ в Самарской области [Текст] / А.Э. Манасян, С.П. Папухин, Н.Я. Шабалин, В.А. Рыжов, С.А. Феофилов // EAGE Conference. – Санкт-Петербург, Россия, 2016.

References

1. Birialtsev, E.V. The analysis of microseisms spectrum at prospecting of oil reservoir on Republic Tatarstan [Text] / E.V. Birialtsev, I.N. Plotnikova, I.R. Khabibulin, N.Y. Shabalin // EAGE Conference. – Saint Petersburg, Russia, 2006.
2. Birialtsev, E. Experience in Low-Frequency Spectral Analysis of Passive Seismic Data in Volga-Ural Oil-Bearing Province [Electronic resource]/ E. Birialtsev, E. Eronina, N. Shabalin, D. Rizhov, V. Rizhov, A.A. Vildanov // IPTC 13678. INTERNATIONAL PETROLEUM TECHNOLOGY CONFERENCE (IPTC), DOHA, QATAR, 2009.
3. V. Ryzhov, N. Shabalin, E. Birialtsev, I. Sharapov. The possibility of low frequency passive seismic // EAGE Geomodel - 2013
4. N.Y. Shabalin, E.V. Birialtsev, V.A. Ryzhov [2013] Passive low-frequency seismic - Myths and Reality / Instruments and systems of exploration geophysics, 2 (44), P. 46-53
5. I.R. Sharapov, A.E. Manasyan, S.P.Papukhin, N.Y. Shabalin, V.A. Rizhov, S.A. Feofilov Experience of Implementation of Low-Frequency Seismic Sounding at Exploration Stage in the Samara Region // 7th International Conference & Exhibition EAGE – Saint Petersburg, Russia, 2016.