

УДК 624.131.3

UDC 624.131.3

ИЗУЧЕНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПАРАГЕНЕЗОВ, И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СТРОЕНИЕ ГОРНОГО МАССИВА

EXPLORATION OF TECTONIC PARAGENESSES, AND THEIR INFLUENCING ON THE HILLS CONSTITUTION

Штыров Владимир Геннадьевич
к.геол.–мин.н.

Shtyrov Vladimir Gennadyevich
Cand.Geol.-mineral.Sci.

Арнаутов Александр Иванович
к.геол.–мин.н., доцент
ОАО Научно – исследовательский и проектно – изыскательский институт «Ленметрогипротранс», Санкт – Петербург, Россия

Arnautov Aleksander Ivanovich
Cand.Geol.-mineral.Sci., associate professor
Open joint stock company “Scientific research, design and surveying Institute «Lenmetrogiprotrans», Saint Petersburg, Russia

В статье рассматривается тектоническое строение территории строительства железнодорожного тоннеля №6 на объекте: совмещенная автомобильная и железная дорога Адлер – горноклиматический курорт «Альпика – Сервис». Детально изучено эндогенное распределение трещиноватости в скальном массиве по направлениям и плотности распределения по массиву. Анализ трещиноватости на эталонных площадках показал весь спектр распределений основных линейных трещин и ослабленных зон

In this article, the tectonic framework of terrain of construction of a railway tunnel №6 is considered: mated automobile and railway Adler – Alpika – Service mountain-climate health resort. Endogenic allocation of a fracturing in a rocky block in directions and a density function on a block is learnt in details. The fracturing assaying on reference stages has demonstrated all spectrum of allocations of the basic linear flaws and the loosened bands

Ключевые слова: ТОННЕЛЬ, ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ, ИНЖЕНЕРНО -ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ФИЗИКО - МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД, ЛУЧЕВЫЕ И КРУГОВЫЕ ДИАГРАММЫ ТРЕЩИНОВАТОСТИ, АЗИМУТЫ ПАДЕНИЯ И ПРОСТИРАНИЯ

Keywords: TUNNEL, TECTONIC FRAMEWORK, SEISMIC ACTIVITY, ENGINEERING - GEOLOGICAL CONDITIONS, PHYSICS - MECHANICAL CHARACTERISTICS OF ROCKS, RADIAL AND FRACTURING CIRCULAR CHARTS, FALLING AND EXTENSION AZIMUTHS

ВВЕДЕНИЕ

Территория строительства тоннелей на объекте: совмещенная автомобильная и железная дорога Адлер – горноклиматический курорт «Альпика – Сервис и, в частности, 6 железнодорожного тоннеля, находится в очень сложных геологических условиях. Тоннель диаметром 12,9 м., длиной 432,95м. располагается в районе пос. Эсто-Садок, на левом берегу р. Мзымта и входит в общий проектный транспортный комплекс Олимпийской трассы. Сооружается в отложениях терригенно-вулканогенной глубоководной формации, представленной сланцами различной степени метаморфизации от темно-серого до черного цвета, с прослоями мелкозернистых кварцевых песчаников, аргиллитов и алевролитов, с конкрециями си-

деритов. Отложения отнесены к эстосадокской свите нижнего отдела юрской системы.

Тектоническое строение участка представляет собой сложно построенную систему взаимопересекающихся разломов, оперяющих их второстепенных разрывных нарушений и крупных трещин. Следует отметить, что дизъюнктивные нарушения сформированы в результате интенсивных надвиговых процессов широтного простирания, повлиявших в дальнейшем на рост пликативных структур в Краснополянской тектонической зоне. [4].

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Территория строительства железнодорожного тоннеля №6 приходится на один из наиболее выраженных фрагментов Краснополянского надвига в месте его пересечения поперечным разломом, так называемым «Золоторудным», и представляет собой широкую (до 1,0-1,5 км) зону дробления. Сама зона надвига имеет блоковое строение и состоит из многочисленных тектонических отдельностей, в которых заметна определённая ориентировка. В плане сеть основных разрывных нарушений имеет полигональный облик.

