Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XIX, вып. 2, 1976 г.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗВУКОЛОКАЦИИ ДЛЯ ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В.С.МУЗЫЛЕВ, А.И.СВЕЧНИКОВ

В последние годы для решения разнообразных геологических и инженерно-геологических задач на акваториях морей и водоемов привлекают звуколокационные и сейсмические методы исследования. В основном их используют для решения структурных задач, но с помощью звуковых волн можно по характеру отраженных сигналов определять и некоторые разновидности донных отложений[x]. На это было указано давно, однако до сих пор нам не известны работы о применении звуколокации для составления литологических карт донных отложений.

Любую жидкую или твердую среду с точки зрения распространения упругих волн можно охарактеризовать при помощи некоторой функции, зависящей от ряда параметров, основными из которых являются скорости распространения продольных и поперечных волн, коэффициенты поглощения, рассеяния, сдвиговой и объемной вязкостей, теплоемкости и др.

Под действием среды волновой пакет претерпевает определенные изменения, которые являются реакцией среды на упругие возмущения. Следовательно, используя реакцию среды на упругие возмущения, можно определить те или иные характеристики среды и, в конечном итоге, классифицировать эти среды. Одной из важных характеристик среды является коэффициент затухания, который складывается из коэффициентов поглощения и рассеяния.

Поглощение упругих волн в твердых телах обусловлено не только внутренним трением и теплопроводностью, но также упругим гистерезисом, термическими или упругими релаксационными процессами и др. В зависимости от того, какие процессы имеют превалирующее значение, коэффициент затухания по-разному зависит от частоты. На затухание упругих волн в твердых средах влияет и их газо- и водонасыщенность. Таким образом, величина затухания,

---

[x] Л. Бергман. Ультразвук. М., ИЛ, 1957.

Л.А.Сергеев. Ультразвуковой осциллографический метод определения морских грунтов. М., ВНИРО, 1958.

коэффициент поглощения и коэффициент рассеяния звуковой энергии тесно связаны с физическими характеристиками среды, в которой распространяются упругие волны, и рассматривать их надо как реакцию среды на упругие возмущения, изучая не только изменение интенсивности, но и изменение спектрального состава распространяющихся волн. Изучение затухания и спектральных характеристик отраженных волн, наряду с кинематическими особенностями, позволит при исследовании подводных отложений звуколокационным методом получать не только сведения о структурных особенностях геологического разреза, но и расчленять донные отложения по литологическому составу.

В 1973 г. кафедрой геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых Ленинградского горного института проведены работы с использованием звуколокации для определения литологического состава донных отложений в Невской губе Финского залива с целью выделения областей развития песка, необходимого для строительства защитной дамбы.

Анализ гидрологических и геологических условий участка показал, что работы придется выполнять в весьма сложной для звуколокационных работ обстановке, характеризующейся малой глубиной залива (от 1,5 до 6 м), частой сменой пластов песков, супесей, суглинков и глин как по площади, так и по разрезу. Высокая разрешающая способность могла быть получена лишь с использованием высокочастотных магнитострикционных и пьезокерамических излучателей. Для получения максимально возможной разрешающей способности было решено использовать принцип ударного возбуждения акустических излучателей. Это позволило применить унифицированный источник питания и упростить схему формирования электрических импульсов.

В качестве источника электрических импульсов был использован стандартный блок устройства электроискрового возбуждения «Скат" с напряжением на накопительных конденсаторах 10000 В и мощностью в импульсе 5000 Дж. Так как частота посылок, которую могло обеспечить устройство «Скат" (одна за 4 с) недостаточна при проведении детальных малоглубинных работ, емкость накопителя была уменьшена до 25 мкФ, что позволило сократить интервал между посылками до 1 с при мощности на накопителе 1250 Дж. Для получения различных напряжений на накопителе и мощностей, отбираемых от источника электрических импульсов, в первичную обмотку высоковольтного трансформатора накопителя был включен дополнительный регулятор напряжения, позволяющий устанавливать на накопителе практически любое напряжение в пределах 1-10 кВ.

