

Метод микросейсмического зондирования- новая эффективная технология для научных исследований, задач поиска и разведки полезных ископаемых

Горбатиков А.В. – к.ф.м.н., вед.н.с. ИФЗ РАН; **Николаев А.В.**- член.корр. РАН, зав.лаб. ИФЗ РАН; **Степанова М.Ю.**- к.ф.м.н., ст.н.с. ИФЗ РАН, **Алешин А.П.**- к.г.м.н., вед.н.с. ИГЕМ РАН

Метод микросейсмического зондирования (ММЗ) является новой, уникальной в мире технологией. ММЗ предназначен для сейсморазведки территорий и участков с целью получения двумерных и трехмерных моделей строения среды в параметрах относительных скоростей сейсмических волн. ММЗ относится к группе пассивных сейсморазведочных методов. Он не нуждается в дорогостоящих сейсмических источниках. Зондирующим сигналом для ММЗ является естественное фоновое микросейсмическое поле Земли. Как и у любого геофизического метода, у ММЗ есть свои преимущества и недостатки.

С точки зрения своей практической реализации ММЗ выглядит как съемка микросейсмического поля в ряде разнесенных в пространстве точек одним или несколькими переносимыми приборами. При планировании съемки необходимо принимать во внимание, что оценочный размер геологического объекта, его глубина и характерные частоты микросейсм, «отзывающихся» на этот объект, должны быть согласованы между собой, а выбор параметров измерительных приборов должен производиться, исходя из ожидаемого частотного диапазона микросейсмических сигналов.

ММЗ основывается на использовании амплитудного распределения поля Рэлеевских волн вблизи границ рассеивающей неоднородности на расстояниях равных длине волны или меньших. Вначале ММЗ развивался как феноменологический метод. Результаты его экспериментальной проверки на тестовых геологических объектах проведены в [Горбатиков и др., 2008]. Реализация ММЗ базируется на использовании естественного фонового микросейсмического поля Земли. Известно, что вертикальная компонента микросейсмического поля преимущественно определяется вкладом поверхностных волн типа Рэлея. Была предложена простая процедура для инверсии амплитудного распределения микросейсмического поля в разрезы среды по глубине. Эта процедура базируется на общей физической теории и проверена в серии полевых экспериментов и с помощью численного моделирования. Технология измерений и обработки включает в себя следующие этапы. 1) Последовательное измерение статистически устойчивых спектров микросейсм во всех точках сети или профиля. Чтобы обеспечить статистическую стабильность, микросейсмический сигнал накапливается в течение экспериментально определенного периода времени, равного периоду стационарности сигнала. 2) Построение карт или профилей, отражающих распределение амплитуд микросейсм для каждой спектральной частоты. 3) Привязка к глубине полученных карт или профилей в соответствии с соотношением $H(f) = K\lambda_R(f) = KV_R(f)/f$, где $H(f)$ - глубина слоя, для которого конструируется изображение, $\lambda_R(f)$ - длина волны фундаментальной моды Рэлея, f - частота микросейсмического сигнала, для которой производится расчет. Численный коэффициент K близок к 0.4-0.5 в соответствии с экспериментальными оценками и численным моделированием. $V_R(f)$ - дисперсионная кривая для Рэлеевских волн. Она может быть получена с использованием одного из методов поверхностно- волновой томографии.

Основываясь на результатах численного моделирования были оценены точность и разрешение ММЗ. Так, две малые скоростные неоднородности, размещенные на одинаковой глубине могут быть разрешены по горизонтали (проявиться как два отдельных

объекта), когда расстояние между ними превышает $\sim 0.25\lambda$, где λ - длина эффективной облучающей волны Рэлея [Горбатиков и Цуканов, 2011]. Соответствующее расстояние для вертикального разрешения оценивается как $\sim 0.4\lambda$. Было также показано, что в случае случайно распределенных источников малые изолированные неоднородности могут проявляться в волновом поле с длиной волны намного превышающей размеры этой неоднородности. При идеальных условиях измерения координаты центров малых неоднородностей и положение вертикальных границ больших неоднородностей могут быть определены точно. Вертикальная точность, определяемая в том числе используемой скоростной моделью имеет неоднозначность из-за коэффициента глубинной привязки. Величина коэффициента зависит в том числе от контраста между неоднородностью и вмещающей средой.

В ряде выполненных исследований (примеры приводятся в докладе) система сбора имела следующие технические параметры. Для случаев картирования 1) соляной гряды на глубине залегания 1.5 км, 2) резервуара газового месторождения - 4 км и 3) интрузивных тел под постройками вулканических островов на глубине 10-15 км частотный диапазон был выбран 0.03-15 Гц. В случае проведения малоглубинных исследований карстовых областей и приповерхностных разломов частотный диапазон был выбран 0.5-15 Гц.