

УДК 550.347.2

И.Ю. Герасимова, К.Б. Фатькин

СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СОЛЯНОГО МАССИВА В ЗОНЕ МАССОВОГО ОБРУШЕНИЯ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

Представлены результаты изучения пространственно-временных закономерностей изменения упругих свойств среды в зоне техногенной аварии. Сформирован комплекс волновых параметров, позволяющий выявлять потенциально опасные участки с пониженными прочностными свойствами массива пород

Ключевые слова: малоглубинная сейсморазведка, осложнение волнового поля, структура геологического разреза.

В январе 1995 г. на одном из шахтных полей Верхнекамского месторождения калийных солей произошло внезапное проседание массива горных пород на площади 600×600 м с образованием на поверхности земли мульды оседания глубиной до 4,5 м.

На участке аварии развернута сеть комплексного мониторинга за состоянием водозащитной толщи (ВЗТ), включающая маркшейдерский, геомеханический, сейсмологический и сейсмический виды контроля. Прошедший временной период характеризовался двумя стадиями динамики изменения состояния ВЗТ: общим ухудшением геомеханической обстановки по всей периферии зоны обрушения (1995-1996 г.г.) и тенденцией к стабилизации прочностных характеристик соляных и надсоляных пород (с 1996 г.).

Своевременно проведенные работы по закладке отработанного массива в пограничных к зоне обрушения областях обеспечили возможность дальнейшей эксплуатации шахтного поля.

В настоящее время в области техногенной аварии не наблюдается значимых изменений в состоянии водоза-

щитной толщи. С другой стороны, реализованные в ее пределах деформационные процессы, как показывают результаты предыдущих исследований [1, 2], выделяют данную зону по уровню негативных изменений упругих (в основном скоростных) свойств соляной толщи. Рассмотрим возможность отражения подобных изменений в других параметрах сейсмического волнового поля.

Участок аварии находится в пределах достаточно сложной в геологическом отношении территории [3]. В тектоническом отношении это склоновая часть Соликамской брахиантиклинали. Интенсивность складчатости соляных пластов, ее характер и размеры изменяются как в плане, так и по разрезу. В южной части зоны обрушения расположен обширный участок замещения карналлита пласта В пестрым сильвинитом, в пределах которого проводилась трехпластовая отработка (рис. 1). К особенностям строения разреза участка также относится резкое увеличение мощности глинистых тел в нижней части соляно-мергельной толщи, разрывы в надсоляной толще, эрозионные врезы на поверхности соляно-

