

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов на Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей: утв. ПАО «Уралкалий», ЗАО «Верхнекамская калийная компания», ООО «ЕвроХим-Усольский Калийный комбинат». – введ. в действие 30.03.2017 в ред. 2014 г. – Пермь; Березники, 2014. – 130 с.
2. Применение сейсмоакустических методов в гидрогеологии и инженерной геологии / ВНИИ гидрогеологии и инж. геологии; под ред. Н.Н. Горяинова. – М.: Недра, 1992. – 259 с.: ил.
3. Санфиоров И.А., Бабкин А.И., Сальников А.П. Контроль состояния горного массива методами многоволновой шахтной сейсморазведки // Горн. вестн. – 1998. – №6. – С. 94-99.

УДК 550.834

DOI:10.7242/echo.2019.4.17

**О ВЛИЯНИИ ТЕХНОГЕННЫХ СРЕДНЕСКОРОСТНЫХ ВОЛН-ПОМЕХ
НА РЕЗУЛЬТАТЫ НАЗЕМНЫХ И ШАХТНЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

А.А. ЖИКИН

Горный институт УрО РАН, г. Пермь.

Аннотация: Наличие среднескоростных волн-помех в результатах сейсморазведочных наблюдений при наземных и шахтных исследованиях существенно осложняет процесс разделения целевых отраженных волн. В статье рассмотрены основные причины образования и инструменты исключения вышеуказанных техногенных шумовых составляющих волнового поля при производстве работ методом отраженных волн в модификации общей глубинной точки (МОВ ОГТ).

Ключевые слова: шахтная сейсморазведка, волны-помехи, цифровая обработка.

Регистрируемое волновое поле при реализации систем наблюдений по методу отраженных волн в той или иной степени осложнено низкоскоростными и среднескоростными волнами помехами, которые интерферируют с полезными отраженными волнами, чем осложняют их разделение, особенно при производстве работ в условиях повышенного техногенного шума. К таким площадкам относятся различные объекты промышленной и городской застройки, а также наблюдения в горных выработках.

При производстве наземных исследований часто наблюдаются ярко выраженные низкоскоростные волны помехи, имеющие пониженный частотный диапазон, которые эффективно исключаются из волнового поля за счёт применения процедур высокочастотной фильтрации, а в некоторых случаях с использованием процедуры мьютинга, обнуляя определенную часть записи [4, 5]. Среднескоростные волны-помехи эффективно подавляются инструментами веерной режекторной фильтрации, подавляющей регулярные сейсмические сигналы в заданном диапазоне кажущихся скоростей (рис. 1).

В условиях городской застройки могут наблюдаться волны-помехи от различных элементов зданий и сооружений, инженерных коммуникаций, находящихся в непосредственной близости к профилю наблюдения (рис.2). Для борьбы с ними применяются различные многоканальные пространственные фильтры, позволяющие разделять в области F-K (частота-волновое число) целевое отражение и среднескоростную помеху, с последующим её исключением из результирующего волнового поля [2].

Если для наземных работ характерно распространение волн в нижнее полупространство и разделение целевых отражений от средне- и низкоскоростных помех происходит достаточно эффективно, то при производстве работ в шахтных выработках при возбуждении упругих колебаний «работает» весь окружающий выработку массив, представляющий собой сложную тонкослоистую систему, осложнённую смежными выработками, различными врезами и сбоями, расположенными на различных уровнях и

удалениях от профиля наблюдений. Поэтому и без того нетривиальные задачи разделения кратных отраженных волн и отражений от выработок, которые можно принять за отражения от целевых структур, осложняются поиском решений эффективного подавления среднескоростных волн-помех от описанных топологических особенностей шахтного устройства.

