

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

УДК 550.834

DOI:10.7242/echo.2021.2.8

ВЫДЕЛЕНИЕ ФЛЕКСУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ФОНЕ ИНТЕНСИВНОЙ СКЛАДЧАТОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МАЛОГЛУБИННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Т.В. Байбакова

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Обнаружение флексурных складок на фоне общей интенсивной складчатости возможно с применением методики суммирования динамических и кинематических характеристик волнового поля с учётом весовых коэффициентов. Такой подход позволяет вычленить конкретный тип аномалии в соляной толще за счёт различной чувствительности сейсмических параметров к неоднородностям разной природы. Представлена карта комплексного параметра, где повышенные значения локализованы вдоль выделенных ранее складчатых зон.

Ключевые слова: Верхнекамское месторождение калийных и магниевых солей, флексурно-складчатые дислокации, сейсморазведка, комплексный параметр, весовые коэффициенты.

Складчатые и разрывные дислокации представляют собой основные элементы тектоники ВКМКС, которые выявляются, изучаются и картируются в подземных горных выработках. Флексурные и флексуроподобные складки, образованные внутрислойным течением вещества или (и) скольжением вдоль поверхности напластования и кливажа, преимущественно развиты на склонах поднятий, продольного и поперечного изгиба – на сводах мегаантиклиналей. Встречаются в виде одиночной или серии флексурных складок, сближенных и перекрывающих друг друга. Признаком их отнесения к аномальным особенностям ВЗТ является наличие в них вязких разрывов скалывания, указывающих на их принадлежность к зоне разрывных и флексурно-складчатых дислокаций (РФСД) [2]. Район Половодовского участка ВКМКС пересекают крупные антиклинальные и синклинальные структуры. Восточный склон Харюшинского купола (рис. 1) более пологий, чем западный, там отмечается интенсивное складкообразование.

В пределах данной территории сейсморазведочные работы МОГТ 2D проводились главным образом в конце 70-х – начале 80-х годов прошлого столетия с целью поисков нефтеперспективных объектов. В 2009–2018 гг. территория исследована [5] по методике невзрывной малоуглубинной сейсморазведки высокого разрешения для детализации геологического строения соляной и надсоляной толщ, выявления локальных неоднородностей, осложняющих разработку калийной залежи. По совокупности структурно-физических параметров и результатов качественной интерпретации этих работ наиболее проблемной для последующей отработки зоной представляется группа интенсивной складчатости, выделенная на восточном склоне Харюшинского купола.

Уточнение местоположения аномальных зон возможно не только с проведением дополнительных работ на изучаемой территории. Существует и вариант более подробного анализа данных по уже имеющимся профилям.

Для выделения флексурных складок на фоне интенсивной складчатости на участке работ для 8 профилей разных лет (рис. 1) рассчитаны характеристики волнового поля – амплитуды, частоты, эффективные скорости и отношение сигнал-шум, объединённых в комплексный параметр – КП [4].

