

Таким образом, выполненные исследования свидетельствуют о существовании выраженной сезонной структуры микросейсмического процесса. Сравнение распределений сейсмичности в течение года с сезонными вариациями скорости суточного вращения Земли показывает, что сейсмическая активность существенно возрастает в периоды замедления скорости. Эффект неравномерного вращения Земли наиболее рельефно проявляется для событий определенных энергетических уровней. Для каждого месторождения характерен свой фазовый сдвиг для циклов активизации микросейсмического процесса относительно сезонных изменений скорости вращения Земли.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киселев В.М. Неравномерность суточного вращения Земли / отв. ред. Ю.Д. Калинин. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 160.: ил.

УДК 550.834

DOI: 10.7242/echo.2019.2.18

## ОСОБЕННОСТИ КОРРЕЛЯЦИИ ОТРАЖАЮЩИХ ГОРИЗОНТОВ СОЛЯНОЙ ТОЛЩИ

А.И. НИКИФОРОВА

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация:** Основной особенностью, затрудняющей интерпретацию данных сейсморазведочных исследований на территории Верхнекамского месторождения, является значительная лито-фациальная изменчивость строения соляной и надсоляной толщ. При этом, сейсмогеологические характеристики разреза меняются как по вертикали, так и по латерали. Эти факторы существенно осложняют привязку и прослеживание опорных отражающих границ. Поэтому анализ достоверности и точности полученных результатов является необходимым этапом интерпретации. Объективная оценка материалов сейсморазведочных исследований возможна по результатам последующего бурения геологоразведочных скважин и проходки горных выработок. Выполненный анализ позволяет выявить возможные причины погрешностей определения глубин залегания отражающих горизонтов.

**Ключевые слова:** Верхнекамское месторождение калийных и магниевых солей, литология, сейсморазведка, сейсмоакустическая модель, погрешность определения глубины.

При интерпретации сейсмических данных необходимо учитывать факторы, не позволяющие отождествлять все особенности волнового поля с особенностями геологического строения. Среди них- условия осадконакопления и постседиментационные преобразования пород. Последние значительно усложняют распределение геоакустических параметров в разрезе, вуалируют сейсмическое изображение. В таких разрезах усложняется пространственное распределение скоростей и других петрофизических параметров, появляются несоответствия геологических и сейсмических границ [2]. Особенно актуальна эта проблема для специфических условий Верхнекамского месторождения. А именно, по причине: малой глубины целевого интервала (до 500 м), тонкослоистой структуры целевых интервалов геологического разреза и существенной латеральной изменчивости их физических параметров.

Согласно результатам скоростного анализа и материалам разведки месторождения выделяется ряд отражающих горизонтов, характеризующих строение соленосного и надсолевого комплексов пород. При построении обобщенной сейсмогеологической модели для определения полярности сейсмической записи, стратиграфической привязки отражений, изучения влияния скоростных неоднородностей разреза учитывались результаты одномерного сейсмического моделирования, выполненного в разные годы. Для решения этих задач расчет синтетических трасс проводился в условиях горизонтально-слоистой среды и вертикально распространяющейся плоской продольной волны. Использовались детальные сейсмоакустические модели с привлечением акустического каротажа (рис. 1).

Данные геологоразведочных скважин, пробуренных по результатам сейсморазведочных исследований, позволяют объективно оценить достоверность структурных построений и интерпретационных выводов в рамках принятой сейсмогеологической модели. Анализ достоверности малоглубинных сейсмических исследований выполнен для северо-западной неотработанной части месторождения (Половодовский участок). Опорными данными для интерпретации материалов сейсморазведки послужили результаты бурения 145 скважин. Плотность бурения составляла 0.406 скв/км<sup>2</sup>. Среднее расстояние до профиля - 580 м. Малоглубинные сейсморазведочные исследования проводились в 2009-2011 гг.

