

УДК 550.834

А.И. Бабкин, И.А. Санфиоров

**СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫЙ ПРОГНОЗ
ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ
В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ
МЕЖШТРЕКОВОГО ПРОСТРАНСТВА**

Негативное влияние на стабильность горного производства на Верхнекамском месторождении солей оказывают зоны литологического замещения продуктивных пластов. Локализация данных зон возможна методом сейсмического просвечивания. Предложены два направления цифровой обработки и интерпретации сейсмоакустических данных. Первое определяет границы зоны в горизонтальной плоскости межштрекового пространства. Второе дает набор диагностических признаков проявления зон замещения.

Ключевые слова: месторождение, залежь, геологический разрез, каменная соль, горный массив, отражающий горизонт.

Верхнекамское месторождение калийных солей (ВКМКС) характеризуется сложным геологическим строением и значительной латеральной изменчивостью физических свойств горного массива. В подобных условиях планомерное и безопасное освоение месторождения подземным способом требует оперативного и постоянного изучения горно-геологической обстановки на всех стадиях его разработки.

Негативное влияние на стабильность горного производства оказывают так называемые зоны разубоживания (замещения) продуктивных пластов [2]. Зоны замещения — локальные участки калийной залежи с измененным, вследствие вторичных преобразований, литологическим составом пластов. Замещение, как правило, происходит следующим образом: карналлитовые породы под действием внешних факторов изменяются до пестрых или полосчатых сильвинитов, сильвинитовые пласты в свою очередь обычно замещаются каменной солью. Различия в значениях упругих пара-

метров отложений в подобных зонах и за их пределами могут быть достаточными для успешного применения сейсмоакустических методов. Наибольшей информативностью характеризуются исследования, проводимые в рамках методики общей глубинной точки (МОГТ).

Типовая физико-геологическая модель локальной зоны замещения позволяет предположить в качестве основного поискового признака высокий уровень скоростной изменчивости на границах интервалов геологического разреза, включающих данные неоднородности (рис.1). Сама зона является высокоскоростной относительно вмещающих пород. Кроме того, в интервале замещения снижается акустическая контрастность пластов в вертикальном направлении, что приводит к снижению интенсивности отраженных волн и искажению волновой картины.

Для локализации подобных геологических неоднородностей и изучения их строения предложены комплексные сейсмические наблюдения в рам-

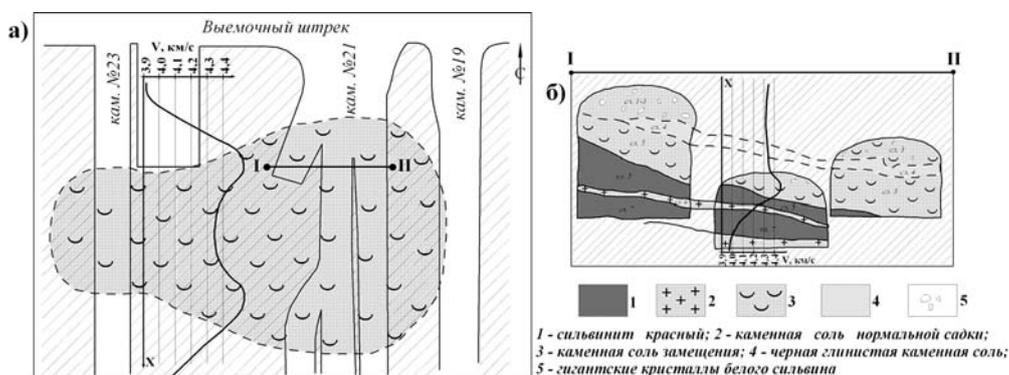


Рис. 1. Физико-геологическая модель зоны замещения в плане (а) и в разрезе линии I-II (б)

как МОГТ и метода сейсмического просвечивания (МСП): МОГТна уровне ниже предполагаемых вертикальных границ зоны замещения; МСПв пределах горных выработок, пересекающих предполагаемые горизонтальные границы зоны замещения [1].

