

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГНОЗНЫХ КАРТ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ КОЛЛЕКТОРА

Волкова А.А.,

научный руководитель д-р техн. наук, профессор Поздняков В.А.

Сибирский Федеральный Университет

В последние годы как в России, так и за рубежом растёт интерес к исследованиям рассеянной компоненты волнового поля как важного критерия при поисках ловушек углеводородов в породах с повышенной трещиноватостью. Причём в последнее время этот интерес постоянно возрастает, о чём говорит, в частности, организация специальных сессий на ведущих конференциях европейского и американского общества геофизиков, а также выпуск ведущих геофизических журналов, посвящённых взаимодействию сейсмических рассеянных волн с микроструктурой, в том числе и флюидонасыщенной.

Рассеянная компонента сейсмической записи возникает в результате взаимодействия падающей волны с мелкомасштабными (меньше 0,5 доминирующей длины волны) неоднородностями, такими как разломы (дифракция), зоны повышенной трещиноватости (рассеяние) и другие структурные неоднородности [3].

Идея использовать незеркальную (рассеянную) компоненту волнового поля для изучения зон аномальной трещиноватости возникла около 20 лет назад [5]. В ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть» для выделения рассеянных волн используется метод фокусирующих преобразований, математическая и алгоритмическая основа метода были разработаны В. А. Поздняковым. Метод ориентирован на выделение рассеянной составляющей волнового поля путём асимметричного суммирования данных многократного перекрытия [1-4].

Цель работы состоит в предложении методики построения прогнозных карт на основе статистического анализа фильтрационно-емкостных свойств коллектора и энергии рассеянных волн.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать корреляционную матрицу с параметрами объектно-ориентированных миграционных преобразований и фильтрационно-емкостных свойств.
2. Предложить несколько вариантов уравнений для расчета дебита нефти в межскважинном пространстве.
3. Получить и проанализировать карты дебита нефти, пористости и проницаемости.

После анализа результатов применения метода фокусирующих преобразований, в качестве рабочих вариантов были выбраны 3 куба энергии рассеянных волн с базой пунктов взрыва и пунктов приема 1600 метров и с различными апертурами: 1100-1300 метров, 800-1000 метров и 800-1300 метров. В работе использовались временные срезы кубов энергии рассеянных волн в окне продуктивных рифейских отложений.

Параметры фильтрационно-емкостных свойств представлены следующими данными: дебит газа, дебит нефти, проницаемость, коэффициент общей пористости ($K_{п\text{общ}}$), коэффициент вторичной пористости ($K_{п\text{вт}}$), отношение давлений в пласте и на забое ($P_{пл}/P_{заб}$).

Из имеющихся данных фильтрационно-емкостных свойств по 16 скважинам и значений энергии рассеянных волн, снятых в точках этих скважин, была построена корреляционная матрица (табл.).

Корреляционная матрица

Апертура, м	Дебит газа, тыс. м ³ /сут	Дебит нефти, м ³ /сут	Проницаемость, мД	К _п общ. %	К _п вт. %	Р _{пл} /Р _{заб} , Мпа
1100-1300	0,06	0,46	0,66	0,7	0,71	-0,76
800-1000	0,74	0,69	0,64	0,47	0,48	-0,67
800-1300	0,03	0,46	0,66	0,69	0,69	-0,68

Для линейной корреляции дебита газа с энергией рассеянных волн недостаточно данных выборки. Несмотря на то, что отношение давлений хорошо коррелирует с энергией рассеянных волн, необходимо уточнить физическую природу этой зависимости.

Наблюдаются значимые корреляционные связи энергии рассеянных волн с дебитом нефти, проницаемостью и коэффициентами пористости. Связи с коэффициентами пористости практически одинаковые в связи с тем, что коэффициент вторичной пористости получен, как разность единицы с коэффициентом общей пористости. Коэффициент вторичной пористости рассматриваться в работе не будет.

Получены уравнения линейной зависимости для дебита нефти, общей пористости и проницаемости от энергии рассеянных волн.

Для апертуры 1100-1300 м:	$D = 132,13 FR_{ass} - 182,42$	$R^2 = 0,78$
$K_p = 0,64 FR_{ass} + 0,98$	$R^2 = 0,81$	$K_{пр} = 393,22 FR_{ass} - 591,42$
		$R^2 = 0,43$
Для апертуры 800-1000 м:	$D = 113,08 FR_{ass} - 209,26$	$R^2 = 0,66$
$K_p = 0,45 FR_{ass} + 1,02$	$R^2 = 0,82$	$K_{пр} = 419,86 FR_{ass} - 840,55$
		$R^2 = 0,41$
Для апертуры 800-1300 м:	$D = 202,3 FR_{ass} - 205,22$	$R^2 = 0,75$
$K_p = 1,04 FR_{ass} + 0,79$	$R^2 = 0,79$	$K_{пр} = 613,98 FR_{ass} - 680,28$
		$R^2 = 0,44$

Где D – дебит нефти; FR_{ass} – значение энергии рассеянных волн; K_п – коэффициент общей пористости; K_{пр} – коэффициент проницаемости; R² – коэффициент достоверности аппроксимации.

