



В. Л. Зимирева
В. С. Славкин
А. Ю. Никульников

ЗАО "МИМГО", МОСКВА
ЗАО "МИМГО", МОСКВА
ЗАО "МИМГО", МОСКВА

ВЛИЯНИЕ УЧЁТА НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ВЧР НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО НГБ

АННОТАЦИЯ. В настоящее время перед сейсморазведкой ставятся тонкие задачи по изучению сложных природных резервуаров и прогнозированию их фильтрационно-емкостных свойств в межскважинном пространстве. Однако зачастую уделяется мало внимания факторам, искажающим динамические характеристики волнового поля. В северных районах Западной Сибири таким фактором являются зоны развития многолетнемерзлых пород. В статье на примере Северо-Губкинского месторождения проведены исследования влияния аномалий верхней части разреза на динамические характеристики сейсмической записи. Доказано, что корректный учёт влияния ВЧР улучшает динамические характеристики и позволяет провести обоснованный прогноз фильтрационно-емкостных свойств коллекторов.

Ни у кого не возникает сомнений в необходимости и целесообразности исключения влияния на облик сейсмической записи вариаций зон многолетнемерзлых пород (ММП) в верхней части разреза. Недоучёт так называемой "длиннопериодной статике" вызывает изменения времён прихода отражённых волн, что влечёт за собой искажение геометрии границ и, соответственно, структурного плана, что, в свою очередь, снижает точность структурных построений.

В наше время задачи сейсморазведки усложняются. Помимо восстановления истинного структурного плана, особенно важным становится изучение природных резервуаров в межскважинном пространстве и их ФЕС. На территории северной части Западной Сибири практически повсеместно присутствуют неоднородности в верхней части разреза (ВЧР), осложняющие волновую картину, что, в свою очередь, отрицательно влияет на наблюдаемые данные сейсморазведки. Это вызвано тем, что зоны аномального строения ВЧР в зависимости от их размеров и физических свойств вносят искажения как в кинематические, так и в динамические характеристики отражённых волн. Настоящая статья посвящена исследованию влияния вариаций ВЧР на динамические параметры сейсмической записи, которые в последую-

ABSTRACT. In our days prospecting seismology faces problems in studying of difficult reservoirs and forecasting of their filtration-capacitor properties in cross-well space. However not enough attention is frequently given to factors deforming dynamic characteristics of a wave field. In northern areas of Western Siberia this factors are developed by permafrost zones. Researches of influence of anomalies of the top part of a subsurface on seismic recording dynamic characteristics are carried out in article on an example of the North Gubkinsky field. It is proved that the correction for near-surface heterogeneities improves dynamic characteristics and allows to spend forecast of filtration-capacitor properties of collectors.

щем используются для расчёта пористости, нефтенасыщенности, эффективных толщин и т. п.

Геофизики изначально отдавали себе отчёт в том, что прямых и простых способов учёта влияния ВЧР скорее всего не будет - для этого необходимы скважины, которые вскрывали бы многолетнюю мерзлоту на всю её толщину. Кроме того, скважины должны быть каким-либо образом "прокаротированы". Экономически такой подход остаётся неподъёмным даже сейчас. Практически очень редко можно использовать и разведочные скважины, хотя они и проходят зону многолетней мерзлоты, но, поскольку бурятся с совершенно иными целями, в мерзлом интервале часто отсутствует качественный каротаж, и, следовательно, извлечь из них можно крайне мало полезной для исследования ВЧР информации.

Выход из данной ситуации виделся в создании математических методов учёта многолетнемерзлотных эффектов.

Существуют большое число методических приёмов и реализованное на их основе программное обеспечение. Известные методики учёта влияния аномалий ВЧР применяются на этапе либо обработки, либо интерпретации. Проблема учёта влияния ВЧР отражена в работах В. С. Козырева, А. П. Жукова, И. П. Короткова,

А. А. Жукова, М. Б. Шнеерсона, Н. Е. Соколовой и др. [3, 4, 5, 7, 8]. Во многих сервисных компаниях разработано и используется большое число собственных программных средств учёта влияния ВЧР как на стадии обработки сейсмического материала, так и на стадии его интерпретации. Однако недостатком учёта влияния ВЧР на этапе интерпретации сейсмического куба или временного разреза является искажение формы сигнала при суммировании по негиперболическим годографам [4]. Учёт влияния ВЧР на этапе до суммирования, т. е. в процессе обработки, позволяет наиболее качественно проводить обработку данных сейсморазведки, сохранить динамику. Имея правильную динамику, мы можем более точно спрогнозировать строение коллекторов в межскважинном пространстве.

