

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА  
ЧЕРЕЗ Р. АМЫДЕРЯ В РАЙОНЕ Г. КЕРКИ ТУРКМЕНИСТАНА**

Туркель М.Г., Туманов В.В., Юфа Я.М. (УкрНИМИ)

Инженерно-геологические условия возведения и эксплуатации любых сооружений, и мостовых переходов в частности, определяются характером грунтов и пород, слагающих основания сооружений, их свойствами, условиями их залегания, режимом подземных вод, а также характером и условиями возможного проявления разнообразных геодинамических процессов и явлений [1].

С проявлениями донной эрозии строителям мостов всегда приходится сталкиваться при размещении мостовых опор в русле реки или на ее пойме, заталиваемой в половодье. Стеснение живого сечения потока опорами и проистекающее отсюда увеличение его скорости ведет в этих случаях к интенсивному углублению русла, причем размыв дна водотока может идти исключительно быстро, и тем быстрее, чем меньше связность грунтов. В этом смысле аллювиальные отложения (в первую очередь песчаные), как полностью лишенные связности, отличаются наименьшей устойчивостью, коренные (дочетвертичные) скалистые и глинистые породы более надежны. Однако, за исключением невыветрелых магматических пород и некоторых наиболее жестких и твердых разновидностей кристаллических метаморфических сланцев, все породы и грунты в те или иные сроки, соизмеримые со сроками службы моста, могут оказаться в пределах его пролетов полностью размыты и вынесенными.

При проектировании мостовых сооружений всегда необходимо предусматривать соответствующее заглубление опор, исключая возможность их подмыва в процессе проявления боковой эрозии, а также (по возможности) обосновывать их на породах, не поддающихся размыву.

Решение всех этих задач требует отчетливого представления об условиях и характере проявления геологических процессов и явлений, об особенностях грунтов и горных пород, их свойствах и, что не менее важно, об условиях их залегания.

Проведение инженерно-геологических изысканий на акваториях представляет большие трудности из-за отсутствия возможности выполнения визуальных наблюдений, сложностей проходки буровых скважин и испытания грунтов в их естественном залегании. Включение в состав инженерно-геологических изысканий мобильных и сравнительно дешевых геофизических методов на ранних стадиях исследований позволяет

получить вполне конкретные данные об особенностях строения изучаемого участка. Целесообразность такого шага подтверждается теоретическими разработками и многочисленными экспериментальными исследованиями ряда авторов [1-3], а также опытом проведения аналогичных работ лабораторией геофизических исследований УкрНИИМ.

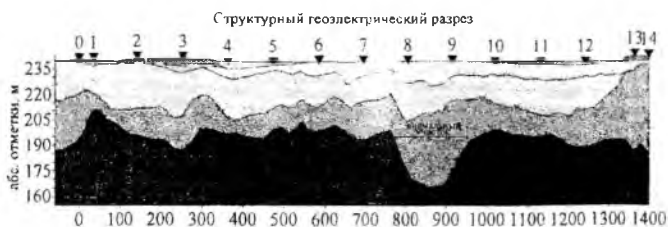
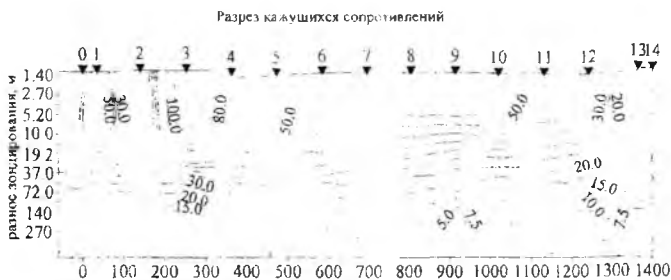
Амыдерея - самая большая река Туркменистана и всей Средней Азии протекает по северо-восточной окраине республики. По данным литературных источников [4] основным источником питания Амыдери являются ледники и сезонные снега Памира и Гиссаро-Алайской горной системы. Режим Амыдери характеризуется весенне-летним половодьем, начало которого приходится на конец марта и апрель, а максимальные расходы на июль - август. Вследствие отложения огромного количества аллювиального материала по всему течению река состоит из ряда отдельных протоков, разделенных мелями и островами. Так, во время проведения геофизических исследований мостового перехода (март 2001г.) вследствие сезонного снижения уровня воды, в средней части русла образовался остров с размером в поперечнике по оси моста более 400 м.

Долину р. Амыдери слагают верхнечетвертичные и современные аллювиальные отложения, представленные мелко-тонкозернистыми песками с подчиненными прослоями супесей, суглинков, и плотными глинами. Суммарная мощность отложений 50 - 60 м и более.

Полевые исследования и наблюдения на акватории выполнены методами электроразведки и сейсморазведки.

