

**Е. Л. Орлова (Пермский государственный технический университет),
О. А. Шурубор (Пермгеолком),
И. Ю. Митюнина, Л. К. Орлов, Б. А. Спасский
(Пермский государственный университет)
В. Ф. Лапцев, А. П. Лаптев, Р. Ф. Лукьянов, М. И. Семченко
(ОАО «Пермнефтегеофизика»)**

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ СКОРОСТНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА

Показано, что одной из основных причин расхождений данных сейсморазведки и бурения является недоучет при обработке сейсмической информации скоростного строения пород верхней части разреза. Для повышения точности построений малоразмерных объектов сейсморазведкой предлагается картировать структурно-параметрическим бурением верхнюю отражающую границу.

Анализ методики подготовки перспективных на нефть и газ структур и причин расхождения данных сейсморазведки в модификации общей глубинной точки (МОГТ) и бурения как в целом по России, так и по Пермскому Прикамью показывает, что одной из главных причин неудач сейсморазведки является недостаточная изученность (недоучет) скоростного строения пород верхней части разреза (ВЧР) при обработке сейсмических данных [1,2]. Причем подтверждаемость глубоким бурением малоамплитудных структур, подготовленных сейсморазведкой, снижается, особенно для восточных регионов области, а так как в последние годы в Пермском Прикамье большинство разведанных объектов относятся к разряду малоамплитудных, то вопросы, определяющие технологию их картирования, требуют уточнения с современных позиций.

В общем случае в геофизике под термином ВЧР понимается толща песчано-глинистых, нередко с прослоями карбонатов, пород мощностью десятки - первые сотни метров от дневной поверхности до первой отражающей (преломляющей) границы. В самой ее верхней части расположены наиболее изменчивые по упругим свойствам породы, называемые зоной малых скоростей (ЗМС). Ниже ЗМС акустические параметры разреза становятся более стабильными. Резкая изменчивость скоростей упругих волн в ВЧР по вертикали и горизонтали приводит к разбросу времен регистрации колебаний от целевых отражающих горизонтов (ОГ), ухудшению качества прослеживаемости ОГ на временных разрезах, ошибкам корреляции, понижению точности структурных отражений.

Чтобы устранить эти явления, все наблюдаемые времена прихода отраженных волн от целевых ОГ пересчитываются на некоторую плоскость (уровень приведения УП), располагающуюся в зоне относительной стабильности параметров.

лизации скоростей на глубинах в среднем 100-250 м от дневной поверхности. В качестве УП может быть использована любая реальная (отражающая или преломляющая) или условно выбранная граница. На большинстве территорий Пермской области уровнем приведения является абсолютная отметка +100м. Сумма времен пробега (по вертикали) от точек возбуждения колебаний и точек приема до УП носит название статических поправок (СтП).

Изучая скорости упругих волн в породах ВЧР до начала обработки данных, можно определить СтП для каждой сейсмической трассы и, вычитая ее из времени регистрации отражений, исключить влияние наиболее изменчивой части разреза и рельефа.

Таким образом, уровень приведения является начальной поверхностью при получении временных разрезов, от которой проводится определение глубин нижележащих границ. При этом вначале по временам строится самая верхняя отражающая граница, прослеживающаяся на сейсмических разрезах, а затем от нее по разностям времен - все последующие. Понятно, что от точности расчета СтП зависят как эффективность подавления волн-помех при суммировании сейсмических трасс при обработке данных МОГТ (качество прослеживания ОГ на временных разрезах), так и точность структурных построений.

Расчет статических поправок осуществляется на основе предварительного изучения скоростей в ВЧР. В силу этих причин расчетные поправки всегда отягощены погрешностями, которые при небольших размерах искомых объектов наряду с другими причинами и приводят к несовпадению результатов сейморазведки и бурения.

Погрешности поправок одного знака формируют вдоль сейсмических профилей аномалии ошибок протяженностью от 50 - 100 м до 500 - 800 м (высокочастотные составляющие ошибок) и более (низкочастотные составляющие ошибок). Коррекция (уточнение) статических поправок, которая проводится в ходе обработки сейсмических данных, частично исключает эти погрешности (в основном высокочастотные), однако при отсутствии "опорных точек" (точных значений поправок, скоростей или глубин опорных ОГ, получаемых обычно по данным сейсмокаротажа (СК) низкочастотные погрешности полностью не устраняются и приводят к появлению ошибок в структурных построениях. При этом даже небольшие по абсолютным величинам погрешности $\pm 0,005\text{с}$ приводят к значительным ошибкам глубин опорных ОГ за счет увеличения скоростей в глубинных частях разреза: $(\pm 0,005\text{с} \times 5000\text{м/с})/2 = \pm 12,5\text{ м}$.