Одним из наиболее удачных, как мы считаем, методом учёта влияния ВЧР на этапе обработки сейсморазведочных данных является технология интерактивной коррекции статических поправок, реализованная в программном комплексе IST-3mp (ООО “Геофизические системы данных”, В. С. Козырев, А. П. Жуков и др., 2005), где предлагается решение по расчёту длинно- и средне-периодных статических поправок.

Метод позволяет локализовать приповерхностные аномалии и отличить их от глубинных структур, а также рассчитать корректирующие статические поправки [4]. Данная методика в последние годы успешно используется в ЗАО “МиМГО”. Наш опыт показал хорошие результаты применения данного программного комплекса: практически полная компенсация влияния ВЧР и устранение ложных аномалий, вследствие чего геометрия границ лучшим образом соответствует их реальному положению.

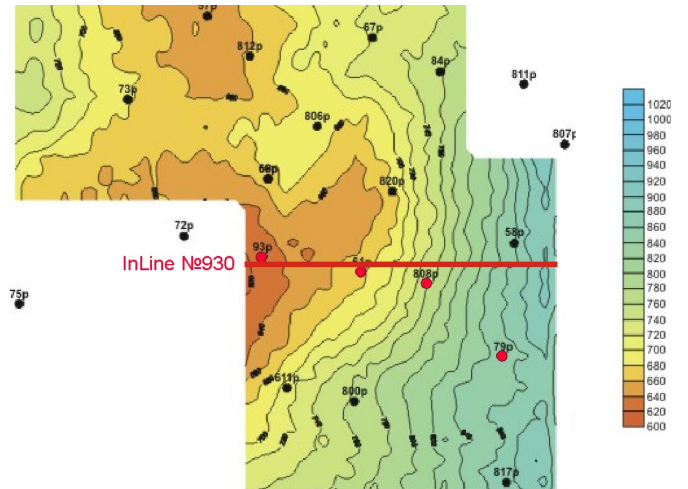


Рис. 1. Фрагмент карты изохрон по кровле нижнеберезовской свиты, Северо-Губкинское месторождение

Конечно, при применении любых математических методик необходим жёсткий геологический (скважинный) контроль, поскольку вероятен недоучёт или переучёт длиннопериодной составляющей статики. Мы применяем следующий способ оценки корректности введения длиннопериодной статики. Используя сейсмический материал, строится карта изохрон реперного ОГ, находящегося непосредственно ниже зоны развития ММП. Затем, используя данные бурения, строится график зависимости абсолютных отметок геологической границы, соответствующей этому горизонту, от поля времён (по сейсмическим данным).