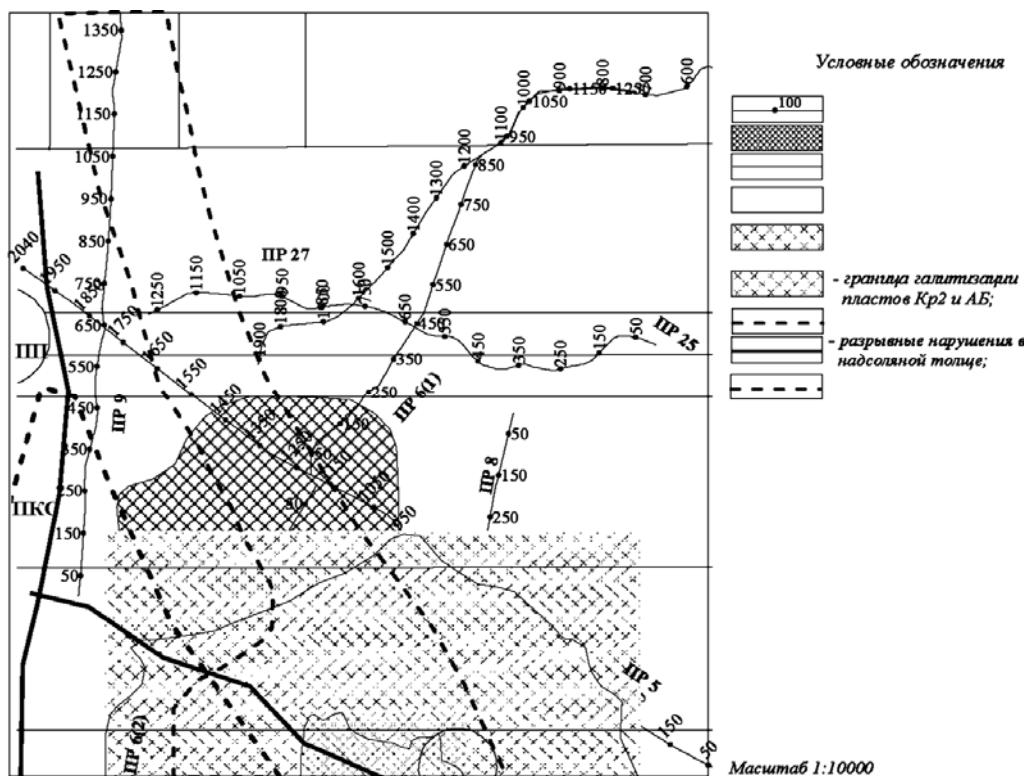


Рис. 1. Обзорная схема района работ

го зеркала и зона аномального строения водозащитной толщи, выделяемая по горно-геологическим данным. Все эти параметры естественной и техногенной природы сложным образом влияют на характер регистрируемого волнового поля, вызывая аномалии различной интенсивности.

Для изучения пространственно-временных закономерностей изменения упругих свойств в зоне обрушения использовались массивы данных, полученные в результате обработки и интерпретации материалов малоуглубинной сейсморазведки. В пределах сейсмогеомеханического полигона на участке аварии шахтного поля развернута сеть из нескольких профильных линий общей протяженностью в 10,5 километров.

Практика изучения упругих свойств пород в нарушенных зонах показыва-

ет, что они имеют сложное пространственное распределение вследствие аномальных напряжений и деформаций в массивах осадочных пород. Внутреннее строение таких зон может существенно изменяться, однако в большинстве случаев они представлены тонкими слоями, дифференцированными по упругим свойствам. При этом зоны разрыва характеризуются пониженными значениями скоростей волн (рис. 2, а) по отношению к нетронутым породам, особенно в пограничных областях. Сформированные для интервала продуктивной толщи схемы распределения скоростей и амплитуд (рис. 2, б) упругих колебаний позволяют достаточно уверенно оконтурить границу влияния мульды оседания на вмещающий массив горных пород. Интересно, что на схеме распределения амплитуд зона

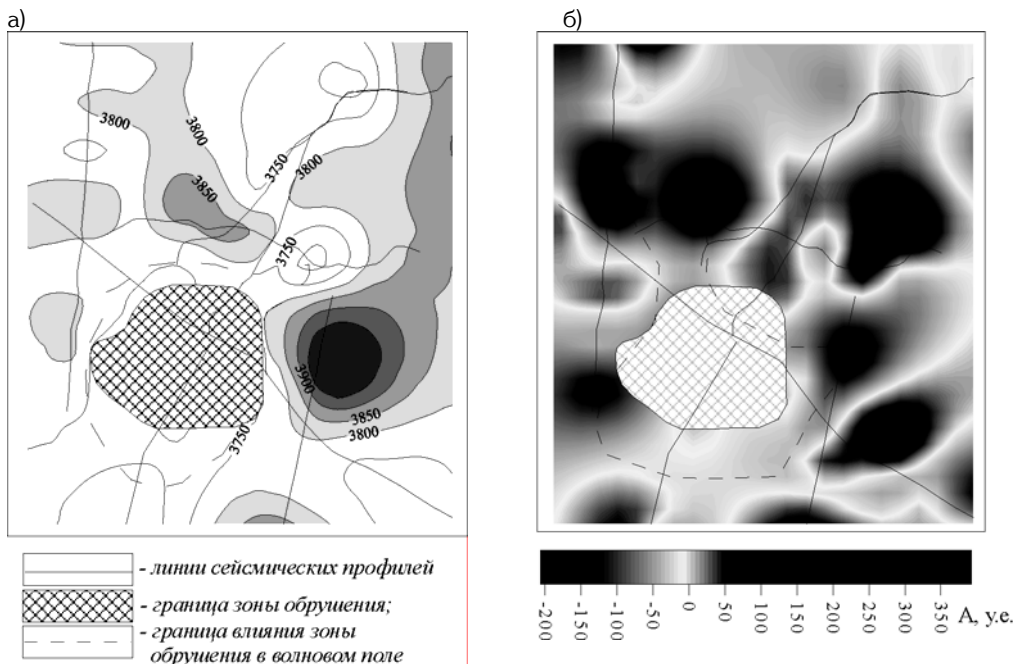


Рис. 2. Интервал продуктивной толщи. Схемы интервальных скоростей (а) и средневзвешенных амплитуд упругих колебаний (б)

может быть выделена по схеме знака акустического импеданса.

