

О достоверности контроля качества сейсмограмм в условиях лиманно-плавневых зон

■ Кострыгин Ю.П., ООО «Новоросморгео», г. Новороссийск

■ Долинин С.А., ООО «НК «Приазовнефть», г. Краснодар

В настоящее время значительные перспективы поиска нефти и газа связаны с миоценовым комплексом Азово-Кубанского нефтегазоносного бассейна. Вместе с тем сейсмические исследования в условиях лиманно-плавневых зон, примыкающих к Азовскому морю, предполагают использование достаточно сложной, весьма затратной и изменяющейся по площади технологии полевых наблюдений. Так, с учётом многолетнего опыта сейсморазведочных работ в транзитных зонах Кубани, при глубине лиманов менее $1\div 1,5$ м возбуждение колебаний, как правило, осуществляется с использованием 2 – х элементной группы пневмопушек, устанавливаемых в скважинах, на глубине $4\div 6$ м от поверхности грунта. При глубине же водоёмов более $1\div 1,5$ м возбуждение колебаний в основном осуществляется путём применения площадных групп излучателей, расположенных вне скважин и характеризующихся относительно небольшими амплитудами возбуждаемых сигналов, не превышающими $(1\div 3) \cdot 105$ Па·м [1]

Технология регистрации колебаний в условиях транзитных зон также может изменяться в пределах одной и той же площади. При мощности слоя воды менее 1 м регистрация колебаний, как правило, выполняется с использованием геофонов, вдавливаемых в грунт до твердой поверхности, а при глубинах более 1 м с применением гидрофонов.

Возможные изменения методики наблюдений в границах одной и той же исследуемой площади, а также весьма неустойчивая динамика возбуждаемых колебаний в условиях лиманно-плавневых зон требуют чрезвычайно внима-

тельного отношения к экспресс-анализу качества сейсмограмм непосредственно в поле. При этом ключевыми вопросами, в основном и определяющими компромисс между качеством получаемых материалов и экономическими показателями работ, является вопрос о предельно допустимом уровне микросейсмических колебаний на входе регистрирующей системы и вопрос о минимально допустимом отношении сигнал/помеха.

На основании успешного опыта проведения работ на лиманно-плавневых участках Кубани максимально допустимая амплитуда микросейсм обычно принимается равной $20\div 25$ мкВ, а минимально допустимое значение отношения сигнал/помеха для целевых отражений 2. Это достаточно жёсткие требования, которые в ряде случаев существенно снижают производительность работ. Однако практика показывает, что даже строгое соблюдение сформулированных требований не гарантирует получение качественных сейсмограмм.

Так, на рис. 1 приведена сейсмограмма, зарегистрированная на лиманно-плавневом участке, примыкающем к акватории Темрюкского залива. В данном случае уровень микросейсм равнялся 7 мкВ, т.е. был более чем в три раза ниже допустимого значения. Расчётное же отношение сигнал/помеха равнялось 5,1, т.е. более чем в 2 раза превышало заданные ограничения. Очевидно, что несмотря на относительно слабый фон микросейсм и достаточно высокое расчётное значение отношения сигнал/помеха представленная сейсмограмма характеризуется низким качеством.

