

### Тепловой поток и интрузии.

Считается, что в Западной Сибири существует зависимость напряженности геотемпературного поля от наличия в фундаменте кислых интрузий. При этом некоторые полагают, что аномалии в современном геотемпературном поле Западной Сибири, приуроченные к интрузивным телам, могут возникать только тогда, когда эти интрузии существуют не более 5 млн лет [3]. Для небольших интрузий (с минимальными размерами 1-2 км) время остывания составляет порядка первых тысяч лет.

При сопоставлении распределения глубинного теплового потока с локализацией интрузивных комплексов на территории не наблюдается однозначных закономерностей. Из 18 интрузий гранитоидного состава: 9 комплексов находятся в зоне повышенных значений теплового потока, 8 – в зоне пониженных значений. 1 – в градиентной зоне. Таким образом, полученный результат может свидетельствовать в пользу утверждения о том, что увеличение содержания радиоактивных элементов в кислых породах интрузий, равно как и повышение теплопроводности за счет гранитов, не может привести к заметному росту глубинного теплового потока.

**Заключение.** Таким образом, не было выявлено зависимостей между распределением теплового потока и локализацией рифтовых зон и интрузивных комплексов гранитоидного состава. Полученный результат показывает, что древние рифтовые структуры и интрузивные комплексы не оказывают влияния на поле теплового потока, поскольку энергетические процессы, связанные с их формированием, уже завершились. Что касается кислых интрузий, то, вероятно, увеличение содержания радиоактивных элементов и повышение теплопроводности за счет вещественного состава не приводит к значимому повышению глубинного теплового потока.

### Литература

1. Дучков А. Д. и др. Новые данные о тепловом потоке Западной Сибири //Геология и геофизика. – 1989. – №. 1. – С. 140-144.
2. Крутенко Д. С., Галиева М. Ф. Плотность глубинного теплового потока и плотность нефтегазоносности юго-востока Западной Сибири //Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Томск, 6-10 апреля 2020 г. Т. 1. —Томск, 2020. – 2020. – Т. 1. – С. 297-298.
3. Курчиков А.Р. Гидрогеотермические критерии нефтегазоносности. М.: Недра, 1992. – 231 с.
4. Курчиков А.Р. Тепловой режим нефтегазоносных областей Западной Сибири: автореф. дис. д. геол.-минер. наук. – Новосибирск, 1995. – 61 с.
5. Никитин Д.С., Хуторской М.Д., Иванов Д.А., Горских П.П. Глубинное строение и нефтегазоносность северо-восточной части Баренцевоморского шельфа. – М.: ГЕОС, 2020. – 148 с.
6. Сурков В.С., Жеро О.Г. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. – М.: Недра. – 1981. – 143 с.
7. Хуторской М.Д. Введение в геотермию: курс лекций. М.: Изд-во РУДН, 1996. – 328 с.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН

Леин М.С., Колодяжный А.Б, Федотченко Ф.С.

Научный руководитель – доцент М.О. Коровин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Исследование свойств коллектора, таких как пористость, проницаемость и водонасыщенность является одной из основных задач петрофизика. Это необходимо для построения адекватной геологической модели залежей углеводородов (УВ), подсчета запасов и т.д.

Наиболее надежную информацию об петрофизических свойствах можно получить только путем изучения керна, поэтому необходимо убедиться, что данные ГИС и керна правильно увязаны и выровнены по глубине, прежде чем подбирать какую-либо статистическую модель. Увязка данных керна и ГИС предоставляют наиболее надежную информацию о фильтрационно-емкостных свойствах коллекторов.

Проблема увязки керна и каротажа является неотъемлемой частью любой петрофизической интерпретации и моделирования. Правильное и надежное решение этой задачи предопределяет качество итоговой петрофизической модели, но это сложная задача.

Существует два подхода увязки керна – поинтервальный и поточечный.

Поинтервальный метод обычно используется при высоком извлечении образцов породы из продуктивного интервала. То есть более 70% породы должно сохраниться. В то же время большая часть набора данных (до 90% результатов анализа керна), как правило, приходится на интервалы с низким извлечением, что затрудняет использование таких данных для калибровки.

Поточечная интерпретация является более сложной и ресурсоемкой, чем поинтервальный подход. Данный метод справляется с проблемой смещения керна по глубине на основе результатов стандартного анализа керна для интервалов с низким извлечением. Метод позволяет увязать не только интервалы керна, но и отдельные образцы, что значительно увеличивает количество возможных исходов. Это улучшает точность и качество петрофизической модели.

В статье рассматривается подход поточечной или «point to point» увязки керна. Подход основан на предположении о функциональной связи между петрофизическими свойствами образцов керна и амплитудой геофизических сигналов.

