

При выводе формулы (1) были учтены только малые величины первого порядка. В настоящее время при учете влияния Луны принято рассматривать и малые величины второго порядка. Кроме этого, вводится поправка на смещение уровенной поверхности (поправка Гонкасало), которая учитывает изменение силы тяжести, возникающее в результате действия зональных приливных волн. В окончательном виде полная поправка к силе тяжести, вводимая в настоящее время на приливный эффект, определяется выражениями:

для вертикальной компоненты

$$\begin{aligned} \delta g_{\Pi}^N = & 1,2 f m_{\text{л}} \frac{a}{r_{\text{л}}^3} (\cos^2 z_{\text{л}} - 1) + 1,8 f m_{\text{л}} \frac{a^2}{r_{\text{л}}^4} (5 \cos^3 z_{\text{л}} - 3 \cos z_{\text{л}}) + \\ & + 1,2 f m_{\text{с}} \frac{a}{r_{\text{с}}^3} (3 \cos^2 z_{\text{с}} - 1) + 0,457 f a \left(\frac{m_{\text{л}}}{r_{\text{л}}^3} + \frac{m_{\text{с}}}{r_{\text{с}}^3} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

для горизонтальной компоненты

$$\delta g_{\Pi}^G = 1,8 f a \left(\frac{m_{\text{л}}}{r_{\text{л}}^3} \sin 2z_{\text{л}} + \frac{m_{\text{с}}}{r_{\text{с}}^3} \sin 2z_{\text{с}} \right). \quad (3)$$

Следующим шагом после проведения расчетов стало сопоставление времени момента землетрясения с коэффициентом приливной активности в этот момент. Коэффициент приливной активности рассчитывался как отношение значения компонент приливных сил в момент землетрясения к максимальному значению за полный период исследования (1 год).

Литература

1. Авсюк Ю. Н. Приливные силы и природные процессы. – М.: ОИФЗ РАН, 1996. – 188 с.
2. Макоско, А.А. Паин Б.Д. Динамика атмосферы в неоднородном поле силы тяжести. – СПб.: РГГМУ, 2002. – 245 с.
3. Palumbo A. Lunar and solar tidal components in the occurrence of earthquakes in Italy // Geophysical Journal International. – 1986. – Т. 84. – №. 1. – С. 93–99.

ВЫБОР ИНФОРМАТИВНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО АТРИБУТА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕТРОФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В.В Шестаков, А.А Аржаник, А.А. Шевченко

Научный руководитель к.т.н., зам. директора ООО НАЦ «Недра», Д.Ю. Степанов

ООО Научно-аналитический центр «Недра», г. Томск, Россия

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одной из актуальных задач геофизики на сегодняшний день является задача прогноза петрофизических параметров геологической среды. Многочисленные и разнообразные методы её решения уже разработаны. В их число входит: машинное обучение, нейронные сети, геостатистика, стохастическое моделирование и т.д. Все они имеют свое уникальное применение и активно развиваются, при этом не прекращается разработка новых методик и подходов.

В общем случае, все методы прогноза параметров геологических сред можно разделить на две группы. Первая включает в себя методы, использующие только данные о прогнозируемом параметре. Вторая группа базируется на привлечении сейсмических атрибутов в качестве вспомогательной информации. Как показала практика, вторая группа методов позволяет строить более правдоподобные модели и в целом дает лучшие результаты. Однако важно отметить, что их эффективность зависит от ряда факторов: замурленности исходного сейсмического поля; корректности увязки по глубине сейсмических атрибутов и прогнозируемых параметров; информативности сейсмического атрибута для конкретно взятого параметра [1]. В рамках данной работы рассматривается последний фактор и, соответственно, вопросы оценивания информативности атрибутов. Под информативностью атрибута при решении задачи прогнозирования геологической среды следует понимать его взаимосвязь с прогнозируемым параметром, которая может быть описана некоторой количественной величиной и напрямую влияет на качество и точность прогноза.