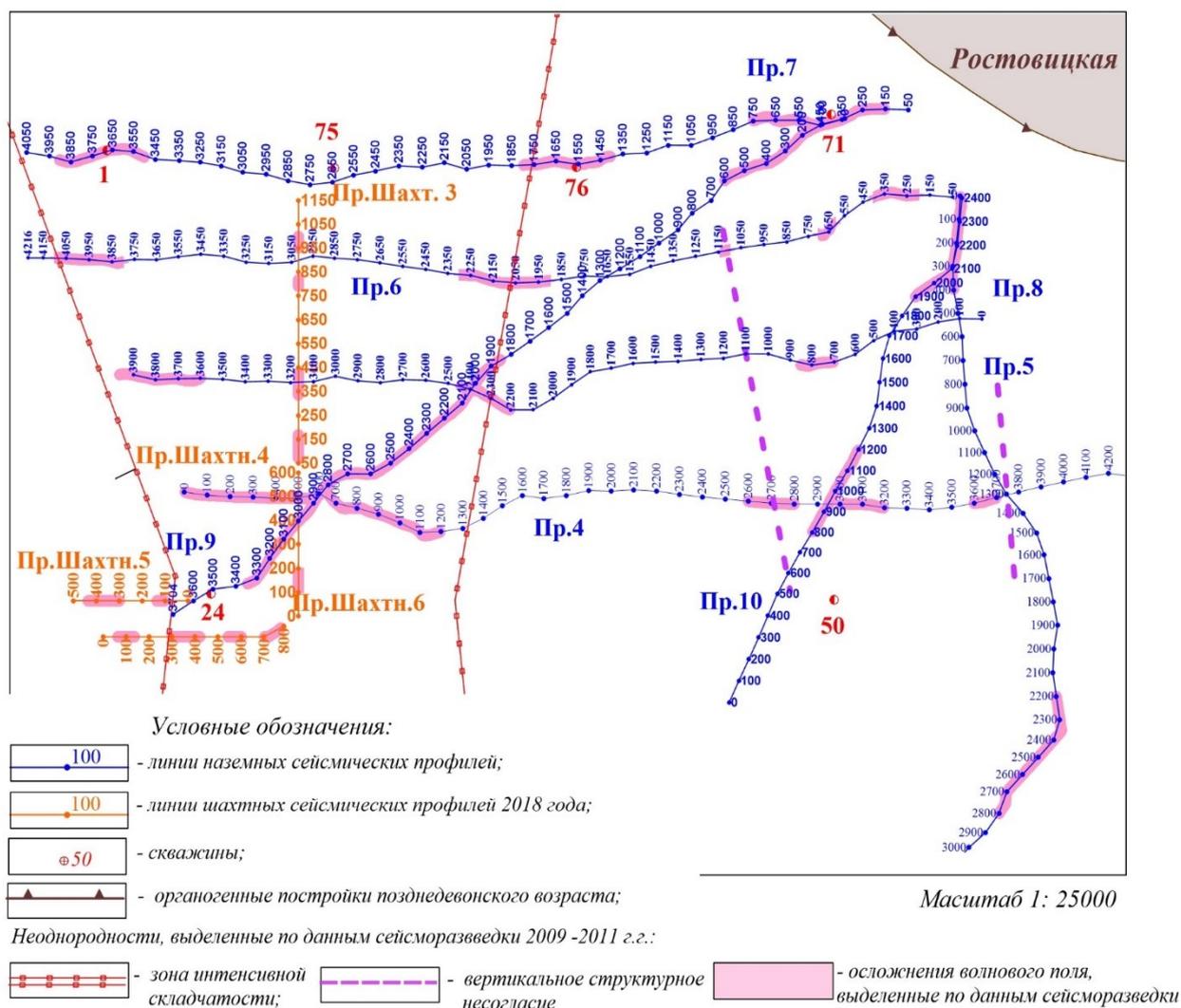


Рис. 1. Обзорная схема района работ (СКПРУ-3)

Изменения отобранных как наиболее информативных характеристик волнового поля носят разнонаправленный характер, поэтому определены сочетания параметров для типа неоднородности «флексура» [1].

Флексурная складка (длиной около 25 м) в волновом поле выглядит в виде выклинивания отражающих горизонтов и амплитудных аномалий в различных частях складки. Само ядро складки отмечается высокой скоростью, а в месте замка образуется низкоскоростная зона, что отражается в кинематической составляющей волнового поля. Сейсмические отражения в области над антиклинальными складками, как правило, становятся слабее, и увеличивается вероятность разрывов и течений, вследствие чего качество данных обычно уменьшается. Соответственно, свод складки должен отмечаться повышенными градиентами значений амплитуд и отношения сигнал/шум.

Для геологической неоднородности типа «флексура» опытным путём получено такое сочетание характеристик: снижение эффективных скоростей и повышение амплитуд частот и отношения сигнал шум (табл.1). Для всех профилей рассчитан КП с ориентацией сейсмических параметров на аномалию типа «флексура».

Повышение точности локализации аномалии достигается за счет оценки информационного вклада каждого из определяемых параметров. Разная степень реакции каждой волновой характеристики на объект исследования приводит к тому, что в комплексный

параметр они должны входить с весовыми коэффициентами. Физический смысл таких весов, рассчитанных по отношению к эталонному параметру (параметру, с наибольшей вероятностью отображающему свойства неоднородности) означает количественную меру подобия [3]. Для флексурной складки получены следующие весовые коэффициенты: табл. 1.

Таблица 1

Сейсмический атрибут	Поведение относительно доверительного интервала	Весовой коэффициент
Амплитуда	+	1
Эффективная скорость	-	0,33
Отношение сигнал/шум	+	0,8
Частота	+	0,002

Снова рассчитан комплексный параметр для всех профилей, но уже с учетом весовых коэффициентов. На рис. 2. представлены разрезы комплексного параметра по профилю 7, проходящему с запада на восток и секущему зону складчатых деформаций. При сравнении разрезов между собой очевидны более четкая локализация формы неоднородности по повышенным значениям КП и снижение интенсивности краевых эффектов.