Прямыми тектоническими нарушениями следует считать широтные и субширотные разрывы и разломы общекавказского простирания. Поперечные зоны имеют меридиональное и субмеридиональное простирание антикавказского направления. К секущим относятся трещины и разрывы, близкие к горизонтальному положению и направленные в разные стороны между основными направлениями выше указанных простираний.

В западной части участка установлен левосторонний сдвиг широтного простирания, соответствующий общерегиональному направлению и поперечный взброс характерный для надвиговых зон Кавказа и совпадающий с типичным надвиговым полем. Для участка характерна выдержанная пликативность юго-восточного падения с пологими углами и деформированностью в приразломных зонах. Выделяются блоки, стороны которых ори-

ентированы по северо-западному и северо-восточному простиранию. Размер блоков от 20 до 60 метров. Границы зон дробления, разделяющие отдельные элементы, строго сопряжённые и имеют, соответственно, третью систему субгоризонтальных и горизонтальных трещин, скрытую в вертикальном разрезе. Глубина заложения горизонтальных зон дробления пропорциональна размерам поверхностных и может составлять от 20 до 50 метров. К данным выводам имеются натурные сведения, полученные при изучении разреза в шурфах, скважинах и по обнажениям. Ширина зон дробления может составлять от 0,5 метра до 6 метров. Их размеры зависят от планового положения и близости к основным тектоническим элементам дизъюнктивных нарушений.

Описываемая территория приурочена к району с высокой сейсмической активностью и представляет собой крупную ассиметричную синклинальную складку с крутым ($60-80^\circ$) западным крылом и пологим ($10-30^\circ$) восточным, осложненную в замковой части крупным тектоническим нарушением северо-северо-западного простирания. [2]. В процессе складкообразования породы подверглись существенным сжимающим нагрузкам, что выразилось в их повышенной трещиноватости с выявленными зонами дробления мощностью от 0.5 до 6м, местами по которым порода перетерта до песка и песчано-дресвяно-глинистого состояния. Вероятно, в условиях проявления интенсивных тектонических нарушений, приведших к сплошной трещиноватости пород (вплоть до дробления), имело место массовое проникновение метеорной воды на глубину. В результате порода была превращена в рыхлую песчано-дресвяно-глинистую массу. То есть произошла дезинтеграция породы, следовательно, изначальным фактором, приведшим к образованию подобных грунтов, является интенсивно проявленная тектоника.

В процессе возведения подземного сооружения нарушается естественное равновесие массива горных пород, что может приводить к дефор-

мациям и подвижкам, а поскольку условия строительства б железнодорожного тоннеля, припортальных выемок и других сооружений определяются развитием опасных геологических процессов поэтому, были выполнены комплексные полевые исследования и анализ материалов инженерно-геологической съемки, форм рельефа и результатов бурения скважин. По результатам массовых замеров, для выявления и картирования зон тектонических нарушений в массиве коренных пород, определена система тектонических трещин коренных пород на эталонных площадках трещиноватости.

Трещиноватость - один из основных факторов, влияющих на величину показателей физико-механических и фильтрационных свойств массива горных пород. Степенью и характером трещиноватости определяются такие характеристики скального массива, как прочность, деформируемость, плотность, проницаемость, неоднородность, анизотропность, напряженное состояние. Вследствие трещиноватости, массив горных пород, в котором строится тоннель №б, представляется состоящим из раздробленных блоков, различных размеров.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

На восьми эталонных площадках, площадью 4м^2 выполнены массовые замеры трещиноватости для детального изучения эндогенного распределения трещиноватости в скальном массиве по направлениям и плотности распределения по массиву. При изучении трещиноватости на площадках обнажений коренных пород основное внимание уделялось следующим вопросам:

-пространственной ориентировке трещин и системы трещин, установлению главного или главных направлений развития трещин;

-морфологии трещин и их соотношению со слоями пород, складками, разломами, с целью восстановления генетического типа и вида трещин, а также для выделения региональных и локальных трещин;

-определение интенсивности трещиноватости пород с целью количественной оценки степени раздробленности пород, выделению участков, различающихся по интенсивности трещиноватости;

-изучению длины и ширины трещин, сопротивлению сдвигу по трещине, оценке влияния трещин и систем трещин, как поверхностей, так и зон ослабления на прочность, деформируемость и водопроницаемость пород, оценка их влияния на устойчивость местности и проектируемых сооружений.

