

УДК 550.834

Т.В. Байбакова

**КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ
МАЛОГЛУБИННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В СЛОЖНЫХ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ***

Рассмотрен пример внедрения в практику сейсморазведочных исследований, по методике общей глубинной точки, комплексной интерпретации с количественной оценкой волновых характеристик при решении задачи контроля развития техногенного соляного карста. Объект интересен тем, что на сегодняшний момент идут оседания земной поверхности и мониторинговыми сейсморазведочными работами можно наблюдать развитие соляного карста в реальном времени. Материал исследований оформлен в виде пространственно-временных диаграмм комплексного параметра, которые отображают его изменения по профилю в течение всего цикла наблюдений.

Ключевые слова: динамические и кинематические характеристики, комплексная интерпретация, соляной карст, комплексный параметр, информативность сейсмических атрибутов, пространственно-временная оценка.

Эксплуатация рудника БКПРУ-1 начата в 1954 г. Его шахтное поле простирается под промышленной зоной и жилыми кварталами города. В 2006 г. здесь произошла техногенная авария, приведшая к затоплению всего выработанного подземного пространства объемом более 80 млн м³ и образованию провалов земной поверхности в 2007, 2010 и 2011 гг.

В настоящее время на рассматриваемой территории продолжают развиваться опасные геологические процессы: суффозионно-карстовые, солевого растворения и переноса и другие. За ними ведутся комплексные мониторинговые наблюдения, результаты которого указывают на активность геологических процессов в массивах горных пород. Накоплено немало исследований и научных гипотез по различным опасным объектам БКПРУ-1 [1, 2, 6, 7].

В данной работе представлен один из проблемных участков затопленного рудника, который продолжают контролировать сейсморазведочными работами. Проанализированы результаты цифровой обработки и интерпретации 16-ти циклов сейсморазведочных наблюдений. Работы выполнялись по профильной линии №4, которая проходит с запада на восток через эпицентр площади ускоренных оседаний земной поверхности (рис.1).

Наблюдения проводились в течение 2012 и 2013 годов и продолжают на данный момент. На рис. 2 представлен результат цифровой обработки по профилю №4 на первоначальный момент исследований 02.2012 года. Выделен ряд отражающих горизонтов – СМТ – кровля соляно-мергельной толщи; ПП – кровля переходной пачки; Карн – кровля карналитов; Сил – кровля сильвинитов; МГ – кровля маркирующей глины.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-05-31102.

