

2. Блинова Т.С., Удоратин В.В., Дягилев Р.А., Баранов Ю.В., Носкова Н.Н., Конанова Н.В. Сейсмичность и сейсмическое районирование слабоактивных территорий / ГИ УрО РАН [и др.]. – Пермь, 2015. – 178 с.
3. Блинова Т.С. Формирование единой базы данных для прогноза геодинамически неустойчивых зон слабосейсмичных регионов // Геофизические исследования. – 2021. – Т. 22, № 2. – С. 5-30. – DOI: 10.21455/gr2021.2-1.
4. Гитис В.Г., Ермаков Б.В. Основы пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике. – М.: Физматлит, 2004. – 256 с.
5. Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г., Кирдяшкин А.А. Глубинная геодинамика. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2001. – 409 с.: ил.
6. Крылов С.В. Сейсмические исследования литосферы Сибири. Избранные труды. – Новосибирск: Гео, 2006. – 345 с.
7. Крылов С.В., Мишенькин Б.П., Рудницкий А.Л., Суворов В.Д. Характеристика Западно-Сибирского региона и данных глубинного сейсмического зондирования // Строение земной коры в Западной Сибири (По результатам глубинного сейсмического зондирования): сб. науч. тр. / ИГИГ. – Новосибирск, 1974. – С. 7-16.
8. Сурков В.С., Жеро О.Г. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. – М.: Недра, 1981. – 143 с.: ил.
9. Blinova T. Generalization of the features of the geodynamically unstable zones and their connection with the deep structure low seismic activity regions // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM: 19th SGEM 2019, Bulgaria, 30 June-6 July. – Albena, 2019. – V. 19, № 1.1. – P. 813-820. – DOI: 10.5593/sgem2019/1.1.

УДК 550.8.052

DOI:10.7242/echo.2023.3.11

ВОЗМОЖНОСТИ МАЛОГЛУБИННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

Глебов Д.С.

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Проведены малоглубинные сейсморазведочные исследования на перспективных площадях. Выполнен этап интерпретации для выявления аномальных зон с дальнейшим выделением коэффициента ослабления. Построены структурные и скоростные схемы для сравнения с этапом прошлых лет.

Ключевые слова: малоглубинная сейсморазведка, интерпретация сейсморазведочных данных, сейсморазведочные аномалии.

Введение

Одной из основных особенностей разработки Верхнекамского месторождения калийных солей являются его сложные гидрогеологические условия. В связи с этим при ведении горных работ большое внимание уделяется сохранности водозащитной толщи, и для обеспечения безопасного ведения горных работ на площадях месторождения целесообразно выполнение малоглубинных сейсморазведочных исследований – для выявления участков аномального строения ВЗТ и выделения коэффициента ослабления, используемого при геомеханических расчетах [1].

Малоглубинные сейсморазведочные исследования на перспективных площадях

Стандартные геомеханические расчетные модели базируются на геологических данных. В условиях узкой сетки бурения на месторождениях легкорастворимых полезных ископаемых площадной геомеханический прогноз основывается на данных

малоглубинных сейсморазведочных исследований, которые подразумевают собой выделение геометрии границ ослабленных зон, что и позволяет повысить точность прогнозов.

По данным бурения скважин в пределах рассматриваемого участка в строении соляной залежи выделяется ряд толщ, у которых абсолютные отметки глубин залегания литолого-стратиграфических границ можно сопоставить с основными отражающими горизонтами: кровля соляно-мергельной толщи (СМТ), кровля переходной пачки (ПП), кровля покровной каменной соли (ПКС), кровля карналитового пласта Е (Ек), кровля сильвинитового пласта (Сил), кровля маркирующей глины (МГ) (таблица 1).

