

29. Serebrjakova O. A. Uslovija obrazovaniya i svojstva gazovyh gidratov Respubliki Kalmykija / O. A. Serebrjakova, E. N. Limanskij // *Geologija, geografija i global'naja jenergiya*. – 2006. – № 11. – S. 52–55.
30. Serebrjakova O. A. Fiziko-mehaničeskie parametry inženerno-geologičeskikh svojstv porod Kaspijskoj akvatorii / O. A. Serebrjakova // *Geologija, geografija i global'naja jenergiya*. – 2007. – № 4. – S. 60–67.
31. Serebrjakova O. A. Fljuidopornye svojstva glinistyh i solenosnyh porod pri podzemnom zahoronenii promyšlennyh stokov pererabotki nefiti i gaza / O. A. Serebrjakova // *Juzhno-Rossijskij vestnik geologii, geografii i global'noj jenerгии*. – 2005. – № 2 (11). – S. 45–61.
32. Serebrjakova O. A. Formirovanie skoplenij uglevodorodov v donnyh porodah morskikh akvatorij / O. A. Serebrjakova // *Geologija. Izvestija otdelenia nauk o Zemle i prirodnyh resursov AN Respubliki Bashkortostan*. – 2010. – № 15. – S. 58–62.
33. Serebrjakova O. A. Harakteristika gazov novyh mestorozhdenij severnoj časti Kaspijskogo morja / O. A. Serebrjakova, A. O. Serebrjakov, L. F. Ushicveva, E. N. Limanskij // *Gazovaja promyšlennost'*. – 2012. – № 4. – S. 45–52.
34. Smirnova T. S. Geologo-geohimicheskie zakonomernosti izmenenija po plowadi i razrezu sostava i svojstv nefiti, gaza i kondensata Severo-Vostochnogo Predkavkaz'ja / T. S. Smirnova, O. I. Serebrjakov // *Juzhno-Rossijskij vestnik geologii, geografii i global'noj jenerгии*. – 2007. – № 3. – S. 5–15.
35. Smirnova T. S. Geohimicheskie osobennosti nizhnemelovyh neftej i kondensatov Severo-Vostochnogo Predkavkaz'ja / T. S. Smirnova, O. I. Serebrjakov // *Juzhno-Rossijskij vestnik geologii, geografii i global'noj jenerгии*. – 2006. – № 12. – S. 88–103.
36. Smirnova T. S. Hidrogeohimicheskie i litologo-stratigraficheskie osobennosti nakoplenija uglevodorodov v jugo-zapadnoj časti Prikaspijskoj vpadiny / T. S. Smirnova, E. N. Limanskij // *Juzhno-Rossijskij vestnik geologii, geografii i global'noj jenerгии*. – 2006. – № 4. – S. 172–175.
37. Smirnova T. S. Hidrogeohimicheskie pokazateli neftegazonosnosti Severo-Vostochnogo Predkavkaz'ja / T. S. Smirnova, O. I. Serebrjakov // *Juzhno-Rossijskij vestnik geologii, geografii i global'noj jenerгии*. – 2008. – № 1. – С. 97–106.
38. Smirnova T. S. Ionno-solevyje pokazateli neftegazonosnosti Severo-Vostochnogo Predkavkaz'ja / T. S. Smirnova, A. O. Serebrjakov // *Juzhno-Rossijskij vestnik geologii, geografii i global'noj jenerгии*. – 2007. – № 4. – S. 27–34.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗОНЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ РАЗЛОМА

Калинин Энест Валентинович, профессор, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1, e-mail: barykina@geol.msu.ru

Барыкина Ольга Сергеевна, старший научный сотрудник, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1, e-mail: barykina@geol.msu.ru

С помощью метода граничных элементов проведена оценка размеров области приразломных изменений и выявлены особенности распределения напряжений в пределах этой зоны.

