

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

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ АТРИБУТОВ ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

М.М. Аmani¹

Научный руководитель доктор технических наук, профессор О.В. Стукач²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

На одном из месторождений Томской области широкое развитие трещиноватых коллекторов, сформированных вследствие активных тектонических процессов обуславливает различие в дебитах близкорасположенных скважин при радикальных различиях в фильтрационных емкостных свойствах (ФЕС). Проблема прогнозирования ФЕС коллекторов нефти и газа на месторождении является актуальной, поскольку эти данные весьма важны для бурения эксплуатационных скважин.

Целью исследования является обоснование применения сейсмических атрибутов при исследовании различий в ФЕС, их факторный анализ и интерпретация для эффективного решения задач прогнозирования ФЕС коллекторов.

Основу различных методов факторного анализа составляет гипотеза о том, что наблюдаемые или измеряемые параметры являются лишь косвенными характеристиками изучаемого объекта. В действительности существуют внутренние (скрытые, не наблюдаемые непосредственно) параметры и свойства, число которых мало и которые определяют значения наблюдаемых параметров [1, 2]. Эти внутренние параметры принято называть *факторами*. Цель факторного анализа состоит в концентрации исходной информации путём отображения большого числа рассматриваемых признаков через меньшее число более ёмких внутренних характеристик, которые не поддаются непосредственному измерению.

Прогноз ФЕС коллекторов нефти и газа по анализу сейсмических атрибутов – это сложный технологический процесс. Он делится на три этапа: на первом этапе извлекаются значения сейсмических атрибутов в точках скважин; на втором этапе выполняется поиск корреляционных связей между извлечёнными значениями и параметрами скважины; на третьем этапе создаются и анализируются карты с лучшими статистическими связями с искомыми геологическими параметрами. Первые два этапа являются самыми трудоёмкими, поскольку представляют собой однотипные действия. И только применительно к третьему этапу можно говорить о непосредственной интерпретации результатов методом факторного анализа.

Рассмотрим **применение факторно-регрессионного метода для прогнозирования ФЕС коллекторов по сейсмическим атрибутам на примере месторождения Томской области.**

Сначала для выявления переменных, значимо влияющих на пористость (общая толщина, эффективная толщина коллектора) проводится **корреляционный анализ**, и рассчитываются коэффициенты корреляции. Расчёты выполнялись в пакете Statistica 8.0 [2]. В результате было выявлено множество значимых переменных, причём корреляционные коэффициенты близки по значению. Это говорит о том, что возможно имеется много ложных корреляций. Поскольку значений сейсмических атрибутов очень много (порядка 130), анализ корреляционных связей между ними позволил высветить основную информацию о взаимной связи переменных. Атрибуты, слабо и незначимо коррелирующие с толщиной, не были выбраны для последующего анализа.

Факторный анализ проводился для выявления близких групп переменных, значимо влияющих на ФЕС. Это позволило проследить значимость корреляционных связей между отдельными параметрами (факторами). Применение пакета Statistica [2] при выполнении факторного анализа позволило получить весьма наглядную картину связей между сейсмическими атрибутами и пористостью (Рис. 1). Это график факторных нагрузок, который показывает объединение переменных по факторам, где корреляции наибольшие.

В нашем случае наиболее близки к переменной *Ноб* (общая мощность коллектора) атрибут *V121*, *Heff* (эффективная мощность коллектора) – атрибут *V5*, *Deb* (дебит за сутки при испытании пласта) – атрибуты *V47* (*IntervalAverageArithmetic_Coherency*) и *V41* (*Harmonicmean_Coherency*), что вместе образует главный фактор. Другие факторы, влияющие на пористость *Кр*, менее значимы.

Для прогноза значений дебита за сутки *Deb* был проведён регрессионный анализ [2, 3], который является одним из наиболее распространённых методов обработки экспериментальных данных при изучении зависимостей во многих областях, в том числе геостатистике. Цель регрессионного анализа – определить аналитическое выражение, в котором изменение *Deb*(*y*) обусловлено влиянием одной или нескольких независимых величин (факторов) *x1*, *x2*, ..., *xn*. Множество всех прочих факторов, также оказывающих влияние на *Deb*, принимается за постоянные значения и неопределённый фактор. Для разведочного анализа выберем построение трёхмерных графиков. В качестве примера приведём типичную картину (рис. 2).

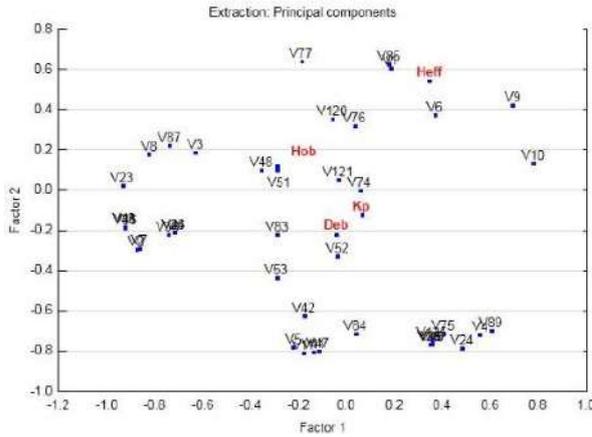


Рис.1. График факторных нагрузок

дебитов коллекторов с атрибутами V41 и V47 по уравнению регрессии, что дало нам основание пересчитать карты атрибутов в карту прогноза дебитов (Рис. 3). Согласно зависимости уравнение регрессии от V41 и V47 с фактическими данными по скважинам составляет 72,6 %. Эти результаты говорят об адекватности регрессионной модели.