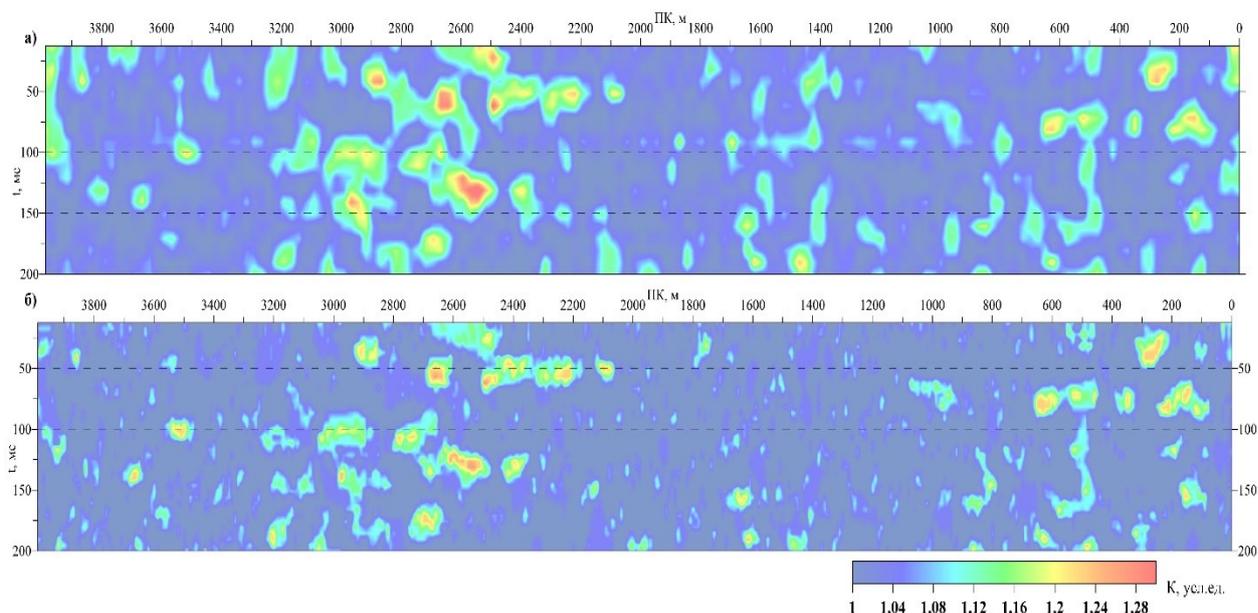


Рис. 2. Разрез комплексного параметра, рассчитанный для аномалии типа «флексура», по профилю 7:
а) равновесное суммирование; б) с учётом весовых коэффициентов

В качестве исходных данных для этапа интерпретации используются различные формы представления волнового поля. Динамический временной разрез, отражающий амплитудное распределение в низкочастотном диапазоне (рис. 3а), нагляднее всего демонстрирует проявление складки в волновом поле. Наблюдается прерывание осей синфазности, напоминающее выклинивание. Признаки осложнения волнового поля, вы-

званного наличием складчатости (ПК 2500–3000), наблюдаются в продуктивном интервале. В скоростной характеристике (рис. 3) участки складкообразования выделяются повышением эффективных скоростей.