РЕШЕНИЕ ПОСТАВЛЕННЫХ В РАБОТЕ ЗАДАЧ

Трещиноватость пород изучалась методами зарисовок и фотографирования, картирования и моделирования. Для выявления преобладающих параметров трещин, при изучении трещиноватости горных пород на площадках, накопилось большое количество замеров, требующих дальнейшей отработки. Основным методом обработки был статистический, выполненный путем построения лучевых и круговых диаграмм трещиноватости. В основе построения диаграмм лежало предварительное разделение трещин по генезису, без чего полученные диаграммы дают искаженные представления, либо имеют вид «звездного неба». Лучевые диаграммы отображают развитие общего простирания трещин на каждом участке. Круговые диаграммы показывают направление падения трещин и их концентрацию. Дальнейший анализ показывает развитие трещиноватости по каждой площадке и общее развитие типов трещин в целом для всей территории.

Площадка №1 расположена в северо-западной части участка и приурочена к обнажению прочных сливных песчаников с азимутом падения $355^{\circ} \perp 70^{\circ}$. Тип круговой диаграммы рис. №1 дискретно-поясной, локально сконцентрированный. В пределах полусферы отображены три максимальных полюса с координатами плоскостей трещин: 340/80; 225/60; 125/35.

Данная система трещин является сопряжённой, сформированной за единый тектонический цикл в условиях одноосного сжатия, при котором образовались две зоны растяжения северо-северо-западного и юго-западного падения и, соответственно, восток-северо-восточного и северо-западного простирания. Сколы имеют также северо-восточное простирание. Менее развиты трещины меридионального направления. Близко к значению этих максимумов приурочены и вторичные системы трещин. В целом данный тип трещиноватости характерен для Краснополянской области и вызван тектоническими процессами, происходящими в зоне Краснополянского и Эстасодокского разломов. Плотность трещиноватости 40 тр. на м². Площадь обнажения 20 м².

Площадка №2 расположена восточнее предыдущей, отделена от неё зоной дробления. Круговая диаграмма рис. №1 имеет тип дискретно-поясной, но, в отличие от первой, более локальный. На ней выделяется большее количество обособленных полюсов. Главными направлениями падений являются азимуты 155\30; 55\60; 175\40; 235\40; 225\90; 290\60; 90\50. Соответственно, основные простирания имеют такой же, как и в предыдущем случае, вид, но с более контрастными лучами. Главные деформации происходили при условии более сложного двухосного сжатия, в результате чего сформировались четыре максимума растяжений с азимутами падений 175\45; 140\40; 95\60; 55\70.

