

О1 Опыт трехмерного построения неоднородностей среды методом пассивного Низкочастотного Сейсмического Зондирования

Е.В. Биряльцев, В.А. РЫЖОВ, Д.А. РЫЖОВ

(ЗАО «Градиент», Казань)

Experience of three-dimensional constructing of medium inhomogeneities using the method of passive Low-frequency Seismic Sounding

E.V. Birialtsev, V.A.Rizhov, D.A.Rizhov

(Gradient JSC, Kazan)

Аннотация

Рассматривается методика определения границ в плане и глубины залегания залежей углеводородов на основе анализа поля естественных микросейсм в спектральной области в низкочастотном диапазоне. Описан подход к решению данной задачи, приведены результаты вычислительных экспериментов, показывающие адекватность подхода, а также результаты опытных полевых работ. Делается вывод о возможности применения предлагаемого метода для решения задач поиска залежей, в том числе многопластовых и решения некоторых технологических задач.

Abstract

Discusses the method for determining the boundaries of hydrocarbon deposits in the plan and section on the basis of the analysis of natural microseismic fields in the spectral domain at low frequencies. Describes the approach to solving this problem, the results of the computational experiments showing the adequacy of the approach and the results of experimental field work. Written conclusion on the possibility of application of the proposed method for solving the tasks of search of deposits, including multilayer and for solving some technological problems.

Введение

Низкочастотное сейсмическое зондирование (НСЗ) — метод разведки на нефть и газ, относящийся к пассивным сейсмическим методам, наиболее часто применяется для решения задач ранжирования выявленных сейсмических поднятий по нефтеперспективности, уточнения границ разрабатываемых залежей, определения наиболее перспективных мест заложения скважин и других поисково-разведочных задач, при которых глубина залегания возможной залежи известна достаточно точно. В этом случае в задачу метода входит определение степени проявления спектров, характерных для нефтеносных объектов на известной глубине залегания.

Данная задача может быть решена двумя методами — определения корреляций полевых спектров микросейсм на точках исследования с модельными спектрами, рассчитанными для скоростной модели среды в предположении наличия и отсутствия залежей или, при наличии на исследуемой территории скважин с наличием и отсутствием нефтеносности, путем корреляции полевых данных с калибровочными точками в окрестностях данных скважин. И модельный и калибровочный подход применяются достаточно успешно для решения поисково-разведочных задач в случаях с известной глубиной залегания нефтенасыщенного коллектора для определения границ его распространения.

Вместе с тем для решения ряда задач интересна более широкая постановка вопроса — определить на всех глубинах все объекты в разрезе, содержащие углеводороды. Эта задача возникает как при решении поисковых задач, при которых калибровочные скважины отсутствуют, так и при решении технологических задач, например, определения наличия и зон распространения техногенных залежей, сформировавшихся в окрестностях скважины за счет заколонных перетоков. Очевидно, что подобные задачи решаются только на основе модельного подхода.

Предлагаемый подход

Для решения задачи определения наличия и границ распространения углеводородосодержащих объектов природного или техногенного происхождения был применен метод моделирования наличия залежи по всему исследуемому интервалу глубин. Для этого производился численный расчет модельных N спектров – откликов среды с залежами и без нее, располагаемых в модели на глубинах от минимальной до максимальной с некоторым шагом. Модель среды принимается в 2D постановке для плоскопараллельного залегания и в 3D постановке для сложных моделей. Затем спектры модельных откликов сравнивались со спектрами полевых

наблюдений, и нормированный коэффициент корреляции присваивался соответствующей точке среды. Для анализа применимости данного подхода были проведены численные эксперименты, при которых модельные залежи располагались на различных глубинах и их положение восстанавливалось по приведенному алгоритму.

На рисунках ниже приводятся данные модельного эксперимента, в котором восстанавливалась среда с единственной залежью в разрезе. На рис. 1 приводится восстановление положения залежи, располагающейся в левой половине модели на модельной глубине 500 метров. Мы видим, что восстановленное местоположение единственно и правильно определяет положение модельной залежи. На рис. 2 приводится восстановление положения залежи, располагающейся в левой половине модели на модельной глубине 1000 метров. Мы видим, что в этом случае кроме истинного восстановленного изображения на глубине 1000 метров на глубине 1800-2000 метров возникает ложная залежь, образовавшаяся из-за высокой коррелированности спектров для положения залежей на глубинах 1000 м и 1900 метров, однако ложная залежь имеет значительно меньшую интенсивность. На рис. 3 приводится более сложная модель с двумя залежами, показанными штриховкой. Мы видим, что и в этом случае положения залежей восстанавливаются правильно, хотя на глубине около 2000 метров в центре модели возникает довольно интенсивная ложная залежь.

Таким образом, предложенный метод правильно восстанавливает положения залежей в разрезе, но может добавлять артефакты — ложные залежи.

Опытные работы

Для опытных работ была выбрана одна из скважин, расположенная в условиях соляной тектоники Астраханского свода. Решалась задача определения наличия и границ возможной залежи техногенного или природного генезиса в окрестностях данной скважины во всем диапазоне глубин выше продуктивного горизонта. В окрестностях скважины на площади около трех квадратных километров был поставлен метод НСЗ. Полевые данные были сопоставлены с модельными спектрами, полученными для 80 глубин расположения модельной залежи от 0 до 4000 метров с шагом 50 метров. Геологическая структура из-за наличия соляной тектоники существенно неплоскопараллельная, поэтому расчет проводился на 3D модели. Расчет одной модели занимал на суперкомпьютере с пиковой производительностью 24 Тфлопс около 4-х часов. В результате обработки

получен куб коэффициентов корреляции полевых данных с соответствующими спектрами.

На рис. 4 приведен пример разреза коэффициентов корреляции. На разрезе заметна группировка повышенных коэффициентов корреляции (красные тона) вдоль линии соляного купола. На рис. 5 приведен суммарный коэффициент корреляции в слоях с 500 до 1000 метров и линии изогипс соляного купола. Видно, что повышенные суммарные коэффициенты корреляции тяготеют к куполу, что позволяет предположить наличие в прикупольной части залежи углеводородов.

Заключение

Предложенный метод восстановления трехмерных картин распространения коэффициентов корреляции спектров был исследован на модельных задачах и прошел опытную апробацию на реальных данных. Модельные исследования показали принципиальную работоспособность метода, а опытная эксплуатация позволила оконтурить залежь, глубина залегания и границы которой не противоречат имеющейся структурной модели.

Таким образом, предлагаемый подход позволяет расширить спектр решаемых методом НСЗ задач, распространив его на случаи заранее неизвестного горизонта залегания углеводородов при поисковых работах и решении технологических задач.

Литература

1. 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.

Рис. 1. Пример восстановления положения залежи, располагающейся в левой половине модели на модельной глубине 500 метров.

Рис. 2. Пример восстановления положения залежи, располагающейся в левой половине модели на модельной глубине 1000 метров.

Рис. 3. Пример восстановления положения двух залежей.

Рис. 4. Пример разреза коэффициентов корреляции.

Рис. 5. Суммарный коэффициент корреляции в слоях с 500 до 1000 метров и линии изогипс соляного купола.