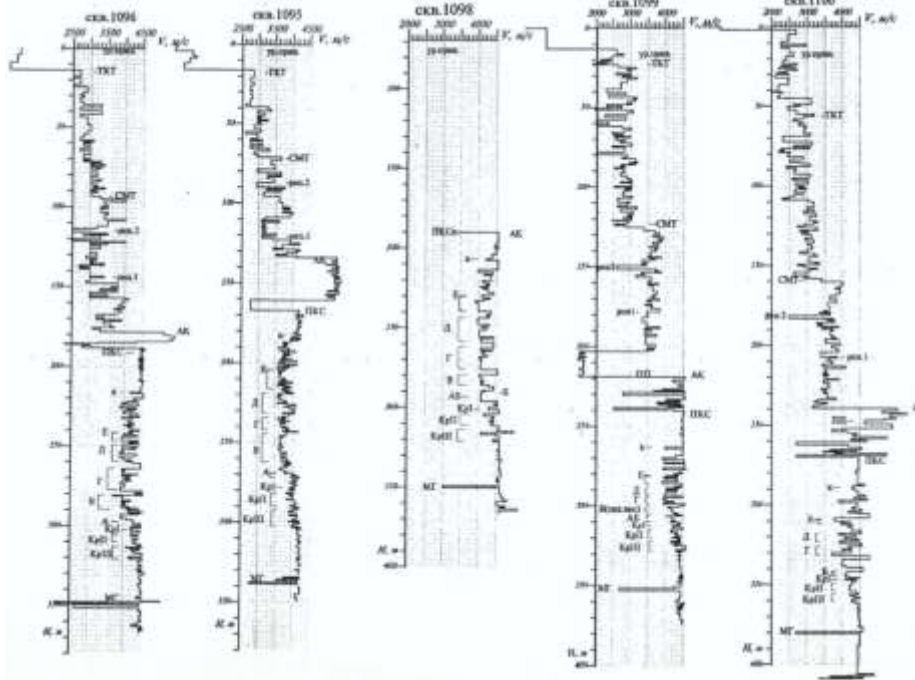


Рис. 1. Сравнение скоростных диаграмм

В результате - построены структурные, скоростные и интерпретационные схемы, отражающие строение надсоляной и соляной толщ. Выявлены и закартированы зоны, отличающиеся по упругим свойствам от вмещающего массива пород. При последующем геологическом доизучении участка осуществлено бурение еще порядка 30 геологоразведочных скважин. Сопоставление абсолютных отметок залегания ОГ по данным сейсморазведки и бурения выполнено на основе теории вариационных рядов [1]. Они построены по распределению погрешностей определения глубины залегания первых пластов каменной соли в подошве соляномергельной толщи (ВС), карналитового пласта Е (Ек) и сильвинитовой пачки (Сил.) (рис. 2).

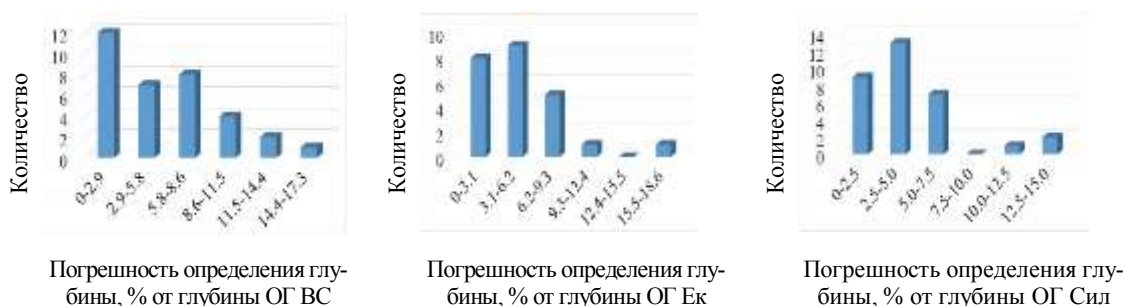


Рис. 2. Погрешность определения глубины залегания отражающих горизонтов по данным сейсморазведки

Как видно из приведенных данных, в основном, значения невязок не превышают 5% от глубины залегания ОГ. На рис. 3 представлен временной разрез по профилю, для ко-

того характерна хорошая сходимость положения физических границ с литолого-стратиграфическими.