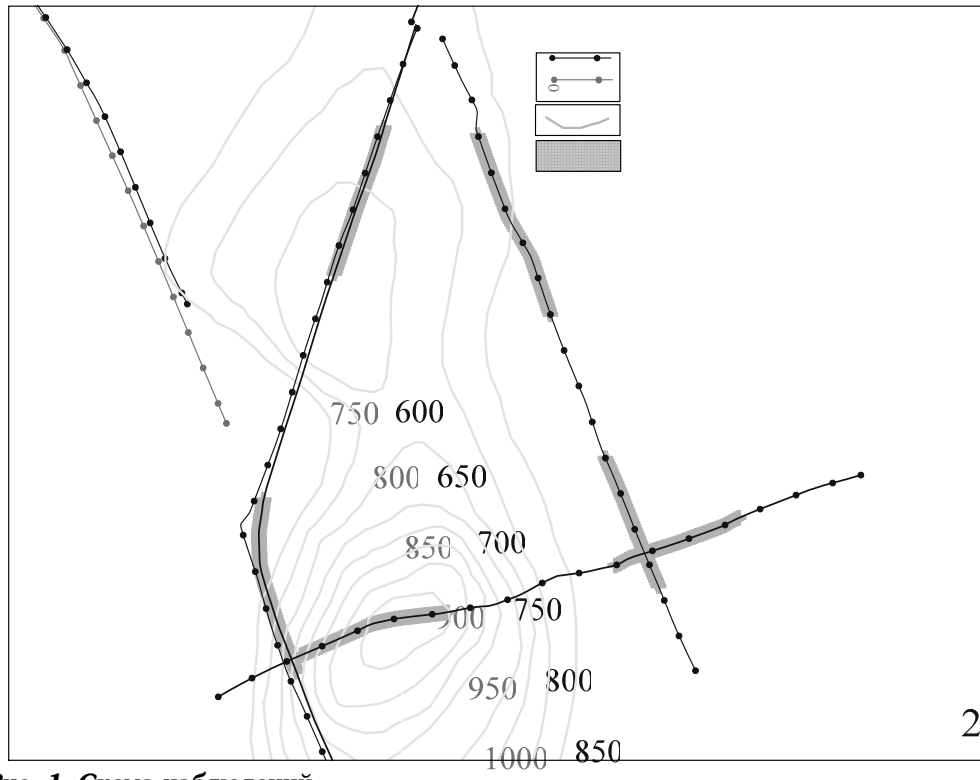


Рис. 1. Схема наблюдений

На данном профиле по негативным изменениям сейсморазведочных параметров в интервале от кровли соляно-мергельной толщи до подошвы продуктивных отложений выделяется два участка: 120-280 м и 550-720 м от начала профиля (рис. 2, а). Согласно представленной схеме оба участка относятся к краевым частям зоны ускоренных оседаний земной поверхности и к предполагаемым границам выклинивания опорных интервалов водозащитной толщи.

Осложнения волнового поля, отмеченные на временном разрезе, характеризуются снижением значений эффективных скоростей и интенсивности сейсмической записи. Вероятней всего, они вызваны снижением значений физико-механических свойств пород соляной толщи.

В количественном отношении наибольшими негативными изменениями характеризуется восточный участок (рис. 2, б). Падение значений скоростей относительно западной половины профиля, здесь в интервале верхней части продуктивной толщи достигает 300 м/с. Следует отметить для обоих участков пространственную согласованность низкоскоростных зон в приповерхностных отложениях и в интервале ВЗТ.

По набору сейсморазведочных критериев (частота, амплитуда, когерентность) можно предположить, что в пределах выделенных участков на данный момент нарушенность породного массива в различных интервалах носит разный характер.

Исследования последних лет [5, 7, 10] на Верхнекамском месторождении

пр.1
0 1080
50 888
100 850
150 80
200 75

250
1050 900
1100 950
1050 1000
1010 1010
1000 1000
950 1000
900 1000
850 1000
800 1000
750 1000
700 1000
650 1000
600 1000
550 1000
500 1000
450 1000
400 1000
350 1000
300 1000
250 1000
200 1000
150 1000
100 1000
90 1000
80 1000
70 1000