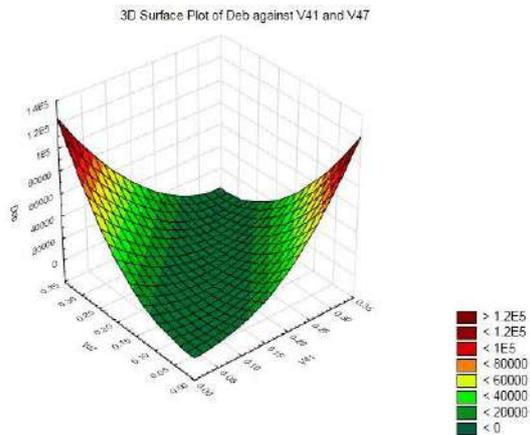


Рис. 2. График зависимости переменной Deb от атрибутов V41 и V47 (пример)

Зависимость переменной Deb от V41 и V47 нелинейна в области малых значений. Поэтому было решено найти модель в виде $Q(X, Y) = AX^2 + BX * Y + CY^2 + D * X + E * Y + F$ (уравнение параболы). В программе Statistica было найдено уравнение для наилучшей регрессионной модели, и с найденными коэффициентами оно имеет вид:

$$Y(Deb) = 0.1267 + 2939.0444 * V41 - 2836.0838 * V47 + 1.0195 * 10^6 * V41 * V41 - 2.0824 * 10^6 * V41 * V47 + 1.0628 * 10^6 * V47^2.$$
 Уравнение объясняет 83,7 % вариации зависимой переменной. В адекватности полученной математической модели мы убедились по анализу остатков.

Базовой информацией стали значения пористости коллекторов трещиноватого типа по 20 скважинам. По кубам атрибутов в интервале продуктивного пласта были рассчитаны значения атрибутов. Обнаружена довольно тесная связь

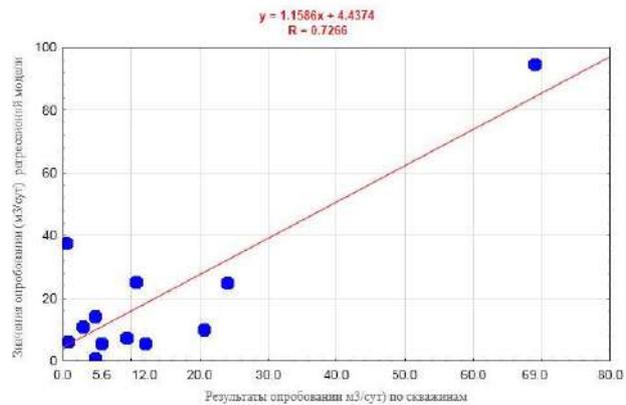


Рис. 3. График зависимости дебит от регрессионной модели и фактические данные дебитов по скважинам

Заключение. Нами выполнен прогноз дебитов коллекторов в межскважинном пространстве. Эти данные важны как для адекватного построения гидродинамической модели месторождения, так и сами по себе в качестве информационного обеспечения принятия решения о местоположении точек бурения новых скважин[4]. Анализ сейсмических атрибутов очень важен при поисковых и разведочных работах, так как результаты анализа атрибутов позволяют дать подробную оценку характеристик резервуара.

В результате применения факторного анализа была подтверждена гипотеза о том, что выявление скрытых коррелированных факторов не позволяет прояснить взаимосвязь между ФЕС и сейсмическими атрибутами. Тем не менее, факторный анализ позволил определить наиболее значимые сейсмические атрибуты. С увеличением количества факторов значительно возрастают трудности при их физической интерпретации, и это требует дополнительных исследований.

Литература

1. Волкова М.С. Стохастическое моделирование на основе многоточечной статистики с применением сейсмических атрибутов в качестве обучающих образов // Геофизика. 2015. № 6. С. 68–73.
2. Стукач О.В. Программный комплекс Statistica в решении задач управления качеством. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. - <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m426.pdf>.
3. Ершов И.А., Стукач О.В. Использование корректного нормирования статистических данных в кластерном анализе // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике: сборник трудов Всеросс. научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. г. Юрга, 19–20 ноября 2015 г. – Издательство ТПУ, Томск, 2015. - С. 32-34. - <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C79/010.pdf>
4. Кочумеев В.А., Мирманов А.Б., Стукач О.В. Изучение проблемных ситуаций в разработке перспективных геофизических информационно-измерительных систем // Вестник науки Сибири. – Т. 4. – N 3. – 2012. – С. 99–102. – ISSN 2226-0064. – <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/361>