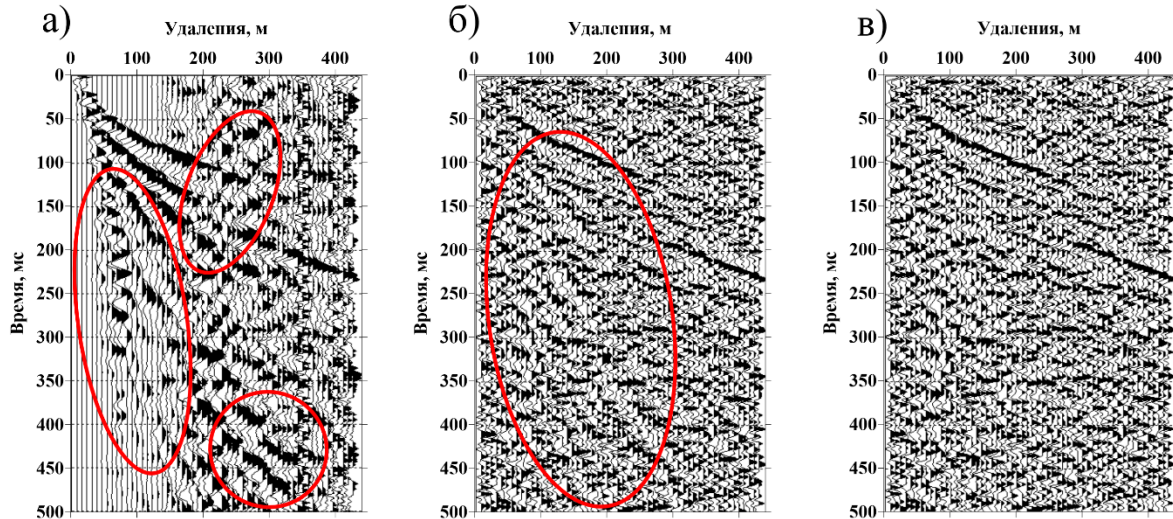


Рис.1. Результат подавления среднескоростных волн-помех при производстве наземных сейсморазведочных исследований МОВ ОГТ (красным выделены участки присутствия среднескоростных регулярных волн-помех): а) исходное волновое поле; б) полосовая и обратная фильтрация; в) пространственно-временная фильтрация

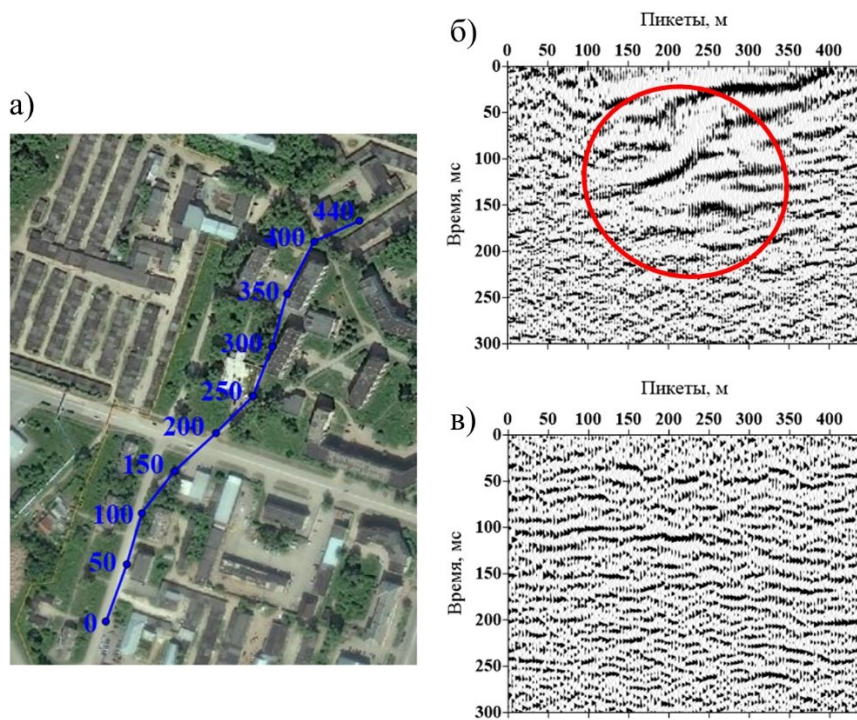


Рис. 2. Проявление среднескоростных волн помех от элементов зданий и сооружений в непосредственной близости к профилю наблюдений: а) обзорная схема участка наблюдений; б) проявление регулярной шумовой составляющей на временном разрезе (выделена красным цветом) ; в) конечный суммарный временной разрез (среднескоростная помеха исключена)