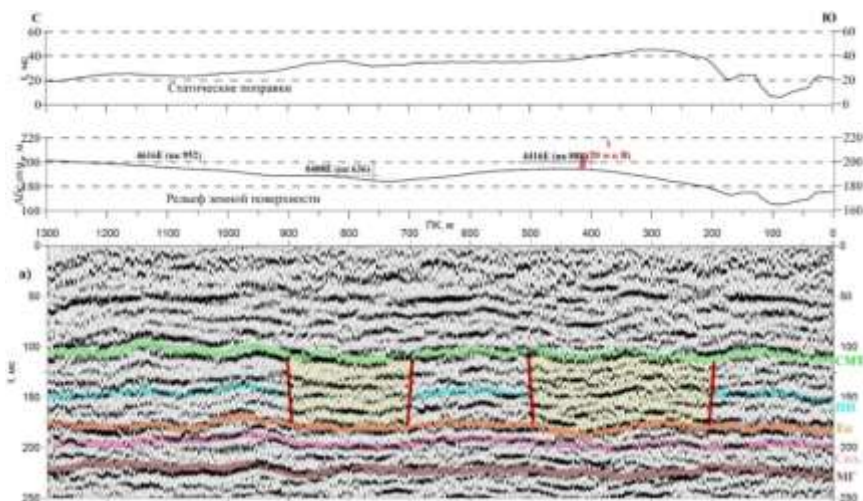


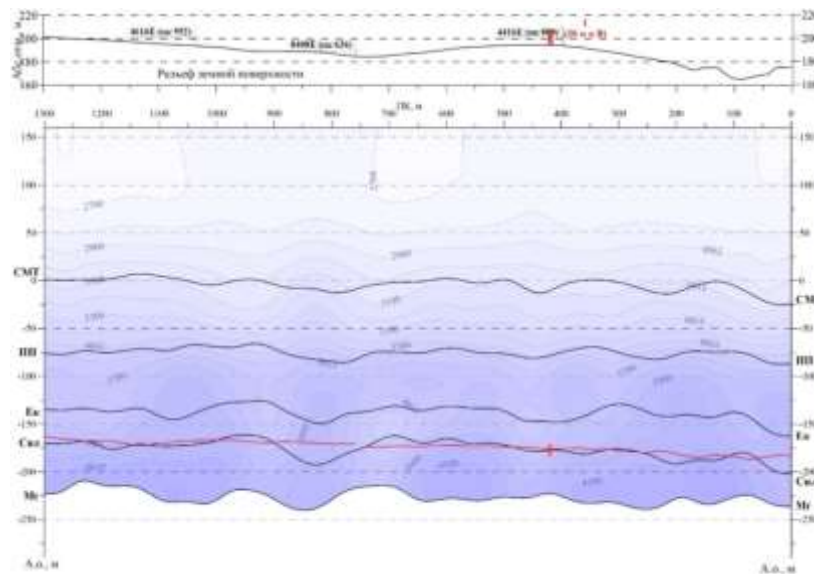
Рис. 3. Временной разрез ОГТ

На этапе корреляции сложностей с отождествлением положения ОГ не возникало. В 2018 г. параллельно профилю наземных малоглубинных сейсморазведочных исследований выполнялась проходка горных выработок. В непосредственной близости от профиля пробурена подземная скважина, вскрывшая аномальный участок разреза (по данным сейсморазведки), который отличается по упругим свойствам от вмещающего массива пород. По данным бурения установлены глинистые прослои во всем интервале сильвинитовой зоны. Отметка кровли ОГ Сил соответствуют отметке кровли сильвинитового пласта А в скважине.

Сопоставление положения кровли сильвинитовой зоны по данным сейсморазведочных исследований и результатам, полученным при проходке горной выработки приведены на рис. 4. Значимых расхождений не выявлено. В среднем по профилю значение невязки составило 5 м или 1.4 %.

Тем не менее, для каждого интервала сейсморазведочных исследований существуют повышенные значения погрешностей определения глубин залегания ОГ. Как правило, они обусловлены двумя основными факторами: значительным расстоянием между скважиной и профилем (более 400 м) и литологическими неоднородностями разреза. Рассмотрим последний вариант на конкретном примере. Скважина пробурена на участке, с аномальными особенностями строения, предполагаемыми по сейсморазведочным данным. Расположена в 80 м от профиля, в краевой части Юрчукского рифогенного массива. Результаты сейсмомоделирования свидетельствуют о неустойчивом характере свойств отражающих пачек пород вдоль стратиграфических границ (рис. 5). По сравнению с фоновой скважиной, пробуренной в начале профильной линии разрез в интервале ур. Пр.- СМТ менее дифференцирован по акустическим свойствам (в его нижней части выпадает двадцатиметровый пласт относительно высокоскоростных известняков). С этим связана смена полярности отражения для ОГ СМТ и его смещение по шкале времен вверх.

