

Техника квази-ньютоновской минимизации позволяет быстро и с высокой точностью решить обратную задачу с небольшим числом модельных параметров независимо от априорной информации. Это обстоятельство можно использовать для построения референтной модели среды. Мы используем подход Бройдена-Флетчера-Голдфарба-Шанно в условиях ограниченной памяти (L-BFGS) [9].

В качестве основного метода инверсии было выбрано псевдообращение, основанное на сингулярном (SVD) разложении матрицы чувствительностей данных к модельным параметрам. Такой подход позволяет не только быстро и качественно разрешить СЛАУ, исключив линейно-зависимые данные и выделив неразрешимые модельные параметры. Однако для его применения необходимо, чтобы стартовая модель несущественно отличалась от искомой.

Совместив вместе два подхода к инверсии, мы создали комбинированный алгоритм [3], который основан на построении первичной модели низкого разрешения на основе градиентного метода и последующего её уточнения через псевдообращение матрицы чувствительности.

В качестве одной из тестовых моделей была выбрана упрощенная модель кимберлитовой трубки: магнитный цилиндр конечной высоты во вмещающей слабомагнитной среде под пологим рельефом.

Поскольку резких перепадов значений магнитной восприимчивости в полученном решении не должно быть (условие регуляризации решения через псевдообращение), исследуемая «трубка» несколько размазывается на томографической модели и ее реальную границу можно выбирать по положению среднего значения между относительными максимумами и минимумами на градиентных границах. Из рис. 1 видно, что в такой постановке положение цилиндра четко определяется в горизонтальной плоскости уже начиная с разбиения на блоки размером 6 м x 6 м при общей сетке наблюдений 120 м x 120 м.

Использование разновысотных данных позволяет уточнить получаемые результаты за счет, фактически, более высокой точности измерения интерпретируемого поля, изучая характер затухания сигналов, а также корректно учесть влияние рельефа. Необходимо дополнительное развитие технологии и включение их в разработанное программное обеспечение.

#### Литература

1. Блох Ю.И. Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий. Учебное пособие, 2009, 231 с.
2. Жданов М.С. Теория обратных задач и регуляризации в геофизике. Научный мир, Москва, 2007, 712 с.
3. Максимов М.А., Сурудина И.В., Глинских В.Н. Быстрая инверсия данных разновысотных измерений магнитного поля с блпа на примере синтетических моделей с учетом рельефа. Геофизические технологии, 2018, № 3, 2018, с. 30–38
4. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1979, 655 с.
5. Страхов В.Н. Решение линейных задач гравиметрии и магнитометрии вариационным и структурно-параметрическими методами при мультипликативно-аддитивных помехах в экспериментальной информации. Докл. АН СССР. 1991, т. 319, №6, с. 1361.
6. Страхов В.Н., Страхов А.В. Методы нахождения устойчивых приближенных решений систем линейных алгебраических уравнений с приближенно заданной правой частью, допускающие глубокое распараллеливание вычислений. Вычислительные методы программирования, 2001, Т. 2, с. 34-55.
7. Эпов М.И., Фирсов А.П., Савлук А.В., Злыгостев И.Н. Магниторазведчик: нам сверху видно все. Наука из первых рук, 2016, Т. 71-72, № 5-6, с. 104-109
8. Fichtner A. Full Seismic Waveform Modelling and Inversion. Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg, 2011.
9. Fletcher R. Practical methods of optimization. 2 nd ed., New York: John Wiley & Sons, 1987, 436 p.

## ТЕПЛОЙ ПОТОК И ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГЕНЕРАЦИИ НЕФТИ НА ТЕРРИТОРИИ РЫБАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.С. Меренкова

Научный руководитель: доцент Г.А. Лобова

Томский политехнический университет, Томск, Россия

**Введение.** Моделирование термической истории баженовской свиты дает возможность установить генерационный потенциал нефтематеринской толщи и сопоставить полученные результаты с уже установленной нефтегазоносностью разреза. Определение теплового потока является основой такого моделирования и применится не только в России, но и зарубежом. При расчете теплового потока принимается его квазипостоянство на момент геологического времени, соответствующего началу образования осадочного чехла (ранняя юра, геттангский век), при этом обратная задача решается однозначно. Для расчета прямой задачи достаточно знать его количественное значение в основании осадочного разреза. Программа позволяет использовать геотемпературы, измеренные в современном разрезе различными способами и палеотемпературы, определяемые по отражательной способности витринита с учетом времени их фиксации. Моделирование проводится с учетом влияния колебаний климата на изменение теплового потока с глубиной.

**Целью настоящих исследований** является определение значения теплового потока из основания осадочного чехла и изучение термической истории баженовской свиты на Рыбальном месторождении (рис. 1).