## СЕКЦИЯ 5. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Увязка и сдвиг керн по глубине исследовался Petersilye (2003), Fontana (2010), Agrinier (1994) [2]. Следует отметить, что коммерчески доступные программные обеспечения для обработки и интерпретации данных ГИС и керн не имеют возможности автоматической увязки и смещения образцов по глубине. Существуют некоторые алгоритмы, разработанные исследовательскими центрами, которые способны в автоматическом режиме калибровать данные.

А. Куваев, Е. Стремичев, Р. Худорожков предлагают алгоритм сопоставления данных керн с ГИС, который автоматически сдвигает интервалы отбора керн так, чтобы корреляция между каротажем скважины и каротажем керн была максимальной. В данной работе был проведен гамма каротаж по скважинам и по керну. Они используют 12 скважин чтобы показать, что алгоритм не только значительно превосходит петрофизика не только по показателю достоверной аппроксимации, но и по скорости выполнения работы [1].

В другой статье О. Надеждин и Е. Заидуллиной представили результаты взаимной корреляции и сдвига по глубине керн и каротажных диаграмм в зависимости от магнитной восприимчивости, измеренной на всем керне и в стволе скважины. Каротаж, проведенный по керну растягивали и/или сжимали, а глубины сдвигали для наилучшей увязки к каротажу, проведенному в скважине. Основной сложностью был поиск параметра для управления растяжением / сжатием каротажа по керну по отношению к каротажу по скважине и нахождение параметра для управления смещением глубины для достижения максимально возможного коэффициента корреляции.

Применение описанных выше алгоритмов возможно при условии наличия каротажных данных по керну и при высоком коэффициенте извлечения образцов породы. В том случае, если каких-то данных не хватает, то такая интерпретация становится проблемной, поэтому был создан алгоритм, реализованный на высокоуровневом языке Python.

В данной статье представляются алгоритмы, направленные на автоматическую обработку, смещение глубины и калибровку скважинных каротажных диаграмм и петрофизических свойств, измеренных при анализе керн. Увязка керн выполнена с соблюдением правил увязки, где образцы не должны менять своё местоположение относительно других образцов.

Реализация: Из las. файла берутся необходимые значения (глубины и измеренные пористости) и формируется два массива данных для керн и коллекция «ключ-значение» для ГИС (ключ – глубина, значение – пористость). Под словом «коллекция» в Python понимается программный объект (переменная-контейнер), хранящий набор значений одного или различных типов, позволяющий обращаться к этим значениям, а также применять специальные функции и методы, зависящие от типа коллекции.

Происходит сопоставление глубин с помощью двух переменных "first\_value\_range" и "last\_value\_range", которые задают границы во всем диапазоне значений ГИС и керн по глубине.

Далее производится и дискретизация каротажных глубин с помощью интерполяции значений между глубинами и пористостями. Это необходимо для увеличения диапазона данных к которым будет привязываться керновые значения. Например, на месторождении «Х» каротаж записывал данные с шагом 0.2. Алгоритм преобразует этот шаг в 0.1, тем самым увеличивая количество значений в два раза. Новые дискретизированные значения добавляются в конец коллекции ГИС и после по «ключу» сортируются по возрастанию.

Алгоритм рандомизации: Сначала определяется первый диапазон, по которому будет смещаться точка пористости по керну. Для первой точки выбирается диапазон от 0 до значения, которое равно разнице длин коллекции ГИС и массива керн. Точка встает на случайное значение из этого диапазона. В программе это реализовано так:

$$k\_start = 0$$
$$k\_end = array\_GIS\_len\_() - array\_CORE\_len\_()$$

Следующее значение в коллекции керн будет началом для второго диапазона точки, а конечным значением будет разница длин коллекции ГИС и керн плюс номер итерации плюс 1 (n+1). Прибавление итерации к разнице длин нужна для того чтобы точки в конце не исчезали.

$$\text{for } i \text{ in range}(array\_CORE\_len\_()):$$
$$k\_end = (array\_GIS\_len\_() - array\_CORE\_len\_()) + i$$

Случайное значение задаётся функцией «random.uniform», с помощью которой определяется место, на которое смещается пористость по керну в диапазоне.

При работе этого алгоритма пришлось столкнуться с проблемой, когда первые точки занимают большую часть интервала, тем самым ограничивая движение последним точкам в массиве. Последние точки теряют возможность передвигаться и оставляют маленький шанс на хорошую корреляцию.

Поэтому было введено понятие «жертвенная точка». Данный метод ограничивает передвижение пористости керн относительно пористости ГИС с помощью создания искусственного диапазона перемещений для каждой точки.

Например, берется 100 итераций, которое делится на длину кернового массива, (20 значений).

$$\frac{100}{20} = 5 \text{ итераций};$$

Это будет означать, что каждые 5 итераций будет добавляться новая жертвенная точка. При первых 5 итерациях такие точки не добавляются.

Алгоритм был применён на реальных данных обезличенного месторождения Западной Сибири. Пористость по керну легла на акустическую пористость с коэффициентом корреляции (r) 0,8 (рис. а, б).