Линейная взаимосвязь, мерой которой может являться коэффициент корреляции Пирсона, считается наиболее простой, а также часто рассчитываемой на практике. Коэффициент корреляции, предположительно, можно также принять в качестве меры информативности. Для проверки этой гипотезы были рассчитаны коэффициенты корреляции между набором параметров и сейсмическими атрибутами, полученными на одном из месторождений углеводородов Томской области, список которых приведен ниже:

– параметры геологической среды, полученные по данным ГИС в стволах шести скважин: A_{ps} – потенциал самопроизвольно возникающего электрического поля; K_p – коэффициент пористости; A_{gk} – результаты записи гамма каротажа; A_{ngk} – результаты записи нейтрон гамма-каротажа;

– набор кубов сейсмических атрибутов: F_{srd} – куб суммы ОГТ с деконволюцией; g – куб градиента амплитуды; n – куб нормального луча; $vf45rn30Fsd$ – куб рангов после адаптивной веерной фильтрации;

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

sd – результирующий временной куб с деконволюцией; rn30Fsd – куб рангов; puasson – куб коэффициентов Пуассона; ns – разность кубов нормального распределения и суммы ОГТ.

В качестве примера на рисунке 1 представлены результаты расчета коэффициента корреляции между сейсмическими атрибутами и параметром *Aps* в точках скважин в интервале [-10;10] мс относительно горизонта Баженовской свиты.

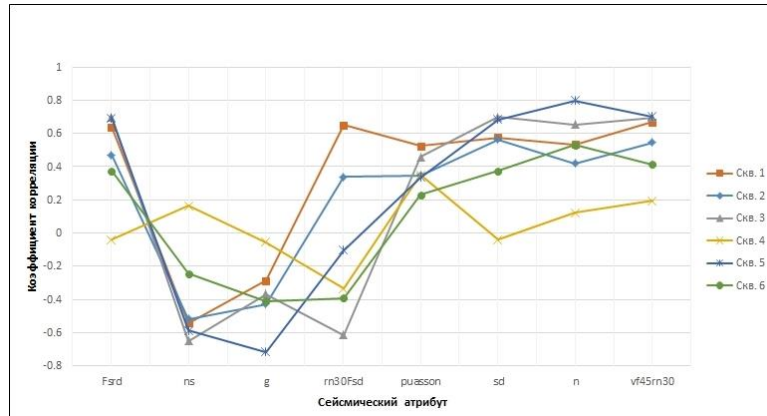


Рис. 1 График коэффициента корреляции между сейсмическими атрибутами и параметром *Aps* в точках шести скважин

Как видно из рисунка, наилучшая линейная взаимосвязь наблюдается при использовании атрибута *vf45rn30Fsd*, средний коэффициент корреляции для которого равен 0.53. Исходя из данного факта, можно считать, что *vf45rn30Fsd* является наиболее информативным атрибутом для прогноза параметра *Aps*.

Для проверки данного утверждения были рассчитаны объемные модели параметра *Aps* (рисунок 2) относительно каждого имеющегося сейсмического атрибута по алгоритму, подробно изложенному в [3]. Полученные модели использовались для оценки точности восстановления параметров методом кросс-валидации. Если выдвинутое предположение верно, тогда результаты кросс-валидации для модели *Aps*, рассчитанной по атрибуту *vf45rn30Fsd*, должны показать наименьшую погрешность, в сравнении со всеми прочими. Результаты проведения кросс-валидальной оценки точности приведены в таблице 1.

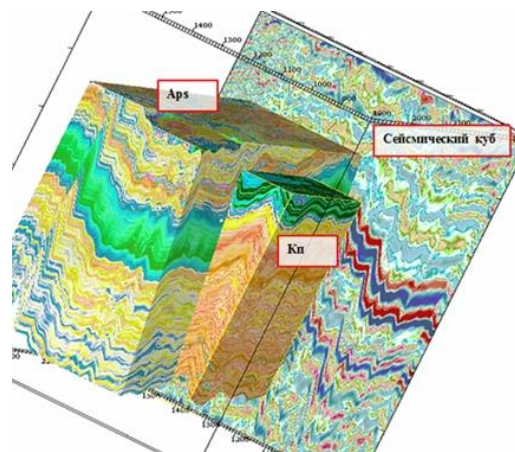


Рис. 2 Комплексное представление сейсмического куба и объемных моделей параметров *Aps*, *Kп*

Таблица 1

Среднее значение ошибки прогноза, рассчитанной методом кросс-валидации

Сейсмический атрибут	Fsrд	g	n	ns	Puasson	Rn30Fsd	Sd	Vf45rn30Fsd
Среднее значение ошибки прогноза <i>Aps</i>	0.45	1	0.38	0.69	0.11	0.82	2.97	1.15

Основываясь на данных, приведенных в таблице, можно сделать вывод о том, что наименьшая ошибка моделирования параметра *Aps* достигается при использовании атрибута *Puasson* и предположение о наибольшей

информативности атрибута *vf45rn30Fsd* – неверно. По аналогии с *Aps*, коэффициенты корреляции, а также объемные модели, были рассчитаны для трех оставшихся параметров: *Agk*, *Angk* и *Kп*. Соответствующие результаты кросс-валидации приведены в таблице 2.