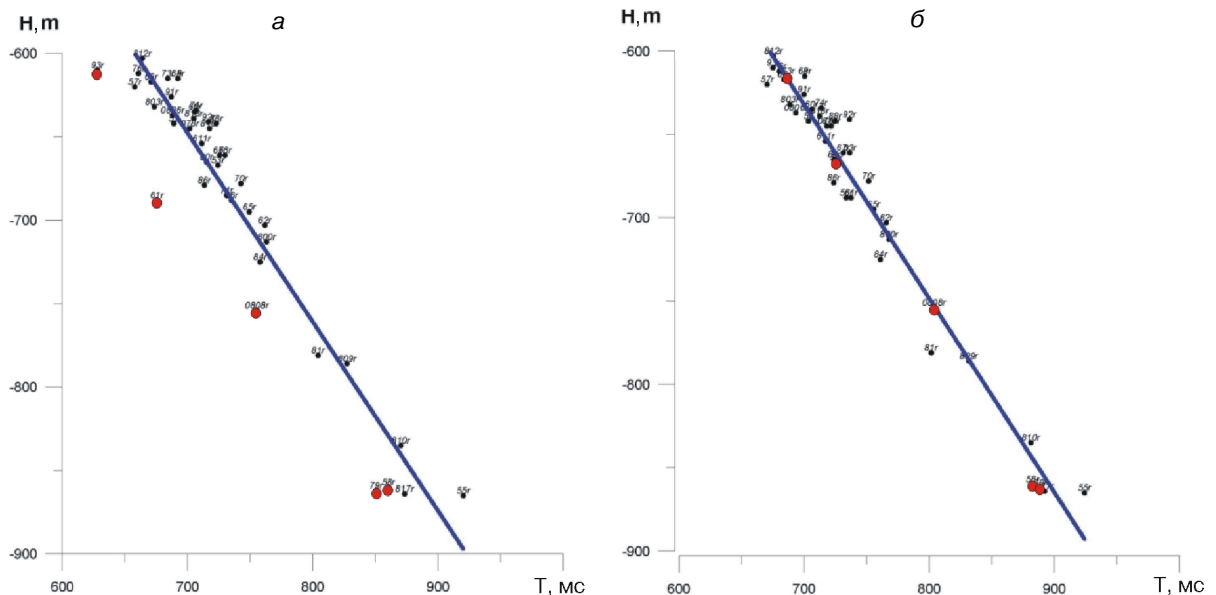


Рис. 2. График зависимости абсолютных отметок по кровле нежнеберезовской свиты (ОГ Г) от T_0 , Северо-Губкинское месторождение:
 а - до учёта влияния ВЧР (коэффициент корреляции $R = 0,96$);
 б - после учёта влияния ВЧР ($R = 0,98$)

Рассмотрим реализацию этого подхода на примере Северо-Губкинского НГК месторождения. Данное месторождение давно известно и пользуется “дурной славой” по части влияния ММП. Сейсморазведка 3D на месторождении была проведена в 2004 - 2006 гг. силами ОАО “Хантымансийскгеофизика”. Анализируя карту изохрон по кровле реперного горизонта (рис. 1) и график зависимости (рис. 2, а), можно сказать, что связь сейсмических данных и результатов бурения достаточно тесная, коэффициент корреляции составляет 0,96. Казалось бы, такой коэффициент очень хорош, однако скв. 58, 61, 79, 93, 808 несколько смещены (причём в одну сторону) относительно графика регрессии (см. рис. 2, а), и приурочены к положительной аномалии поля времён в южной части Северо-Губкинского месторождения (см. рис. 1). Это позволяет считать, что временные аномалии связаны с влиянием неоднородностей ВЧР в этой части территории. Помимо этого, анализируя срез временного куба (рис. 3, а) в районе скв. 93, 61, 808, очевидно наличие сквозных аномалий, что в данном районе работ может быть вызвано влиянием ММП верхней части разреза. Отличительной особенностью этих зон

является существенное ухудшение качества суммирования (происходит интерференция осей синфазности отражений от целевых горизонтов).

Для исключения влияния неоднородности строения ВЧР нами использовался программный комплекс IST-3mp (ООО “Геофизические системы данных”). Определив по первым вступлениям возможность наличия аномалии в ВЧР и используя разрезы ОТВ и ОТП с пространственно зафиксированными базами суммирования, вычислялись дополнительные статические поправки, учитывающие скоростную неоднородность в приповерхностном слое. Полученные статические поправки (длиннопериодная и среднепериодная статика) использовались при дальнейшей обработке. Как видно из приведённого на рис. 2, б графика после расчёта и ввода корректирующих статических поправок коэффициент корреляции увеличился с 0,96 до 0,98. Казалось бы, ничтожное изменение, но “вылетавшие” до учёта ВЧР скв. 58, 61, 79, 93, 808 после учёта находят на линии регрессии. Исходя из полученных результатов можно сказать, что учёт влияния ВЧР выполнен корректно. Таким образом, независимый геологический (скважинный) контроль

