УДК 624.131.1

С.В.КВАШУК, Д.Ю.МАЛЕЕВ
Дальневосточный государственный университет путей сообщения

ОЦЕНКА ОБВАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ В СКАЛЬНЫХ ОТКОСАХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ

Детально изучены причины и условия обвальной опасности в скальной выемке глубиной 35 м, длиной 240 м, находящейся на 46 км линии Известковая – Чегдомын, проходящей в восточной краевой части Буреинского срединного массива, который занимает центральное место в Амурском геоблоке Тихоокеанского подвижного пояса, характеризующегося сложными и разнообразными инженерно-геологическими условиями. Выявлено семь систем трещин, три из которых основные. Для всего обвального участка действителен общий вывод: трещинная пустотность пород аномально высокая, блочность пород – густая. В коре выветривания изучено три зоны, их общая мощность около 40 м. Устойчивость откосов выемки составляет немногим более единицы, однако при землетрясениях интенсивностью 4,0 балла и более, возможны обвалы до нескольких сотен кубических метров.

There have been studied in detail danger and conditions of rock collapse in the 35 – meter deep, 240 – meter long railway rock cutting along Izvestkovaya-Chegdomyn line that Amursky geoblock of the Pacific mobile belt which is characterized by complicated and various engineering – and – geological conditions. Seven fracture systems have been defined, the three of which being principle ones. As a result of research there has been made a general conclusion that is valid for the whole railway section landslide hazard, viz. fracture cavitation of rock is abnormally high and block density is deep. There have been studied three zones in the crust of weathering, their total thickness being about 40 meters. The rock slope stability coefficient exceeds a little over 1,0 however during earthquakes of magnitude 4,0 and over there may occur collapses with the volume amounting as much as several hundred cubic meters.

На Дальневосточной железной дороге насчитывается 131 обвальный участок общей протяженностью 62 км, поэтому транспортная отрасль региона несет значительные убытки. В наибольшей степени обвалам подвержены линии Дальневосточной железной дороги, пересекающие крупные горные сооружения – Буреинский срединный массив и Сихоте-Алиньскую геосинклинальную систему.

Скальная выемка глубиной 35 м, длиной 240 м находится на 46 км линии Известковая – Чегдомын, проходящей в восточной краевой части Буреинского срединного массива, который занимает центральное место в Амурском геоблоке Тихоокеанского подвижного пояса. Тектоника района сложная [5]. Сейсмичность территории составляет 8 баллов по карте ОСР-97-В. Крупные события ($M \geq 5$, $I = 6$-7) зафиксированы на прилегающей территории в 1956, 1963 и 1994 гг. Более слабые землетрясения ($M < 5$) наблюдаются здесь постоянно, ежегодно фиксируется в среднем одно с $M \cong 4$ и целый ряд мелких толчков. Интенсивно проявлены эпейрогенические движения – участок, расположенный непосредственно в перевальной части хр. Малый Хинган, находится на границе между опускающимся и поднимающимся на современном этапе участками земной коры [4].

Линия однопутная, построена в 1938-1942 гг. с применением буровзрывных работ. Именно данное обстоятельство вместе со значительной трещиноватостью пород, по всей видимости, определяет высокую обвальную опасность в откосе. На нем постоянно ведутся работы по обрушению нави-

сающих обломков, что, однако, не снижает интенсивности явлений. Коэффициент угрожаемости обвалов [6] здесь значительно меньше единицы, так как ширина улавливающих полок не превышает 3 м, а расчетная величина отлета обломков достигает в наиболее опасных местах 8-11 м. Наибольшие углы заложения откосов наблюдаются в срединной части выемки. Они составляют около 60-65° на правом откосе и около 50-55° на левом откосе. На других участках скальные откосы имеют углы заложения 30-55° и положе.

Трещиноватость скальных горных пород – один из ведущих факторов при их инженерно-геологической оценке [7]. Она определяет все основные инженерно-геологические характеристики горных пород и слагаемых ими транспортных сооружений: откосов железнодорожных выемок, припортальных выемок тоннелей, строительных котлованов, бортов карьеров и т.д.

Откосы выемки сложены однородными светло-серыми, крупно- и среднезернистыми, биотит-роговообманковыми гранодиоритами (Pz_3) с порфировидной структурой и местами выраженной текстурой течения. Гранодиориты рассечены дайкой флюидальных игнимбритов липарито-дацитов мощностью до 40 см, многочисленными зонами милонитизации и рассланцевания северо-западного простирания, с падением на юго-запад, и интенсивной трещиноватостью, разбивающей породы на блоки различной формы – субизометричной, параллелепипедной, ромбоэдральной, пластинчатой и тонкоплитчатой (характерной для зон милонитизации). Трещины тектонические, сколовые, однотипные, плоские, ровные, субпараллельные. В глубине трещины выполнены кварцем, также проявляется лимонитизация, наблюдаются кальцитовые прожилки. Ограниченно проявляется медная минерализация. Непосредственно у поверхности трещины заполнены песчано-глинистым материалом.