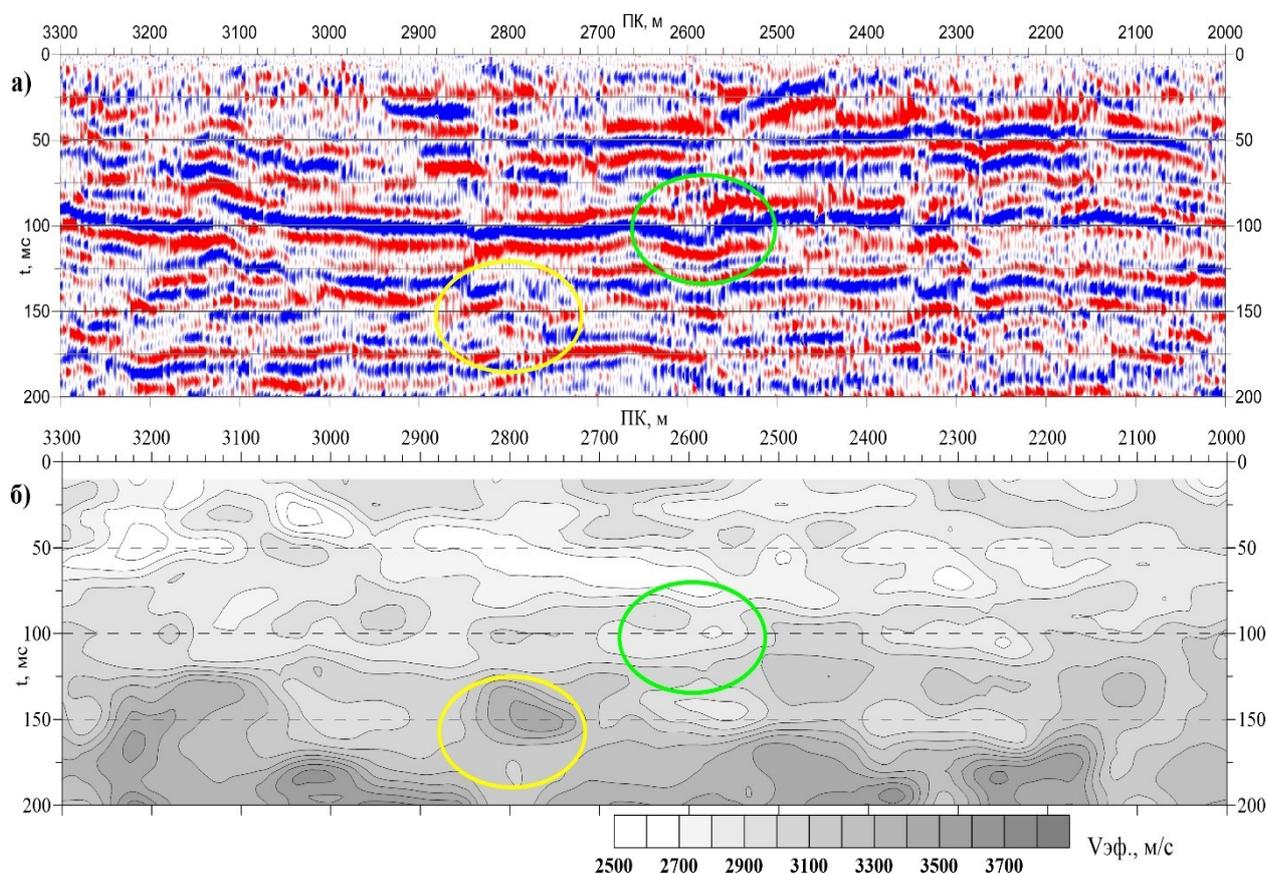


Рис. 3. Результаты интерпретации фрагмента профиля 7:

- а) динамический разрез в диапазоне частот 20–60 Гц,
- б) скоростная характеристика временного разреза

По результатам расчёта КП с весовыми коэффициентами для всех наземных профилей построена карта комплексного параметра (рис. 4), где повышенными значениями выделяется несколько флексурно-складчатых зон в меридианальном направлении. По результатам сейсморазведочных работ 2009–2018 гг выделено несколько типов аномалий: 1) зоны интенсивной складчатости; 2) низкоскоростные вертикальные структурные несогласия. Полученные повышенные значения КП расположены вдоль вертикальных структурных несогласий. Распространение полосы вертикального структурного несогласия согласуется с границами локального квазимеридионального прогиба по кровле первых пластов каменной соли.

На западе площади значительная аномалия КП, вытянутая меридионально, находится между зон интенсивной складчатости. Именно там отмечается сильный градиент структурных отметок. Максимальное распространение по разрезу пониженных значений скоростей распространения упругих волн отмечается также у западной границы зоны повышенной складчатости.

Флексурные складки, часто сопровождающие крупные антиклинальные структуры, непросто выделить на фоне интенсивной складчатости. Применение новых методик интерпретации позволяет локализовать за счёт особенностей их проявления в динамических и кинематических характеристиках волнового поля.