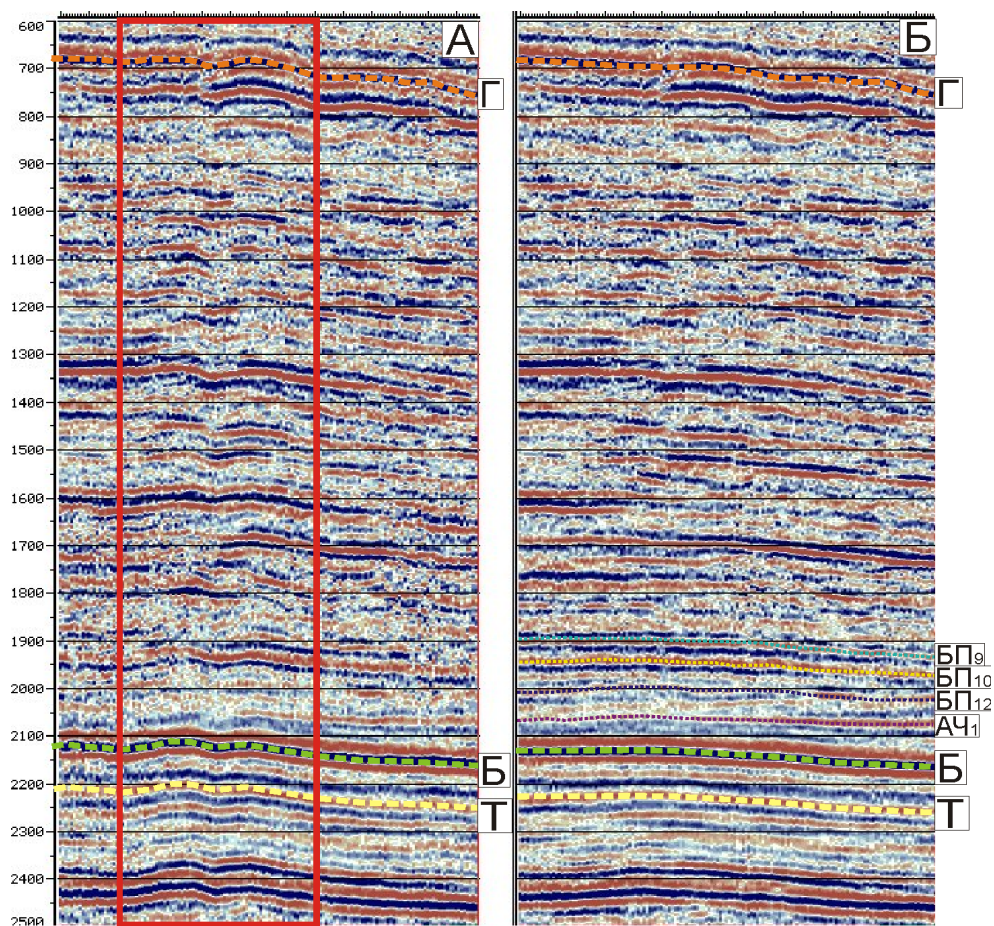


Рис. 3. Фрагмент временного разреза InLine № 930, Северо-Губкинского месторождение:
 а - до учёта влияния ВЧР; б - после учёта влияния ВЧР; красный прямоугольник - интервал сквозной аномалии ВЧР

показывает, что в данном случае была устранена аномалия, связанная именно с влиянием ВЧР.

Соответственно, после проведения процедуры учёта влияния ВЧР на временных разрезах ликвидированы сквозные аномалии, приуроченные к неоднородностям ВЧР, что хорошо видно на временном срезе куба (см. рис. 3, б). В пределах этих зон существенно изменилась геометрия отражающих границ, улучшилось качество суммирования и, соответственно, повысилась прослеживаемость целевых горизонтов.

Однако, как отмечено выше, на сегодняшнем этапе геологоразведочного процесса в районах развития ММП возникла необходимость добиваться не только точных структурных построений, что, безусловно, необходимо (это задача номер один), перед современной сейсморазведкой ставится вопрос о прогнозировании геологического разреза в межскважинном пространстве. Вопрос не новый, но достаточно трудно реализуемый на северных территориях, где многолетняя мерзлота может создать помехи, сопоставимые или даже превосходящие полез-