Таблица 1

Граница	Абсолютные отметки, м			
	скв.1	скв.2	скв.3	скв.4
устье скважины	155.95	136.05	164.66	153
кровля СМТ	26.45	44.55	133.61	-9.7
кровля ПП	-51.45	-38.55	42.56	-83.4
кровля ПКС	-84.65	-56.75	-43.04	
кровля пласта Е	-122.85	-102.2	-65.64	
кровля пласта А	-155.75	-145.55	-105.74	
кровля пласта КрII	-163.55	-155.8	-142.39	
кровля ПдКС	-175.55	-172.9	-149.24	
кровля МГ	-200.05	-206.75	-162.44	

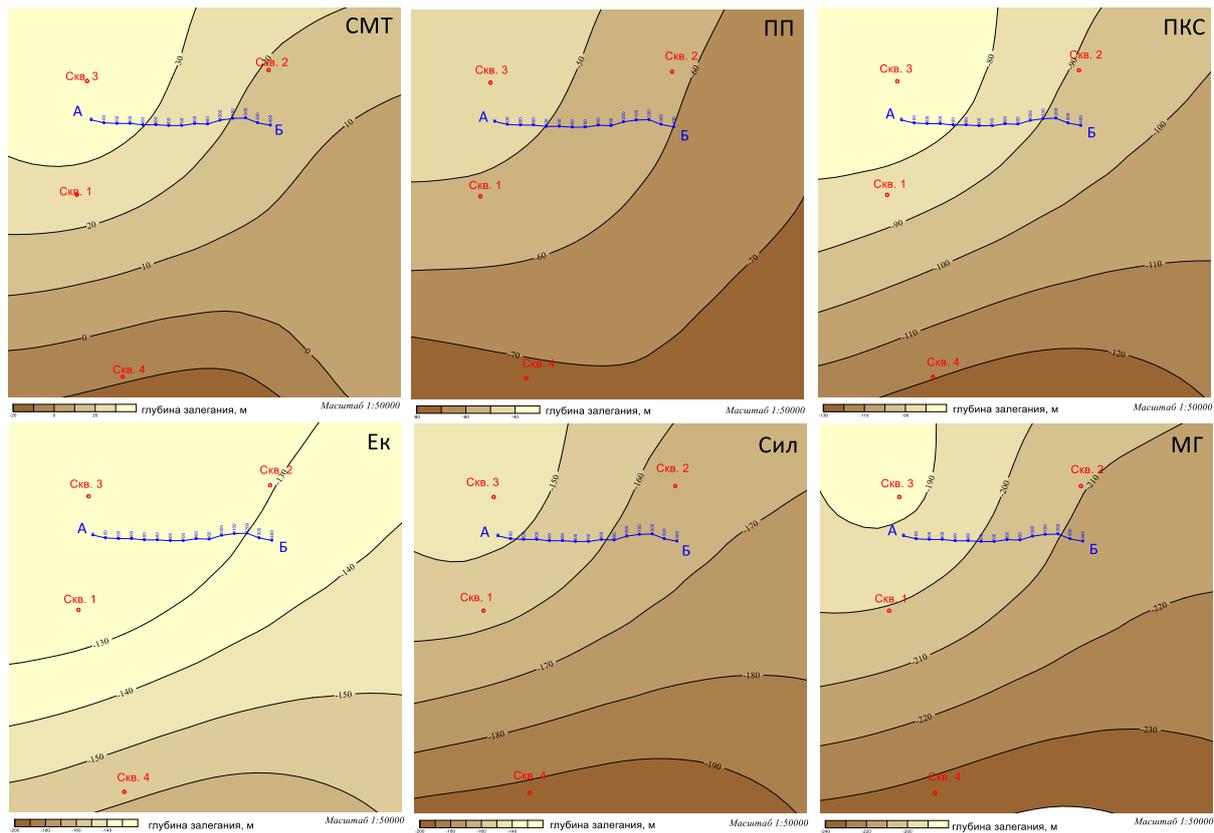
На основании этих данных построены структурные карты, на которых отображен характер залегания каждого из отражающих горизонтов (Рис. 1).

Также построена проектная расчетная модель, отражающая глубину залегания основных горизонтов на разрезе А-Б (Рис. 2).

