

## **КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ СТРУКТУРНЫХ ПОСТРОЕНИЙ ПО ДАННЫМ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ МОГТ**

© 2011 г. А.М. Тюрин  
ООО "ВолгоУралНИПИГаз"

Юг Оренбургской области характеризуется контрастным проявлением соляной тектоники. В этих крайне неблагоприятных сейсмогеологических условиях структурные построения по горизонтам подсолевых продуктивных отложений, выполняемые по данным сейсмозондирования МОГТ, характеризуются специфическими погрешностями, которые обусловлены горизонтальными градиентами интервальных скоростей сейсмических волн в соленосных и надсолевых отложениях. Результаты анализа интервальных скоростей продольных сейсмических волн, оцененных по данным ВСП в скважинах региона, и влияющих на них факторов приведены в опубликованных статьях [1-3]. На примере Нагумановской площади рассмотрены и погрешности структурных построений по подсолевым горизонтам, к которым приводят локальные вариации скоростей сейсмических волн в перекрывающих их толщах [4, 6].

Оценки погрешностей структурных построений, обусловленных горизонтальными градиентами скоростей сейсмических волн, выполнены по Нагумановско-Вершиновской зоне, охватывающей юго-восточную часть Соль-Илецкого свода и сопредельный участок Предуральяского прогиба. В ней пробурена 31 скважина. ВСП выполнено в 29 скважинах, а данные по скв.1 Нагумановской признаны недостоверными. Скважины, включенные в выборку, типизированы по их взаимоотношению к соляно-тектоническим

элементам. Выделены скважины, расположенные в верхней части соляных куполов (10 скважин), на их склонах (7 скважин) и в мульдах (9 скважин). Кроме того, две скважины вскрывают соляные карнизы. Разрез скважин с пластовым (ненарушенным процессами галогенеза) залеганием соленосных и надсолевых отложений в пределах Нагумановско-Вершиновской зоны не имеется. Всего выборка включает данные ВСП по 28 скважинам. Скорости сейсмических волн в осадочных отложениях зоны обобщены в соответствии с наличием в разрезе трех толщ: терригенной надсолевой, соленосной и карбонатной подсолевой. Рассмотрение удобно начать с соленосной толщи.

Скорости сейсмических волн в соленосных отложениях (рассматриваются только отложения иренского горизонта) охарактеризованы данными ВСП в 19 скважинах. Они изменяются от 4487 м/с (скв.495 Вершиновская) до 4958 м/с (скв.507 Нагумановская). Величина скорости определяется, главным образом, суммарной относительной толщиной пластов ангидрита в соленосной толще. Интервальная скорость в пластах галита и ангидрита не зависит от глубины их залегания. В "чистом" галите скорость сейсмических волн составляет 4440 м/с [2], в ангидрите – порядка 6000 м/с. Средневзвешенная интервальная скорость рассчитана с учетом мощности соленосных отложений в разрезах скважин. Для всей выборки она составляет 4655 м/с (+/-137). На Нагуманов-

ской площади – 4713 м/с (+/–141), Акобинской и Кзылобинской площадях – 4595 м/с (+/–95). Цифры, указанные со знаком +/-, соответствуют стандартному отклонению от средних значений. Суммарная мощность пластов ангидрита в соленосных отложениях иренского горизонта в разрезе скв.495 Вершиновской составляет всего 10 м. Поэтому в этой скважине отмечается самая низкая интервальная скорость – 4487 м/с. По этим данным можно выполнить независимую оценку скорости в "чистых" солях. Она составляет 4485 м/с.

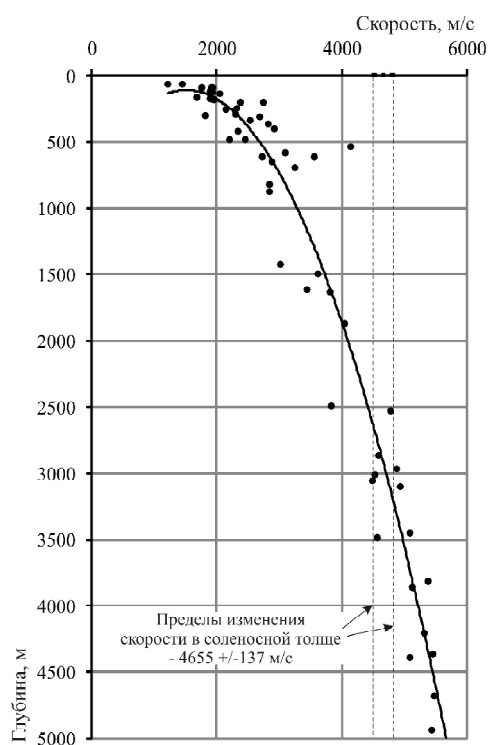
Имеется тенденция возрастания интервальной скорости при уменьшении мощности соленосной толщи. При мощности солей более 4000 м (4 скважины) – 4567 м/с (+/–58); в интервале 3000-4000 м (4 скважины) – 4603 м/с (+/–52); в интервале 2000-3000 м (7 скважин) – 4738 м/с (+/–133); в интервале 1000-2000 м без учета карнизов (2 скважины) – 4765 м/с; в интервале менее 1000 м (3 скважины) – 4801 м/с (+/–175). Это обусловлено тем, что наибольшее содержание пластов ангидрита отмечается в нижней части склона соляного купола, что связано с особенностями выжимания соленосных отложений из мульд. В первую очередь выжимаются пластичные соли, что приводит к увеличению в разрезе относительного содержания пластов ангидрита и, следовательно, увеличению интервальной скорости сейсмических волн.