пр.4
0 950
50 900
100 850
150 800
200 750
250 700
300 650
350 600

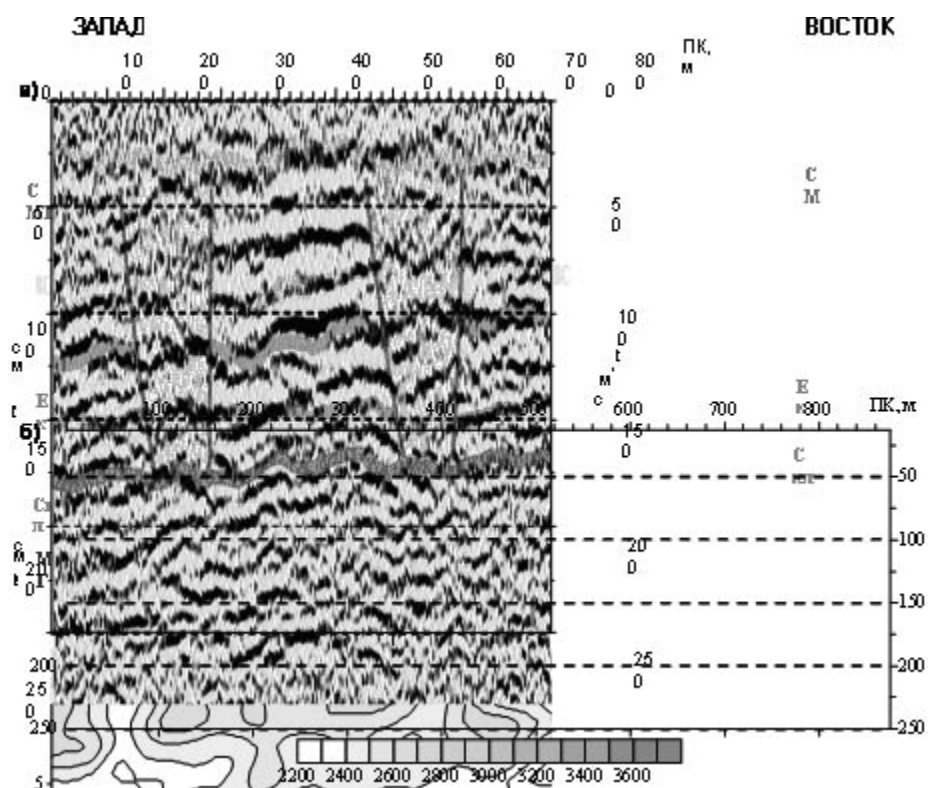


Рис. 2. Результаты цифровой обработки по профилю №4: а) временной разрез ОГТ и б) скоростная характеристика временного разреза

калийных солей направлены, прежде всего, на поиск связей между пониженными физико-механическими свойствами среды и группой сейсмических параметров в целях картирования аномалий геологического разреза для обеспечения безопасности производства горных работ. Уменьшение регулярности и частоты сейсмической записи, интенсивности и скоростей распространения упругих волн свидетельствует об ухудшении прочностных свойств пород горного массива.

Комплексирование сейсмических атрибутов представляет собой совместный анализ определённых кинематических и динамических характеристик волнового поля, объединённых в один параметр [4]. Точность локали-

зации аномалий повышается за счет отбора составляющих, наиболее чувствительных к определённому типу нарушения. В составе набора для расчета КП для горно-технической неоднородности входят: амплитуда, частота, отношение сигнал\шум и эффективная скорость. Исходя из природы рассматриваемой техногенной аномалии, определено сочетание представленных динамических и кинематических параметров – это падение значений всех сейсмических характеристик относительно общего фона изменения атрибута. Повышение точности локализации неоднородности достигается за счет оценки информационного вклада каждого из определяемых параметров, и соответственно, их следует вносить в комплексный

