

Тесламер	
Рабочие частоты, кГц	2,5- 2 ⁱ (i = 0, 1, 2 ... 7)
Полоса пропускания, Гц	на уровне 0,707...30
Чувствительность (НТл) на частоте (кГц)	0,1/2,5; 0,025/5; 0,02/10; 0,01/20;
0,01/40; 0,005/80; 0,005/160; 0,003/320	
Динамический диапазон, дБ	60
Погрешность в диапазоне 60 дБ, не более, %	3
Погрешность измерения фазовых углов, радиан	0,002
Ток потребления мА, не более	250
Габариты, мм	290-120-100
Масса с индукционным датчиком, кг, не более	2,5
Разработка программного обеспечения для расчёта поля неповреждённого и повреждённого контуров заземления с учётом мешающих факторов (силовые кабели, наземные металлические конструкции и др.).	
Разработка методики работ для решения следующих задач:	
– трассирование действующего контура заземления и его геодезическая привязка;	
– определение мест разрыва электрической связи в контуре заземления с устранением дефекта;	
– измерение сопротивления контура заземления с повышенной (до 0,1 %) точностью.	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борисов Р. К., Колечинский Е. С., Горшков А. В., Балашов В. В. Методика и технические средства для диагностики состояния заземляющих устройств энергообъектов // Электричество. 1996. № 1.
2. Голиков Ю. В. Импульсная электроразведка методом заряда: Науч. изд. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. 273 с.
3. Голиков Ю. В., Ильиных С. А., Человечков А. И. Поиски утечек воды в действующих водоводах электромагнитным методом // Инженерная геофизика в Уральском регионе: Тез. докл. 2-й науч.-практ. конф. Екатеринбург, 1995.
4. Голиков Ю. В. Заключение по результатам трассирования заземляющего контура и обнаружение мест его повреждения бесконтактным способом. Екатеринбург, 01.07.96.
5. Коструба С. И. Измерение электрических параметров земли и заземляющих устройств. М.: Энергоатомиздат, 1983. 164 с.

ВАРИАЦИИ ПОЛЯРИЗАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАБЛЮДЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВОВ В РАЙОНЕ г. АСБЕСТА

ПУСТОВАЛОВ Н. А.

Уральская государственная горно-геологическая академия

Введение

Одним из актуальных направлений исследований сейсмичности на Среднем Урале является изучение временных и пространственных вариаций поляризационных характеристик сейсмических волн, возбуждаемых промышленными взрывами, регулярно осуществляемыми при разработке многочисленных месторождений полезных ископаемых.

В данной работе описан сейсмический эксперимент, проведенный в 2001-2002 гг. ГОУ НПП «Уралсейсмоцентр» в районе г. Асбест в русле этого направления.

Теоретическая основа эксперимента

Теоретической основой эксперимента послужили современные представления о сейсмичности земной коры и, в частности, гипотеза экстенсивно-дилатансионной анизотропии

Экстенсивно-дилатансионной анизотропии заключается в следующем: земная кора не является сплошной однородной средой, а содержит большое количество пор и трещин (микротрещин), заполненных флюидами и газами. Эти включения характеризуются высокой податливостью к внешним напряжениям. Под действием ориентированных напряжений будут происходить закрытие одних трещин, ориентированных перпендикулярно максимальному сжимающему усилию, и открытие других, перпендикулярных максимальному растягивающему усилию. Таким образом, микротрещины начнут образовывать линейные упорядоченности, ориентированные в зависимости от направления действия напряжений. В результате среда становится анизотропной по отношению к сейсмическим волнам. Наиболее чувствительными к таким изменениям являются поперечные волны, которые в такой среде испытывают расщепление (рис. 1).