Нижняя часть надсолевых отложений в разрезах скважин, расположенных в мульдах (уфимский и казанский ярусы), представлена неравномерным переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов. Выше (татарский ярус) – красноцветными глинами, алевролитами и песчаниками. В районе глубины 4000 м проходит граница, ниже которой глины преобразуются в аргиллиты. Отложения мезозоя представлены преимущественно глинами с прослоями алевролитов и песчаников.

Зависимость интервальной скорости волн в надсолевых отложениях (средние ско-

рости в стратиграфических комплексах разреза) от глубины показана на рис.1. Основная характеристика надсолевых терригенных отложений – возрастание интервальной скорости в них с глубиной. По отношению к средневзвешенной скорости сейсмических волн в соленосных отложениях – 4657 м/с (+/–140) – выделяются три интервала глубин. До глубины 2500 м скорости в надсолевых отложениях ниже, чем в соленосных. В интервале глубин 2500-3500 м скорости в надсолевых отложениях (средняя – 4688 м/с (+/–163)) примерно равны скоростям в соленосных. Скорость в надсолевых отложениях, залегающих ниже глубины 3500 м (средняя – 5321 м/с (+/–156)), выше, чем в соленосных. Скорее всего, увеличение интервальных скоростей сейсмических волн ниже этой отметки связано, главным образом, с трансформацией глин в аргиллиты.

Структурные построения по кровле соленосной толщи (отражающий горизонт Кн)



**Рис.1. Нагумановско-Вершиновская зона.** Зависимость интервальных скоростей сейсмических волн в стратиграфических комплексах надсолевых отложениях от глубины их залегания по данным ВСП

обычно выполняются на основе зависимости времени пробега сейсмических волн до глубины ее залегания. Эта зависимость вычисляется статистически для линии приведения временных разрезов ОГТ. Однако для анализа особенностей этого параметра лучше пользоваться  $t_0$  от поверхности земли. Для Нагумановско-Вершиновской зоны зависимость времени пробега сейсмических волн от глубины отражающего горизонта  $K_n$  имеет относительно регулярный характер, надежно описываемый поинтервальной аппроксимацией прямыми линиями или полиномом второй степени для всей выборки (рис.2). Исключение составляет точка, характеризующая скв.35 Чиликсайскую. Она "выбивается" из общей зависимости. Данные по ней при аппроксимациях не учтены.

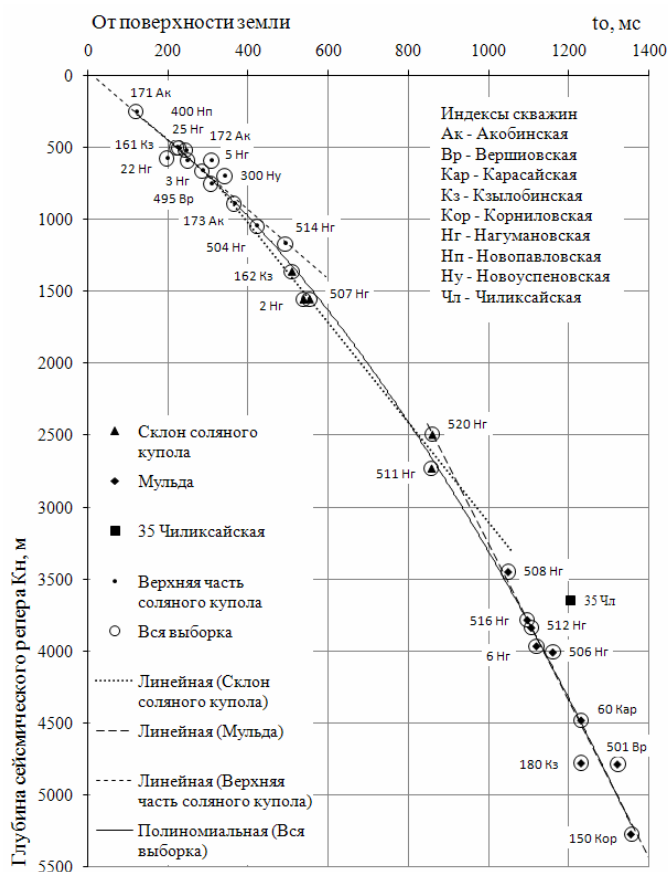
Один из эффектов, связанный с неvertикальным ходом сейсмических лучей, рассмотрен на примере данных ВСП по скв.1 Нагумановская [5, 6]. Она расположена на крутом склоне соляного купола. В волновом поле ВСП выделены две падающие волны. Одна волна (в терминах ВСП – прямая волна) распространяется вдоль ствола скважины. Траектория другой волны (назовем ее условно боковой рефрагированной) частично проходит по отложениям соляного купола. Поскольку интервальные скорости сейсмических волн в отложениях соляного купола существенно выше, чем скорости в залегающих на этих же глубинах терригенных отложениях, боковая рефрагированная волна на глубине 2200 м обогнала прямую волну и вышла в первые вступления волнового поля ВСП. Начиная с этой глубины, данные ВСП не характеризуют разрез скв.1 Нагумановской, то есть по ним нельзя оценить средние и интервальные скорости сейсмических волн в ее разрезе, а также выполнить взаимоувязку данных ВСП и ГИС.