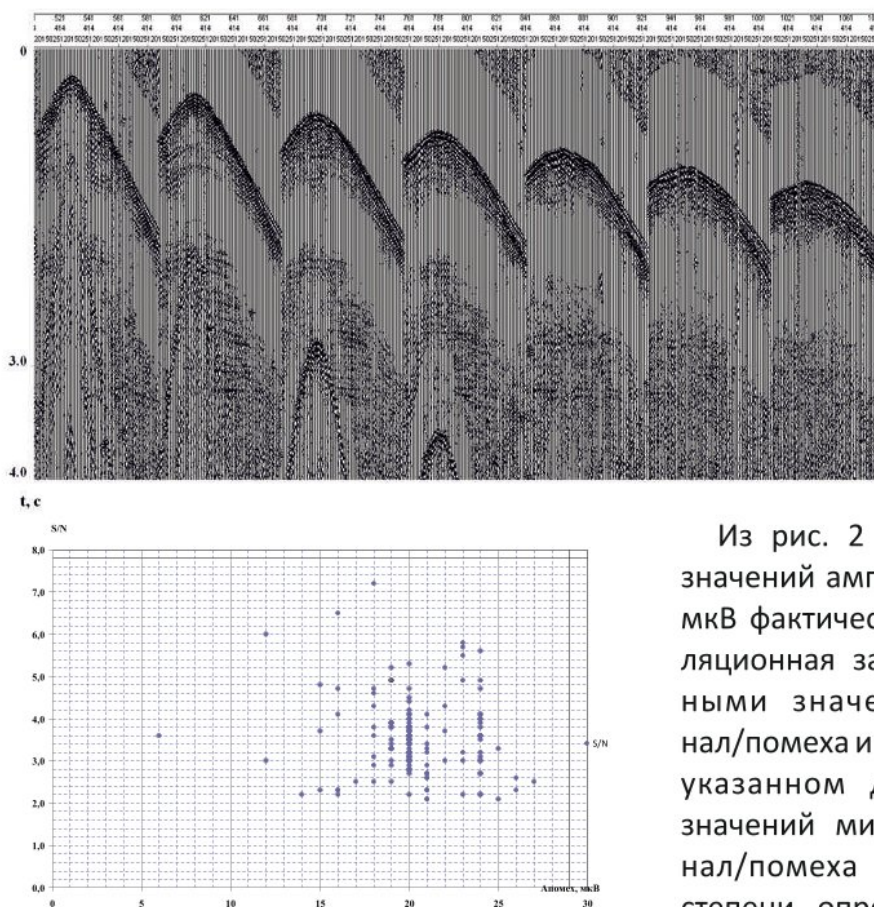


Рис. 1. Сейсмограмма, зарегистрированная ГНЦ ФГУП «Южморгеология» на лиманно-плавневом участке, примыкающем к акватории Темрюкского залива (уровень микросейсм 7 мкВ, с/п 5,1)

Рис. 2. Расчётные значения с/п и соответствующие им амплитуды микросейсм.

Физически это связано, в частности, с тем, что в связи с повышенной неустойчивостью динамики колебаний, возбуждаемых в пределах лиманно-плавневых зон, качество получаемых сейсмограмм в значительной степени зависит не только от уровня микросейсм, но и от возможных изменений амплитуды формируемых когерентных колебаний. Так, на рис. 2 приведено облако точек, устанавливающих связь между расчётными значениями отношения сигнал/помеха и соответствующими значениями уровня микросейсм в микровольтах на входе регистрирующей системы.

Рисунок составлен по материалам, полученным ГНЦ ФГУП «Южморгеология» в условиях лиманно-плавневой зоны, примыкающей к Темрюкскому заливу.

Из рис. 2 следует, что в интервале значений амплитуд микросейсм $12 \div 30$ мкВ фактически не наблюдается корреляционная зависимость между расчётными значениями отношения сигнал/помеха и уровнем микросейсм. Т.е. в указанном диапазоне амплитудных значений микросейсм отношение сигнал/помеха в значительно большей степени определяется не амплитудой помех, а условиями возбуждения колебаний. В соответствии с рис. 2 влияние характеристик очага возбуждения в данном случае существенно превышает влияние уровня микросейсм на изменения расчётных значений отношения сигнал/помеха.

Возможности значительно более существенного влияния на дисперсию расчётных значений отношения сигнал/помеха амплитуды возбуждаемого сигнала по сравнению с амплитудой микросейсм подтверждаются множеством графиков, на которых представлены амплитуды микросейсм и целевых отражений в зависимости от номера файлов сейсмограмм. Для примера такие графики приведены на рис. 3.

Таким образом, задавая в условиях лиманно-плавневых зон даже относительно низкий и приемлемый с практической точки зрения предел уровня

микросейсм, мы тем самым ни в коей мере не гарантируем получение качественных сейсмических материалов.

Следует при этом отметить, что задание предельного отношения сигнал/помеха, равного 2, также не гарантирует получения качественных сейсмических записей. Указанное обстоятельство связано с тем, что в настоящее время, к сожалению, не существуют алгоритмы, которые бы с достаточной степенью точности определяли бы значения отношения сигнал/помеха на реальных сейсмических записях, т.к. сейсмический сигнал входит в аддитивную сумму с микросейсмками. В общем случае это приводит к завышениям отношения сигнал/помеха.

Так, при проведении полевых сейсморазведочных работ для оценки отношения сигнал/помеха исполнители зачастую используют программный продукт, разработанный ООО «ГСД», Seis Win QC. В настоящее время этот программный комплекс является одним из наиболее развитых при экспресс-анализе сейсмических материалов. Определение амплитуды полезного сигнала в этом комплексе представляется возможным с использованием функции автокорреляции (ФАК), рассчитанной в интервале присутствия целевых отражений. Такая возможность позволяет существенно снизить при вычислении амплитуды полезного сигнала влияние микросейсм и в относительно чистом виде оценить энергию и амплитуду полезных колебаний, однако при условии, если помеха представлена белым шумом, имеющим, как известно нулевой радиус корреляции ФАК.