В качестве электроакустических преобразователей использованы магнитострикционные излучатели с акустически изолированными системами излучения и приема отраженных сигналов и рабочими частотами 10; 15 и 20 кГц.

Для получения нелинейных эффектов выбран режим насыщения магнитострикторов, что позволило обогатить спектр излучаемого импульса высокочастотными составляющими.

Принимали и регистрировали отраженные сигналы с помощью специального усилителя и самописца от рыбопоисковой станции «Палтус М" с диапазоном развертки 200 м.

Опытные работы проводили на участках, где по геологическим данным донные отложения представлены породами различного литологического состава.

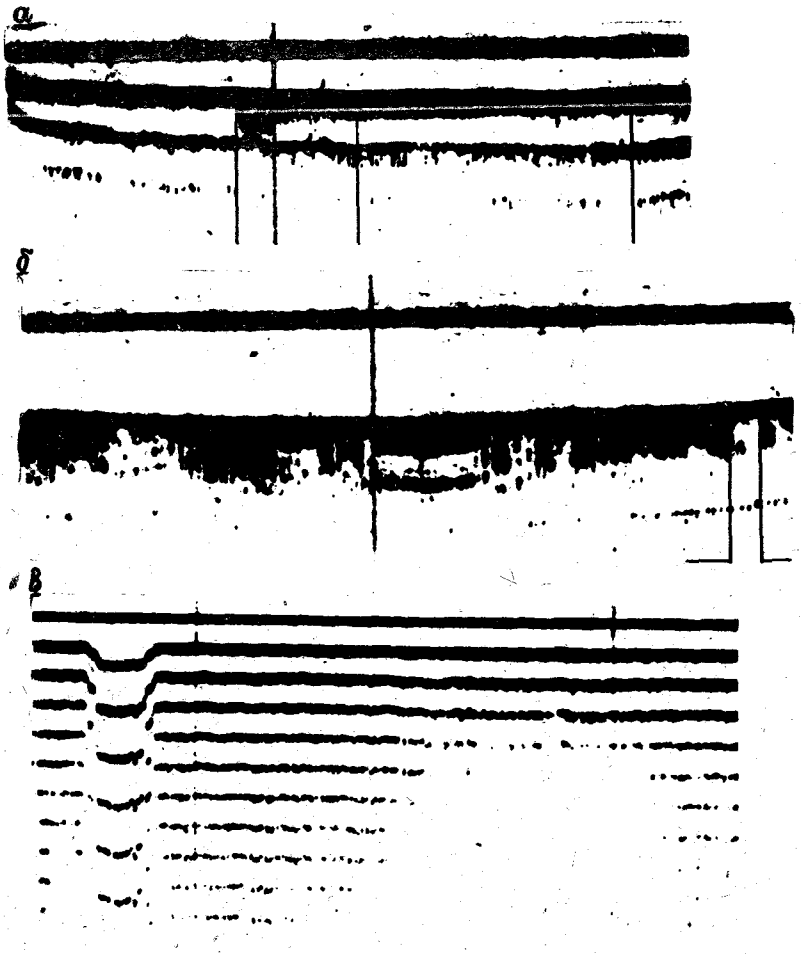


Рис.1. Эхограммы отраженных сигналов: а – от песков; б – от глин и суглинков; в – от твердых суглинков

Во время исследований были выбраны частота, тип излучателя и режим его работы. Наилучшие результаты по литологическому расчленению донных отложений получены при использовании двух акустически изолированных магнитострикционных пакетов с частотой резонанса 10 кГц и напряжением на накопителе 2,5–3 кВ.

По опытным профилям, пересекающим различные по составу донные отложения, получены временные разрезы. Из приведенных эхограмм (рис.1) следует, что характер отражения, коэффициенты отражения и поглощения упругих волн существенно изменяются. Об этом можно судить по длительности первого отражения от поверхности дна, количеству кратных волн (дно – поверхность воды – дно), глубине исследования и наличию структур в донных отложениях. Для песка характерно небольшое по длительности отражение, чуть длиннее импульса зарегистрированной посылки с довольно ровной

нижней кромкой и слабо выраженной, а временами отсутствующей кратной волной.