Детальное изучение трещиноватости выявило семь систем трещин. Основными являются три устойчивые системы, которые наблюдаются на всем протяжении выемки. На локальных участках вместе с основными появляются новые четыре системы трещин в разных сочетаниях. Азимут падения основных систем 223, 324 и 82°; они имеют угол падения 51-54°, остальных – от 22 до 82°; густота трещин в разных системах составляет от 13-21 до 70-80 см; ширина трещин 0,8-6 мм, иногда до 12-15 мм; протяженность трещины в плоскости обнажения от дециметров до 10-12 м. По этим параметрам были рассчитаны блочность и трещинная пустотность горных пород [8, 9]. Кроме этого, были произведены тахеосъемка II класса и сейсмоакустические исследования методом преломленных волн.

Для кинематического анализа устойчивости откосы выемки справа и слева были разбиты на участки. Для них на основе полевого изучения элементов трещиноватости были рассчитаны трещинная пустотность и блочность гранодиоритов.

Анализ диаграмм трещиноватости с нанесенными на них полюсами откосов [1] дал ответ на вопрос о том, какие типы обрушений возможны на каждом локальном участке.

Особенностью выемки является то, что она находится на кривой малого радиуса ($R = 300$ м). Из-за этого касательная к оси выемки поворачивается на 9°30' через каждые 50 м. Примерно на такой же угол изменяется простирание искусственных откосов выемки. В условиях выдержанных элементов залегания поверхностей трещиноватости вследствие такого поворота секущих поверхностей откосов в пределах сравнительно непротяженной выемки (240 м) проявляются три основные типа нарушения устойчивости [3]: а) обрушение по плоскости, когда падение плоскости ослабления (угол падения φ) совпадает с падением плоскости откоса (угол падения ψ) или они незначительно различаются (до ±30°); но $\varphi < \psi$; б) обрушение клина происходит в случае пересечения двух плоскостей ослабления с падением их навстречу друг другу таким образом, что образуется блок в виде тетраэдра; сдвиг может произойти при условии, что угол падения грани тетраэдра меньше угла падения откоса выемки; в) обрушение обломков при падении плоскостей ослабления вглубь склона.

Всего на протяжении выемки на левом и правом откосах выделено семь участков с различными видами обрушений. На них трещинная пустотность составляет 12-13 %, блочность 8,5-16,9 см, а в средней части, на самом опасном участке 2,88 см.

По результатам инженерно-геологического и геофизического изучения в гранодиоритах выявлено три зоны коры выветривания.

• Зона тонкого дробления мощностью до 10-12 м характеризуется средними скоростями продольных волн $V_p = 630$ м/с. В верхней части преобладают образования высокой степени физической дезинтеграции и химического преобразования гранодиоритов до состояния глин и суглинков с включением мелкой фракции щебня и дресвы и постепенным переходом к крупнообломочной фракции.

• Щебенистая зона имеет мощность 7-8 м, представляет собой переход от крупнообломочного состояния пород к трещиноватому с преобладанием последнего. Здесь ведущую роль в дезинтеграции пород играет тектоническая трещиноватость. Средняя скорость продольных волн $V_p = 2000$-2400 м/с.

• Глыбовая зона коры начинается на глубинах 10-20 м от поверхности, уверенно прослеживается до глубин 35-40 м. Породы разбиты на крупные блоки тектоническими трещинами. Средняя скорость продольных волн $V_p = 3400$ м/с. Минимальный коэффициент запаса устойчивости составляет 1,19, а даже при слабом землетрясении возможно обрушение откосов [2].

Для всего обвального участка действителен общий вывод по классификации [8]: трещинная пустотность пород аномально высокая, блочность пород – густая. В коре выветривания изучено три зоны, их общая мощность около 40 м. Коэффициент устойчивости откосов составляет немногим более единицы, однако при землетрясениях интенсивностью 4 балла и более определенно существует возможность возникновения обвалов объемом до нескольких сотен кубических метров.

Таким образом, работы, проведенные на данном участке, можно рассматривать как опытно-методические. Подобные исследования, выполненные на остальных обвальных участках, позволят районировать линии Дальневосточной железной дороги, классифицировать гравитационные процессы по степени опасности, прогнозировать и разрабатывать проекты по борьбе с ними.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Варга А.А.* Инженерно-тектонический анализ скальных массивов. М.: Недра, 1988. 216 с.

2. *Газиев Э.Г.* Устойчивость скальных массивов и методы их закрепления. М.: Стройиздат, 1977. 160 с.

3. *Гудман Р.* Механика скальных пород / Под ред. С.Б.Ухова. М.: Стройиздат, 1987. 232 с.

4. *Корчагин Ф.Г.* Геодинамика Амурского геоблока / Проблемы геодинамики и прогноза землетрясений. I Российско-японский семинар, Хабаровск, 26-29 сентября 2000 г. Под ред. Ф.Г. Корчагина. ИтиГ ДВО РАН. Хабаровск, 2001. С.18-39.

5. *Красный Л.И.* Геология региона Байкало-Амурской магистрали. М.: Недра, 1980. 159 с.

6. *Ломтадзе В.Д.* Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: Недра, 1977. 479 с.

7. *Ломтадзе В.Д.* Инженерная геология. Инженерная петрология. Л.: Недра, 1984. 511 с.

8. *Рап М.В.* Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород / М.В.Рап, С.Н.Чернышев. М.: Недра, 1970. С.164.

10. Рекомендации по изучению трещиноватости горных пород при инженерно-геологических изысканиях для строительства. М.: Стройиздат, 1974. 40 с.