Следует выделить, что малоглубинные сейсморазведочные исследования используются для решения широкого круга задач в горной промышленности. Они позволяют получать представление о геологических структурах, определять границы раздела горных пород, структурировать массивы и определять их свойства. Качественный анализ такой информации незаменим для обоснования геомеханических прогнозов. При определении механических свойств горных пород представляется возможность определить их напряжения, что в дальнейшем полезно для проектирования строительства подземных сооружений.

На рассматриваемом участке территории были проведены малоглубинные сейсморазведочные исследования для оценки особенностей геологического строения массива и степени их возможного влияния на безопасность отработки.

Полученные данные исследований обрабатывались в широком наборе процедур с использованием оригинальных программ лаборатории активной сейсмоакустики. В итоге для этапа интерпретации представлены различные формы волнового поля, такие как временной разрез по общей глубинной точке, скоростная характеристика, представляющая распределение эффективных скоростей во временной области, динамические временные разрезы, отражающие амплитудное распределение в частотном диапазоне обработки, низкочастотном, высокочастотном и мигрированном виде.



Условные обозначения:

- Скв. 4 ○ - скважина
- линия разреза расчетной модели
- изогипсы

Рис. 1. Структурные карты СМТ, ПП, ПКС, Ек, Сил, МГ

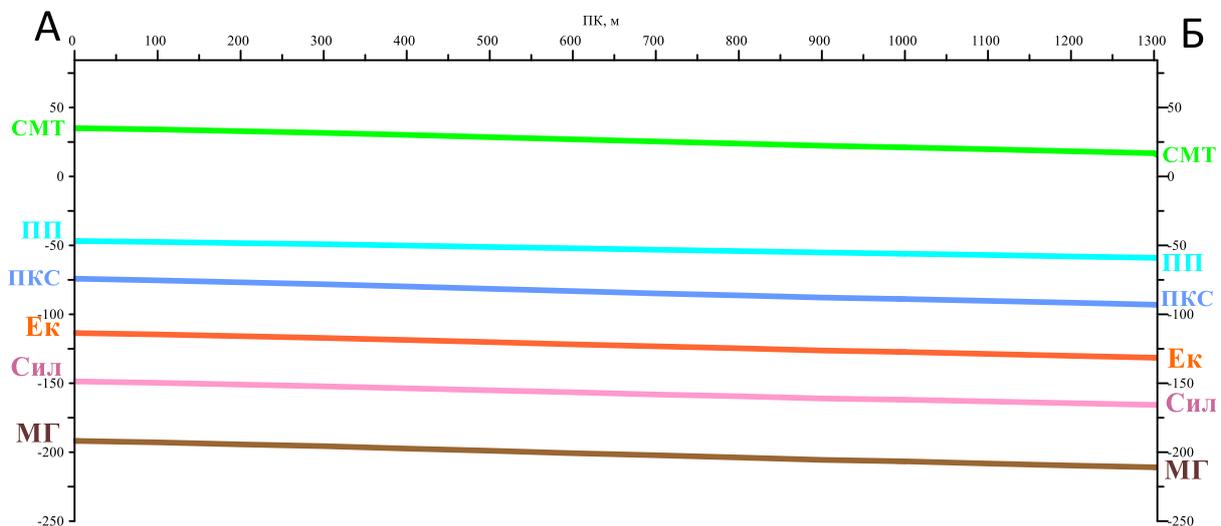


Рис. 2. Проектная геологическая модель по линии А-Б

Интерпретация сейсморазведочных данных

При работе с временными разрезами можно выделить ряд наиболее динамически выраженных осей синфазности, которые соответствуют целевым сейсмическим отражающим горизонтам, приуроченным к кровле: соляно-мергельной толщи (СМТ), переходной пачки (ПП), покровно каменной соли (ПКС), карналлитового пласта Е (Ек), сильвинитовой зоны (Сил) и интервал маркирующей глины (МГ) (Рис. 3).