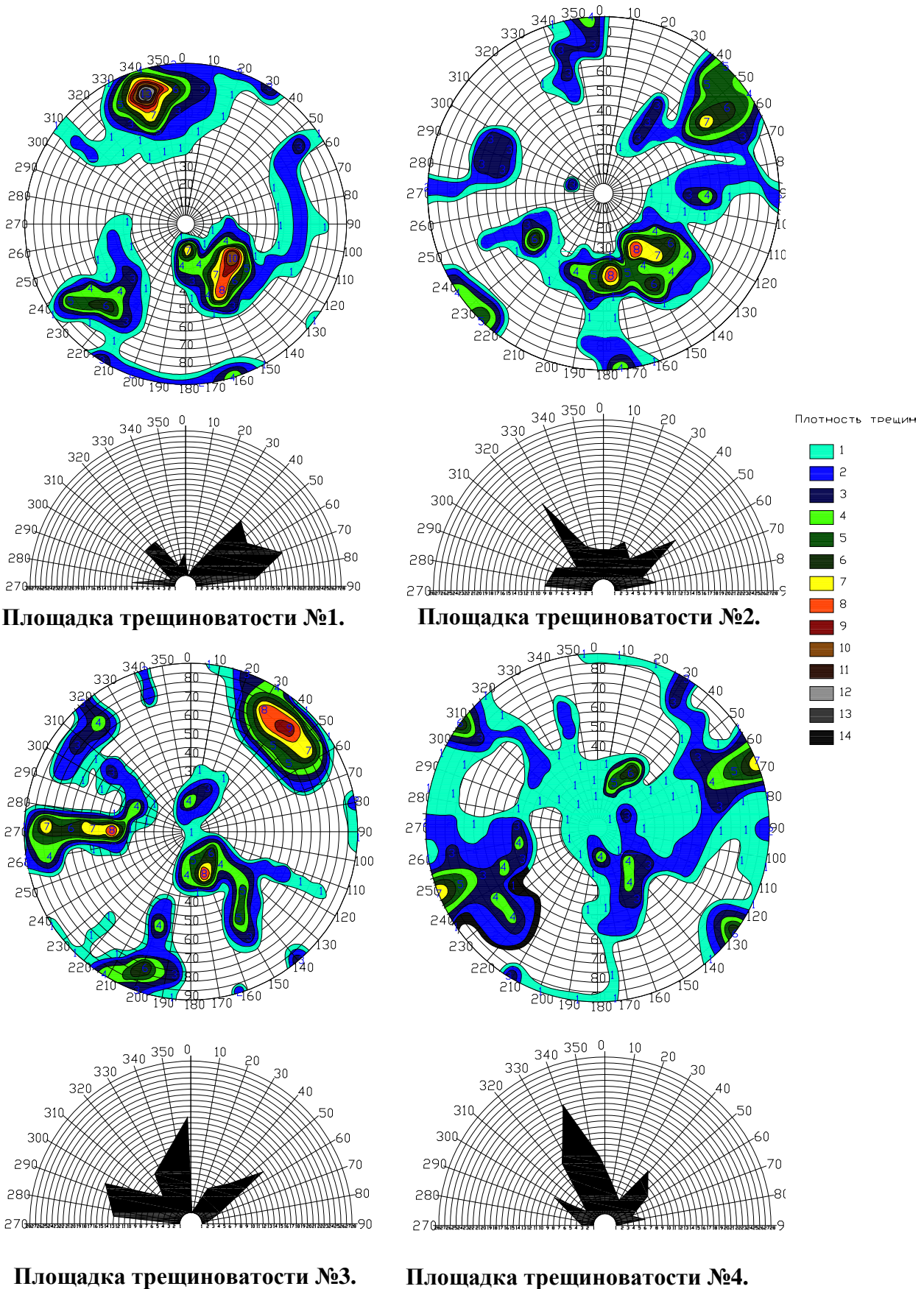


Рис. №1 Круговые и лучевые диаграммы трещиноватости.

В данном случае наблюдается эффект интенсивной деструктуризации менее прочных пород в зоне тектонического воздействия на контакте с более прочными. Простираения сохраняются, но имеют незначительный, разворот к востоку. Плотность трещиноватости 105 тр. на м². Площадь обнажения 20 м².

Площадка №3 расположена к востоку от №2 и отделена от неё ложбиной с азимутом простираения осевой линии 5°. Обнажение представлено трещиноватыми углефицированными сланцами с азимутом падения 160° ⊥ 10°. Круговая и лучевая диаграммы трещиноватости площадки №1, изображенная на рис. №1 дискретно-поясная, локальная. Имеет шесть главных обособленных максимумов полюсов: 45\70; 0\15; 165\25; 200\80; 270\40; 320\75. В поле развития данных трещин имеются вторичные, осложняющие трещины скола, выраженные в своих максимумах, но существенно не изменяющие общий уровень распределения. Широко развиты полого-падающие трещины. Примечательна закономерность концентрации трещин отрыва в двух направлениях падения 270\50 и 145\45. Здесь определяется двухосное сжатие с минимальными кинематическими смещениями. Данная площадка представляет обособленный отколовшийся блок, выжатый меж двух активных кинематических зон. Несколько изменяется картина распределения азимутов простираения. Здесь отчётливо выделяются три главных направлений: запад-северо-западного, северного и северо-восточного простираения. Плотность трещиноватости 40 тр. на м². Площадь обнажения 25 м².