При рассмотрении материалов МОГТ внимание должно уделяться окончательным результатам скоростного анализа и особенностям волновой картины на временном разрезе. В качестве признаков зоны замещения по данным МОГТ служат: 1) резкие изменения скоростной характеристики изучаемого интервала разреза в приграничных участках; 2) повышенные значения скоростей в зоне замещения относительно вмещающих пород; 3) крайне нерегулярный характер волновой картины в интервале временного разреза, соответствующего местоположению зоны замещения.

Определение границ распространения зон замещения при проведении сейсмоакустических наблюдений в вертикальной плоскости не вызывает особых затруднений. На сегодняшний день накоплен достаточный объем практических результатов решения данной задачи. Пример успешной локализации участка разреза с изменен-

ным литологическим составом продуктивных пластов вследствие разубоживания представлен на рисунке 2. Зона замещения находит свое проявление по всем поисковым признакам, а именно: снижение регулярности основных отражающих горизонтов и интенсивности сигнальной составляющей в ее пределах; повышенные значения эффективных скоростей и высокий градиент их изменения на границе выделяемой зоны.

Авременной разрез МОГТ; бдинамический разрез; вскоростная характеристика

Несмотря на физические предпосылки и методические возможности, картирование пределов распространения литологических неоднородностей массива в горизонтальной плоскости ранее не проводилось. Дополнительные технологические преимущества раскрываются при реализации МСП на отражённых волнах. В результате обработки данных МСП отражёнными волнами получаем наглядное, интерпретируемое сейсмическое изображение исследуемой среды и более точные определения скоростных характеристик за счёт двойного прохождения упругих волн через просвечиваемый массив.

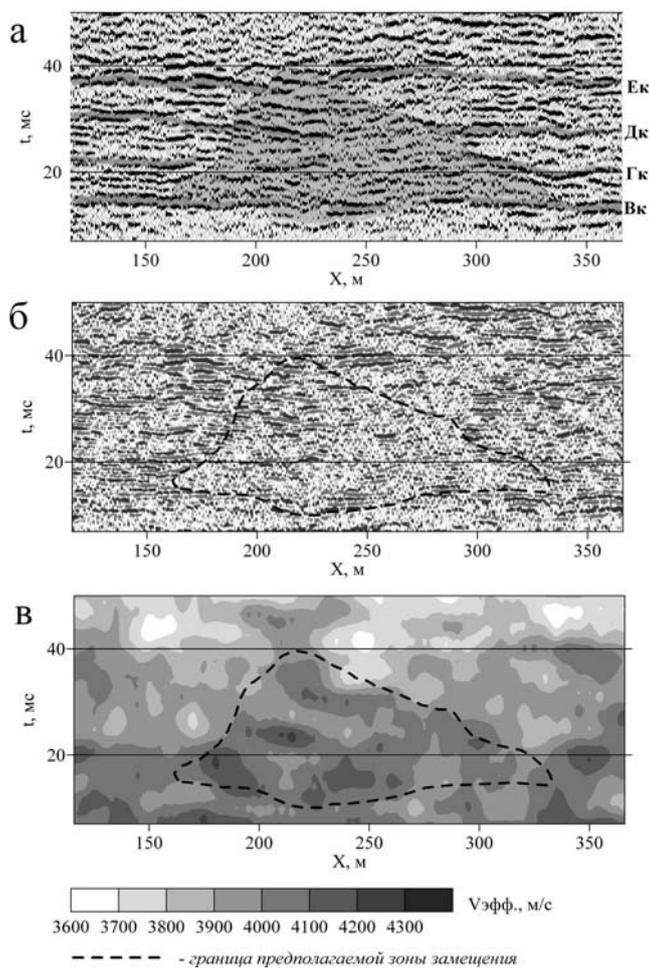


Рис. 2 Картирование зоны замещения продуктивных пластов в вертикальной плоскости

При этом, наблюдения с использованием отраженных в горизонтальной плоскости волн могут проводиться в условиях доступа хотя бы к одной горной выработки. Последнее преимущество немаловажно для проведения наблюдений на этапе проходки одиночных разведочных выработок.