При наземных сейсморазведочных работах МОГТ вблизи крутых склонов

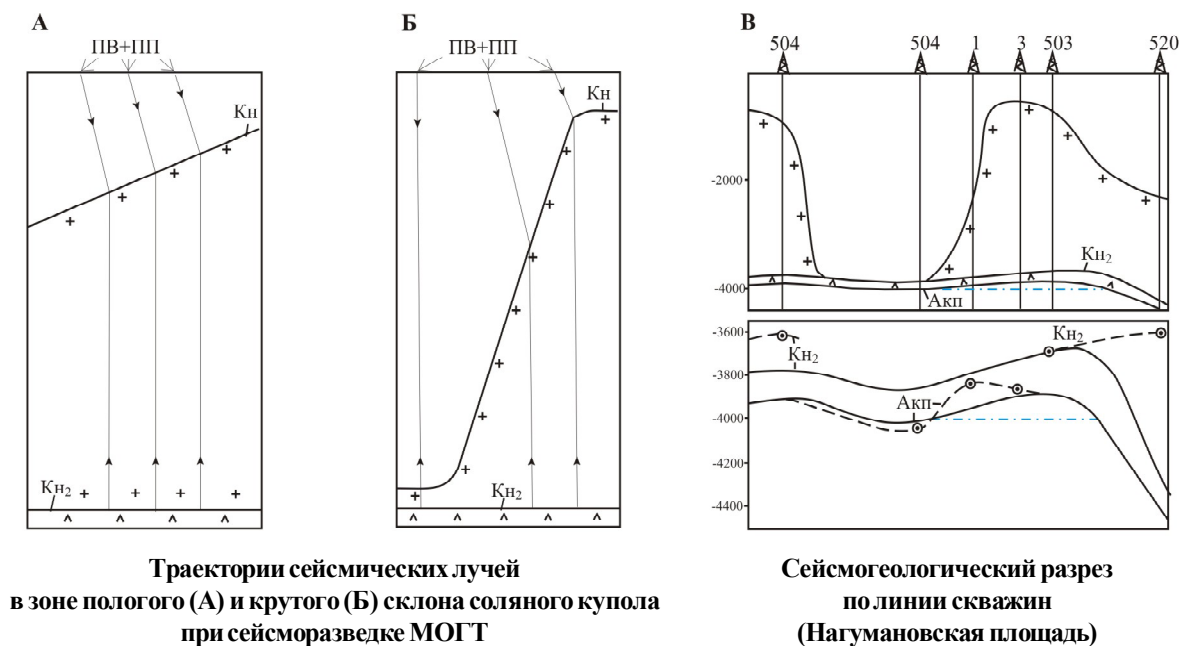
соляных куполов возникает эффект типа "сейсмический снос", обусловленный неvertикальным ходом лучей (рис.3, А и Б). Количественно этот эффект оценен эмпирически на примере скв.1 Нагумановской [4] (рис.3, В). Вызванная этими искажениями погрешность привела к завышению прогнозной гипсометрии отражающего горизонта Акп (карбонатная пачка артинского яруса) более чем на 100 м.

На основе анализа фактических данных количественные оценки шести типов возможных погрешностей структурных построений по подсолевым отражающим горизонтам выглядят так.

1. Погрешность, связанная с изменениями средних скоростей до кровли соленосной толщи в глубоких частях мульд: до  $\pm 170$  м.