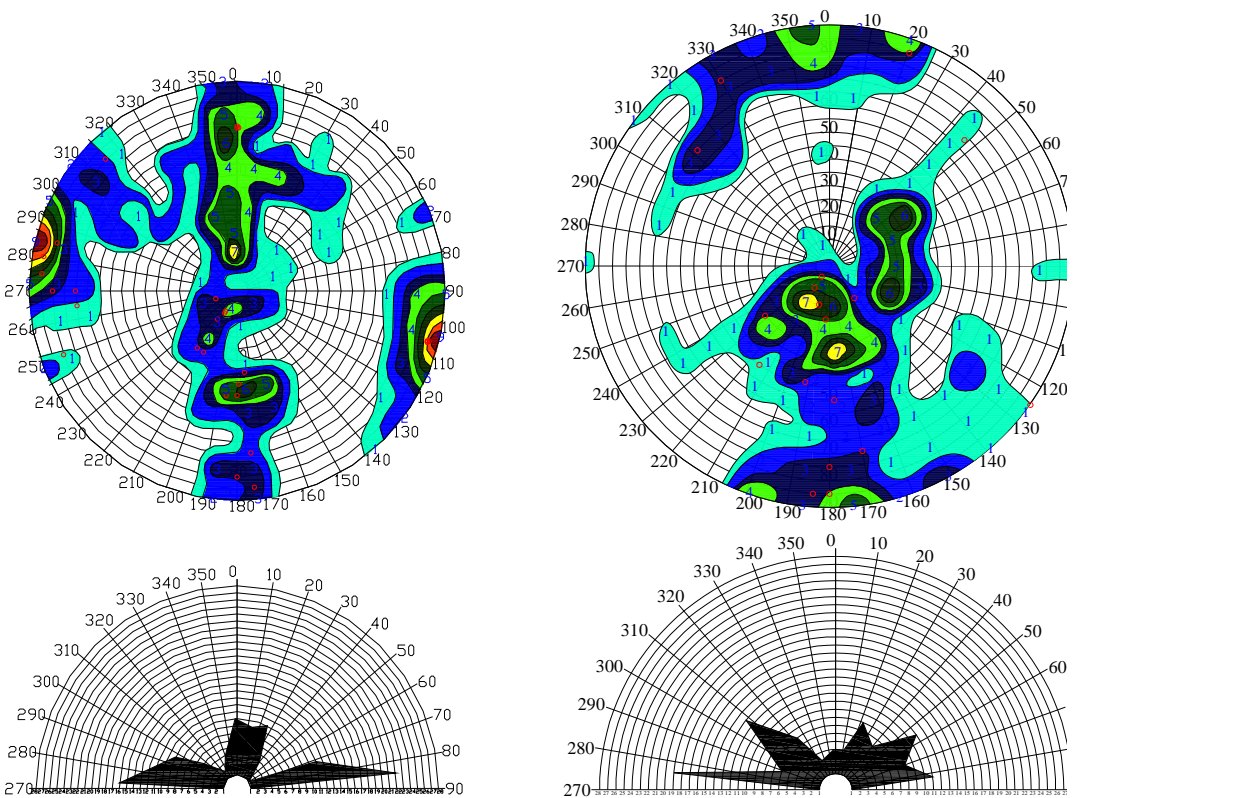
Площадка №4 расположена в нижней части эрозионного уступа р. Мзымта. Обнажение представлено сильнотрещиноватыми, интенсивно-подробленными углистыми сланцами с пластом сливного, мелкозернистого песчаника. Азимут падения пластов 160° ⊥ 40°. На круговой диаграмме рис. №1 отчётливо выделяются четыре главные максимумы полюсов с азимутами падения 250\90; 35\35; 150\45; 310\90. Основной фон распределения трещин смазан, что обусловлено зоной дробления, проходящей через площадку замеров. Широкое распространение имеют полого-падающие трещины разной ориентировки. Трещины отрыва сгруппированы в области двух максимумов: межпластовые, полого-падающие с ориентировкой к

югу и юго-востоку и средней крутизны, с падением на юго-восток. В точке замеров расположена зона дробления с ориентировкой простирания 20° . Отмечаются сколы. Преобладающим направлением простирания трещин является азимут 340° . Подчинённое значение имеют азимуты 300° и 45° . Примечательно, что по преобладающим направлениям развиты все основные формы рельефа и простирание примыкающего к подножью уступа русло рукава реки. Плотность трещиноватости 100 тр. на m^2 . Площадь обнажения $30 m^2$.