Поэтому очень важным этапом при проведении структурных построений является контроль правильности картирования верхней отражающей границы, т.к. все погрешности при ее построении будут дублироваться (с возрастанием, пропорциональным увеличению скоростей с глубиной) в поведении более глубоких ОГ. При этом в интервале от уровня

приведения до ВОГ часто возникает "разрыв" в знании скоростного строения разреза: достаточно детально изучаются скорости упругих колебаний по данным МСК в самых верхних этажах разреза, а затем по данным СК ниже ВОГ. Толща между уровнем приведения и ВОГ часто остается недостаточно изученной в отношении скоростей колебаний и является дополнительным источником ошибок.

Повышение точности структурных построений малоразмерных объектов сейсморазведкой МОГТ возможно за счет картирования ВОГ структурно-параметрическим бурением. В этом случае положение ВОГ, а следовательно, нижележащих ОГ, построение которых проводится достаточно точно от ВОГ по значениям разностей времен и пластовым скоростям, будет контролироваться "опорными" значениями глубин. Вероятность появления грубых ошибок в структурных построениях будет уменьшаться пропорционально густоте сети структурно-параметрических скважин.

При выборе уровня приведения временных разрезов обычно приходится учитывать два взаимоисключающих фактора: с одной стороны, УП должен располагаться как можно ближе к земной поверхности, чтобы уменьшить затраты на бурение скважин для изучения скоростей распространения колебаний в этой толще, а с другой стороны, уровень приведения должен располагаться по возможности глубже от земной поверхности, чтобы изменения скоростей в толще от уровня до ВОГ носили плавный характер, без существенных градиентов.

С увеличением глубины уровня приведения различия между реальной траекторией сейсмических лучей и расчетной (а следовательно, и между реальным временем пробега отраженной волны и расчетным) остаются незначительными для трасс с малыми удалениями пунктов возбуждения (ПВ) упругих колебаний от пунктов приема (ПП) и возрастают для удаленных от ПВ трасс с той большей степенью, чем больше удаление и меньше глубина ОГ. Обычно глубина уровня приведения в условиях Пермского Прикамья составляет 50-250 м. В этих условиях, как показывают расчеты, для большинства площадей величина различий реальных и расчетных времен при максимальных удалениях ПВ-ПП не превышает 0,002-0,003 с. Лишь с увеличением глубины УП свыше 200-300 м для удаленных от ПВ каналов и верхних ОГ она превышает 0,005 с. Следствием этого является изменение формы (кривизны) годографа отраженных волн на сейсмограммах, которая может устраняться при проведении коррекции кинематических поправок. При этом значения скоростей, необходимые для спрямления годографов перед суммированием трасс, значительно отклоняются от величин истинных значений скоростей в разрезе.

Таким образом, излишнее заглабление уровня приведения приводит к искажению кинематики отраженных волн - кривизне годографов и связанных с ней скоростных параметров, определяемых по отраженным волнам. С учетом этого мощность толщи, снимаемой статическими поправками

ми, не должна превышать 250-300 м и должна контролироваться модельными теоретическими расчетами.

Глубина ВОГ должна быть доступна для изучения ее структурным бурением (не более 1000 м), и данная граница должна прослеживаться на значительных по площади территориях. Для платформенных условий Пермского Прикамья такой границей часто служит кровля иренских отложений нижней перми (отражающий горизонт «К»). С учетом значений T_0^K при глубине залегания горизонта 200 м и более и скорости V_1 в толще от уровня приведения до ВОГ строилась по данным сейсморазведки структурная карта ВОГ, на основе которой затем производились построения более глубоких отражающих горизонтов. Такая ситуация была характерна преимущественно для западной и частично центральной части Пермской области, где эффективность сейсморазведки была и остается достаточно высокой.

В юго-восточной части области, где ВЧР в обычном понимании отсутствует, имеются существенные проблемы с прослеживанием ВОГ сейсморазведкой, что и определяет снижение эффективности сейсморазведки и обуславливает повышенную необходимость изучения параметров ВЧР.