Наблюдения в выработках осуществляются по следующему принципу: приёмные датчики расположены на подошве выработки, а возбуждения осуществляются в кров-

лю. Такой подход позволяет получать информацию о волнах, распространяющихся преимущественно вверх.

Как правило исследования в шахте осуществляются с целью локализации в вышележащем массиве потенциальных аномальных участков с пониженными прочностными свойствами, для которых характерно падение значений скоростей распространения упругих волн [1]. С целью получения представления о направлении и интенсивности среднескоростных волн-помех в условиях шахтных наблюдений получены синтетические волновые поля для различных моделей массива, перекрывающих шахтные выработки.

За зону влияния выработки принят размер в 1,5 радиуса, в качестве влияния выработки условно принято понижение скоростей на 8%, а в зоне влияния пересекающей перпендикулярной выработки на 13% (рис. 3). На полученном синтетический временной разрезе (СВР) не отмечается значительных нарушений структуры волнового поля (рис. 4), которое так же свободно от среднескоростных-волн помех, преобладающих над полезным сигналом при реальных наблюдениях.

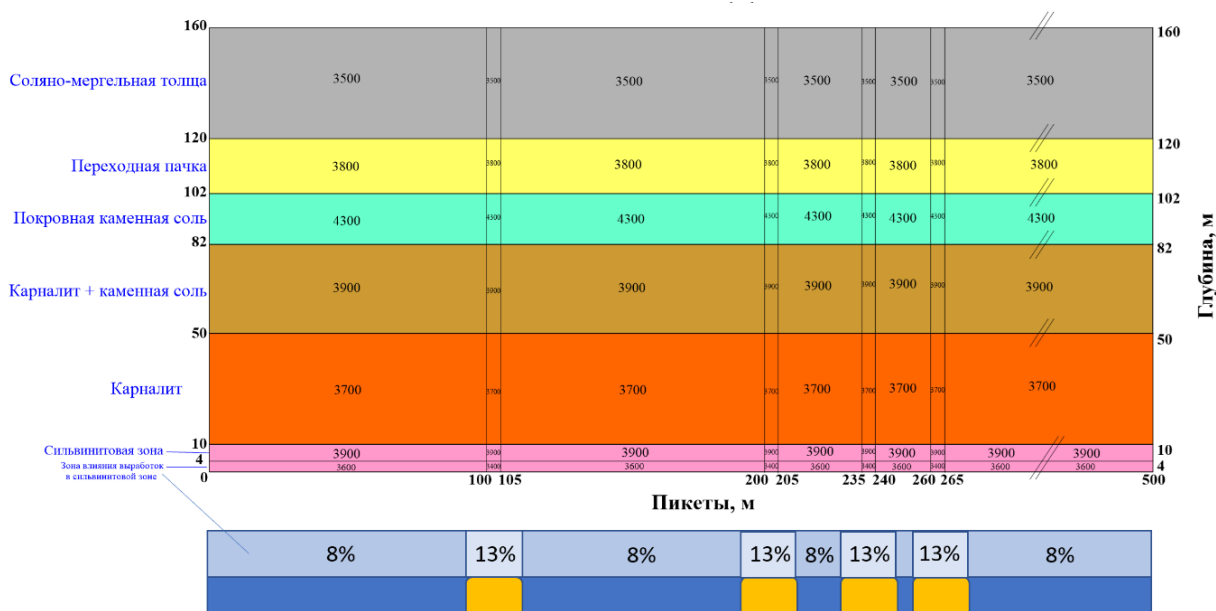


Рис. 3. Расчетная модель шахтных сейсмических наблюдений (в ячейках указана скорость распространения продольной волны в м/с)