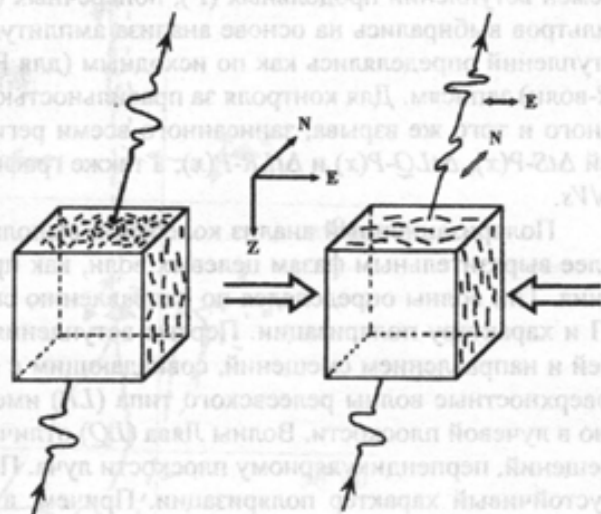


Рис. 1. Схематическая иллюстрация возникновения экстенсивно-дилатансионной анизотропии (ЭДА) и расщепления поперечной волны в трещиноватой среде под действием ориентированных сжимающих напряжений

При наблюдениях за поперечными волнами от землетрясений сейсмологам удалось зафиксировать изменения в поляризации и вариации задержки между вступлениями расщепленных поперечных волн в периоды возрастания сейсмической активности. Интерпретация этих данных с позиций гипотезы ЭДА позволяет спрогнозировать ориентировку преобладающих в земной коре тектонических напряжений и их изменение во времени, что необходимо для качественной оценки напряженно-деформированного состояния геологической среды.

Методика работ

В качестве источника упругих колебаний для эксперимента были выбраны промышленные взрывы в карьерах горнодобывающего предприятия «Асбест».

Для регистрации взрывов была создана локальная сеть сейсмических регистраторов. Сеть из 10 пунктов наблюдения располагалась на территории, прилегающей к г. Асбесту в радиусе 30-50 км. Наблюдения проводились в течение 100 суток.

Для производства сейсмических наблюдений на участке работ использовались аппаратный комплекс КАРС («Черепаха») и цифровые регистраторы сейсмических сигналов (РСС) «Дельта-ГЕОН».

В качестве датчиков применялись трёхкомпонентные сейсмоприёмники СК-1П.

За период наблюдения зарегистрировано около 550 сейсмических событий: примерно 250 удалённых землетрясений и 300 промышленных взрывов с карьеров и шахт Урала. 90 из 300 промышленных взрывов были идентифицированы как взрывы с карьеров ГДП «Асбест».

Обработка и поляризационный анализ полевых материалов

Обработка материалов включала в себя три основных этапа: препроцессинг, предварительную обработку и непосредственно поляризационный анализ. В качестве обрабатывающей системы использовался пакет WSG.

Задачами препроцессинга являлись: предварительный выбор временных интервалов регистрации, содержащих записи промышленных взрывов и формирование базы данных 3-компонентных сейсмограмм промышленных взрывов с карьеров г. Асбеста в формате пакета *WSG*.

Предварительная обработка заключалась в полосовой фильтрации записей и определении времен вступлений продольных (*P*), поперечных (*S*) и поверхностных (*LQ* и *LR*) волн. Параметры фильтров выбирались на основе анализа амплитудно-частотных спектров целевых волн. Времена вступлений определялись как по исходным (для *P*- и *S*-волн), так и по фильтрованным (для *LQ*- и *LR*-волн) записям. Для контроля за правильностью корреляции строились: сводные годографы для одного и того же взрыва, записанного всеми регистраторами; графики разности времен вступлений $\Delta tS-P(x)$, $\Delta tLQ-P(x)$ и $\Delta tLR-P(x)$; а также графики Вадати, по которым оценивалось отношение Vp/Vs .

Поляризационный анализ колебаний выполнялся по годограммам, рассчитываемым по наиболее выразительным фазам целевых волн, как правило, в окне длительностью 1-2 периода колебания. Тип волны определялся по направлению смещений относительно дирекционного угла ПВ-ПП и характеру поляризации. Первые вступления *P*-волн характеризовались линейной поляризацией и направлением смещений, совпадающим с направлением с пункта взрыва на пункт приема. Поверхностные волны релеевского типа (*LR*) имели ярко выраженную эллиптическую поляризацию в лучевой плоскости. Волны Лява (*LQ*) отличались по горизонтальной поляризации и азимуту смещений, перпендикулярному плоскости луча. Поперечные волны (*S*) имели наиболее сложный и неустойчивый характер поляризации. Причем, в зависимости от направления ПВ-ПП, первыми фиксировались то *qSV*-, то *qSH*-колебания. В отдельных направлениях наблюдалось расщепление поперечной волны с задержкой между вступлениями *qSV*- и *qSH*-волн до 0,3-0,4 с. При анализе многофазного цуга поперечных волн первым вступлениям поперечных волн («быстрым» *S*-волнам) присваивался индекс *S1*, а вступлениям ортогонально поляризованных колебаний («медленным» *S*-волнам) — *S2*.