Также были получены уравнения множественной линейной регрессии для куба энергии рассеянных волн с различными апертурами.

Для апертуры 1100-1300 м:	$D = 186,6 FR_{ass} - 85,1 K_p - 101,1$	$\hat{R} = 0,93$
$D = 10,8 FR_{ass} + 0,19 K_{пр} - 11,6$		$\hat{R} = 0,96$
$D = 27,4 FR_{ass} - 0,4 K_p + 0,1 K_{пр} - 29$		$\hat{R} = 0,94$
Для апертуры 800-1000 м:	$D = 154 FR_{ass} - 99,4 K_p - 90,7$	$\hat{R} = 0,903$
$D = 4,8 FR_{ass} + 0,17 K_{пр} + 5,6$		$\hat{R} = 0,934$
$D = 11,8 FR_{ass} + 20,1 K_p + 0,1 K_{пр} - 53,8$		$\hat{R} = 0,919$
Для апертуры 800-1300 м:	$D = 257,6 FR_{ass} - 60 K_p - 148,6$	$\hat{R} = 0,887$
$D = 19,7 FR_{ass} + 0,19 K_{пр} - 17,7$		$\hat{R} = 0,956$
$D = 50,3 FR_{ass} - 3,2 K_p + 0,1 K_{пр} - 38,5$		$\hat{R} = 0,943$

Где \hat{R} – коэффициент множественной линейной корреляции.

На рисунках 1-3 представлены лучшие прогнозные карты для пористости, проницаемости и дебита нефти. Перспективные зоны улучшенных коллекторских свойств выделены черным пунктиром.

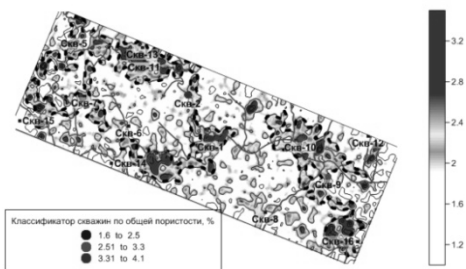


Рис. 1 Прогнозная карта пористости (%):
 $K_p = 1,04 FR_{ass} + 0,79$

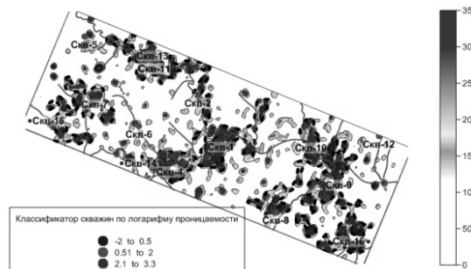


Рис. 2 Прогнозная карта проницаемости
(мД): $K_{пр} = 419,86 FR_{ass} - 840,55$

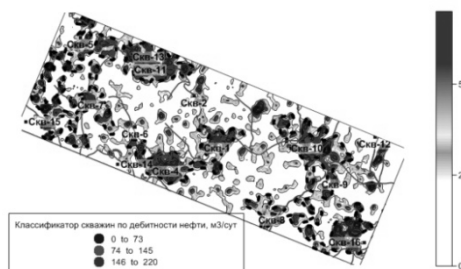


Рис. 3 Прогнозная карта дебита нефти (м³/сут): $D = 50,3 FR_{ass} - 3,2 K_p + 0,1 K_{пр} - 38,5$

Были проанализированы статистические связи энергии рассеянных волн с фильтрационно-емкостными свойствами коллектора. Предложены уравнения для расчета дебита нефти, пористости и проницаемости через значения энергии рассеянных волн. Получены и проанализированы прогнозные карты дебита нефти, пористости и проницаемости.

В дальнейшем планируется опробовать предложенную методику построения прогнозов на других лицензионных участках Восточной Сибири; проверить методику при наличии других сейсмических атрибутов; а также сравнить полученные прогнозные карты с картами геологов.

Литература

1. Поздняков, В.А. Модельные исследования алгоритма миграции исходных сейсмозаписей при непродольных наблюдениях / В.А. Поздняков, С.И. Шленкин // Геология месторождений горючих полезных ископаемых, их поиски и разведки – Пермь, 1986. – С. 42-53.
2. Поздняков, В.А. Объектно-ориентированная технология создания сейсмогеологических моделей в отраженных и рассеянных волнах / В.А. Поздняков, С.С. Худяков // Журнал Сибирского федерального университета. – 2011. – Т.4. – № 4. – С. 419-428.
3. Поздняков, В.А. Выделение зон повышенной трещиноватости в карбонатных отложениях Восточной Сибири / В.А. Поздняков, В.В. Шиликов, А.С. Мерзликина // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 7. – С. 86-88.
4. Поздняков, В.А. Интенсивность рассеянных волн – новый сейсмический атрибут для прогноза фильтрационно-емкостных свойств нефтенасыщенного коллектора / В.А. Поздняков // Докл. РАН. – 2005. – Т. 404. – С. 34-40.
5. Тарасов, Ю. А. Трансформация волнового поля по алгоритму ФПВ / Ю. А. Тарасов, С.И. Шленкин, И.Н. Бусыгин [и др.] // ВИНТИ. –1985. – № 3053. – 44 с.