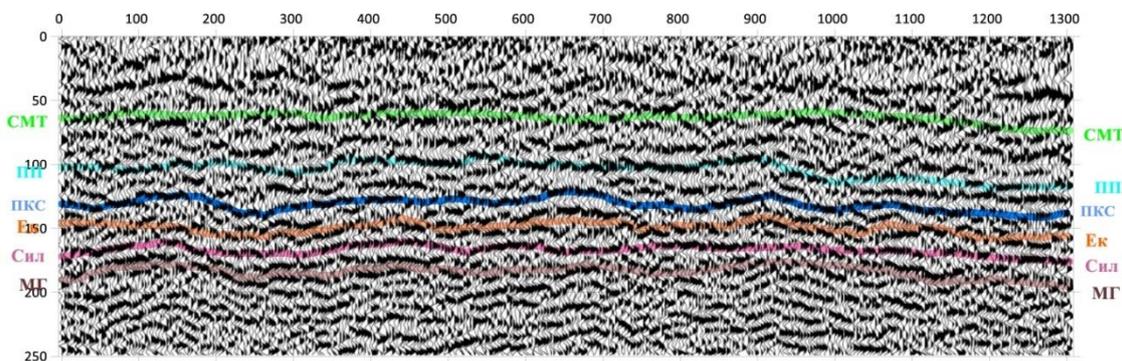


Рис. 3. Временной разрез с выделенными ОГ

Также для этих основных отражающих горизонтов построены схемы интервальных скоростей. На первой схеме для интервала продуктивной толщи значения рассчитывались с целью локализации зон замещения, на второй – для выявления ослабленных зон по физическим свойствам участков ВЗТ (Рис. 4).

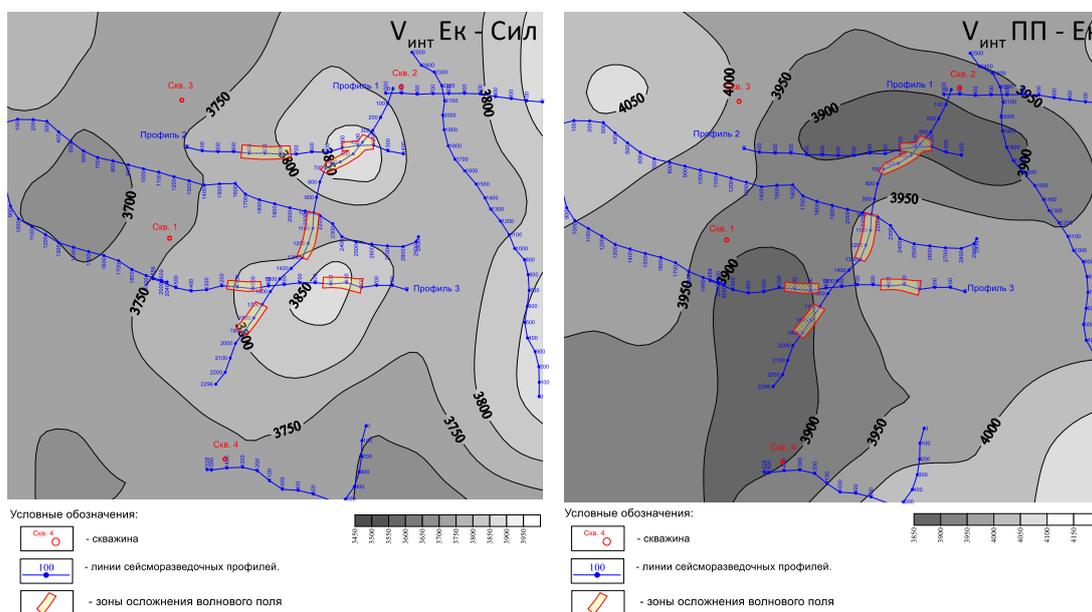


Рис. 4. Сопоставление Vинт Ек-Сил и Vинт ПП-Ек с результатами качественной интерпретации сейсморазведочных данных

Для выделения признаков осложнения геологического разреза рассматривались повышенное затухание сейсмической записи, нарушение корреляции отражающих горизонтов и изменчивость значений эффективных скоростей [2].