**Характеристика объекта исследований.** Рыбальная структура расположена на восточном склоне Юбилейного куполовидного поднятия, осложняющего южную часть Пудинского мезоподнятия, и представляет брахиантиклинальную складку изрезанной формы, оконтуренную изогипсой минус 2370 м с расширяющейся северной частью от 2 до 5 км. Промышленная нефтегазоносность связана с пластами горизонта Ю<sub>1</sub> васюганской свиты.

СЕКЦИЯ 5. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ПОИСКОВ И  
РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.

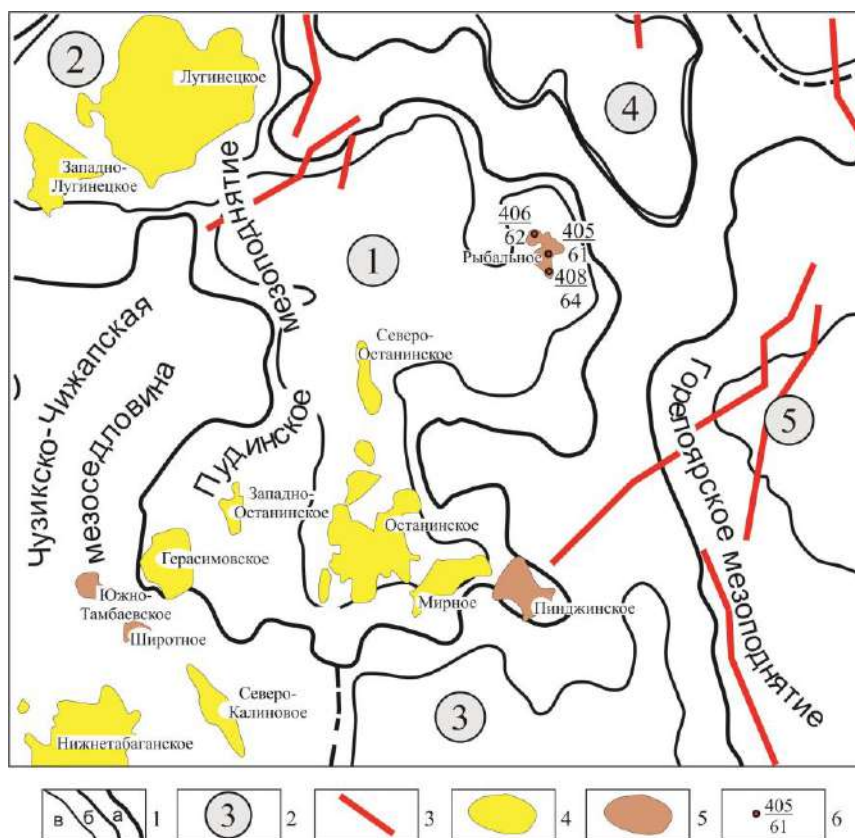


Рис. 1 Положение моделируемых скважин Рыбальского месторождения на тектонической карте (на основе [2] с дополнениями): 1 – тектонические элементы: I (а), II (б), III (в) порядков; 2 – тектонические элементы III порядка: куполовидные поднятия – Юбилейное (1), Лугинское (2), Чинжарское (5), прогиб Южно-Пудинский (3), впадина Южно-Соболиная (4); 3 – тектонические нарушения; 4–5 месторождения: нефтегазоконденсатное (4); нефтяное (5); 6 – моделируемая скважина: в числителе номер скважины, в знаменателе расчетное значение теплового потока ( $\text{мВт}/\text{м}^2$ )

**Методика исследования.** Для определения теплового потока из основания осадочного разреза применяется компьютерная технология ТеплоDialog [1], с помощью которой моделируется палеотемпературная история баженовских нефтематеринских отложений. Палеотемпературное моделирование включает решение обратной задачи нестационарной геотермии с подвижной границей, т.е. расчет значений теплового потока из основания. По вычисленному тепловому потоку решается прямая задача геотермии – определяются палеотемпературы на заданные ключевые моменты геологического времени (начало/окончание формирования свит). Палеотемпературное моделирование совмещено с палеотектоническими реконструкциями, учитывающими скорость осадконакопления.

**Исходными данными** для решения обратной задачи геотермии являются палеотемпературы, пересчитанные из ОСВ, и пластовые температуры, полученные при испытаниях скважин (табл. 1).

Таблица 1

Геологическая характеристика разрезов скважин Рыбальского месторождения

Характеристики	Скважина 405	Скважина 406	Скважина 408
Забой, м	2675	2550	2600
Отложения на забое (свита)	Палеозой	Кора выветривания	Кора выветривания
Кровля баженовской свиты, м	2368	2386	2380
Мощность баженовской свиты, м	29	31	30
$C_{орг}$ , % [2]	8-9	8-9	8-9
Мощность кайнозойских отложений, м	149	161	163
Пластовая температура (свита; глубина измерения, м; пластовая температура, °C)	Баженовская ( $J_{3tt}$ ) 2382 м – 82 °C; 2370 м – 98 °C	Васюганская ( $J_{2km-J_{3o}}$ ) 2440 м – 97 °C; 2424 м – 102 °C; 2426 м – 102 °C	Баженовская ( $J_{3tt}$ ) 2409 м – 87 °C; 2425 м – 105 °C; 2415 м – 108 °C; Васюганская ( $J_{2k-J_{3o}}$ ) 2450 м – 106 °C;
Температура по ОСВ (свита; глубина отбора образца, м; температура, °C)	-	-	Тюменская ( $J_{1.2}$ ) 2472 м – 98 °C