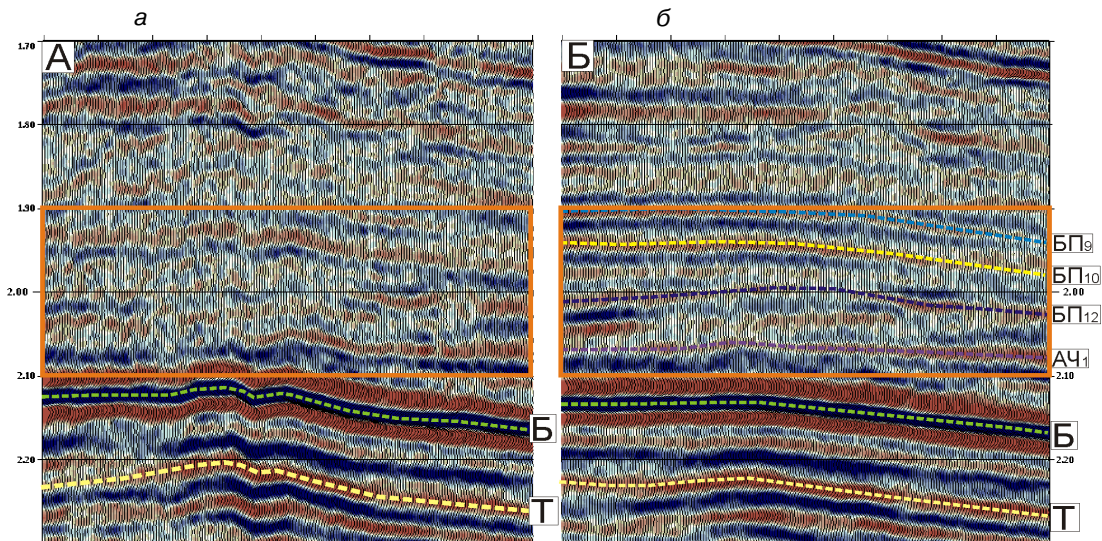


Рис. 4. Фрагмент временного разреза InLine № 930 после миграции сейсмограмм до суммирования, Северо-Губкинское месторождение:

а - до учёта влияния ВЧР; б - после учёта влияния ВЧР; оранжевые прямоугольники - интервал расчёта количественной оценки качества сейсмической записи

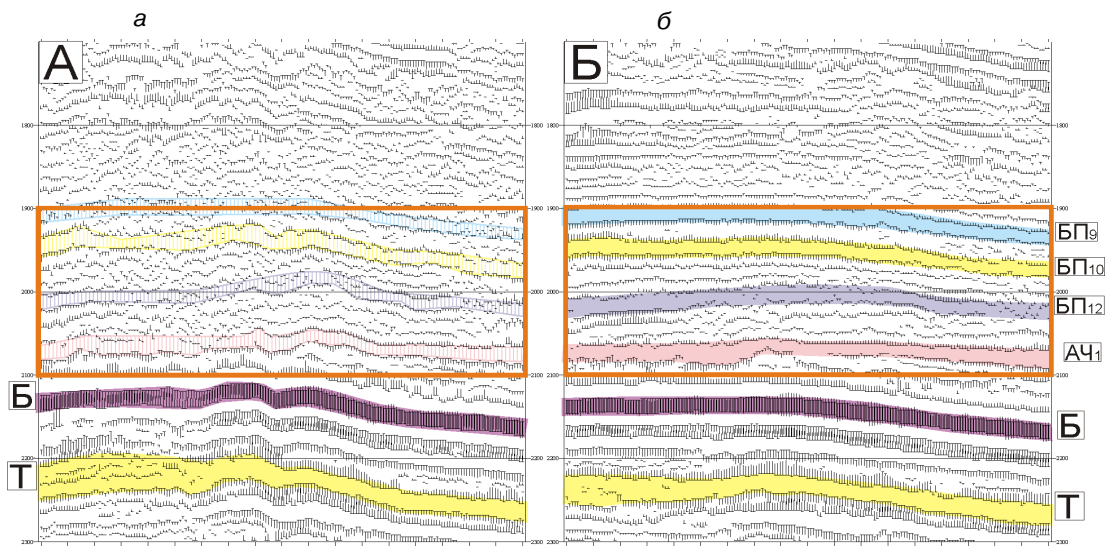


Рис. 5. Фрагмент временного ЭКО-разреза InLine № 930 после миграции до суммирования, Северо-Губкинское месторождение:

а - до учёта влияния ВЧР; б - после учёта влияния ВЧР; оранжевые прямоугольники - интервал расчёта количественной оценки качества сейсмической записи