По нарушениям структуры волновой картины, снижению интенсивности и значениям скоростной характеристики на профильных линиях выделяются участки осложненный волнового поля (Рис. 5). При их локализации учитывается согласованность негативных изменений анализируемых сейсмических параметров, представленная на разрезе комплексного параметра (Рис. 6).

В результате исследований были построены временные, скоростные, амплитудные разрезы и интерпретационные схемы, отражающие строение надсоляной и соляной толщ (Рис. 7). Выявлены зоны, отличающиеся по упругим свойствам от вмещающего массива пород, и на основании полученных данных сформулированы предположения о природе возникновения выделенных зон.

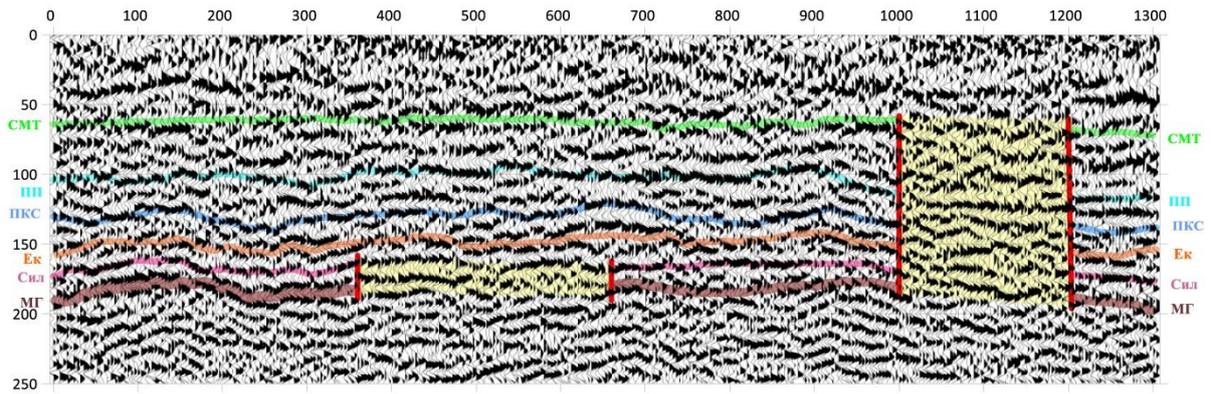


Рис. 5. Временной разрез с выделенными аномалиями

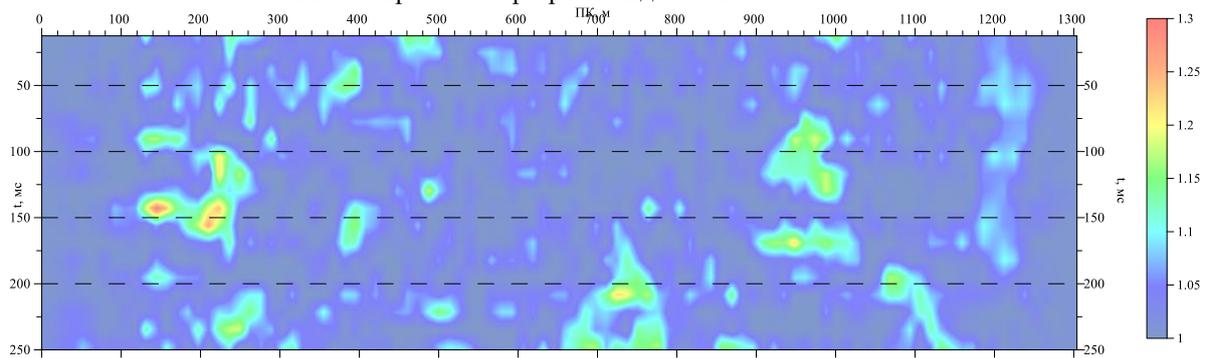


Рис. 6. Разрез комплексного параметра

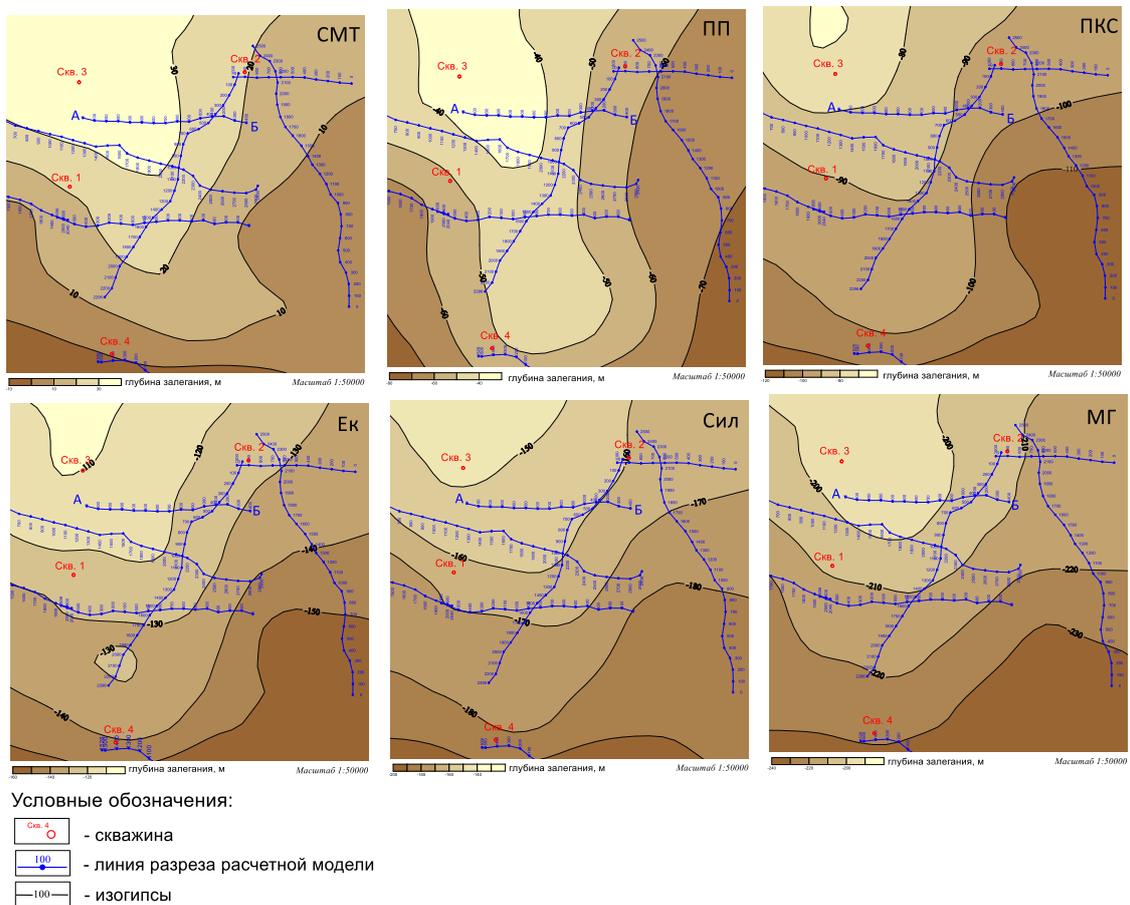


Рис. 7. Структурные карты после проведения сейсморазведочных исследований