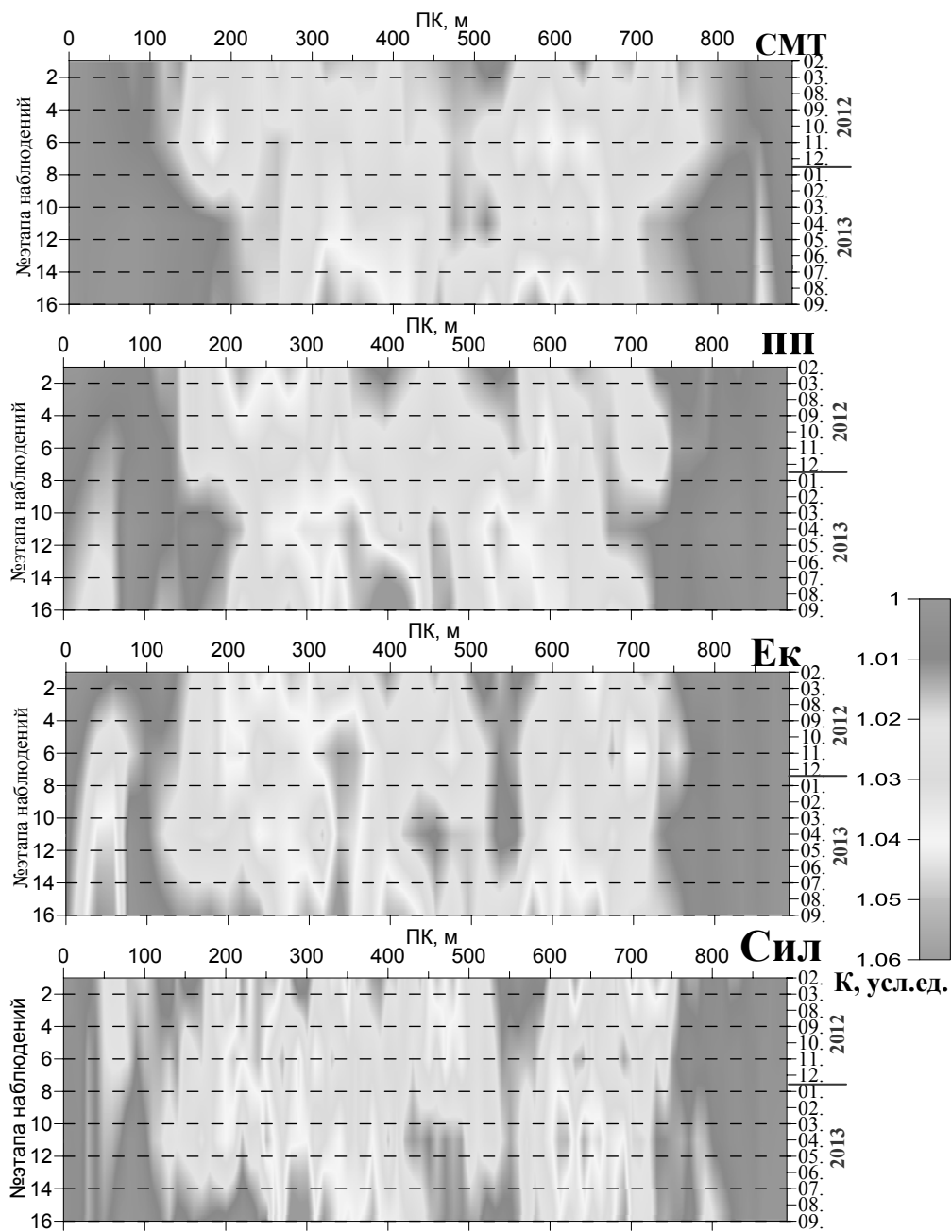


Рис. 3. Пространственно-временные диаграммы комплексного параметра

параметр с определёнными весовыми коэффициентами (таблица). Знаком «-» обозначено снижение значений характеристики волнового поля отно-

сительного общего фона. Весовые коэффициенты получены в результате проведения моделирования и математических расчётов [2].

Тип неоднородности	Амплитуда		Сигнал/шум		Vэф		Частота	
	Знак	вес	Знак	вес	Знак	вес	Знак	вес
Карстовая полость	-	0.7	-	1	-	0.15	-	0.65

Для всех этапов исследования по профилю №4 рассчитан комплексный параметр с учётом весовых коэффициентов. Для каждого горизонта, прослеженного на временном разрезе, построена пространственно-временная диаграмма (рис. 3). По вертикали располагается время проведения работ. Повышенные значения КП соответствуют минимальным значениям характеристик волнового поля – амплитуды, отношения сигнал/шум, эффективной скорости и частоты.

Как уже было сказано выше, с самого первого наблюдения на профиле сформировались две зоны – «западная» (ПК 120-280) и «восточная» (ПК 550-720). Со временем границы западной области расширились и составляют ПК 100-400. На всех диаграммах комплексного параметра прослеживаются данные области.

Наиболее яркая аномалия КП на «западном» участке осложнений фиксируется на диаграмме Ек с первых дат наблюдений и прослеживается на протяжении всего цикла исследова-

ний. Интервал Сил характеризуется теми же особенностями, что и предыдущая диаграмма. Для горизонтов ПП, Ек и Сил аномальные значения в первые циклы наблюдений сгруппировались в интервале пикетов 200-300, а начиная с 2013 года, переместились на ПК 300-450, что, скорее всего, связано с расширением зоны оседаний.

Таким образом, можно предположить, что активные процессы разуплотнения массива шли в интервале Ек и Сил на протяжении всего времени наблюдений и в большей степени в «западной» зоне. С марта 2013 года то же самое происходит в ПП, а с мая – в СМТ.