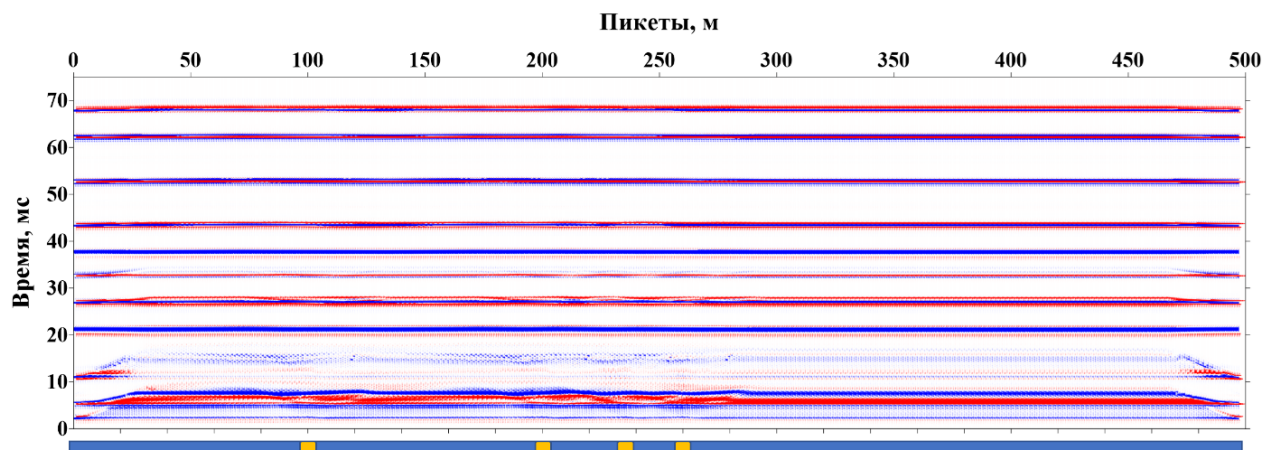


Рис. 4. Синтетический временной разрез для модели, представленной на рисунке 3

С целью оценить, как проявляются различные скоростные неоднородности, которые в реальных условиях могут быть представлены различными трещиноватыми зонами, в модель внесены две зоны пониженных скоростей. Отмечено, что на СВР в краевых частях аномалий отмечаются интенсивные события с различными углами наклона, что объясняется эффектом дифракции при прохождении упругой волны через скоростные неоднородности со сложной геометрией границ (рис. 5). Наличие данных эффектов так же вносит свой деструктивный вклад в формирование целевых отражений, но и несет полезную информацию о наличии аномальных объектов в разрезе.