В 90-х годах положение с изучением параметров ВЧР существенным образом изменилось. Недостаток финансирования и экологические соображения привели к постепенной ликвидации во всех сейсморазведочных партиях отрядов по изучению ВЧР. Было прекращено бурение скважин для производства МСК и СК до уровня приведения, хотя потребность значительно возросла в связи с практически полным переходом сейсморазведки на невзрывные источники возбуждения колебаний. В этот же период аналогично происходило и сокращение объемов структурного бурения и, соответственно, производства в них СК до ВОГ. Все это стало приводить к снижению эффективности сейсморазведки, особенно в таких регионах, как юго-восток области, где прослеживаемость ВОГ не превышала 40%.

Для юго-востока Пермской области характерны сложные сейсмогеологические условия: недостаточная информативность сейсмического материала, отсутствие или ненадежное прослеживание ВОГ на временных разрезах, резкие изменения упругих параметров (времен, скоростей) в ВЧР. Одной из основных причин расхождения данных сейсморазведки и бурения здесь является низкая прослеживаемость отражения от ВОГ. Наибольшие ошибки отмечены для структур, где ВОГ на временных разрезах не прослежена.

Очевидно, что интервальное время от ВОГ до опорных горизонтов не подвержено влиянию статических поправок. При структурных построениях от ВОГ все погрешности за счет локальных неоднородностей выше ВОГ будут исключены, при этом градиенты изменений кинематических параметров отражений становятся на 20-30 % меньше, чем в случае расчета от уровня приведения. Поэтому величины ошибок для глубин опорных

горизонтов из-за неточного прогноза скоростей при использовании отражения от ВОГ будут значительно меньше, чем при его отсутствии. Собственно, при расчете глубин до опорных горизонтов резко возрастает роль ошибок определения глубины ВОГ. Если по данным бурения глубина ВОГ будет определена с ошибкой, то она со своим знаком войдет в суммарную ошибку расчета глубины разведочного горизонта. Отсюда вытекает необходимость изучения ВОГ бурением с требуемой для подготовки структур точностью.

Характерным примером преимуществ структурных построений от ВОГ, изученной бурением, является Андроновская структура, расположенная в 2 км к югу от Хатымского месторождения нефти в сейсмогеологических условиях, аналогичных Дубовогорской и Кармановской площадям. Из-за различных технических средств, использованных при детализации Андроновской структуры (взрывы в скважинах, ГДУ), карта времен до горизонта II на крестах профилей имеет существенные невязки и совершенно непригодна для целей прямого пересчета в глубины. Соответственно на временных разрезах имеют место "перекосы" в поведении ОГ, не связанные с глубинным строением. В этих условиях работниками ПНГФ проделана значительная работа по выделению ВОГ на временных разрезах в процессе обработки и построению глубоких горизонтов I и II от ВОГ.

Хотя не все факторы удалось точно учесть, но карты интервальных времен от ВОГ позволили уверенно локализовать местоположение структуры. Невязки на крестах профилей составили уже не более $\pm 2-3$ мс. Высокая разбуренность разреза до ВОГ и удовлетворительная его прослеживаемость на сейсмических разрезах (84 %) явились основой для успешной подготовки Андроновской структуры. По результатам бурения невязки с паспортными данными по кровле тульских отложений (из-за неточного прогноза V_2^{II}) составили 3 м на скв. 315, 13 м на скв. 317. Структура бурением подтвердилась, что привело к открытию месторождения нефти.

Следует отметить, что структурные планы ОГ «К» не всегда согласуются с поведением глубоких ОГ. Так, на рисунке для условий Башкирского свода, где ВОГ связана с ОГ «К», для близко расположенных скважин приведена зависимость приращений глубин в широтном и меридиональном направлениях для горизонтов P_{1ir} и C_{1tlT} . Как видно, универсальных закономерностей в изменениях глубин ВОГ и C_{1tlT} нет и прогнозировать по поведению ВОГ наличие поднятий по нижележащим горизонтам следует с большой осторожностью. Если в широтном направлении просматриваются синхронные колебания глубин ВОГ и Π^k одного знака, то в меридиональном направлении в 40 % анализируемых случаев отмечается несоответствие знаков колебания и глубин.