В связи с тем, что во время аварии произошло обрушение массива без разрыва сплошности пород можно предположить наличие в центральной части мульды горизонтальное (ненарушенное) залегание слоев и сложно дифференцированное их состояние на границе между участками с различными деформационными свойствами. Такая граница хорошо прослеживается на схемах распределения скоростного градиента (рис. 3а) и параметра неоднородности (рис. 3б). Параметр неоднородности представляет собой количественную характеристику степени зависимости скоростей колебаний от координат точек наблюдений и рассчитывается при помощи кумулятивных кривых, формируемых в результате обобщения серии измерений. При этом коэффи-

циент неоднородности устанавливается как отношение значений первой кривой накопления частоты к третьей, а величина неоднородности изменяется в пределах от 0 до 1. Тогда, чем показатель коэффициента ближе к единице, тем однороднее порода, и наоборот.

Достаточно четко проявляется зона обрушения на карте комплексного параметра (рис. 4а), являющегося индикатором прочностных свойств массива и рассчитываемого на основе совместного анализа независимых количественных атрибутов волнового поля: преобладающей частоты, отношения сигнал/помеха, скорости волн и амплитуды колебаний. Величина комплексного параметра находится в прямой зависимости от геомеханических свойств массива: чем больше ослабление показателя прочности пород, тем большими значениями характеризуется параметр [4].

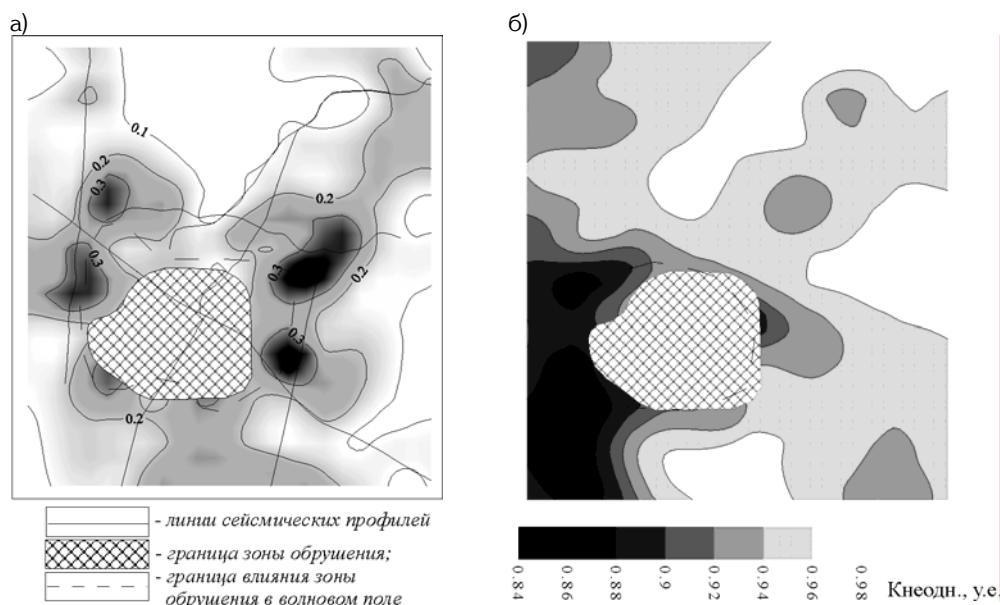


Рис. 3. Схемы градиента скоростей упругих волн (а) и коэффициента неоднородности, рассчитанного для интервала продуктивной толщи (б)

Изменение знака акустической жесткости в пограничной зоне мульды оседания позволяет привлечь к изучению изменений, связанных с прочностными свойствами пород, динамических характеристик регистрируемого сигнала [5]. Интенсивность отраженной волны с удалением от пункта взрыва (AVO-analysis) должна уменьшаться, поскольку в области разрушения среда может считаться низкоимпедансной по отношению к вмещающим, высокоимпедансным породам.

Рассчитанные в некотором временном интервале, соответствующем целевому отражающему горизонту (пачке продуктивных пород), параметры A и B двучленной аппроксимации Шуэ позволяют соотносить полученные результаты с классификацией Резерфорда-Уильямса. Сочетание знаков градиента B и пересечения A указывает на принадлежность аномалии к определенному классу сред, а аддитивный параметр $A+B$ позволяет

выделить зону пониженных значений акустического импеданса (рис. 4, б).