Одной из таких разведочных выработок вскрыта зона замещения сильвинитовых пластов каменной солью. С целью определения границ ее распространения в подготавливаемом для очистных работ целике проведено

сейсмическое просвечивание с использованием отраженных волн.

Необходимым условием формирования в горизонтальной плоскости межштрекового пространства полей отраженных волн является достаточная скоростная дифференциация горного массива в лучевом направлении распространения волн. Физико-геологическая модель зоны замещения предполагает такую дифференциацию за счет резкой смены литологического состава пород в пределах одного стратиграфического пласта. Однако, если при наблюдениях в вертикальной плоскости критерием выделения зон замещения на волновых картинах служит снижение акустической контрастности отражающих горизонтов (ОГ), то в горизонтальной плоскости наоборот следует ожидать появления ОГ, связанного со сменой литологического состава в пределах пласта.

Исходя из принятой физико-геологической модели зоны замещения, сформулированы два направления цифровой обработки. Первое выделение предполагаемых пространственных границ зоны замещения. Подразумевается минимальное регуляризирующее преобразование поля отраженных волн. Это позволяет получить волновую картину в условиях сложного пространственного положения ОГ, но с высоким уровнем помех (рис. 3). Помехи имеют как случайный так и регулярный характер.

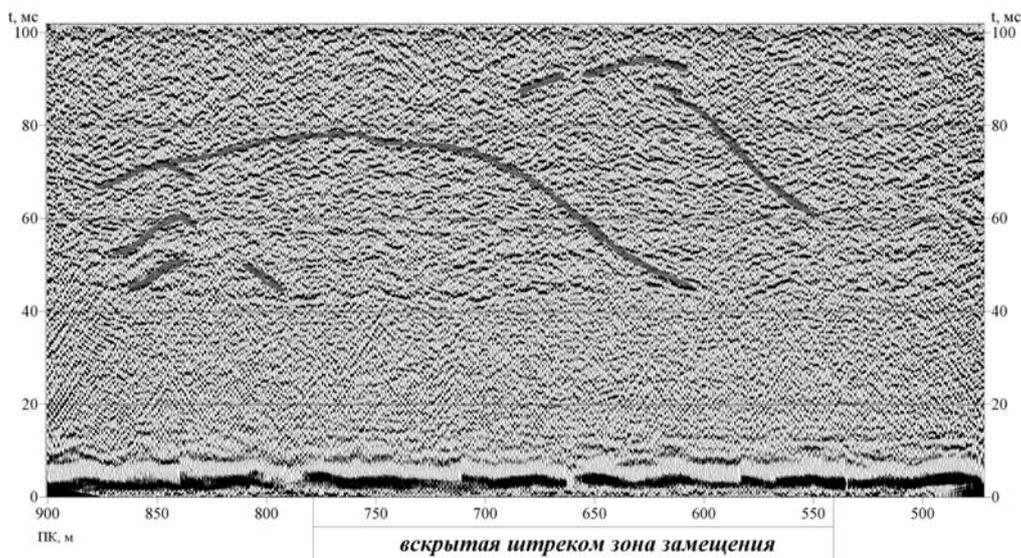


Рис. 3. Временной разрез МОГТ горизонтальной плоскости межштрековой пространства

Последние связаны с недостаточным подавлением поперечных волн (S-волны) в условиях «шалящего» применения процедур пространственной фильтрации. Наличие S-волн в регистрируемом поле связано с характеристикой направленности точечного источника, при которой энергетический максимум поперечных смещений имеет отклонение от направления воздействия в пределах диапазона углов $\approx 45-65^\circ$. В условиях более выраженной акустической контрастности геологического разреза в диапазоне этих углов регистрируются отраженные S-волны, пришедшие к линии наблюдений от вышележащих пластов [3].