Непосредственно на кровле покровной каменной соли залегает пачка мергелистых глин мощностью 7 м (в фоновой скв.- 3м), в которых скорость волн падает до 2300 м/с. Они не отличаются по показаниям гамма- и нейтронного гамма-каротажа от вышележащих более высокоскоростных глин, что по-видимому, свидетельствует об изменении их структуры при том же литологическом составе. Кроме того, в кровле ПКС вскрыт менее чистый (по сравнению с фоновой) пласт каменной соли мощностью 10 м. Перечисленные особенности определили формирование ОГ ПКС на 12 м ниже стратиграфической границы. В соляном интервале по сейсморазведочным наблюдениям отмечается низкоскоростная аномалия, которая подтверждается данными акустического каротажа.



- положение кровли пласта А по данным проходки горной выработки
- положение кровли пласта А по данным сейсморазведочных исследований

Рис. 5. Сейсмогеологический разрез

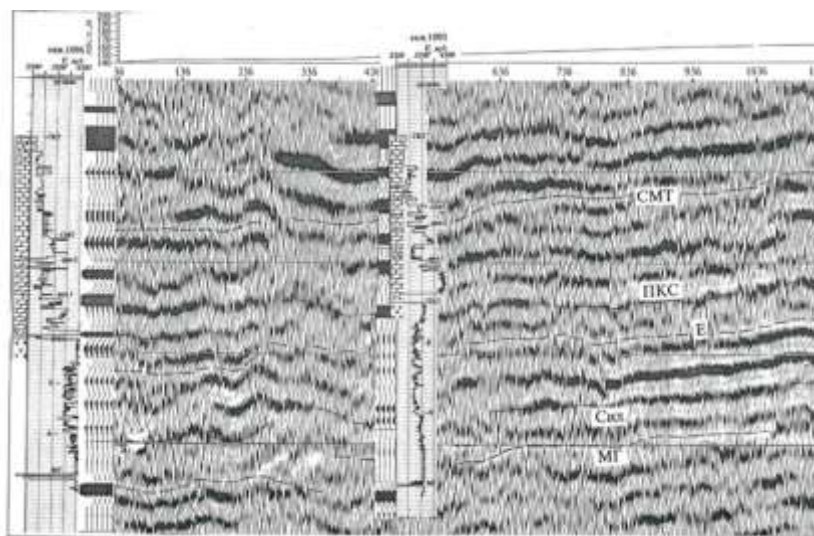


Рис. 6. Фрагмент временного разреза и результаты одномерного сейсмо моделирования по скважинам

В данном случае погрешности определения глубин залегания целевых горизонтов обусловлены объективными причинами. Поскольку при интерпретации сейсморазведочных данных необходимо придерживаться выполненной стратиграфической привязки, а процесс корреляции основан на прослеживании одноименных фаз отражений, фактически были прослежены физические, а не литолого-стратиграфические границы. Аналогичная ситуация представлена на рис. 6.

Неоднозначность корреляции ОГ ПП (кровля переходной пачки) на пк. 0-300 и пк. 650-750, связана с акустической контрастностью двадцатиметровой пачки мергелей и перекрывающих ее гипсовых пластов. На этих границах формируются отражения, маскирующие интерференционные эффекты, полученные от первого пласта каменной соли. Мощность подстилающей его пачки мергелей увеличивается от 8 м (скв. 153) до 19 м (скв. 602). В кровле этого слоя на пк. 1100-1250 формируется амплитудное отражение с положительным основным экстремумом, интерферирующее с отраженным импульсом от кровли переходной пач-



ки. В результате этого явления искажается волновая картина и происходит смещение ОГ вниз. Оценить степень невязки физических и литолого-стратиграфических границ можно на приведенном сейсмогеологическом разрезе (рис. 7).