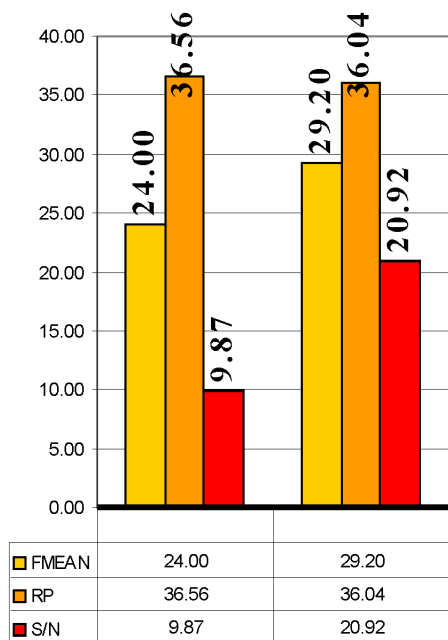


Рис. 6. Количественная оценка качества сейсмической записи, Северо-Губкинское месторождение:

a - до учёта влияния ВЧР; *б* - после учёта влияния ВЧР; FMEAN - преобладающая частота сигнала, Гц; RP - разрешающая способность, Гц; S/N - энергетическое отношение сигнал/помеха

ный сигнал от изменения литологии пласта, от замещения коллекторов, их выклинивания и т. д. Поэтому чрезвычайно важно понять, как же всё-таки недоучёт длиннопериодной статики влияет на динамику, потому что прогнозирование разреза в межскважинном пространстве (начиная от толщин и кончая пористостью) основывается именно на динамических характеристиках.

В связи с этим нами были использованы два варианта обработки части сейсмического куба на Северо-Губкинском месторождении: с учётом влияния ВЧР и без него на этапе “после миграции до суммирования”, - поскольку считаем этот этап важнейшим для получения в дальнейшем разрезов с высокими характеристиками. Известно, что неоднородности верхней части разреза отрицательно влияют на процедуру миграции. Это вызвано тем, что зоны аномального строения ВЧР в зависимости от их размеров и физических свойств вносят определённые искажения как в кинематические, так и в динамические характеристики волнового поля, что не позволяет корректно учитывать сейсмический снос и накапливать сигналы непосредственно в точках их образования. Отметим, что наибольший интерес на данной площади вызывает интервал нижнемелового клиноформного комплекса (T - 1800 - 2200 мс). На рис. 4, *a* показан срез временного куба, а на рис. 5, *a* - ЭКО (эффективных коэффициентов отражения) после временной миграции до суммирования без учёта влияния ВЧР. На разрезах хорошо и однозначно прослеживается горизонт Б, неплохо - горизонт Т, однако интересующие нас горизонты АЧ₁, БП₁₀ прослеживающихся фрагментарно, а горизонты БП₉, БП₁₂ вообще не выявляются,

волновая картина характеризуется наличием значительного числа нерегулярных помех, интерференционным характером записи, возникающим вследствие некорректного суммирования и в целом невысокой когерентностью. Полученный сейсмический материал не только не позволяет провести достоверную динамическую интерпретацию, но и выявить морфологические особенности залегания целевых отражающих горизонтов.

Кардинально иной результат применения процедуры временной миграции получен после проведения корректного учёта влияния скоростных неоднородностей ВЧР (см. рис. 4, *б*, рис. 5, *б*). В интервале времён T - 1800 - 2200 мс после временной миграции до суммирования с учётом влияния ВЧР удаётся значительно повысить когерентность записи и улучшить прослеживаемость целевых отражающих горизонтов как сложнопостроенного нижнемелового клиноформного комплекса, характеризующихся значительным изменением толщин продуктивных пластов, так и средне-верхнеюрских отложений, существенно более выдержанных по мощности. Особо важно отметить, что после учёта влияния ВЧР в совершенно ином свете предстали отражающие горизонты от целевых пластов БП₉, БП₁₀, БП₁₂.