Одним из наиболее информативных геофизических методов является метод Вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Для повышения детальности и точности прогноза инженерно-геологического разреза использовалась сгущенная сетка разносов зондирования от 1,40 до 375м по трехэлектродной схеме. Указанная сетка разносов реализована и при исследованиях на акваториальных участках проектируемого мостового перехода. Для избежания утечек через микротрещины проводов последние уложены в герметичную оболочку, а места выводов проводящих контактов изолированы силиконовым герметиком. Соединение электроразведочной косы с коммутирующим устройством выполнено с помощью длинного отрезка кабеля с расчетом расположения измерительной аппаратуры на плавсредстве.

Наблюденные кривые ВЭЗ имеют сложную форму, характерную для многослойного разреза. Число геоэлектрических горизонтов изменяется от 6-и на береговых участках до 4-х на акваториальных. Основные типы кривых: КQH, КН, QH; на аномальном участке наблюдаются кривые типа QQ. Точки вертикального электрозондирования образуют профиль,



8  
 ▼ - положение проектируемой опоры с нумерацией

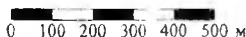


Рис. 1. Результаты ВЭЗ по оси мостового перехода

Значения УЭС:

1 - 3-15 Омм; 2 - 1-6 Омм; 3 - 10-80 Омм;

4 - 40-90 Омм, 5 - 7-40 Омм; 6 - 50-400 Омм, 7 - 55 Омм

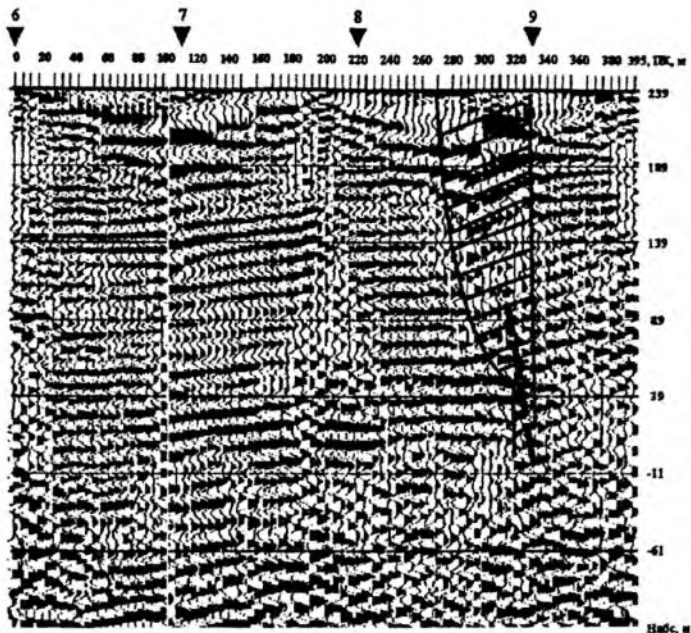
горизонтальные координаты которого соответствуют расстоянию в метрах от нулевой опоры по оси проектируемого моста. Обобщенные результаты ВЭЗ показаны на рис. 1.

При построении псевдоразреза (разреза кажущихся сопротивлений) в качестве исходных данных использованы выведенные из программы обработки ВЭЗ таблицы значений кажущихся сопротивлений в зависимости от разносов зондирования. Распределение значений кажущихся сопротивлений

характеризует выдержанность средней части геологического разреза, наличие значительных неоднородностей в поверхностных отложениях левого берега и, что имеет наибольшее значение, аномальный участок профиля в нижней части псевдоразреза в районе ПК 750-800м. Здесь фиксируется ступенеобразная аномалия с сопротивлениями 1,5-10 Омм в сторону возрастания пикстов и 10-25 Омм в противоположном направлении. Наблюдаемое изменение физических свойств глубинных слоев разреза может быть обусловлено влиянием тектонического нарушения.

Данные одномерной интерпретации кривых электрзондирования увязаны в структурный геоэлектрический разрез. При построении модели разреза в каждой точке профиля использованы результаты параметрических зондирований вблизи пробуренных скважин на левом и правом берегу. В качестве маркирующего горизонта принят подстилающий слой плотных глинистых отложений с известной глубиной залегания. При закрепленной глубине слоя выполнялся автоматический расчет модели и определялись значения удельных электросопротивлений (УЭС) подстилающего и вышележащих геоэлектрических слоев. Для решения обратной задачи, то есть определения неизвестных глубин залегания горизонтов, закреплялись полученные значения УЭС. Как видно из геоэлектрического разреза, граница между горизонтами 1 и 2 на участке ПК 770-950м образует хорошо выраженную аномальную структуру, при этом значения УЭС указанных горизонтов становятся близкими (1,5-3 Омм и 1-1,5 Омм соответственно). Природа рассматриваемой аномалии может быть увязана с зоной разуплотнения пород подстилающего слоя. Более высокоомные горизонты 3-4 связаны, очевидно, с тонкослойной структурой и более высокой степенью консолидации речных отложений. Вышележащие горизонты 5-6 приурочены к верхней части береговых отложений и насыпным грунтам. Параметры слоя воды 7 (в т.ч. значение УЭС, измеренное резистивиметром) использовались при введении поправок за влияние воды в данные наблюдений по методу ВЭЗ на акваториальных участках.