Площадка №5 расположена в средней части территории, в подножье уступа обнажение представлено брекчированными сланцами с прослоями прочных песчаников. Азимут падения $65^\circ \perp 45^\circ$. Круговая диаграмма рис №2

дискретно-поясного типа. Главные максимумы расположены с координатами $285 \setminus 90; 0 \setminus 20; 180 \setminus 45; 0 \setminus 60; 180 \setminus 20$. Широко распространены пологопадающие трещины. Максимум трещин отрыва в них сконцентрирован в полюсе $180 \setminus 25$. Большое значение имеют вертикальные и субвертикальные трещины отрыва широтного залегания. Для данного участка характерно развитие двух направлений дизъюнктивов: широтного и меридионального. Участок расположен на узле сочленения этих двух крупных взаимно пересекающихся разрывных нарушений. Плотность трещиноватости 70 тр. на m^2 . Площадь обнажения $20 m^2$.

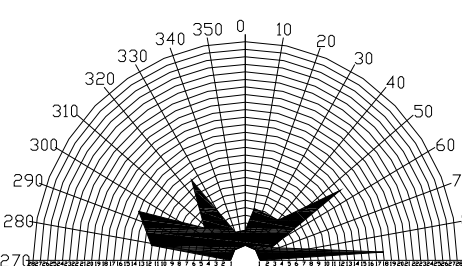
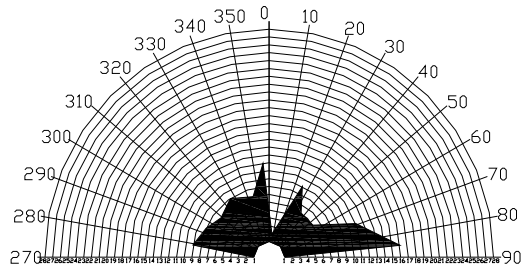
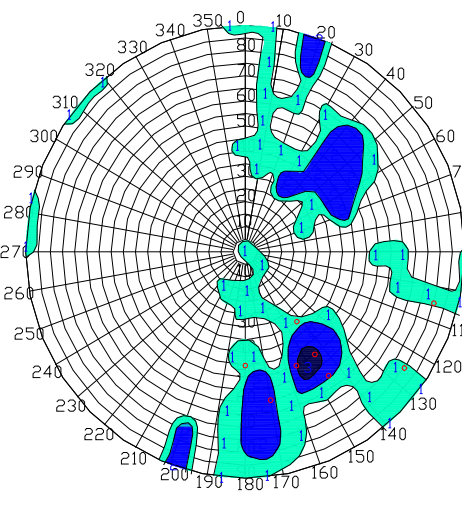
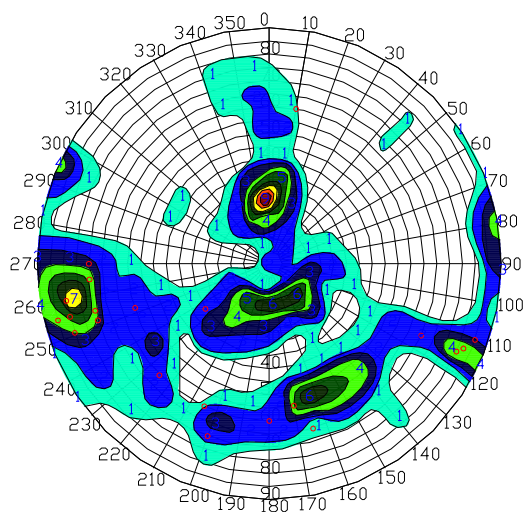
Площадка №6 расположена восточнее предыдущей, представлена трещиноватыми сланцами. Азимут падения $160^\circ \perp 20^\circ$. На рис. №2 изображена круговая и лучевая диаграммы трещиноватости площадки №6. Тип диаграммы широко-поясной. В целом все трещины сгруппированы в пределах крупного массива распределений с обособленными максимумами полюсов плотной концентрации. Максимумы выделяются с координатами $220 \setminus 20; 180 \setminus 40; 60 \setminus 30; 175 \setminus 90; 200 \setminus 90; 115 \setminus 25$. Преобладают пологопадающие трещины и субвертикальные. Трещины отрыва имеют южное и северо-западное падение. Участок приурочен к зоне сочленения субширотного разрывного



Площадка трещиноватости №5.