Ключевые слова: *метод граничных элементов, разлом, зона динамического влияния, напряжения.*

USING THE BOUNDARY ELEMENT METHOD AREA FOR EVALUATION OF THE INFLUENCE OF DYNAMIC FRACTURE

*Kalinin Ernest V., Professor, Moscow State University of M.V. Lomonosov,
1 Leninskie Gory, GSP-1, Moscow, 119991, Russia, e-mail: barykina@geol.msu.ru*

*Barykina Olga S., Senior Research Fellow, Moscow State University of
M.V. Lomonosov, 1 Leninskie Gory, GSP-1, Moscow, 119991, Russia, e-mail:
barykina@geol.msu.ru*

*The estimation of the size of the selvage area was carrying out with the help of the
boundary element method and characteristics of stress distribution within this zone were
revealed.*

Key words: *boundary element method, fault, the zone of dynamic influence, stress.*

Основными, наиболее актуальными вопросами для инженерной геологии применительно к разрывным тектоническим структурам можно считать характеристику области приразломных изменений. Под этой областью мы понимаем зону динамического влияния разрыва (ЗДВ), которая определяется характером его формирования и последующей его жизнью. В пределах этой зоны массив горных пород подвергается механическим, структурным и петрографическим изменениям. С.И. Шерман [3] предлагает делить подобные приразломные зоны на две области: 1) динамического влияния, где проявляются остаточные и упругие следы деформаций, связанные с формированием разлома и последующими подвижками по нему; 2) активного динамического влияния, где проявляются остаточные деформации.

Оценка реальных зон динамического влияния разрывных тектонических структур при инженерно-геологических изысканиях является достаточно сложной и малоизученной проблемой. Так называемые «реальные» зоны динамического влияния разрывных структур, определяемые С.И. Шерманом как области динамического влияния, не могут быть четко и определенно зафиксированы при полевых исследованиях. Тем не менее эти зоны могут играть отрицательную роль при строительстве и эксплуатации сооружений. Так, при проведении строительных работ в этой зоне возможны неблагоприятные явления (горные удары, вывалы, стрельание пород, смещения и др.), связанные с изменением интенсивности напряжений вблизи разрывных структур.

В предлагаемой работе предпринята попытка выработать критерии оценки потенциальных размеров области динамического влияния. С помощью математического моделирования были решены вопросы соответствия наблюдаемых изменений в массиве – реальной мощности зоны динамического влияния, конфигурация этой зоны, расположение областей концентраций напряжений, перемещение свободной поверхности, изменение этих параметров в результате изменения тех или иных условий.

Целью моделирования стала оценка размеров области приразломных изменений (и таким образом определение ширины ЗДВ), выявление особенностей распределения напряжений в пределах этой зоны и характеристика перемещений свободной поверхности в основных узлах. Для этого изучалось, во-первых, напряженно-деформированное состояние зоны влияния разрывной структуры при действии гравитационной силы; во-вторых, то же при действии гравитационной и тектонической сил; и, в-третьих, направление и

величины перемещений свободной (от напряжений) поверхности при действии гравитационной и тектонической сил. Решение поставленных задач осуществлялось с помощью расчетов, основанных на методе граничных элементов. Расчеты проводились с помощью вычислительной программы для двумерного метода разрывных смещений (TWODD) [1], переработанной и дополненной сотрудниками кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова Э.В. Калинин и Л.Л. Панасьян. Массив горных пород рассматривался как изотропная линейно-упругая среда, при этом учитывалось влияние следующих факторов: неровности рельефа, нарушенность массива разрывной структурой, гравитационная сила, горизонтальная сжимающая сила, моделирующая тектоническую. В качестве объекта исследования был выбран участок Рогунской ГЭС, разбитый многочисленными разрывами различного порядка. Рогунская ГЭС расположена в верхнем течении р. Вахш (Таджикистан) в узком крутосклонном ущелье глубиной 400–500 м. Участок расположения плотины высотой около 350 м и напорно-станционный узел размещены в едином тектоническом блоке, ограниченном субпараллельными Ионахшским и Гулизинданским региональными разломами второго порядка. Площадка Рогунской ГЭС находится непосредственно в зоне влияния Ионахшского разлома, который пересекает реку в районе верхнего клина плотины. По результатам комплексных наклонномерно-деформографических наблюдений на площадке гидроузла [2] было показано, что эта разрывная структура является тектонически активной. Были зарегистрированы относительные вертикальные смещения бортов Ионахшского разлома, которые составляют 1–3 мм в год.