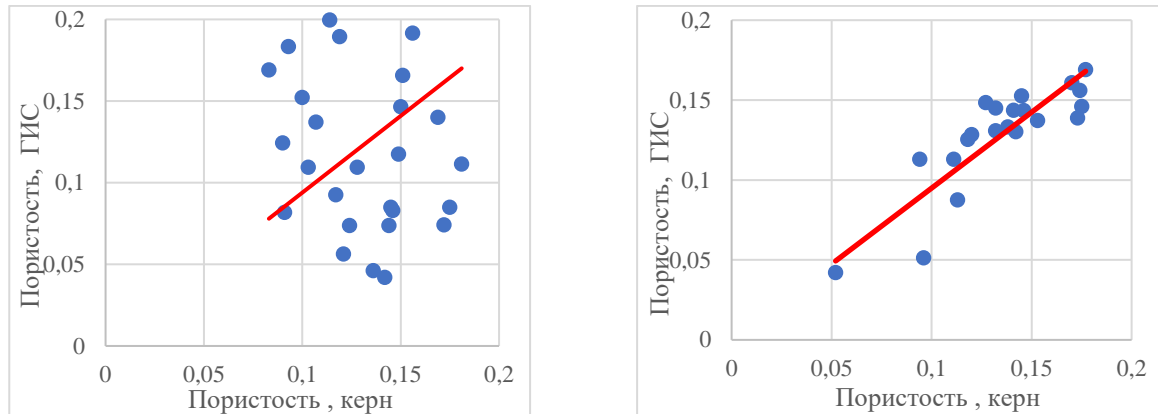


Рис. Пористость до увязки (а), пористость после увязки (б)

Коэффициент корреляции рассчитывался по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \sigma_y}; \quad (1)$$

где:

$\overline{xy}, \bar{x}, \bar{y}$  – средние значения выборок;  
 $\sigma(x), \sigma(y)$  - среднеквадратические отклонения.

Результатом работы является автоматизированный алгоритм увязки данных ГИС/КЕРН. Алгоритм позволяет смещать точки с высоким коэффициентом корреляции и его применение ускорит построение петрофизической модели с высокой точностью. Данный код требует доработки, поэтому не выставлен в открытый доступ.

#### Литература

1. Nadezhdin O.V., Akbasheva A.I., Savichev V.I., Emchenko O.V. Алгоритмы синтеза петрофизических моделей в условиях естественной неопределенности данных изучения керна и геофизических исследований скважин // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 4. – pp. 29-31.
2. Fontana E., Iturrino G.J., Tartarotti P. Depth-shifting and orientation of core data using a core-log integration approach: A case study from ODP-IODP Hole 1256D Original Research Article // *Tectonophysics*, Volume 494, Issues 1–2, 29 October 2010, pp. 85–100.

### РЕАЛЬНОСТЬ ПОЗДНЕРИФЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЦИКЛОСЕДИМЕНТОГРАММ ПО РАЗРЕЗАМ СКВАЖИН В НЕПСКО-ПЕЛЕДУЙСКОМ СВОДЕ НБА Марсанова М.Р.

Научный руководитель – профессор А.Г. Берзин  
 Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

Исследования были проведены в развитие гипотезы член-корреспондента РАН Б.А. Соколова [1]. Несмотря на то, что гипотеза выдвинута более 20 лет назад, справедливость ее не доказана и не опровергнута. Продолжают публиковаться работы, в которых приводятся геологические разрезы и модели глубинного строения НПС, отвечающие традиционным представлениям свода как части крупной платформенной структуры конседиментационного развития с консолидированным фундаментом [2].

Построены циклоседиментограммы по разрезам скважин вдоль фрагмента профиля «Батолит-1» через Непско-Пеледуйский свод (НПС). На них однозначно выделяются, распознаются и коррелируются макроциклиты: А<sub>0</sub>, А, В, С, привязанные соответственно к кровлям толбанчанской, нелбинской, бюкской и билирской свит. Поведение корреляционных линий между макроциклами свидетельствует о моноклиналином погружении свит на северо-запад по профилю, а разрез скв. №804, вскрывшей на забое отложения среднего рифея, вписывается в этот тренд и противоречит сложившемуся представлению попадания скважины в грабен (рис.).

В скв. 540-3П, расположенной на крайней юго-восточной части НПС по профилю, 950-ти метровая толща пород в нижней части отнесена к талаканской толще венда. По данным построенной циклоседиментограммы эта толща подразделяется на нижневендскую (макроцикл D, соответствующий талаканской свите) и подстилающую рифейскую (серия разрастаний, объединенных по внешнему контуру и идентифицируемая как рифейский мегапроциклит “Е”).

Разрезу скважины 540-3П принадлежит ключевая роль в плане доказательства реальности позднерифейских отложений. Скважина не встретила кристаллических пород по причине попадания в «эрозионное окно»