Реальные же микросейсмки, оказывающие наибольшее мешающее влияние,

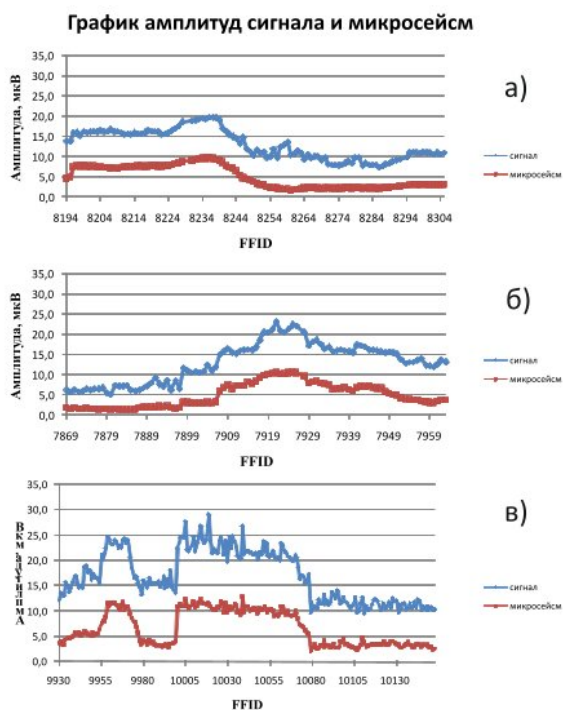
характеризуются в основном такими же радиусами корреляции, как и полезные волны [2], и поэтому на равных



▲ Рис. 3. Графики амплитуд микросейсм и расчётных амплитуд целевых отражений в зависимости от номера файлов, полученные для условий лиманно-плавневой зоны, примыкающей к Темрюкскому заливу

участвуют в формировании ФАК, увеличивая тем самым амплитуду ФАК и искажая расчётную амплитуду сигнала в сторону повышения отношения сигнал/помеха. Такое утверждение убедительно подтверждается графиками, приведёнными на рис. 4. Как можно видеть из представленных рисунков амплитудные графики микросейсмических колебаний и сигналов, которые условно принято называть «полезными сигналами», характеризуются весьма высокими коэффициентами корреляции, в значительной степени повторяя форму друг друга. То есть повышение амплитуды микросейсм, как правило, сопровождается и повышением амплитуды «сигнала», т.к. микросейсмки и полезный сигнал практически в равной степени участвуют в формировании ФАК, которую мы весьма условно приписываем исключительно к полезному сигналу.

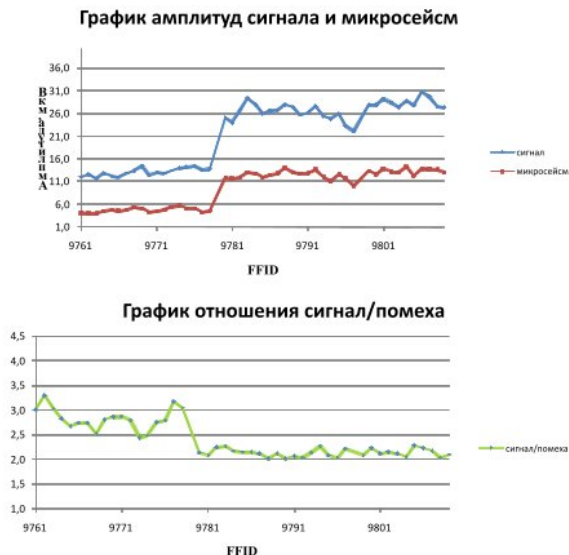
На рис. 5 амплитудные графики микросейсм и «полезного сигнала» дополнены графиком отношения сигнал/помеха. Здесь, начиная с файла 9781, наблюдается приблизительно двух-кратное возрастание амплитуды микросейсм, приводящее к практически такому же увеличению амплитуды «полезного сигнала». Допуская при этом, что повышение «полезного сигнала» в данном случае



▲ Рис. 4. Графики амплитуд микросейсм и целевых чокракских отражений, зарегистрированных в пределах лиманно-плавневой зоны, примыкающей к акватории Темрюкского залива, в зависимости от номера файлов

физически мало обосновано, можно предположить, что, начиная с файла 9781, отношение сигнал/помеха завышено приблизительно в 2 раза, т.е. равно не ≈ 2 , а ≈ 1 .

Таким образом, соблюдая безусловно при контроле качества сейсмограмм в условиях лиманно-плавневых зон, примыкающих к Азовскому морю, требования $A_{\text{микр}} \leq 20 \div 25$ мкВ и сигнал/помеха > 2 , необходимо принимать во внимание и то обстоятельство, что требования эти не гарантируют получение качественного сейсмического материала в связи с повышенной нестабильностью динамики возбуждаемых колебаний, а также в связи с тем, что алгоритмы, используемые в настоящее время для экспресс-анализа сейсмограмм, не обеспечивают достоверные расчёты отношения сигнал/помеха. Поэтому



▲ Рис. 5. Амплитудные графики микросейсм и целевых отражений, а также расчётный график отношения сигнал/помеха в зависимости от номера файла, полученные для сейсмограмм, зарегистрированных в лиманно-плавневой зоне, примыкающей к Темрюкскому заливу.

одновременно с оценками уровня микросейсм и отношения сигнал/помеха, осуществляемыми программным путём, особую значимость в условиях лиманно-плавневых зон приобретает и визуальный анализ сейсмограмм.

Литература

1. Гуленко В.И., Шумский Б.В., 2007, Технологии морской сейсморазведки на предельном мелководье и в транзитной зоне: Краснодар, КубГУ, 111 с.
2. Кострыгин Ю.П., 2002, Сейсморазведка на сложных сигналах. Тверь: Издательство ГЕРС. – 416 с.