Площадка трещиноватости №6.

Плотность трещин



Площадка трещиноватости №7.

Площадка трещиноватости №8.

Рис. №2 Круговые и лучевые диаграммы трещиноватости

нарушения с диагональным северо-западным оперяющим разрывом. Плотность трещиноватости 110 тр. на м². Площадь обнажения 100 м².

Площадка №7, расположена в южной части участка, в обнажении, сложенном черными сланцами. Азимут падения пород $160^{\circ} \pm 30^{\circ}$. Выделяются три зоны дробления с азимутами падения $118^{\circ}/70$; $165^{\circ}/65$; $200^{\circ}/50$. Круговая диаграмма площадки №7, рис. №2, имеет дискретно-поясовой тип. Выделяются четыре обособленные максимумы с координатами $0^{\circ}/40$; $180^{\circ}/25$; $165^{\circ}/60$; $260^{\circ}/80$. Трещины отрыва имеют хаотичное распределение, но, несколько повышенная концентрация отмечается в максимумах западного и юго-восточного падения. Вторичные трещины имеют незначительные концентрации и локальное распределение. В точке замеров выделяются три зоны дробления с азимутами падения $118^{\circ}/70$; $165^{\circ}/65$; $200^{\circ}/50$. Преобладающее простирание трещин субширотное и субмеридиональное, что указывает на сохранение общей закономерности развития дизъюнктивных деформаций, так называемого кавказского и антикавказского направления. Плотность трещиноватости 100 тр. на м². Площадь обнажения 10 м².

Площадка №8 расположена восточнее предыдущей на уступе, сложенном черными сланцами. Азимут падения $160^{\circ} \pm 30^{\circ}$. Выделяются три зоны дробления с азимутами падения $118^{\circ}/70$; $165^{\circ}/65$; $200^{\circ}/50$. Круговая диаграмма рис.№2 имеет дискретный характер. Основные максимумы расположены на полюсах $200^{\circ}/90$; $175^{\circ}/65$; $145^{\circ}/40$; $50^{\circ}/50$. Направления простирания трещин сконцентрированы в меридиональном, северо-западном и северо-восточном румбах. Плотность трещиноватости 100 тр. на м². Площадь обнажения 5 м².

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ трещиноватости на площадках показывает весь спектр распределений основных линейных трещин и ослабленных зон. В центральной части участка широко развиты трещины субгоризонтального и горизонтального падения, то есть пологие секущие трещины и дроблённые зоны.

Их основное падение направлено к югу и северу (пл. 3,4,5,6,7), северные ориентированы по склону. На площадках 1,2,8 горизонтальные трещины отсутствуют, а пологие имеют юго-западное и юго-восточное падение, то есть против склона. Этот фактор определил столь существенную дислоцированность и расчленённость склона по линии строящегося тоннеля. Основной является меридиональная система простирания трещин. Их преобладание установлено в шести из восьми площадок. Второй, развитой системой является группа трещин северо-западного и северо-восточного простирания. Такая закономерность распределения обуславливает формирование современного рельефа, несущего структурно-тектонический характер, осложненный развитием оползневого процесса в пределах зон интенсивного дробления. Анализ структурно-деформационных элементов показывает, что для исследуемого участка характерны блоки, стороны которых ориентированы по северо-западному и северо-восточному простиранию. Размер блоков от 20 метров до 60 метров. Границы зон дробления, разделяющие отдельные элементы, строго сопряжённые и имеют, соответственно, третью систему субгоризонтальных и горизонтальных трещин, скрытую в вертикальном разрезе. Глубина заложения горизонтальных зон дробления пропорциональна размерам поверхностных и может составлять от 20 до 50 метров. К данным выводам приводят натурные сведения, полученные при изучении разреза в шурфах, пробуренных скважинах и по обнажениям. Ширина зон дробления может составлять от 0,5 метра до 6 метров. Их размеры зависят от планового положения и близости к основным тектоническим элементам дизъюнктивных нарушений. Наиболее деформированы узлы на пересечениях тектонических элементов, они расположены в районе северного портала. Более мелкие зоны дробления развиты практически вдоль всей трассы проектируемого тоннеля. Значительные осложнения при проходке тоннеля определяет широкое развитие межпластовой, субвертикальной и субгоризонтальной трещиноватости, требую-