МОГТ имеет методические ограничения по регистрации волн, отраженных от крутопадающих к линии наблюдений ОГ. Вследствие этого на временном разрезе отражения от границ зоны замещения коррелируются только на участках их относительно пологого расположения к вы-

работке (рис. 3). Заметим, что выделяемые отражения не ограничивают однозначно интерпретируемую область, а имеют сложный вид и коррелируются в нескольких интервалах просвечиваемого массива. Возможные причины такого проявления связаны на наш взгляд с неоднородным строением измененных пород и присутствием в приграничных участках глинистого материала.

Согласно принятой модели, в пределах зоны замещения при анализе основных характеристик регистрируемого поля отраженных волн следует ожидать увеличение эффективных скоростей ($V_{эфф}$), абсолютных значений амплитуд ($A_{абс}$) и частоты их спектрального центроида (f_{centr}). Изменения перечисленных параметров анализируются совместно, для чего рассчитывается единый комплексный параметр, который представляет собой логическую сумму интерпретационных выводов о положительной аномальности каждой из анализируе-

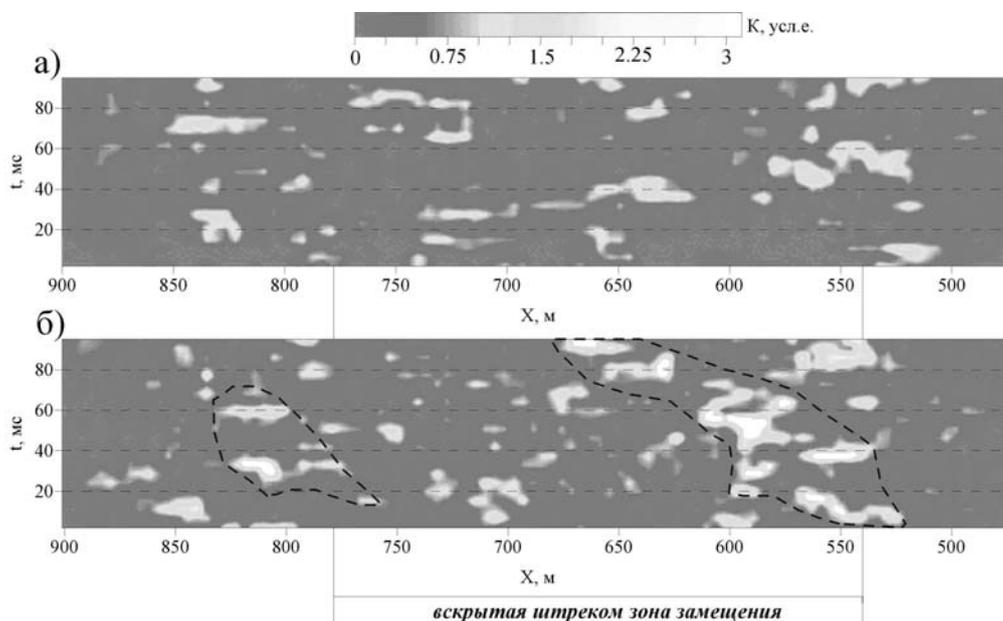


Рис. 4. Распределение комплексного параметра в горизонтальной плоскости, найденное в рамках первого (а) и второго (б) направлений цифровой обработки данных

мых характеристик волнового поля (рис. 4). Конечная величина параметра представляет собой сглаженную сумму по всем анализируемым составляющим.

На разрезе комплексного параметра (рис. 4, а) аномальные участки распределены по всему интервалу исследований и не имеют четкой локализации, что указывает на их недостаточную интерпретационную эффективность. Малая информативность рассматриваемых параметров поля связана с недостаточным выделением сигнальной составляющей в плоскости просвечивания вследствие «шадящей» цифровой обработки. В этой связи рассматривается и второе направление обработки сейсмоакустических данных, заключающееся в максимальном повышении интенсивности отраженных сигналов в целевом интервале разреза. В результате получаем наглядное, интерпретируемое сейсми-

ческое изображение (рис. 3) и набор диагностических признаков проявления зоны замещения, представленный в виде распределения комплексного параметра (рис. 4, б).