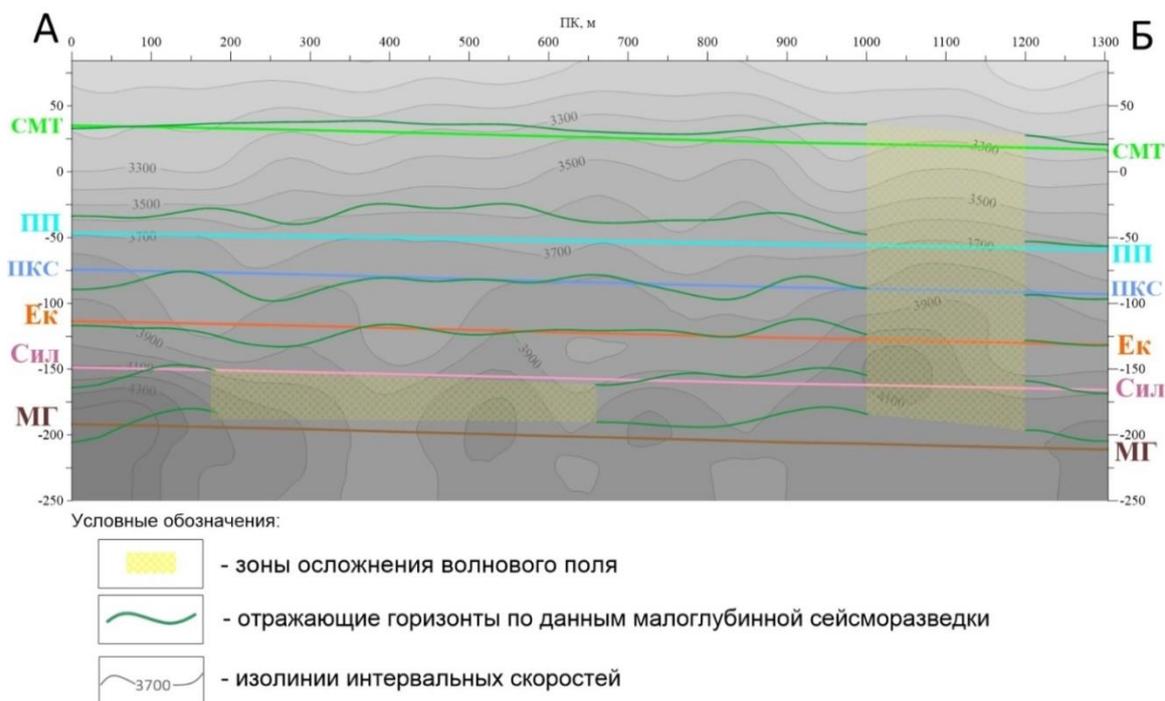


Рис. 8. Сейсмогеологический разрез

Один из факторов, на который обращают внимание при выделении зон осложнения волнового поля, является структурно-литологический фактор аномалии. Он связан с изменением свойств горных пород в результате различных деформаций и наличия различных литологических слоев. Также вместе с ним рассматривают литологический фактор, он связан с изменением состава и структуры горных пород, что в конечном итоге приводит к изменению скорости распространения сейсмических волн, а самую прогнозную оценку ухудшения прочностных свойств возможно определить по распределению интервальных скоростей в исследуемом интервале геологического разреза [3] (Рис. 8).

Так как проектная линия была выбрана по линии отработки профиля, можно сделать прямое сравнение разреза до и после проведения малоглубинной сейсморазведки.

На сейсмогеологическом разрезе видно, что данные об отражающих горизонтах стали точнее, и выделены участки осложнения волнового поля. Все выделенные сейсморазведочные аномалии характеризуются пониженными механическими свойствами пород. При проведении геомеханических расчетов выделенные на этапе сейсморазведочных работ аномалии учитываются как области с пониженными прочностными и деформационными свойствами соляных пород в соответствии с установленным коэффициентом ослабления.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ (рег. номер 122012000401-7).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Санфиоров И.А., Ярославцев А.Г., Жикин А.А., Глебов С.В., Герасимова И.Ю. О перспективах малоглубинной сейсморазведки 3D на Верхнекамском месторождении солей // Геофизика. – 2015. – № 5. – С. 6-11.
2. Санфиоров И.А., Ярославцев А.Г. Опыт применения сейсморазведки ОГТ для решения инженерно-геологических задач // Геофизика. – 2004. – № 3. – С. 27-30.
3. Санфиоров И.А., Бабкин А.И., Ярославцев А.Г., Прийма Г.Ю., Фатькин К.Б. Сейсморазведочные исследования условий разработки калийной залежи // Геофизика. – 2011. – № 5. – С. 53-58.