На основании выполненного анализа можно отметить, что решающим фактором повышения точности и достоверности сейсморазведочных работ в условиях юго-востока Пермской области является исключение ис-

кажающего влияния неоднородностей резко изменчивой толщи от поверхности наблюдений до ВОГ. Для этого необходимо изучение поведения ВОГ по данным бурения с точностью до единиц метров, надежное прослеживание ВОГ на временных разрезах и получение высокоинформативного сейсмического материала в сложных, неблагоприятных сейсмогеологических условиях, характерных для рассматриваемых площадей.

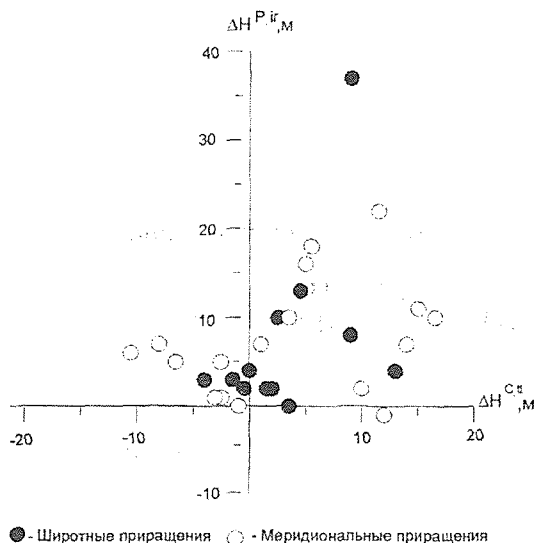


Рис. Куедино-Чернушинский район. График зависимости приращения глубин $\Delta H^{C,il} = f(\Delta H^{P,ir})$

В заключение приведем осредненные данные расхождения сейсморазведки и бурения по ОГ II^K на 24 структурах, подготовленных на юго-востоке области в 1985-1998 гг. при построении от уровня приведения и от ВОГ для юго-востока области.

При структурных построениях от уровня средняя ошибка составила 26 м (15 скважин на 13 структурах), при построении от ВОГ – 11,7 м (14 скважин на 11 структурах).

Эффективное устранение искажающего влияния неоднородностей выше ВОГ и высокая степень изученности интервальных скоростей до изучаемых границ позволяют на качественно новом уровне рассматривать такие понятия, как форма сейсмического импульса отражения, ее связь с физико-геологическими свойствами среды в окрестности границы, выявление и практическое использование информативных сейсмических признаков, связанных с изменением коллекторских емкостных свойств нефтенасыщенных пластов.

Библиографический список

1. Спасский Б.А. Учет верхней части разреза в сейсморазведке. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1990.
2. Тальвирский Д. Б., Матвиевская Н.Д. и др. Геологическая эффективность сейсморазведки при поисках нефтегазоносных структур// Разведочная геофизика: Обзор/ ВИЭМС. М., 1988. Вып. 9.

Получено 21.01.99

УДК 553.8

Е. Л. Колесникова
(Пермский государственный технический университет)

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ СОВМЕСТНО РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ПЛАСТОВ НА ИХ ВЫРАБОТКУ

Приведены результаты оценки степени охвата пластов башкиро-серпуховской залежи Осинского месторождения процессом разработки. Выявлено значительное влияние неоднородности пластов на степень выработки залежи.

Опыт разработки многопластовых нефтяных месторождений показывает, что по ряду геологических и технологических причин происходит неравномерная выработка запасов пластов. Проблема такого рода существует и для башкиро-серпуховской залежи Осинского месторождения. Работа пяти продуктивных пластов (Бш0, Бш1, Бш2, Бш3, Срп) этой залежи при различных комбинациях их вскрытия анализировалась по трем характеристикам (по аналогии с работой Р. Н. Дияшева*), позволяющим выявить вышеупомянутые причины:

- распределению притока жидкости и приемистости воды ($O_{ж}$) по интервалам в процентах;
- значениям коэффициента действующей толщины (КДТ) пластов, представляющим из себя отношение работающей толщины пласта к эффективной перфорированной;
- отношению числа неработающих пластов (n) к общему количеству пластов (N), вскрытых перфорацией, характеризующему «число отказов пластов при их совместной работе».

* Дияшев Р.Н. Совместная разработка нефтяных пластов. М.: Недра, 1984.