Для каждой волны в пределах выделенного окна анализа рассчитывались: угол выхода; азимут направлений смещений (азимут в плоскости *NE*); пространственный азимут (азимут по *ZNE*). Такие процедуры были выполнены для 8-10 наиболее качественных записей промышленных взрывов по каждой стоянке. Затем были вычислены средние значения и среднеквадратические погрешности их определения.

Результаты поляризационного анализа:

1. Среднеквадратические погрешности определения направлений смещения колебаний в объемных (*P* и *S*) и поверхностных (*LQ* и *LR*) волнах на одних и тех же стоянках, оцененные по серии взрывов, как правило, не превышают:

- для углов выхода *P*-волн $\pm 5-7^\circ$, *S*-, *LQ*- и *LR*-волн $\pm 8-10^\circ$;
- для азимутов подхода *P*-, *LQ*- и *LR*-волн $\pm 10-15^\circ$, *S*-волн $\pm 20-25^\circ$.

Максимальные погрешности достигали $20-25^\circ$ для углов выхода и до $35-40^\circ$ для азимутов подхода волн; минимальные — $\pm 2-5^\circ$ для углов выхода и $\pm 5-10^\circ$ — для азимутов подхода волн.

2. Азимуты направлений смещений колебаний в первых вступлениях продольных волн, определенные по трем компонентам, нередко значительно (более чем на величину среднеквадратической погрешности их определения) отличаются от азимутов направлений ПВ-ПП. Как правило, максимальные различия (до $30-40^\circ$) отмечаются в тех случаях, когда сбоку от гипотетической лучевой плоскости расположены образования, характеризующиеся более высокими значениями скоростей распространения сейсмических волн. В соответствии с принципом Ферма, подобные траектории лучей сейсмических волн представляются вполне реальными. Принципиальным же выводом из этого факта является то, что в таких ситуациях нельзя использовать азимуты подхода волн, оцениваемые по трем компонентам, для определения направления на источник.

Подобные отклонения реальных траекторий лучей от вертикальной плоскости наблюдаются и для других типов волн (в том числе и для поверхностных).

Интерпретация результатов поляризационного анализа

Рассмотрим с позиций гипотезы ЭДА результаты поляризационного анализа поперечных волн. Для большей наглядности данные об ориентировке «быстрых» (*S1*) и «медленных» (*S2*) волн, полученные в районе исследований, изображены в виде стрелок соответствующего направления на фоне сети разломов, установленных по геологическим данным (рис. 2).