щей крепления свода тоннеля. Другая проблема вызвана широким развитием трещинных вод, водопритоки могут иметь высокие значения в периоды выпадения интенсивных атмосферных осадков. Таким образом, по результатам исследований, и на основании обработки всей геолого-геофизической информации можно сделать **выводы**:

-по проведенной инженерно-геологической съемке определены два основных направления в трещиноватости массива, это северо-северо-западного и восточно-северо-восточного простирания. Большая часть трещин залечена гидротермальными процессами.

-трасса тоннеля проходит по весьма сложной в геологическом отношении территории, и расположена в сейсмоактивной зоне. Существует вероятность образования и развития здесь сейсмогравитационных процессов при сильных землетрясениях. Примеры таких деформаций в голоценовый и плейстоценовый периоды развития наблюдаются вдоль долины р. Мзымта.

-трасса тоннеля находится в зоне влияния крупного Шахе-Мзымтинского разлома, имеющего крутое падение на северо-восток и юго-запад. Тоннель проходит по простиранию отложений, полого падающих на юго-запад. Здесь расположены сложно деформированные тектонические зоны интенсивного дробления, как правило, обводненные. При этом тектонические нарушения служат дренирующими каналами поверхностных вод на глубину.

-негативным фактором является наличие большого числа трещин отрыва с зиянием до 30 см, определяющих высокую водопроницаемость.

-по разрывам образованы интенсивные зоны дробления, в которых породы, слагающие массив, расчленены на множество мелких отдельных частей, до песчаной и песчано-дресвяно-глинистой отдельности, что является фактором, осложняющим горнопроходческие работы.

-высокая плотность пологих и горизонтальных трещин в зонах дробления оказывает отрицательное воздействие при креплении свода тоннеля.

-основные узлы пересечений разрывных нарушений расположены практически на оси трассы, и с учётом их масштабности охватывают всю проходческую часть тоннеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Первый вариант трехмерной модели строения осадочного чехла северо-западного Кавказа по данным поля складчатых деформаций. Ф.Л.Яковлев, Институт физики Земли им.О.Ю. Шмидта РАН.
2. Структурные парагенезы северо-западного Кавказа. А.В. Маринин, Л.М. Расцветаев. – Институт физики Земли им.О.Ю. Шмидта РАН, – Московский государственный университет им.М.В. Ломоносова.
3. Поля тектонических напряжений и поля деформаций Воронцовского покрова (северо-западный Кавказ). Ф.Л.Яковлев, А.В. Маринин, Л.А. Сим, П.П. Гордеев. – Институт физики Земли им.О.Ю. Шмидта РАН, ЗАО «НИПИ ИнжГео», Краснодар.
4. Пруцкий Н.И. Тектоническое строение Краснополянского района. В кн: «Матлы VII краевой конференции по геологии и полезным ископаемым Северного Кавказа». Ессентуки, 1991.
5. Расцветаев Л.М. Тектодинамические условия формирования альпийской структуры Большого Кавказа // Геология и полезные ископаемые Большого Кавказа. М.: Наука, 1987.
6. Дотдугев С.И. О покровном строении Большого Кавказа // Геотектоника. 1986. №5.
7. Ребецкий Ю.Л., Михайлова А.В., Осокина Л.Н., Яковлев Ф.Л. Тектонофизика // Планета Земля. Энциклопедический справочник. Том «Тектоника и геодинамика». Под ред. Л.И.Красный, О.В.Петров, Б.А.Блюман. СПб. Изд. ВСЕГЕИ. 2004.