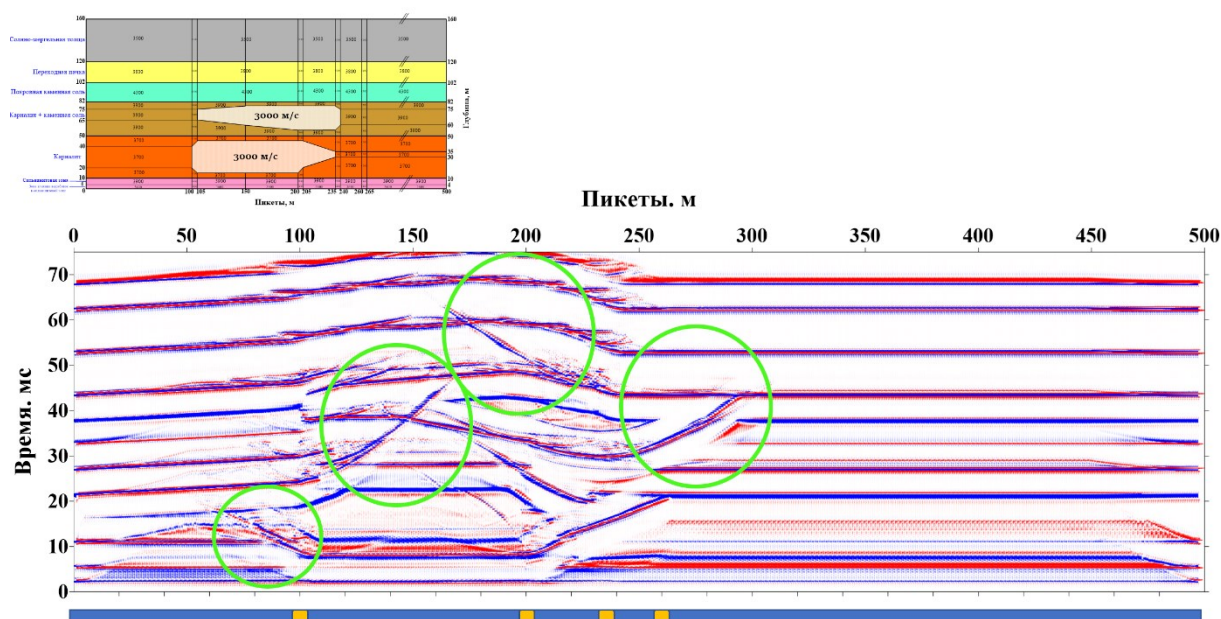


Рис. 5. Синтетический временной разрез для модели с наличием участков пониженных значений распространения скоростей продольных волн (3000 м/с)

Для образования синтетических среднескоростных помех представлена гипотетическая модель наблюдений из выработки, над которой находится сеть перпендикулярных к ней выработок, их сечение на модели представлено черным цветом (рис. 6,а). Исходя из используемых параметров системы наблюдения и скоростей распространения упругих волн в представленной модели оценена горизонтальная разрешающая способность для сигнала частотой 600 Гц (рис. 6,б). Таким образом, на шкале справа представлены минимальные горизонтальные размеры объектов, которые могут быть разделены в волновом поле как отдельные отражения. Согласно данной шкале, выработки попадают под данный критерий и должны проявляться в волновом поле. Что характерно, на СВР интенсивно проявляются наклонные волны от представленных выработок, но выделить отдельно стоящие выработки в ближней зоне не представляется возможным ввиду высокой степени интерференции волн в данной области (рис. 6,в).

Результат подавления наклонных среднескоростных волн представлен на рисунке 6, г. Следует отметить, что наличие выработок в верхнем пространстве существенно осложняет общую картину и вносит критические искажения в результирующее волновое поле, что может быть ошибочно проинтерпретировано как некие аномальные зоны в ближней и дальней зоне.

Скоростная характеристика рассматриваемого СВР характеризуется повышенными значениями эффективных скоростей (рис.6,д), что объясняется искажениями годографа отраженной волны на сейсмограммах ОГТ, вносимых за счет наличия выработок в верхнем полупространстве [3].

На реальных волновых полях, зарегистрированных в шахте, отмечаются интенсивные наклонные регулярные сейсмические сигналы, соотносящиеся в пространстве с топологией горных выработок. Борьба с данными помехами происходит с привлечением тех же средств, как и для подавления средне- и низкоскоростных помех при наземных наблюдениях, а именно с использованием режекторных веерных и линейных фильтров, а также пространственно-временной фильтрации (рис. 7). Не все наклонные события эффективно подавляются, так как могут являться причиной скоростных неоднородностей в среде и ослабить их методами фильтрации достаточно сложно.