Возрастание содержания пылевидных частиц увеличивает длительность отражения. Глубина проникновения упругой волны в супесях вследствие меньшего поглощения увеличивается, в результате чего при наличии акустических границ на эхограммах появляются отражения от нижележащих слоев. Существенно возрастает глубина исследования, если поверхность дна представлена суглинками и глинами. Отраженный сигнал от глинистых пород значительно растягивается по времени, появляется длинный „шлейф" на заднем фронте волны, что объясняется уменьшением поглощения упругих волн в глинах, особенно их высокочастотных составляющих, и, вероятно, возникновением отражений от тонкослоистых структур. Однако если поверхность дна сложена очень плотными глинами, суглинками или другими твердыми породами, то для данных частот она может являться „зеркальной". Например, для плотных суглинков длительность отраженного сигнала равна длине посылки, значительно возрастает количество кратных отраженных волн дно – поверхность воды – дно, достигая иногда 5–10 отражений и более. Так как в этом случае коэффициент отражения близок к единице, упругая волна практически не проникает в нижележащие породы, в связи с чем на эхограммах отсутствуют какие-либо отражения от нижележащих границ. В ряде случаев при получении отражений от границ раздела, расположенных в донных отложениях, можно по характеристике отраженного сигнала судить, через какие породы прошел сигнал. Так, при наличии границ раздела в песчаных толщах вышележащие пески оказывают фильтрующее действие на отраженный сигнал, обедняя его высокочастотными составляющими.

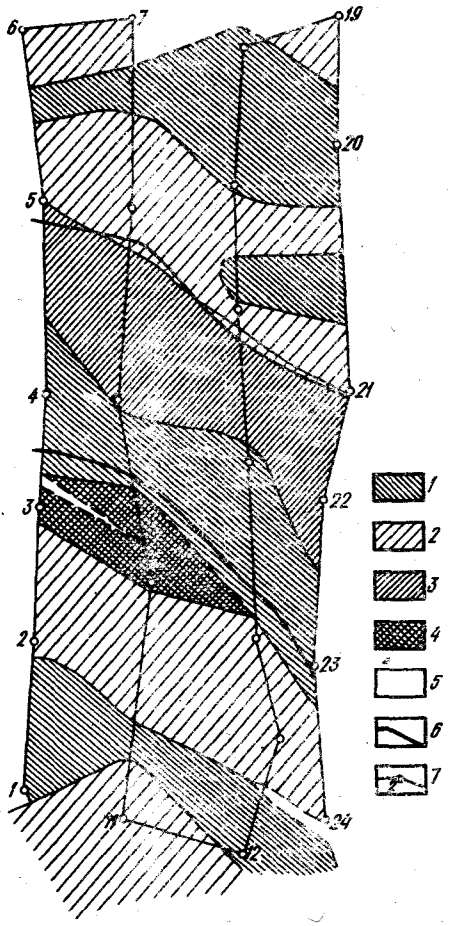


Рис.2. Литологическая карта донных отложений Сестрорецкого участка Невской губы по данным звуколокации

1 – пески; 2 – суглинки; 3 – плотные пески; 4 – супеси; 5 – плотные суглинки; 6 – границы развития песков по бурению; 7 – профили с точками привязки

В результате звуколокационных работ по характеру отраженных сигналов построены литологические карты выбранных участков Финского залива и выявлены участки, перспективные для добычи песков.

Зимой 1973-1974 гг. на одном из участков (рис.2) проведены буровые работы. Сопоставление контуров песка по данным звуколокационных работ и бурения показывает их хорошее совпадение.

Проведенные работы показали большие возможности звуколокации для литологического картирования донных отложений, выявления областей развития песков, глин, суглинков, твердых пород. Однако в некоторых случаях интерпретация эхограмм весьма затруднительна и носит субъективный характер. Поэтому совершенствовать метод следует за счет измерения спектральных характеристик отраженных сигналов.