Подробный анализ аварийных ситуаций, а также момент прогноза значимых изменений, возможен при организации на участке мониторинга с определённой периодичностью, зависящей от степени опасности объекта. Для рассмотренного примера сейсморазведочные наблюдения проводились раз в месяц. Это позволяет в достаточной степени точно установить изменения в массиве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байбакова Т.В. Определение степени разрушения породного массива по сейсморазведочным данным / Т.В. Байбакова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – № 12. – С. 236-240.

2. Байбакова Т.В. Физико-геологическая модель формирования вторичных деформационных процессов в соляных отложениях / Т.В. Байбакова // Стратегия и процессы освоения георесурсов: материалы ежегод. науч. сес. ГИ УрО РАН по результатам НИР в 2011 г. – Пермь, 2012. – С. 163-165.

3. Красноштейн А.Е. Березники: риски и реалии / А.Е. Красноштейн, А.А. Барях, И.А. Санфиоров // ГеоРиск. – 2007. – декабрь. – С. 4-6.

4. Санфиоров И.А. Использование динамических характеристик сейсмических записей для уточнения прочностных характеристик массивов горных пород / И.А. Санфиоров, А.М. Пригара // Горное эхо. - №3(9). – 2002. - С. 31-33.

5. Санфиоров И.А. Сейсморазведочное обоснование инженерно-геологических исследований на территориях техногенных ка-

тастроф / И.А. Санфи́ров, А.Г. Ярославцев, А.И. Никифорова, Т.В. Байбакова, М.М. Калашникова, А.И. Шумахер // Материалы восьмой научно-практической конференции и выставки «Инженерная геофизика 2012». Электронное издание. EAGE, г. Геленджик, 2012.

<http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=58086>

6. Санфи́ров И.А. Системы сейсморазведочного мониторинга интервала малых глубин / И.А. Санфи́ров, А.В. Чугаев, И.Ю. Герасимова, В.В. Никифоров, К.Б. Фатькин, А.И. Шумахер // Материалы научно-практической конференции «Проблемы безопасности и эффективности освоения георесурсов в современных условиях». ГИ УрО РАН. Пермь, 2013.

7. Фатькин К.Б. Атрибутивный AVO-анализ данных сейсморазведки в зоне развития карстового провала / К.Б. Фатькин // Стратегия и процессы освоения георесурсов: материалы ежегод. науч. сес. ГИ

УрО РАН по результатам НИР в 2009 г. - Пермь. - 2010. - С. 145-147.

8. Фатькин К.Б. Сейсморазведочный мониторинг с использованием амплитудных параметров / К.Б. Фатькин // Стратегия и процессы освоения георесурсов: материалы ежегод. науч. сес. ГИ УрО РАН по результатам НИР в 2012 г. - Пермь, - 2013. - С. 158-160.

9. Чугаев А.В. «Статистическая оценка результатов мониторинговых исследований поверхностными волнами на подработанных территориях» / А.В. Чугаев // Стратегия и процессы освоения георесурсов: материалы ежегод. науч. сес. ГИ УрО РАН по результатам НИР в 2012 г. - Пермь, 2013. - С. 161-163.

10. Sanfirov I.A. Time-lapse shallow seismic reflection CDP observations in the area of the water penetration to potash mine / I. A. Sanfirov, G.U. Priyma, T.V. Baibakova // Leveraging Technology: 70 EAGE conference & Exhibition. - Rome, 2008. - P.4. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Байбакова Татьяна Викторовна – инженер-исследователь, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт Уральского отделения Российской академии наук; e-mail: Tbaybakova@gmail.com



UDC 550.834

COMPLEX INTERPRETATION OF SHALLOW SEISMIC DATA IN COMPLICATED MINE AND GEOLOGICAL CONDITIONS

Baybakova Tatyana Viktorovna, research engineer,
Federal State Institution of Science Mining Institute, Ural Branch of the Russian Academy of Science?
e-mail Tbaybakova@gmail.com

The main causes of emergencies, that have arisen in the major potash basins in Germany and Canada, associated with the lack of information about the mining fields geological structure features.