Таблица 2

Информативные атрибуты по критерию максимальной корреляции и результаты кросс-валидации

Параметр геологической среды	<i>Aps</i>	<i>Kп</i>	<i>Agk</i>	<i>Angk</i>
Наиболее информативный атрибут по критерию максимальной корреляции	<i>vf45rn30Fsd</i>	<i>g</i>	<i>n</i>	<i>sd</i>
Атрибут, при котором ошибка кросс-валидации минимальна	Puasson	Puasson	<i>vf45rn30Fsd</i>	Puasson

Очевидно, что корреляционный метод оценки информативности оказался неэффективным. Из этого можно сделать вывод, что в рамках задачи моделирования параметров геологической среды, для оценки информативности сейсмических атрибутов надежнее использовать результаты кросс-валидации. Для её проведения достаточно вычислить прогнозные значения параметров лишь в тех точках, в которых известны реальные значения. Такой подход, однако, весьма трудоемок при использовании алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей, т.к. большая их часть обучается по данным всего месторождения даже в случае, когда прогноз осуществляется лишь в нескольких точках.

Выводы: в ходе данной была проверена гипотеза о том, что информативность сейсмических атрибутов при решении задачи прогноза параметров геологической среды может быть оценена с путем расчета коэффициента корреляции Пирсона между сейсмическими атрибутами и прогнозируемыми параметрами; проверяемая гипотеза была отвергнута, так как результаты корреляционной оценки информативности противоречили результатам кросс-валидальной оценки точности.

Литература

1. Лаврик А.С., Логинов Д.В., Ванярхо М.А. Применение нейросетей для прогнозирования пористости в 3D кубах (расчет по сейсмическим атрибутам и каротажным данным) // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2012. – Т. 39. – №. 1. – С. 54–57.
2. Philip S. Shultz, Shuki Ronen, Masami Hattori and Chip Corbett. Seismic-guided estimation of log properties // The Leading Edge. – 1994. – Volume 13. – Issue 5. – P. 305–310.
3. Shestakov V.V., Stepanov D.Yu., Sysolyatina G.A. Three-dimensional models of geoenvironmental parameters // Advances in Computer Science Research. – 2016. – Vol. 51. – Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine (ITSMSSM 2016). – P. 126–129.

ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ НА ИНТЕРПРЕТАЦИЮ ДАННЫХ ГИС НА ПРИМЕРЕ КРАПИВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Н.В. Яковенко

Научный руководитель доцент В.П. Меркулов

Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет, г. Томск, Россия

При анализе расположения и подсчета запасов большое значение имеет оценка фильтрационно-емкостных свойств, получаемых по комплексу данных исследований керна и ГИС. Эти данные существенно зависят от истории геологического развития и обстановок осадконакопления пластов-коллекторов. В качестве примера рассмотрены данные по Крапивинскому месторождению.

В геологическом строении Крапивинского месторождения принимают участие интенсивно метаморфизованные и дислоцированные образования доюрского складчатого фундамента и залегающие на нём терригенные отложения различного литолого-фациального состава мезозойско-кайнозойского платформенного чехла.

В тектоническом плане Крапивинское месторождение приурочено к группе сложно построенных локальных поднятий, принадлежащих, в свою очередь, южной части Каймысовского свода. Основным продуктивным объектом является верхневасюганская подсвета, сложенная преимущественно песчаниками, объект представляет собой региональный нефтегазоносный горизонт Ю₁. Пласт Ю₁³ подугольной толщи прослеживается по всему району Каймысовского свода, он сформирован в прибрежно-морских условиях при слабой регрессии морского бассейна. Анализ геолого-геофизических данных проводился по этому основному продуктивному объекту.

Особенности литологического строения пласта Ю₁³ позволяют выделить в пределах Крапивинского поднятия четыре фации: 1(1а, 1б, 1в), 2, 3, 4 (рис. 1).