На рисунке 1 представлена расчетная схема и результаты изучения напряжений и перемещений в долине, осложненной разрывной тектонической структурой.

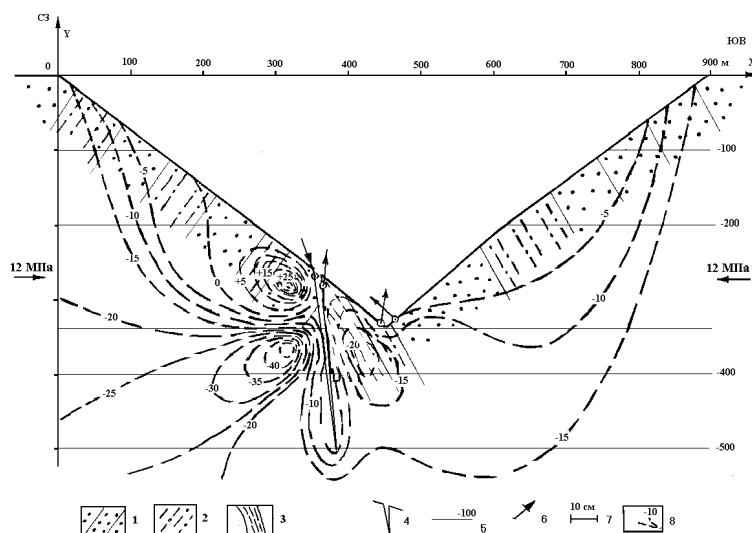


Рис. 1. Расчетная схема для изучения напряжений и перемещений в долине, осложненной разрывной тектонической структурой.

Условные обозначения: 1 – песчаники; 2 – алевролиты; 3 – аргиллиты; 4 – разрывная тектоническая структура; 5 – глубины, на которых определялись напряжения; 6 – точки земной поверхности и векторы их перемещения; 7 – масштаб перемещений; 8 – изолинии горизонтальных напряжений, МПа

В основу расчетной схемы был положен геологический разрез, составленный на основе материалов инженерно-геологической съемки участка створа Рогунской ГЭС, проведенной сотрудниками института «Гидропроект». При составлении расчетной схемы ширина Ионахшского разлома вместе с сопровождающей его зоной дробления на поверхности была принята равной 20 м. При выборе расчетных показателей свойств горных пород рассматриваемого массива были использованы данные, полученные при изысканиях Средазгидропроекта. Так как большинство горных пород, слагающих склон, характеризуется близкими значениями плотности и коэффициента поперечной деформации, в расчетной схеме для всех пород принято: модуль деформации – 30 МПа; коэффициент Пуассона – 0,3; плотность – 2,6 г/см³. Горизонтальные сжимающие тектонические силы, действующие согласно представлениям [2], полученным по геологическим и структурно-тектоническим признакам, задавались равными 12 МПа. Проведенные расчеты показали, что зона динамического влияния ограничивается 200 м со стороны лежащего крыла и 70 м со стороны висячего, и зоны концентрации располагаются в устье и в средней части разрывной структуры со стороны лежащего крыла и между висячим бортом РТС и дном долины. Анализ перемещений восьми точек (в верхних частях обоих склонов, в устье (на обоих берегах) и на окончании разрывной структуры, и на дне долины) свободной поверхности показывает, что направление перемещений соответствует наблюдающимся в массиве и имеет взбросовый характер. Суммарная амплитуда вертикальных перемещений двух точек на дне долины составляет 0,51 м. Векторы перемещений двух соседних элементов на дне долины направлены вверх. Значения результирующих перемещений с разных сторон разрыва равны соответственно 0,22 и 0,49 м. Векторы перемещений крайних элементов в верхних частях склона с одной и с другой стороны направлены в сторону долины и составляют 0,09 и 0,12 м.

