

МАЛОГЛУБИННАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Ермаков А.П.

Проектируемые трассы магистральных трубопроводов зачастую пересекают зоны активных тектонических разломов в виду их значительной протяженности. В таком случае в проектной документации должны быть предусмотрены дополнительные мероприятия, обеспечивающие надежность трубопровода при воздействии подвижек вдоль разломов, которые пересекает трубопровод. Проектирование трубопроводов через зоны разломов должно учитывать геодинамическую обстановку в зоне разлома: направление сил напряжения (растяжение или сжатие, сброс или взброс), величину максимальной вертикальной и горизонтальной подвижек, направление падения сместителя и т. д. В зависимости от этого определяется форма трубопровода, способ его прокладки, а также конструктивные особенности трубопровода.

Основная цель изучения активных тектонических разломов при инженерно-геологических изысканиях по трассам проектируемых магистральных трубопроводов - дать проектировщикам исходные данные для разработки экономически оправданной конструкции перехода трубопровода через разлом, обеспечивающей его защиту или, если это невозможно, для обоснования необходимости изменения трассы. Исходными параметрами, непосредственно используемыми для проектирования пересечений, являются [1, 2, 3, 4]:

- местоположение разлома с указанием его ориентировки и точности локализации;
- кинематика разлома - направление действующих напряжений и подвижек в пространстве и относительно оси трубопровода;
- расчетная величина подвижки (по направлению перемещения, а также ее вертикальной и горизонтальных компонент).

Для определения этих параметров обычно проводятся полевые исследования в условиях естественного залегания горного массива путем проходки траншей или шурфирования. Глубина исследований при этом по понятным причинам редко превышает 2-3 метров. Альтернативным или дополнительным инструментом для оценки геодинамической обстановки в зоне разлома, не нарушающим сплошности грунтового массива, является малоглубинная сейсморазведка. Этот геофизический метод способен получать изображение геологической среды — геометрию и форму границ, в том числе определять зоны с различным напряженным состоянием. Принципиальная возможность применения сейсморазведки для оценки геодинамической обстановки в зоне разлома обусловлена контрастом акустических свойств пород, находящихся в условиях растяжения или сжатия.

В августе-сентябре 2016 на участке строительства магистрального газопровода (МГ) «Сила Сибири» были проведены сейсмические исследования методом преломленных волн с целью выяснения геодинамической обстановки в зонах пересечения проектируемого газопровода с тектоническими разломами Чульмаканский и Южно-Якутский (Южная Якутия)*.

На Чульмаканском активном тектоническом разломе (ЧАТР) сейсморазведочные работы проводились методом преломленных волн с регистрацией в первых вступлениях продольных и

поперечных волн (МПВ) вдоль 6 линейных профилей. Общая протяженность сейсмических профилей составила 893 м с регистрацией продольных волн и 423 м с регистрацией поперечных волн.

На Южно-Якутском разломе сейсморазведочные работы проводились методом преломленных волн с регистрацией в первых вступлениях продольных и поперечных волн (МПВ) вдоль 3 линейных профилей. Общая протяженность сейсмических профилей составила 375 м с регистрацией продольных волн и 235 м с регистрацией поперечных волн. Всего 610 м.

Результатом исследований явилось изображение среды в зонах разломов до глубин порядка 25-30 м в виде глубинных сейсмических разрезов в изолиниях скорости распространения продольных и поперечных волн. Сейсмические профили располагались вкрест простирания разломов.

На сейсмических разрезах в изолиниях скорости распространения продольных и поперечных волн по профилям, пересекающим Чульмаканский разлом, выделены три сейсмических слоя, отличающихся по значениям скорости, градиенту скорости и характеру поведения изолиний скорости. Первый сейсмический слой предположительно представляет собой слой сильно разрушенных песчаников (песчанистый щебень). Второй сейсмический слой предположительно представляет собой слой песчаников слабопрочных и средней прочности. Третий сейсмический слой предположительно представляет собой слой сохранных пород.

