

EXTENDED ABSTRACT

Layer-bound compaction faulting: Applications for exploration in the South Caspian Basin

*Andrew G. Skuce, AEC International
3700, 707 8th Ave SW, Calgary, Alberta, Canada, T2P 1H5*

In the 1990's seismic interpreters started noticing strange polygonal patterns on horizontal sections (time slices) through three dimensional volumes of seismic data. There is some geometric resemblance between these features and mudcracks or cooling joints in volcanic rocks, but on a much larger scale. In cross-section views these zones appeared to be broken up by many small faults with a spacing of a few hundred metres. Above and below these zones seismic horizons are often completely unstructured. At first sight the faulted zone looks like it has been subjected to extension, but on further examination, this interpretation is difficult to reconcile with the lack of structures in the rocks surrounding the faulted layer. An alternative and preferred interpretation is that the deformed layer has undergone internal three-dimensional contraction, analogous to the shrinkage processes involved in the formation of mud cracks (desiccation) or polygonal joints in basalts (crystallization and cooling). Most of the published examples come from the North Sea (for example see: Cartwright, J.A. and Dewhurst, D.N., 1998, *Layer-bound compaction faults in fine-grained sediments*, Geol. Soc. Amer. Bull., v. 110, no. 10, p. 1242-1257). However, many other examples have been recognized around the world including some from the Jeanne d'Arc Basin, offshore Eastern Canada, which will be shown in some detail in this presentation. All reported cases of layer-bound compaction faulting occur in very fine grained, sediments deposited in deep water. The rocks involved are all pelagic or hemipelagic muds, clays, oozes or chalks.

The principal criterion that distinguishes compaction faulting from other types of layer-bound normal faulting, such as slumping and growth faulting, is its polygonal fault pattern. This can only be defined on 3D seismic data. Even to image these features adequately in cross-section view requires migrated 3D data, because the small fault blocks dip in all azimuths, thus there is no single dip direction in which to conduct satisfactory 2D migration. So far, no reported examples of polygonal fault patterns have been reported on 3D seismic data in the South Caspian Basin. However, some layer-bound hummocky and chaotic reflection patterns have been observed on 2D seismic data from the central part of the Basin that may eventually be shown to be polygonal compaction faults, once 3D data become available in this area. These layers are also characterized by very low interval velocities, which is indicative of undercompacted, probably impermeable fine-grained rocks. These reflection patterns are found in areas that are thought to be dominated by deeper water sedimentary environments.

If 3D seismic data do confirm the presence of compaction faulting in the South Caspian Basin, then two main benefits arise for exploration:

First, and most importantly, the seismic data will have provided a direct and reliable indication of lithology and depositional environment; this will be useful for constraining geological models of seal and reservoir distribution, in addition to providing more accurate prognoses for drilling. There are very few other reliable ways of determining lithology and depositional environment directly from seismic data. Sometimes, deep water sand bodies can be delineated by noting the absence of polygonal compaction faulting. An example of this is the Alba Field in the North Sea (see: Lonergan, L. and Cartwright, J.A., 1999, *Polygonal faults and their influence on deep-water sandstone reservoir geometries, Alba Field, United Kingdom Central North Sea*, AAPG Bulletin, vol. 83, no.3, p. 410-432).

A second benefit of recognizing compaction faulting is to provide quality control on the 3D seismic imaging. If present, the features will be widespread in the deeper parts of the Basin, they will be in distinct stratigraphic intervals, and they will have a known structural style. However, they will be near the limit of 3D seismic resolution and will require the best possible migration algorithms and velocities to image them. Unfortunately, seismic processors and interpreters are sometimes tempted to dismiss such features as artifacts and may try to filter the data to make the structures disappear; of course this could also remove other small scale structures and anomalies within reservoir sequences elsewhere in the section that could prove crucial in exploration and development decisions. Therefore, if we succeed in imaging polygonal compaction faults, we can be assured that our seismic data has been acquired and processed in the best possible manner.

РЕФЕРАТ

Разломы уплотнения в границах пласта: использование для поисково-разведочных работ в Южно-Каспийском бассейне

*Andrew G. Skuce,
AEC International
3700, 707 8th Ave SW,
Calgary, Alberta, Canada
T2P 1H5*

*Эндрю Дж. Скус,
АЭК Интернейшнл
3700, 707 8-я авеню, Саут-Вест,
г. Калгари, пров. Альберта, Канада
Индекс T2P 1H5*