По данным инженерно-геологических изысканий, мощность подзон сместителя и тектонической брекчии Ионахшского разлома равна 80 м, а с зоной повышенной трещиноватости влияние разлома может увеличиться до 120 м. Однако, по данным расчетов, мощность ЗДВ составляет порядка 270 м. Таким образом, проведенные расчеты показали, что зона изменения напряженно-деформированного состояния превышает наблюдаемую в массиве зону измененных пород. Причем со стороны лежащего крыла зона измененного напряженно-деформированного состояния больше в два раза, чем со стороны висячего. Соответственно, реальная зона влияния от разрывной структуры превышает непосредственно измеренную более чем в 2 раза.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Использованный метод граничных элементов позволяет характеризовать напряжения в массиве пород и перемещения свободной поверхности при наличии разрывной тектонической структуры.

2. Примененный МГЭ можно использовать для прогноза расположения областей повышенных сжимающих и растягивающих напряжений в зоне динамического влияния разрывных тектонических структур.

3. С помощью метода граничных элементов экспериментальным путем была оценена площадь приразломных изменений, и таким образом определена ширина зоны динамического влияния.

4. Полученная с помощью расчетов мощность зоны упругих преобразований, обусловленных разрывной тектонической структурой, больше непосредственно измеренной в натуральных условиях мощности зоны измененных пород в 2,17 раз.

5. На основании сравнения мощности зоны динамического влияния, полученной при расчетах, с мощностью, рассчитанной на основе фактического материала, можно утверждать, что зона динамического влияния разрывной тектонической структуры включает в себя не только проявляющиеся изменения пород (подзоны дробления и повышенной трещиноватости), но и область измененного напряженно-деформированного состояния.

6. В пределах этой области во время проведения строительных работ возможно проявление неблагоприятных явлений (горные удары, стреляние пород, вывалы и др.).

Список литературы

1. Крауч С. Методы граничных элементов в механике твердого тела / С. Крауч, А. Старфилд. – М. : Мир, 1987. – 328 с.
2. Старков В. И. Тектонические деформации земной поверхности на створе Рогунского гидроузла по результатам инструментальных измерений / В. И. Старков // Сейсмостойкие исследования в районах строительства крупных водохранилищ Таджикистана. – Душанбе : Дониш, 1987. – С. 49–63.
3. Шерман С. И. Области динамического влияния разломов (результаты моделирования) / С. И. Шерман, С. А. Борняков, В. Ю. Буддо. – Новосибирск : Наука, 1983. – 112 с.

References

1. Krauch S. Metody granichnyh jelementov v mehanike tverdogo tela / S. Krauch, A. Starfild. – M. : Mir, 1987. – 328 s.
2. Starkov V. I. Tektonicheskie deformacii zemnoj poverhnosti na stvore Rogunskogo gidrouzla po rezul'tatam instrumental'nyh izmerenij / V. I. Starkov // Sejsmostojkie issledovanija v rajonah stroitel'stva krupnyh vodohraniliw Tadzhiqistana. – Dushanbe : Doniw, 1987. – S. 49–63.
3. Sherman S. I. Oblasti dinamicheskogo vlijanija razlomov (rezul'taty modelirovanija) / S. I. Sherman, S. A. Bornjakov, V. Ju. Buddo. – Novosibirsk : Nauka, 1983. – 112 s.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ЭЦН5-80 В ОБВОДНЕННОЙ СКВАЖИНЕ С ВЫСОКИМ ГАЗОВЫМ ФАКТОРОМ

Лекомцев Александр Викторович, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр-кт, 29, e-mail: alex.lekomtsev@mail.ru

Филиппова Мария Сергеевна, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614000, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр-кт, 29, e-mail: alex.lekomtsev@mail.ru