На сейсмических разрезах выделяется область пониженных скоростей сейсмических волн. Относительное уменьшение скорости здесь составляет до 50%. В этой зоне аномально низких скоростей характер изолиний скорости изменчивый и невыдержанный. Данная зона имеет черты, характерные для активного тектонического разлома. Собственно зона пониженных скоростей рассматривается как опущенный блок, ограниченный двумя сместителями. Амплитуда смещения достигает 6 м. Падение сместителей на юг, наблюдаются практически с дневной поверхности. Вне зоны разлома мощность песчанистого щебня порядка 2 м. В зоне предполагаемого разлома их мощность увеличивается и достигает 12-15 м. Перечисленные особенности скоростного поля дают основание предполагать, что Чульмаканский разлом представляет собой разлом типа «сброс». Значительное уменьшение скорости распространения продольных волн свидетельствует о наличии здесь растягивающих напряжений.

В результате проходки траншей экскаватором в сентябре 2016 г. получены результаты, подтверждающие данные сейсморазведки. Ниже приводятся выводы главного эксперта Центра геодинамических наблюдений в энергетической отрасли - филиала ОАО «Институт Гидропроект», канд. геол.-мин. наук А.Л. Строма **.

Чульмаканский активный тектонический разлом смещает достаточно древнюю поверхность выравнивания, выработанную в горизонтально залегающих юрских угленосных отложениях (песчаники, алевролиты, возможно, аргиллиты). На участке пересечения с трассой газопровода выраженный в рельефе уступ Чульмаканского активного разлома высотой примерно 2.5 м сформировался в результате двух подвижек по крутой, близкой к вертикальной поверхности смещения, сопровождавшихся поперечным растяжением, что позволяет классифицировать этот разлом как крутопадающий сброс. Помимо вертикальной подвижки и поперечного растяжения, уверенно выявляемых в траншее, при ее документации и

при анализе морфологических особенностей уступа обнаружены также признаки, указывающие на левосдвиговую компоненту смещений.

На сейсмических разрезах по профилям, пересекающим Южно-Якутский разлом, выделяется серия предполагаемых разломов по характеру изолиний скорости распространения продольных волн. Амплитуда смещения 3-6 м. Падение сместителей (красные линии) - на юг. Сместители начинают прослеживаться, начиная с глубин порядка 12-17 м.

Полученные сейсморазведочные данные могут быть учтены при формировании геодинамических моделей Чульмаканского и Южно-Якутского разломов, а также при проектировании МГ «Сила Сибири».

Список литературы

1. *Автахов З.Ф., Пионт Д.Ю., Трушин Р.С., Галкин В.А.* Безопасность магистральных трубопроводов на участках перехода тектонических разломов // Трубопроводный транспорт. 2007. № 3. С. 108–112.
2. *Пионт Д.Ю., Темис М.Ю., Трушин Р.С., Спиридонов Д.А.* Особенности проектно-изыскательских работ на участках пересечения трубопроводами активных тектонических разломов // Инженерные изыскания. 2008. № 2. С. 54–57.
3. *Стром А.Л.* Определение исходных параметров для проектирования переходов магистральных трубопроводов через активные разломы // Инженерные изыскания. 2014. №3. С. 50-57.
4. *Mattiozzi P., Strom A.* Crossing active faults on the Sakhalin II onshore pipeline route: pipeline design and risk analysis // Proceedings of the Seismic Engineering Conference Commemorating the 1908 Messina and Reggio Calabria Earthquake (edited by A. Santini, N. Moraci). College Park, MD: American Institute of Physics, 2008. P. 1004–1013.

** Работа выполнена при поддержке ООО ИГИИС в лице генерального директора, канд. геол.-мин. наук М.И. Богданова.*

*** Автор выражает благодарность канд. геол.-мин. наук А.Л. Строму за предоставленные материалы и содействие.*