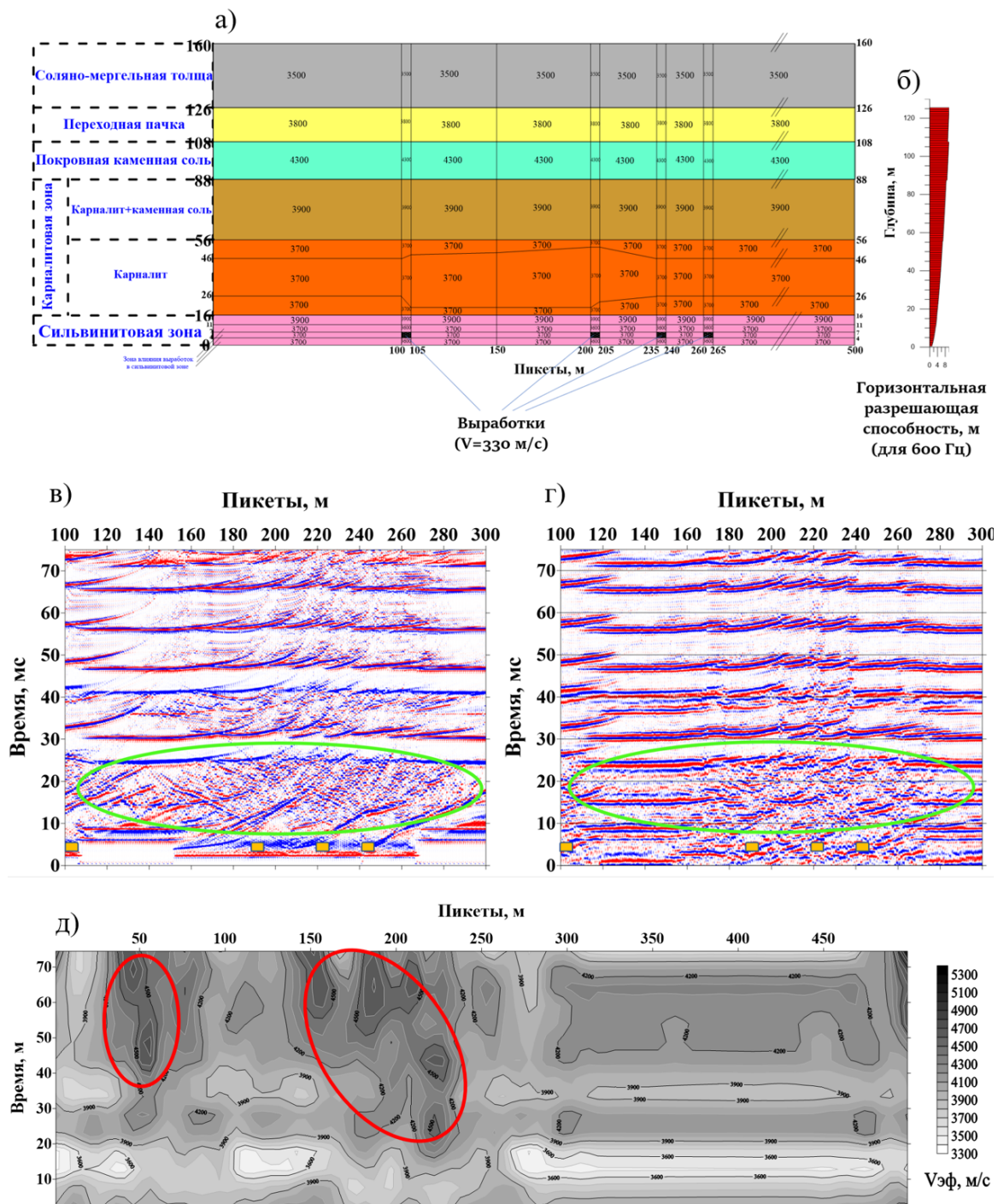


Рис. 6. Результаты моделирования шахтных наблюдений при условии наличия перпендикулярных выработок в верхнем полупространстве: а) расчетная модель; б) горизонтальная разрешающая способность для сигнала с преобладающей частотой 600 Гц; в) СВР до цифровой обработки; г) СВР после подавления регулярных среднескоростных волн-помех