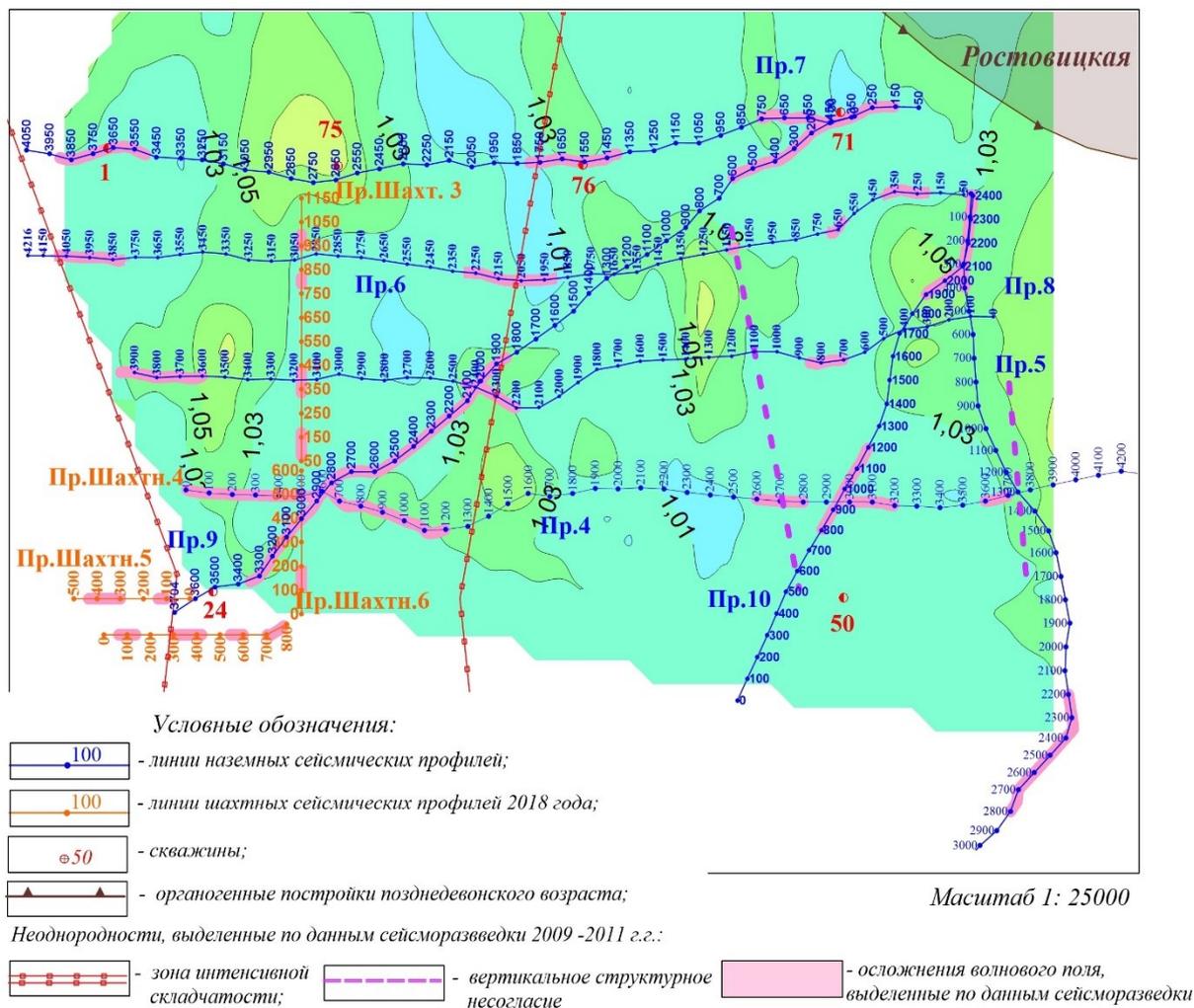


Рис. 4. Карта комплексного параметра, рассчитанного с весовыми коэффициентами

Исследование выполнено при финансовой поддержке Программы ФНИ, проект № 0422-2019-0146-С-02 (регистрационный номер темы НИОКТР: АААА-А18-118040690028-5)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байбакова Т.В. Информативность динамических и кинематических параметров отражённых волн при выделении контрастных скоростных неоднородностей // Современные проблемы геофизики: седьмая Урал. молодёжная науч. шк. по геофизике: сб. материалов. / ГИ УрО РАН [и др.]. – Екатеринбург, 2006. – С. 14–17.
2. Петротектонические основы безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения калийно-магневых солей / под ред. Н.М. Джиноридзе. – СПб; Соликамск, 2000. – 400 с.
3. Птецов С.Н. Анализ волновых полей для прогнозирования геологического разреза. – М.: Недра, 1989. – 135 с.: ил.
4. Санфиров И.А., Пригара А.М. Использование динамических характеристик сейсмических записей для уточнения прочностных характеристик массивов горных пород // Горное эхо. – 2002. – № 3 (9). – С. 31–33.
5. Санфиров И.А. О результатах применения малоглубинной сейсморазведки МОГТ на территории ВКМКС / И.А. Санфиров, А.Г. Ярославцев, А.И. Бабкин // ГеоЕвразия 2018. Современные методы изучения и освоения недр Евразии: тр. Междунар. геолого-геофизич. конф., 05-08 февр. 2018 г. / ООО «Центр анализа сейсмологич. данных МГУ». – М., 2018. – С. 664–668.