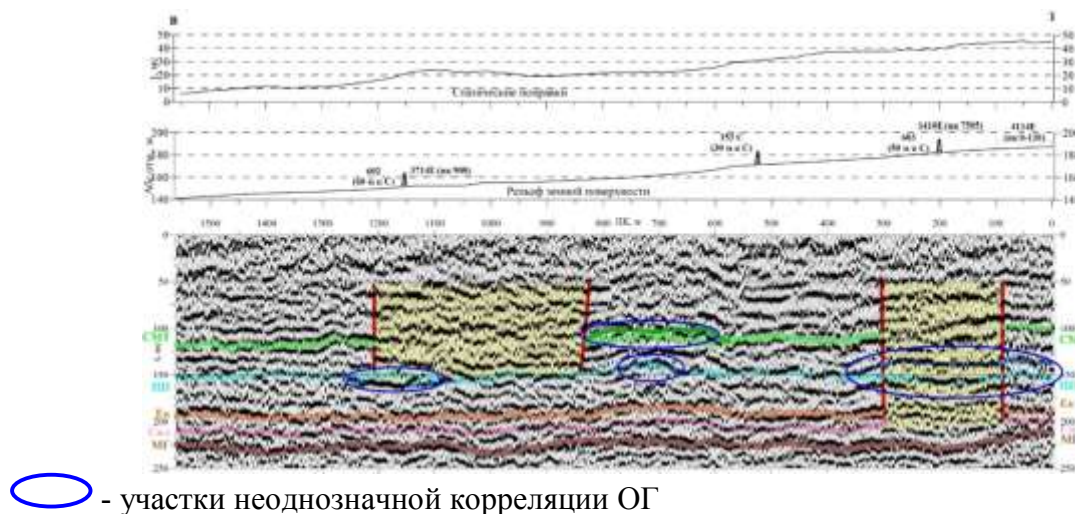


Рис. 6. Временной разрез ОГТ

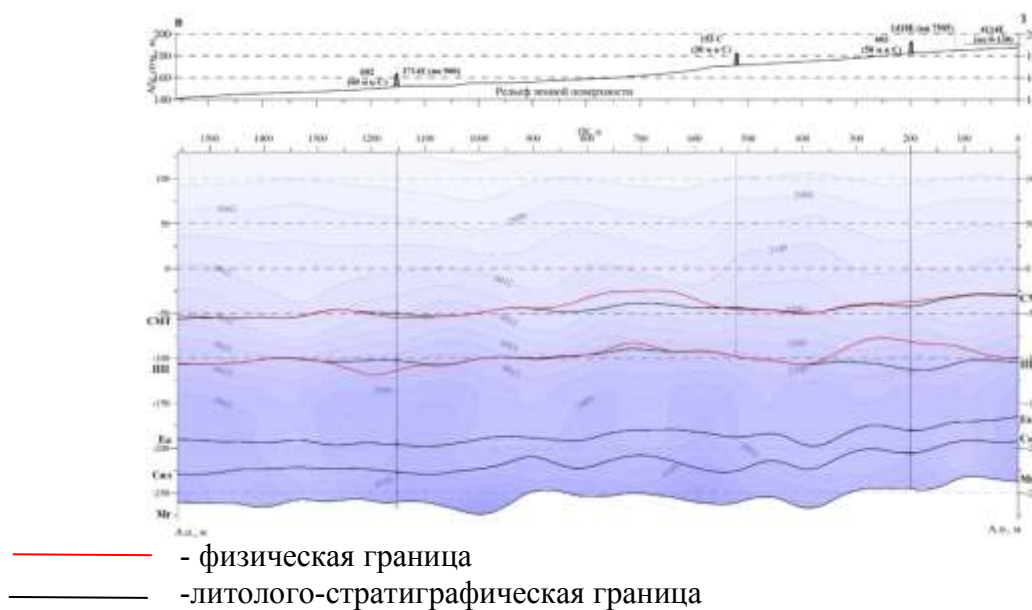


Рис. 7. Сейсмогеологический разрез

Рассмотренные особенности корреляции ОГ позволяют предположить, что расхождения положения геологических границ по сейсмическим данным и результатам бурения скважин объясняются несовпадением физических и литолого-стратиграфических опорных горизонтов в связи с аномальными особенностями строения исследуемого интервала разреза. Поэтому подобные участки заслуживают особого внимания.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Венецкий И.Г., Кильдишев Г.С. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: «Статистика», 1975. – 264 с.
2. Интерпретация данных сейсморазведки: Справочник. – М.: Недра, 1990. – 447 с.: ил.