Выбор сейсморазведочных методов базировался на возможности их применения в конкретных условиях и достижении максимальной эффективности исследований. На левом берегу и на острове по оси мостового перехода выполнены наблюдения КМПВ. Применение метода оказалась недостаточно эффективным из-за необходимости больших (более 250м) выносов пунктов возбуждения (ПВ) для выхода в первые вступления волны, преломленной на поверхности плотных глин, а также градиентного характера возрастания скорости продольных волн с глубиной в нижней части аллювиальных отложений (песков), что приводит к слабой динамической выраженности вышеупомянутой головной волны.



Набс. и



Рис. 2. Фрагмент глубинного динамического разреза по результатам интерпретации отраженных волн.

Тем не менее по результатам интерпретации данных КМПВ выделены преломляющие границы в песчаной толще, связанные с уплотнением более ранних отложений, и поверхность подстилающих ее глин.

В дальнейшем исследовании, как на суше, так и на акватории были переориентированы на использование отраженных волн. С целью достижения более высокой частоты колебаний для

наблюдений МОВ использовался облегченный ударник массой 1 кг. Низкий уровень поглощения энергии продольных волн в обводненных песках и высокая частота колебаний (более 100Гц) позволяют получить качественные записи отраженных волн при слабом источнике возбуждения

Наблюдения МОВ на акватории реки имели следующие особенности. Сейсмостанция устанавливалась на катере, стоящем на якоре, либо, при возможности, на суше. Две группы гидрофонов в гидроизолированных корпусах с нулевой плавучестью крепились к лодке подводными кабелями на расстоянии 2 м друг от друга и погружались в воду на глубину 0,5 м таким образом, чтобы их корпуса не соприкасались с лодкой. Возбуждение колебаний производилось с помощью ударов молотка по погруженной в воду подложке специальной конструкции, позволяющей минимизировать собственные колебания. Источник возбуждения находился посредине между группами гидрофонов. На каждое наблюдение производилось 64 накопления. Видимая частота возбуждаемых колебаний находилась в пределах 500-1000 Гц. Несмотря на высокий уровень помех, возбуждаемых двигателем катера и течением реки, применяемая методика позволила уверенно проследить отражения до глубины порядка 100 м.

Отметим, что данные водных и наземных наблюдений хорошо увязываются между собой. Качество разрезов, полученных на акватории, сравнимо с результатами МОВ на суше.

По результатам интерпретации отраженных волн, благодаря высокой разрешенности волновой картины, выделяется значительно большее количество границ, чем по данным КМПВ, как в толще аллювиальных отложений, так и в палеогеновых отложениях вплоть до глубины порядка 220-240 м. Кроме того, структурные особенности границ более четко выражены. В нижней части динамического разреза, показанного на рис. 2, хорошо прослеживаются горизонты, границы которых частично разрушаются и изменяют углы наклона в районе ПК 275-340м сейсмического профиля. Можно предположить, что вышележащие пластичные слои сохранили свои отражающие свойства, в то время, как более жесткие подстилающие породы нарушены в большей степени в результате тектонических подвижек. Над указанной зоной предполагаемого тектонического нарушения наблюдается аномалия пониженной скорости, проявляющаяся в поведении отражающих горизонтов, залегающих на глубинах 40-100 м. При вводе кинематических поправок в зоне аномально низкой скорости годографы отраженных волн остаются недоспрямленными (см. рис.2). Из вышеизложенного следует вывод, что над нарушением наблюдается зона разуплотнения пород, протягивающаяся до самой дневной поверхности. Это предположение подтверждается также контрастными аномалиями

пониженной частоты поверхностных волн и аномальным поведением геоэлектрической границы по данным ВЭЗ.

Проведенные исследования показали, что предложенный комплекс геофизических методов, с учетом его адаптации к наблюдениям на акватории, может эффективно решать инженерно-геологические задачи в сложных природных условиях, при этом затраты на проведение работ невелики. Полученные результаты подтверждены последующим бурением в районе опоры №9 и являются основой для проектирования мостового перехода через р. Амьдера в районе г. Керки. Следует подчеркнуть, что геофизические исследования на речных акваториях в силу ряда причин (отсутствие финансирования, отставание нормативной базы, низкая информированность проектных организаций и т.п.) применяются крайне редко. В тоже время актуальность и практическая полезность подобного рода исследований очевидна при строительстве мостовых сооружений на Украине и за ее пределами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маслов Н. Н., Котов М. Ф. Инженерная геология. -М.: Стройиздат, 1971. - 342 с.
2. Огильви А. А. Основы инженерной геофизики. -М.: Недра, 1990. - 468 с.
3. Комплексные инженерно-геофизические исследования при строительстве гидротехнических сооружений// А. И. Савич, Б. Д. Куянджич, В. И. Коптев и др. - М.: Недра, 1990. - 449 с.
4. Геология СССР, т. 22, Туркменская ССР/Геологическое описание. - М.: Недра, 1972. - 768 с.