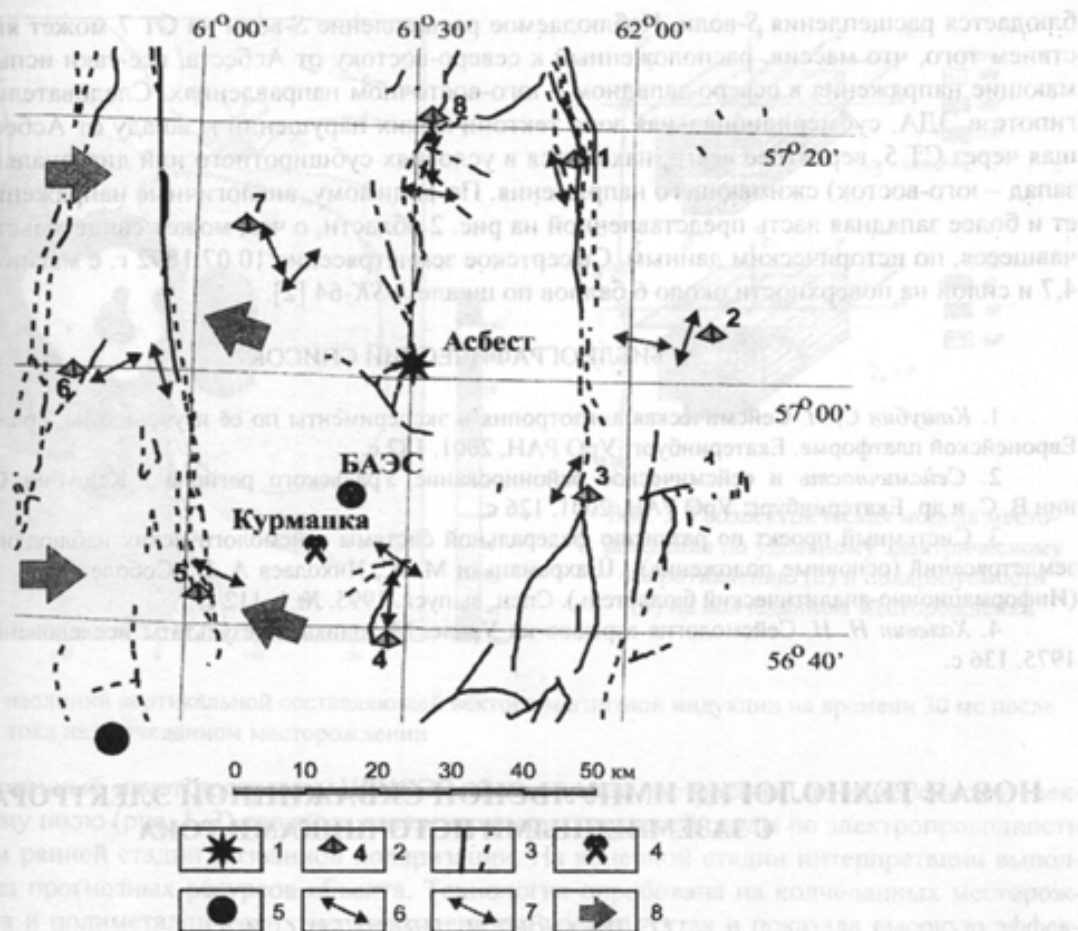


Рис. 2. Поляризация S -волн и предполагаемые направления региональных напряжений по результатам поляризационного анализа:

1 – ПВ Асбест; 2 – стоянки регистраторов и их номера; 3 – установленные и предполагаемые (по геологическим данным) тектонические нарушения; 4 – Курмановский карьер; 5 – эпицентр Сысертского землетрясения; 6 – направление смещений в S_1 -волнах; 7 – направление смещений в S_2 -волнах; 8 – предполагаемое направление сжатия

Как можно видеть из рис. 2, направления поляризации сдвиговых колебаний существенно меняются в зависимости от азимута распространения волн и, что наиболее существенно, в зависимости от ориентировки лучевой плоскости по отношению к направлению простирающихся тектонических нарушений. Так, при распространении волн в меридиональном направлении вдоль субмеридиональной зоны тектонических нарушений (СТ 4, 8) более быстрыми оказываются qSV -волны или волны, поляризованные в направлении, совпадающем с ориентировкой простирающейся тектонической зоны. В восточном направлении (СТ 2) первыми фиксируются qSH -волны, но и они также поляризованы в направлении, совпадающем с простираем пересекемой ими тектонической зоны. В северо-восточном (СТ 1) и юго-восточном (СТ 3) направлениях расщепления не наблюдается, хотя направления колебаний в поперечных волнах по-прежнему преимущественно совпадают с субмеридиональной ориентировкой простирающейся представленной здесь зоны разломов.

Такой характер поляризации сдвиговых волн с позиций гипотезы ЭДА может свидетельствовать о том, что как сами эти зоны разломов, так и расположенный между ними блок земной коры либо находятся в условиях субширотного растяжения, либо, что более вероятно, учитывая отсутствие расщепления в пределах самого блока, вообще не испытывают заметных напряжений.