В 90-х годах специалисты, занимающиеся интерпретацией трехмерных сейсмических данных, начали замечать присутствие необычных полигональных структур на горизонтальных разрезах (временных интервалах), имеющих определенное геометрическое сходство с трещинами усыхания или трещинами остывания в вулканических породах, но проявляющихся в гораздо большем масштабе. В поперечном разрезе выглядит, что эти зоны расчленены многочисленными небольшими разломами, с интервалами в несколько сотен метров. Выше и ниже этих зон сейсмические горизонты часто бывают полностью ненарушенными. С первого взгляда, тектонически нарушенная зона выглядит, как будто она подверглась процессу растяжения, но при дальнейшем исследовании с этим выводом трудно согласиться по причине отсутствия структур в породах, окружающих нарушенный пласт. Альтернативной и более предпочтительной интерпретацией является версия о том, что деформированный пласт подвергся внутреннему объемному уплотнению, аналогичному процессам уплотнения, имеющим место при образовании трещин усыхания (просесс обезвоживания) или полигональных трещин в базальтах (кристаллизация и охлаждение). Большинство опубликованных примеров основаны на исследованиях Северного моря (например см.: Cartwright, J.A. and Dewhurst, D.N., 1998, *Layer-bound compaction faults in fine-grained sediments*, Geol. Soc. Amer. Bull., v. 110, no. 10, p. 1242-1257). Однако, в мировой практике известно много других примеров, включая бассейн Жанны д'Арк и шельф восточного побережья Канады, более подробное обсуждение которых будет приведено ниже. Все известные случаи внутрислойного образования разломов уплотнения имеют место в тонкозернистых осадочных породах в глубоководных участках. Этому процессу подвержены все пелагические или полупелагические породы, такие как алевроиты, глины, илы или мел.

Основным критерием, отличающим образование разломов уплотнения от других типов обычного пластового образования разломов, как например оползневых и конседиментационных разломов, является полигональная структура, которая может быть выявлена только при использовании трехмерных сейсмических данных. Даже для получения адекватного изображения этих явлений в поперечном разрезе требуются трехмерные данные с учетом сноса, так как небольшие разломные блоки могут иметь любой азимут падения, и, таким образом, для выполнения удовлетворительного двухмерного сноса данных не существует одного

азимута падения. На данный момент примеров полигонической системы образования разломов в бассейне Южного Каспия, полученных при использовании трехмерных сейсмических данных, не опубликовано. Однако, определенные "бугристые" и хаотические отражательные структуры наблюдались при использовании двухмерных сейсмических данных, полученных в центральной части бассейна, которые после получения трехмерных данных для этой зоны могут быть интерпретированы как полигональные разломы. Эти пласты также отличаются очень низкими интервальными скоростями, что характерно для недоуплотненных, возможно непроницаемых мелкозернистых пород. Эти отражательные структуры наблюдаются в зонах, в которых, как считается, преобладают более глубоководные среды осадконакопления.

Если при использовании трехмерных сейсмических данных подтвердится процесс образования разломов уплотнения в Южно-Каспийском Бассейне, то это означает два основных благоприятных поисковых фактора:

Первым, наиболее важным фактором является то, что сейсмические данные будут содержать прямую и надежную индикацию литологии и литологической среды, что очень удобно для построения геологических моделей покрышек и распространения резервуара, а также для обеспечения более точных прогнозов бурения. Существует лишь очень немного других надежных методов определения литологии и среды осадконакопления непосредственно на основании сейсмических данных. Иногда, в случаях, когда замечено отсутствие полигональных разломов уплотнения, могут проследиваться глубоководные песчаные тела. Примером этого служит месторождение Альба в Северном море (см.: Lonergan, L. and Cartwright, J.A., 1999, *Polygonal faults and their influence on deep-water sandstone reservoir geometries, Alba Field, United Kingdom Central North Sea*, AAPG Bulletin, vol. 83, no.3, p. 410-432).

Второе преимущество опознания процесса образования разломов уплотнения заключается в возможности обеспечения контроля качества изображения трехмерных сейсмических данных. В этом случае, характерные признаки будут наблюдаться на более глубоководных участках бассейна на определенных стратиграфических интервалах и будут иметь известный структурный стиль. Однако, они будут находится очень близко к пределу разрешающей способности трехмерной сейсмики и для их изображения потребуются самые оптимальные алгоритмы миграции и скоростей. К сожалению, специалисты по обработке и интерпретации сейсмических данных имеют склонность недооценивать эти свойства, считая их искажением, и могут пытаться проводить фильтрацию данных для удаления признаков, что безусловно может привести также к удалению других мелких структур и аномалий в пласте на других участках разреза, а это может самым серьезным образом повлиять на принятие решений относительно поисков и разведки. Следовательно, если мы добьемся удовлетворительного изображения полигональных разломов уплотнения, мы сможем быть уверены в том, что наши сейсмические данные получены и обработаны наилучшим образом.