Повышению информативности амплитудных и кинематических параметров отраженных волн при усложнении цифровой обработки способствуют различного рода структурные неоднородности (складки, включения литологических разностей и т.д.), на которых формируется отраженный сигнальный фон. Применение процедур пространственной и когерентной фильтрации способствуют выделению этого фона в условиях отсутствия выдержанных отражающих горизонтов. В этом случае информативность временного разреза носит только качественный характер, заключающийся в повышенном амплитудном фоне в пределах зоны замещения (рис. 5).

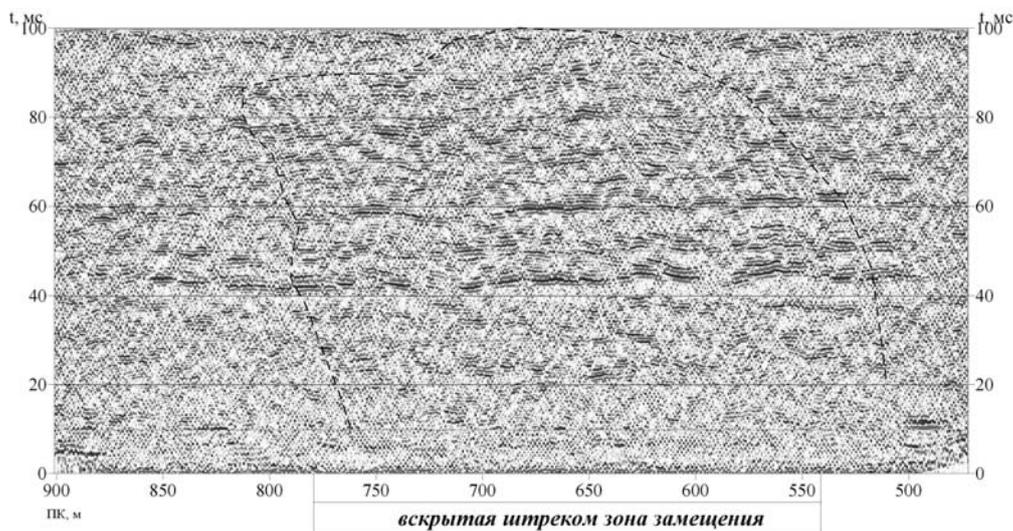


Рис. 5. Динамический временной разрез второго направления цифровой обработки

Вместе с тем, основные атрибуты регистрируемых сигналов, представленные в распределении единого комплексного параметра проявляют достаточную информативность в локализации границы литологической неоднородности (рис. 4, б).

Таким образом, проблема сейсморазведочного прогноза литологических неоднородностей и локализации границ ее распространения в горизонтальной плоскости может успешно ре-

шаться МСП отраженными волнами. Для этого предлагается проведение цифровой обработки и интерпретации по двум направлениям. В рамках первого определяются границы литологических неоднородностей в горизонтальной плоскости межштрекового пространства. Второе дает набор диагностических признаков проявления зон замещения по характеру изменения атрибутов регистрируемого поля отраженных волн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабкин А.И. Сейсмические интерпретационные модели зон замещения продуктивных пластов / Материалы международной конференции «Проблемы формирования и комплексного освоения месторождений солей». VI солевое совещание. — Соликамск, 2000. — 266 с.
2. Джиноридзе Н.М., Аристархов М.Г., Поликарпов А.И. и др. Петротектонические

основы безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей. С. — Пб.; Соликамск, 2000. — 400 с.
3. Санфиоров И.А., Бабкин А.И., Байбакова Т.В. Параметрическое обеспечение шахтной многоволновой сейсмоакустики / Разведка и охрана недр. М.: Недр, 2008. — № 12. — С. 37—40. **VIAS**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Бабкин А.И. — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Горного института Уральского отделения Российской академии наук, e-mail: aib@mi-perm.ru;
Санфиоров И.А. — доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научным вопросам Горного института Уральского отделения Российской академии наук, e-mail: sanf@mi-perm.ru.