One of the most significant emergencies consequences on potash mines is the formation of the earth's surface caves. The main reasons of their forming consist in intensification of technogenic salt processes.

One of the most informative geophysical methods at the study of such processes is the common depth point method seismic survey. During interpretation the complex analysis of the following wave field components: amplitude, effective velocity, frequency and signal/noise ratio is more informative. The informative estimation of the used field attributes allows to define the local inhomogeneities boundaries.

In this article the example of implementation in seismic researches practice of similar complex interpretation methodology with the wave attributes quantitative estimation in solving technogenic salt karst development control problems is considered. The object is interesting in that at the moment there is the earth's surface subsidence and monitoring seismic surveys can observe the development of salt karst in real time. All accumulated material is executed as space-time diagrams of complex parameter, that represent his changes on a profile throughout the cycle of observations.

Key words: dynamic and kinematic characteristics, complex interpretation, salt karst, complex parameter, seismic attribute informative, space-time estimation.

REFERENSES

1. Baybakova T.V. [2009] Destructiveness determination of rock mass by seismic data. *Mining informational and analytical bulletin*, 12, 236-240.
2. Baybakova T.V. [2012] Physical and geological model of the secondary deformation processes forming in salt deposits. *Strategy and processes of georesources development*, Extended abstracts, Perm, Russia. 163 – 165.
3. Krasnoshteyn A.E., Baryh A.A., Sanfirov I.A. [2007] Berezniki: risks and realias. *Georisk journal*, 12, 4-6.
4. Sanfirov I. A., Prigara A.M. [2002] Use of dynamic attributes of seismic records to clarify the rock strength parameters. "Gornoe Eho" journal, 3(9), 31-33.
5. Sanfirov I. A., Yaroslavcev A.G., Nikiforova A.I., Baybakova T.V., Kalashnikova M.M., Shumakher A.I. [2012] Seismic explanation of engineering-geological researches on the anthropogenic disaster territories. *Geomodel 2012*, Gelendzhik, Russia. <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=58086>
6. Sanfirov I. A., Chugaev A.V., Gerasimova I.U., Nikiforov V.V., Fatkin K.B., Shumakher A.I. [2013] Systems of interval shallow depths seismic monitoring. Extended abstracts, Perm, Russia.
7. Fatkin K.B. [2010] Attribute AVO- analysis of seismic data in the karst downfall area. *Strategy and processes of georesources development*, Extended abstracts, Perm, Russia. 145 – 147.
8. Fatkin K.B. [2013] Seismic monitoring using amplitude parameters. *Strategy and processes of georesources development*, Extended abstracts, Perm, Russia. 158 – 160.
9. Chugaev A.V. [2013] Statistical estimation of monitoring researches results by surface waves on the mined-out areas. *Strategy and processes of georesources development*, Extended abstracts, Perm, Russia. 161 – 163.
10. Sanfirov I. A., Priyma G.U., Baibakova T.V. [2008] Time-lapse shallow seismic reflection CDP observations in the area of the water penetration to potash mine. *70 EAGE conference & Exhibition*, Extended abstracts, Rome, Italy, P.4.



ГОРНАЯ КНИГА



Собрание сочинений. Том 8. Флотация. Сульфидные минералы

Абрамов А.А.

2013, 704 с.

ISBN: 978-5-98672-338-9

Дано теоретическое и экспериментальное обоснование методов и способов совершенствования, оптимизации и интенсификации технологии флотационного обогащения сульфидных руд на основе результатов анализа химических, электрохимических и электрофизических свойств сульфидных минералов при их окислении и взаимодействии с флотационными реагентами. Показано, что приведенные в книге теоретически обоснованные и экспериментально подтвержденные результаты исследований и разработанные физико-химические модели оптимальных условий селективной флотации основных сульфидных минералов могут послужить основой создания принципиально новых эффективных технологических решений в практике обогащения руд цветных металлов, решении проблем полного водооборота на фабриках и охраны окружающей среды.

послужить основой создания принципиально новых эффективных технологических решений в практике обогащения руд цветных металлов, решении проблем полного водооборота на фабриках и охраны окружающей среды.