**Результаты исследования и обсуждение.** Плотность теплового потока из основания разрезов скважин колеблется от 61 (скв.405) до 64 (скв.408) мВт/м<sup>2</sup>. Решением прямой задачи рассчитаны палеотемпературы для баженовской свиты на протяжении всего геологического времени формирования осадочного разреза. Результаты приведены в табл. 2. Баженовская свита вошла в «нефтяное окно» в кузнецовское время (91.6 млн лет назад). Максимальный прогрев нефтематеринской свиты зафиксирован 24 млн. лет назад в хатское время и абсолютный максимум достигнут 119 °С в скв. 408. Условия генерации баженовских нефтей существуют до настоящего времени. Очевидно влияние изменения климата на тепловую характеристику палеоразреза.

Таблица 2

Расчетные геотемпературы баженовской свиты в разрезах скважин Рыбального месторождения

Время, млн. лет назад	Скв. 405		Скв.406		Скв. 408	
	Температура, °С	Глубина, м	Температура, °С	Глубина, м	Температура, °С	Глубина, м
0	98	2382	101	2401	104	2395
1,64	101	2381	104	2400	107	2394
4,71	103	2367	105	2385	108	2380
24,0	114	2342	116	2340	119	2350
32,3	109	2232	11	2239	113	2231
41,7	103	2192	105	2199	107	2186
54,8	107	2122	109	2129	110	2111
61,7	104	2007	106	2024	108	2001
73,2	97	1979	99	1994	101	1971
86,5	101	1939	103	1954	104	1926
89,8	93	1749	95	1769	95	1731
91,6	89	1732	91	1752	92	1716

**Заключение.** Таким образом, плотность теплового потока из основания разреза в пределах Рыбальной структуры достигает 61-64 мВт/м<sup>2</sup>. Катагенетические условия генерации нефти наступили 91.6 млн лет назад и сохраняются до настоящего времени.

#### Литература

- Исаев В.И., Гуленок Р.Ю., Веселов О.В., Бычков А.В., Соловейчик Ю.Г. Компьютерная технология комплексной оценки нефтегазового потенциала осадочных бассейнов // Геология нефти и газа. – 2002. – №6. – С.48–54.
- Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 253 с.

## ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН ПРОНИЦАЕМОСТИ ПО ДАННЫМ АКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА

И.С.Михеенко, Л.С.Окс

Научный руководитель главный специалист А.А. Посысов

ООО «НК «Роснефть» – НТЦ», Краснодар, Россия

Карбонатные коллекторы Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции имеют сложную структуру пустотного пространства (помимо межзерновой составляющей встречаются трещины и каверны), им присуща литологическая неоднородность и низкая пористость отложений в целом. Все эти факторы приводят к большим затруднениям при выделении коллекторов, когда стандартные подходы не позволяют достоверно прогнозировать интервалы промышленных притоков. Поэтому актуальной задачей для региона является выделение проницаемых интервалов. Этой теме посвящено большое количество работ, нередко противоречащих друг другу. Для корректного решения вопроса необходим комплексный подход с привлечением современных методов. Анализ информативности одного из них – акустического каротажа в кроссдипольной модификации – посвящена работа.

Акустический каротаж использовался и ранее, но в условиях применения аналоговой измерительной техники и ручной обработки материалов, возможности метода ограничивались регистрацией продольной (р) головной волны. С развитием современной аппаратуры и способов обработки, задачи метода значительно расширились, появилась возможность регистрировать полный волновой пакет во взаимно перпендикулярных направлениях. Основным преимуществом кроссдипольной акустики стало то, что при анизотропии происходит расщепление поперечной волны на «быструю» и «медленную», – это связано со сменой литологического состава и позволяет выделять неоднородные (в том числе трещиноватые) интервалы [2]. За основу взяты результаты исследований китайским прибором акустического кроссдипольного каротажа MPAL, позволяющим определять скорости (интервальные времена) продольной (р), быстрой и медленной поперечной (s), поверхностных (в том числе Стоунли–st) волн, а также их различных производных.

Запись была проведена в интервалах отложений пермо-карбона, девона и силура, которые являются продуктивными для данного региона. Разрез тонкослоистый и осложнен разнонаправленными трещинами частично и полностью залеченными белым эпигенетическим минералом, глинистыми глинисто-битуминозным материалом, а также стилолитовыми швами, выполненными глинистым материалом. В отложениях девона глинистость достигает 20