Помимо уточнения структурного плана и улучшения когерентности, такое сочетание процедур обработки позволяет значительно улучшить и динамические характеристики сейсмической записи. По полученным после миграции до суммирования и обработанным по единому графу временным разрезам (см. рис. 4) без учёта и с учётом влияния ВЧР была проведена количественная оценка качества сейсмической записи (рис. 6). Оценка проводилась в интервале времён целевых горизонтов шельфовых пластов неокомского комплекса, не захватывая отражение, соответствующее кровле бажендовской свиты. На рис. 6 хорошо видно, что при практически одинаковой разрешающей способности сейсмического материала, энергетическое отношение сигнал/помеха после учёта влияния ВЧР (см. рис. 6, *б*) увеличилось в два раза, хотя и без учёта оно было неплохим (9,57). Кроме этого, увеличилась ширина спектра и преобладающая частота сигнала, что отражает динамические характеристики записи. Напомним, что ещё в конце прошлого века отношение S/N, равное 10, считалось предельным [1] для попыток проведения динамического анализа. Увеличение энергетического отношения сигнал/помеха до 20 без ущерба для частотных характеристик записи является показателем высокой эффективности применения процедуры учёта влияния ВЧР. Данное обстоятельство, безусловно, создаёт предпосылки для достоверного прогноза свойств резервуаров в межскважинном пространстве.

Таким образом, мы доказали, что неоднородность ВЧР самым непосредственным образом влияет на динамические характеристики сейсмической записи. Исключение её влияния является важнейшим фактором успешной динамической интерпретации данных сейсморазведки.

Из всего вышеизложенного следует, что только после реализации графа обработки, включающего одновре-

менно процедуру учёта влияния ВЧР и временную миграцию до суммирования, удалось успешно решить все поставленные геологические задачи - однозначно закартировать положение кромки “палеошельфа” пласта БП₁₂ и таким образом уверенно определить детали строения ловушки углеводородов.

Решение важнейшей задачи прогнозирования распространения ФЕС коллекторов в межскважинном пространстве основано на том, что изменчивость свойств и строения пласта проявляется в сейсмическом волновом поле главным образом вариацией динамических параметров, таких как интенсивность и форма отражений от границ пластов. В процессе обработки полевые сейсмические записи подвергаются серии преобразований, призванных максимально очистить сейсмические данные от волн-помех, сохранив при этом всю динамику полезных отражений. Многочисленные исследования, проведённые в ЗАО “МиМГО” показывают, что в Западной Сибири при условии наличия зон растеплений и многолетнемерзлых пород на территориях исследований, учёт влияния ВЧР является неотъемлемой частью графа обработки данных сейсморазведки, направленного на получение информации, пригодной для детального изучения ФЕС целевых отражающих горизонтов в межскважинном пространстве.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Виктория Львовна ЗИМИРЕВА - зав. сектором геофизики ЗАО “Моделирование и мониторинг геологических объектов” им. В. А. Двуреченского.

Владимир Семенович СЛАВКИН - директор ЗАО “Моделирование и мониторинг геологических объектов” им. В. А. Двуреченского, доктор геол.-минер. наук, профессор.

Алексей Юрьевич НИКУЛЬНИКОВ - геофизик ЗАО “Моделирование и мониторинг геологических объектов” им. В. А. Двуреченского.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авербух А. Г.*, 1975, Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке: М., Недра.
2. *Боганик Г. Н., Гурвич И. И.*, 2006, Сейсморазведка: Тверь, Изд-во АИС.
3. *Евдокимов А. А., Жерняк Г. Ф., Сысоев А. П.*, 2006, Анализ влияния неоднородностей ВЧР на оценки кинематических параметров отраженных волн: Новосибирск, Сибнефтегеофизика.
4. *Козырев В. С., Жуков А. П., Коротков И. П., Жуков А. А., Шнерсон М. Б.*, 2003, Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке. Современные технологии: М., Недра-Бизнес-центр.
5. *Кузнецов В. И., Воронцов И. В.*, 2007, Применение различных технологий учета влияния многолетнемерзлых пород на результаты нефтегазовой сейсморазведки: Технологии сейсморазведки, **1**, 37 - 43.
6. *Невинный А. В., Урупов А. К.*, 1976., Определение пластовых скоростей в средах с криволинейными границами: Прикладная геофизика, **83**, 3 - 21.
7. *Славкин В. С., Зиньковский В. Е., Френкель С. М., Соколова Н. Е.*, 2004, Способ глубинных построений в районах Западно-Сибирской низменности с изменчивыми рельефом и толщиной криолитозоны: Патент №2263335, М.
8. *Соколова Н. Е., Щарева А. С.*, 2007, Учет влияния вариаций толщин многолетнемерзлых пород при структурных построениях на севере Западно-Сибирского нефтегазового бассейна: Технологии сейсморазведки, **1**, 44 - 49.