Принципиально иная картина наблюдается при распространении волн в западном направлении (СТ 6). Здесь более быстрой оказывается qSV -волна, которая поляризована в направлении, перпендикулярном простираем пересекемой ею тектонической зоны, а более медленная (qSH) волна имеет поляризацию, совпадающую с простираем этой зоны. Почти ортогонально зоне разломов поляризован также цуг поперечных волн, фиксируемых на СТ 5, причем, как и в случаях распространения волн в северо-восточном и юго-восточном направлениях (СТ 1, 3), здесь не на-

блюдается расщепления *S*-волн. Наблюдаемое расщепление *S*-волн на СТ 7 может являться следствием того, что массив, расположенный к северо-востоку от Асбеста, все-таки испытывает сжимающие напряжения в северо-западном – юго-восточном направлениях. Следовательно, согласно гипотезе ЭДА, субмеридиональная зона тектонических нарушений к западу от Асбеста, проходящая через СТ 5, вероятнее всего, находится в условиях субширотного или диагонального (северо-запад – юго-восток) сжимающего напряжения. По-видимому, аналогичные напряжения испытывает и более западная часть представленной на рис. 2 области, о чем может свидетельствовать отмечавшееся, по историческим данным, Сысертское землетрясение 10.07.1892 г. с магнитудой в очаге 4,7 и силой на поверхности около 6 баллов по шкале *MSK-64* [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кашубин С. Н.* Сейсмическая анизотропия и эксперименты по её изучению на Урале и Восточно-Европейской платформе. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 182 с.
2. *Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона* / Кашубин С. Н., Дружинин В. С. и др. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 126 с.
3. Системный проект по развитию федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений (основные положения) / Шахрамьян М. А., Николаев А. В., Соболев Г. А. и др. // ФССН (Информационно-аналитический бюллетень). Спец. выпуск. 1995. № 1. 112 с.
4. *Халевин Н. И.* Сейсмология взрывов на Урале. Методика и результаты исследований. М.: Наука, 1975. 136 с.

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИМПУЛЬСНОЙ СКВАЖИННОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ С ЗАЗЕМЛЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ТОКА

ГОЛИКОВ Ю. В., ИЛЬИНЫХ С. А.

Уральская государственная горно-геологическая академия

Разработана новая технология импульсной скважинной электроразведки с заземленными источниками тока, включающая в себя методику выполнения полевых работ с новой аппаратурой неустановившегося поля заряда (АНПЗ), обработку и интерпретацию результатов измерений.

В отличие от известных методов скважинной электроразведки, при использовании указанной технологии электромагнитное поле возбуждается заземленной в скважине питающей линией короткими (миллисекундными) импульсами тока. Детально изучаются процессы становления и спада электрического и магнитного полей, что позволяет получить новые информационные параметры индукционной части поля и параметры вызванной поляризации в ее ранней стадии.

Технологический комплекс отличается эффективной системой подавления помех и отсутствием длинных кабельных линий, используемых для возбуждения поля и его регистрации, что позволяет выполнять работы в сложных условиях (например, на территории действующих карьеров).

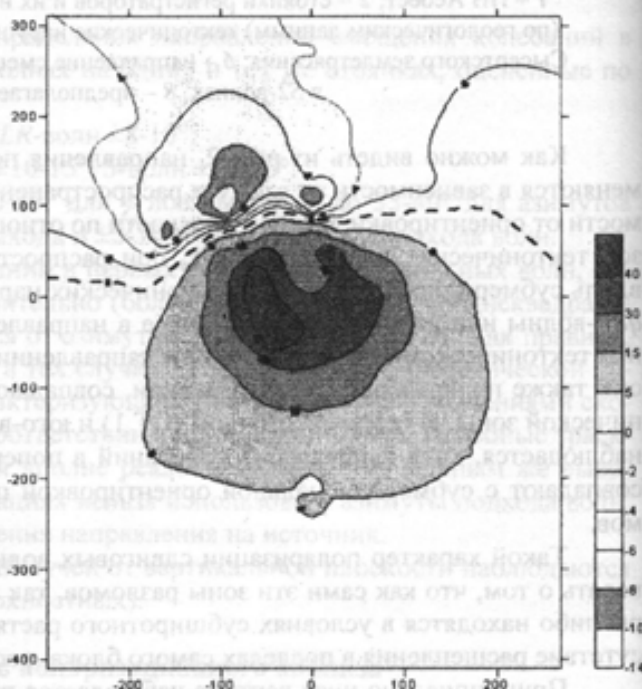


Рис. 1. План изолиний радиальной составляющей электрического поля на времени 1 мс после выключения тока на колчеданном месторождении