**Рис.2. Нагумановско-Вершиновская зона.** Зависимость времени пробега сейсмических волн ( $t_0$ ) по данным ВСП от поверхности земли до кровли солей иренского горизонта (отражающий горизонт  $K_n$ )



**Рис.3.** Влияние соляных куполов на траекторию сейсмических лучей. 1 – сейсмические реперы (Кн – кровля солей иренского горизонта, Кн<sub>2</sub> – кровля ангидритов филипповского горизонта, Акп – кровля карбонатной пачки артинского яруса), 2 – соли, 3 – ангидриты филипповского горизонта, 4 – пункты возбуждения (ПВ) и приема (ПП) сейсмических колебаний, 5 – сейсмические лучи падающих и отраженных волн, 6 – прогнозируемое положение сейсмических реперов, 7 – газовойдной контакт

2. Погрешность, связанная с изменениями интервальных скоростей в соленосных отложениях иренского горизонта: до +/-40 м.

3. Погрешность, связанная с завышенными, относительно средней, скоростями сейсмических волн в нижней части склонов соляных куполов: до +70 м.

4. Погрешность, связанная с соляными карнизами: +300 м.

5. Погрешность, связанная с невертикальным ходом сейсмических лучей вблизи крутых склонов соляных куполов: до +120 м.

Знак погрешностей определяется разностью фактической и прогнозной глубин (Н<sub>факт</sub> "минус" Н<sub>прогноз</sub>).

Полученные значения погрешностей в первом приближении характеризуют все регионы развития соляной тектоники. На их основе представляется возможным выполнять районирование нефтегазоперспективных площадей по степени достоверности

структурных построений по подсолевым отражающим горизонтам. Их можно выполнять по структурным картам по кровле соленосной толщи.

Самыми неблагоприятными для структурных построений являются узкие зоны, приуроченные к крутым склонам соляных куполов. В них возможны погрешности структурных построений по подсолевым отражающим горизонтам, связанные с завышенными, относительно средней, скоростями сейсмических волн в нижней части склонов соляных куполов, с незакартированными соляными карнизами и невертикальным ходом сейсмических лучей. Все они дают более высокое залегание подсолевых отражающих горизонтов по сравнению с фактическим. Интегральная величина погрешности может составлять до +200 м и выше. Это приводит к прогнозу под крутыми склонами соляных куполов и вблизи них ложных ан-

тиклинальных поднятий по подсолевым отражающим границам. Кроме того, в этих зонах ухудшается корреляция сейсмических волн, следящихся на временных разрезах ОГТ на уровне подсолевых отложений. По совокупности неблагоприятных факторов их можно назвать "зонами с недостоверными структурными построениями по подсолевым отражающим горизонтам". К зонам относительно достоверных структурных построений можно отнести участки площадей, соответствующие верхним частям плосковершинных соляных куполов и межкупольным мульдам.

Оценка степени достоверности структурных построений по продуктивным под-

сольевым отражающим горизонтам на основе обозначенных выше принципов выполнена нами в районе Аюбинского газоконденсатного месторождения. Полученные результаты учтены при обосновании точки заложения очередной поисковой скважины.

Количественные оценки возможных погрешностей структурных построений по данным сейсморазведки МОГТ могут быть использованы и при обосновании положения детализационных сейсморазведочных профилей МОГТ, систем их обработки, графа и параметров обработки полевых данных, а также разработки инновационных сейсмических технологий.

#### Л и т е р а т у р а

1. Тюрин А.М. Особенности распределения сейсмических скоростей в соленосных отложениях юга Оренбургской области //От скважинных сейсморазведочных работ до промыслово-геофизических исследований в скважинах и их комплексной обработки с материалами сейсморазведки МОГТ при поисках, разведке, разработке месторождений УВ и эксплуатации ПХГ. – Уфа, 1999. – С.119-125.

2. Тюрин А.М. Геолого-геофизические характеристики пород надсолевого и солевого комплексов северо-восточной части Прикаспийской впадины //Недра Поволжья и Прикаспия. – 1999. – Вып.18. – С.37-43.

3. Тюрин А.М. Геолого-геофизические основы изучения перспектив нефтегазоносности надсолевых отложений юга Оренбургской области //Геоинформатика. – М., 1999. – № 4. – С.25-33.

4. Тюрин А.М. Ретроспективный анализ точности структурных построений на площадях со сложными сейсмогеологическими условиями (на примере Нагумановской площади) //Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. – М., 1999. – № 11. – С.18-24.

5. Тюрин А.М. Оценка достоверности результатов ВСП – необходимый этап их интерпретации в регионах с контрастным проявлением соляной тектоники //Состояние и перспективы развития метода ВСП. – М., 2001. – С.93-96.

6. Тюрин А.М., Разумовский В.В. Сейсмические и электрические эффекты в зоне крутого склона соляного купола //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2000. – Вып.23. – С.42-45.