Анализ изменений пространственного распределения атрибутов волнового поля в зоне проседания массива горных пород позволяет сделать вывод, что признаками наличия в разрезе потенциально опасного участка с пониженными физико-механическими свойствами является:

- уменьшение скоростей упругих колебаний,
- высокие значения градиента скоростей волн,
- низкий уровень коэффициента скоростной неоднородности,
- повышение величины комплексного параметра, указывающего на уровень ослабления прочностных свойств пород,
- изменение знака акустического импеданса, выделяемого по распределению амплитуд сигнала,
- отрицательные значения аддитивного параметра $A+B$, являющегося

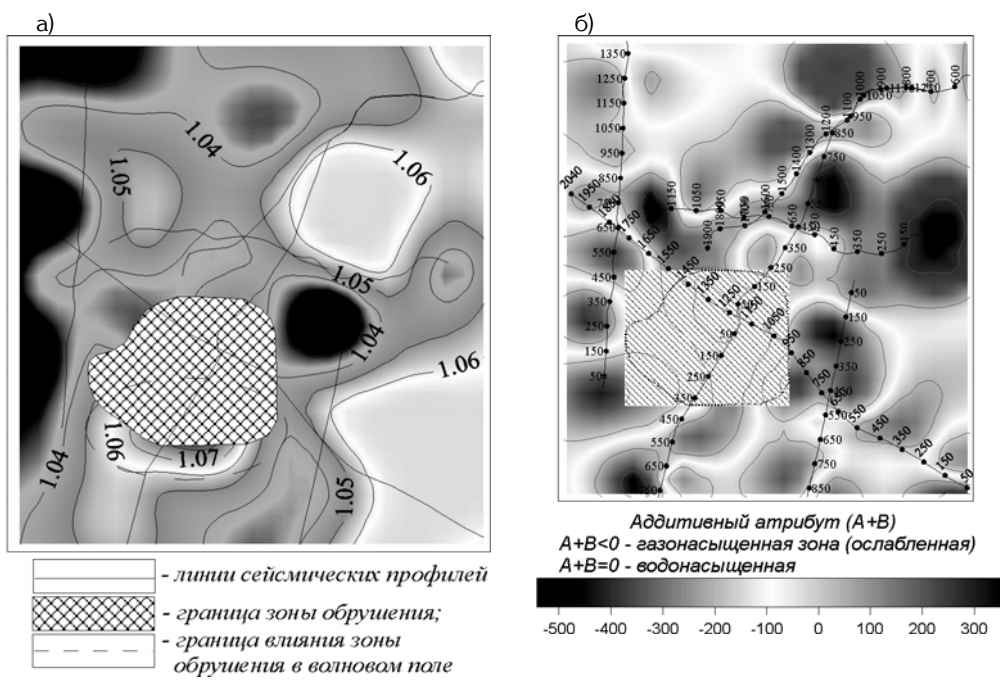


Рис. 4. Схемы комплексного параметра (а) и распределения аддитивного атрибута A+B

комбинацией характеристик AVO-анализа.

Указанное сочетание волновых параметров является свидетельством

наличия в разрезе месторождения потенциально опасного участка с пониженными прочностными свойствами массива пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байбакова Т.В. Определение степени разрушения породного массива по сейсморазведочным данным // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), изд-во Москва, МГГУ, №12, 2009, С 236-240.
2. Барях А.А., Константинова С.А., Асанов В.А. Деформирование соляных пород. Екатеринбург, 1996.
3. Джиноридзе Н.М., Аристов М.Г. и др. Петротектонические основы безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей. СПб-Соликамск, 2000.
4. Санфиоров И.А., Бабкин А.И., Прийма Г.Ю., Ярославцев А.Г., Пригара А.М., Фатькин К.Б. Сейсморазведочные исследования водозащитной толщи Верхнекамского месторождения калийных солей. // Горный журнал, 2008 № 10.
5. Shuey R. T. A simplification of the Zoeppritz equations. – Geophysics, 1985, v.50. **ИДБ**

Коротко об авторах

Герасимова Ирина Юрьевна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Горный институт УрО РАН, г.Пермь, gerasimova@mi-perm.ru
 Фатькин Константин Борисович – кандидат технических наук, Горный институт УрО РАН, fatkin@mi-perm.ru