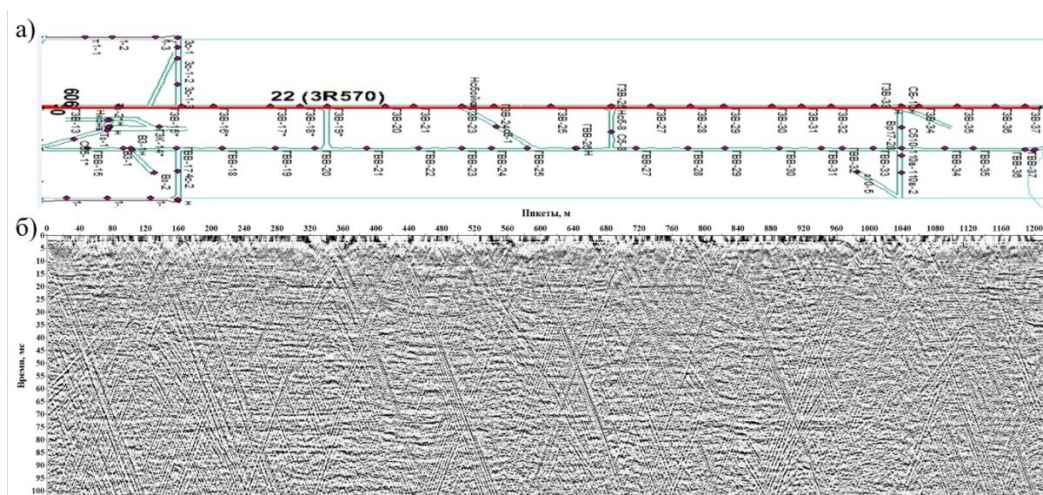


Рис. 7. Реальное волновое поле, зарегистрированное в шахте: а) обзорная схема участка исследований; б) суммарный временной разрез после предварительной обработки без подавления интенсивных среднескоростных волн помех

Для этого есть возможность применения процедуры DMO (dip moveout), которая позволяет учесть наклон отражающих границ и подавить дифракционные волны, образующиеся в данных областях, что существенно повышает динамическую выразительность полезных отраженных волн.

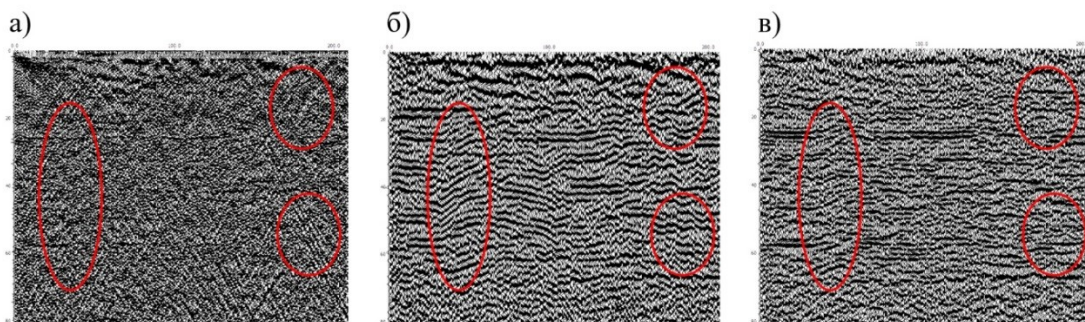


Рис. 8. Результаты цифровой обработки шахтных сейсмоакустических исследований: а) суммарный временной разрез после препроцессинга, среднескоростные волны не исключены; б) результат, полученный без учёта среднескоростных волн-помех; в) временной разрез, регулярные наклонные события исключены

Остаточное присутствие наклонных регулярных событий в волновом поле может ввести в сомнение специалиста-обработчика, что повлияет на выбор параметров фильтров в сторону их заглупления. Такой подход может привести к так называемой переобработке, что выражается в появлении ложных прерывистых осей синфазности во всем временном интервале и в потере динамической выразительности целевых отражений.

В свою очередь недоучёт среднескоростных помех приводит к усилению эффекта наложения пространственных частот, что приводит к образованию ложных наклонных осей синфазности (рис. 8), которые могут быть ошибочно приняты за структурные особенности выделяемых ОГ [6].

Таким образом, наличие среднескоростных волн-помех оказывает существенное влияние на итоговые результаты обработки данных сейморазведочных исследований, особенно в условиях наличия высокоинтенсивных техногенных помех и конструкций в интервалах распространения регистрируемых отраженных сигналов. Понимание природы образования подобных помех в суммарном волновом поле на основе математического моделирования позволяет подобрать адекватные инструменты минимизации влияния вышеуказанных шумов без потери целевых отраженных событий на конечных суммарных временных разрезах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барях А.А., Санфиоров И.А. Комплексное геомеханическое и геофизическое обеспечение безопасности подземных работ // Горный журн. – 2005. – № 12. – С. 79-83.
2. Санфиоров И.А., Ярославцев А.Г., Жикин А.А., Никифорова А.И., Байбакова Т.В. Особенности цифровой обработки в инженерной сейсморазведке МОГТ // Геофизика. – 2012. – №5. – С. 35-41.
3. Урупов А.К., Левин А.Н. Определение и интерпретация скоростей в методе отраженных волн. – М.: Недра, 1985. – 288 с.: ил.
4. Хаттон Л., Уэрдингтон М., Мейкин Дж. Обработка сейсмических данных. Теория и практика / Пер. с англ. А.Л. Малкина. – М., Мир, 1989. – 214 с.: ил.
5. Ярославцев А.Г., Жикин А.А., Санфиоров И.А., Туманов В.В., Сухинина Е.В. Совершенствование графа цифровой обработки сейсморазведочных данных для территорий с повышенной природно-техногенной нагрузкой // Горный информационный аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № S44. – С. 3-22.
6. Steeples D.W., Miller R.D. Avoiding pitfalls in shallow seismic reflection surveys // Geophysics. – 1998. – V. 63, № 4. – P. 1213-1224.

УДК 556.314

DOI:10.7242/echo.2019.4.18

**РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
КОНТРОЛИРУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ г. БЕРЕЗНИКИ****В.В. НИКИФОРОВ***Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

Аннотация: Представлены результаты гидрогеологического мониторинга на подработанной территории г. Березники. Исследованы динамика имений уровней подземных вод, приуроченных к терригенно-карбонатной толще, их минерализация и водородный показатель. Проведено сопоставление гидрогеологических параметров с результатами экспертной оценки интегральных характеристик прочностных свойств.

Ключевые слова: Гидрогеологический мониторинг; подработанная территория; экспертная оценка; гидрогеология; терригенно-карбонатная толща.

На подработанной территории города Березники для оценки состояния породного массива в систему комплексного мониторинга включены режимные гидрогеологические наблюдения. По их результатам выделяются зоны различной гидродинамики и состава приповерхностной гидросферы. Изучение пространственных изменений гидрогеологических параметров на современном этапе, позволяет контролировать динамику развития ранее выявленных негативных процессов в подземных водах.

Наибольшее внимание с позиций оценки воздействия подработанной территории на весь породный массив представляют наблюдения за динамикой изменения уровней подземных вод [2, 4]. Сопоставление результатов экспертной оценки распределения физико-механических свойств приповерхностных отложений подработанной территории с результатами гидрогеологического и гидрохимического мониторинга позволяет выявить новые закономерности.

Экспертная оценка, основывалась на мощностях скального грунта, чем больше их мощность, тем лучше состояние толщи. R_c mt средневзвешенные значения предела прочности в водонасыщенном состоянии для скальной толщи. Чем ниже значения, тем хуже состояние тощи. Наличие нескального грунта в скальном массиве определяет его качественную характеристику. Чем выше прочностные характеристики толщи в целом, тем в меньшей степени она подвергалась процессам разрушения.