

УДК 371.315

В.В. ГРИДАСОВ, В.С. МОЛЧАНОВ, А.З. МОРОЗ,
В.В. ТУР (ОАО «Бамтоннельстрой»)

ОСОБЕННОСТИ ТРАССЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ СОВМЕЩЕННОЙ ДОРОГИ АДЛЕР — ГОРНО-КЛИМАТИЧЕСКИЙ КУРОРТ «АЛЬПИКА-СЕРВИС»

1. Особенности проложения трассы и основные проектные решения на стадии обоснования инвестиций

Проектирование совмещенной дороги осуществляется в соответствии с [1]. Согласно заданию ОАО «РЖД» от 26.11.2007 г. ОАО «Мосгипротранс» в 2007–2008 гг. разработано «Обоснование инвестиций строительства железнодорожной линии Адлер — Веселое — Красная Поляна» (далее — Обоснование инвестиций) [2]. В работе приняли участие ВНИИАС МПС России, ООО НПФ «ЭКОЦЕНТР МТЭА», Центр технологического проектирования, научно-исследовательский центр «Тоннели и метрополитены», ОАО «Научно-исследовательский институт транспортного строительства», другие исследовательские и проектно-изыскательские организации. В состав Обоснования инвестиций входят следующие документы (табл. 1).

Таблица 1

Документы обоснования инвестиций

Номер тома	Обозначение	Наименование
1	430-00-08-ИЗ	Инженерные изыскания. Технические отчеты
1.1	430-00-08-КТ	Камеральное трассирование по картам М 1 : 10000. Пояснительная записка и чертежи
1.2	430-00-08 -ТГР	Топографо-геодезические работы. Технический отчет
1.3	430-00-12-ИГ	Камеральные инженерно-геологические изыскания. Инженерно-геологическая карта и пояснительная записка
1.4	430-00-45-ГГ	Инженерно-гидрогеологические изыскания. Технический отчет
1.5	430-00-11-ИС	Камеральные гидрологические изыскания. Технический отчет
2	430-00-08-ОТР	Основные технические решения. Пояснительная записка
3	Без обозначения	Системы управления и обеспечения безопасности движения поездов
4	Без обозначения	Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). Пояснительная записка и картографические материалы
5	Без обозначения	Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций. Пояснительная записка

В материалах обоснований инвестиций предлагалось сооружение двухпутной железнодорожной линии протяженностью 54,5 км с примыканием к ст. Адлер, строительством ст. Имеретинский курорт на 1993 км существующей линии Адлер — Веселое, а также ст. Красная Поляна и Грушевая Поляна в одноименных поселках. Трасса линии была проложена в соответствии с требованиями СНиП 2.05.02–85, СНиП 2.07.01–89 и ВСН 18–84, с учетом рельефа, инженерно-геологических условий и ограничений, связанных с ее прохождением в зоне Сочинского национального парка с особо ценной растительностью (тисосамшитовые и другие древесные породы). Параметры плана и профиля подобраны так, чтобы обеспечить максимально возможные радиусы кривых,

плавность проектируемой дороги и зрительную обзорность, а также исключить короткие прямые вставки (рис. 1).

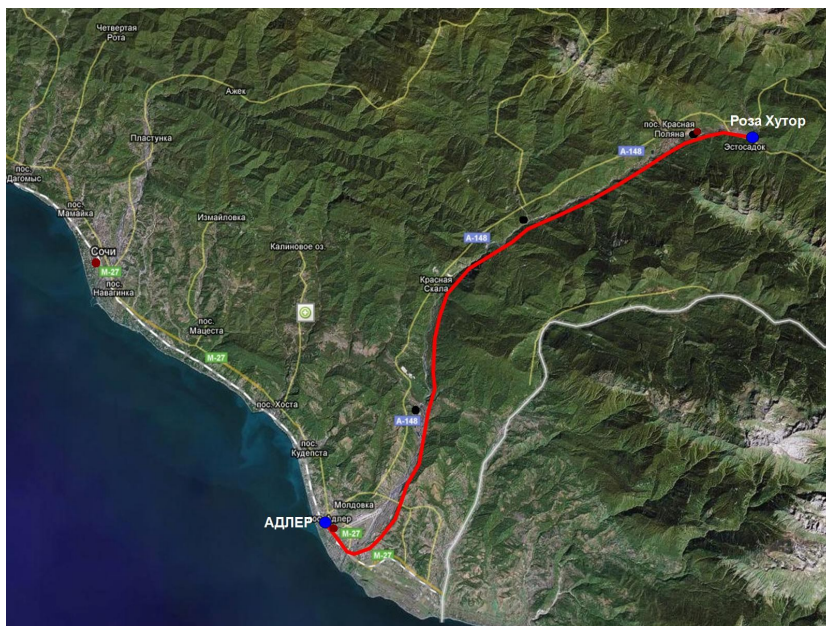


Рис. 1. Схема трассы дороги, разработанная на стадии обоснования инвестиций

Комплекс работ по строительству дороги включал: сооружение земляного полотна с профильным объемом около 5,8 млн м³; строительство: 33 средних и больших железнодорожных мостов и 2 путепроводов общей протяженностью около 4 км; 29 двухъярусных эстакад протяженностью около 16 км; 13 тоннелей общей длиной около 6,9 км; автодорожных эстакад (около 23 км); укладку железнодорожных путей двухпутной линии — 116,5 км; реконструкцию ст. Адлер и Веселое с укладкой дополнительных путей; строительство новых ст. Имеретинская, Красная Поляна и Грушевая Поляна; возведение объектов электроснабжения, СЦБ и связи; устройство противооползневых, противообвальных сооружений, подпорных стенок протяженностью 2,7 км; усиление и укрепление отдельных участков земляного полотна пневмонабрызгом, устройством армогрунтовых насыпей и др.

Ориентировочная стоимость строительства составила в ценах I кв. 2008 г. 266 354 871,73 тыс. р. Окончательная стоимость строительства должна уточняться в ходе выполнения проекта на его рабочих стадиях с учетом требований Международного олимпийского комитета (МОК), архитектурных служб г. Сочи, органов ГО и ЧС, ГИБДД; технических условий на примыкания железнодорожной линии, автодороги, на переустройство инженерных коммуникаций, подключение к инженерным сетям (водоснабжение, электроснабжение, связь, теплоснабжение, канализование стоков, водоотведение), после составления ПОС и смет.

В соответствии с Обоснованием инвестиций первоначально планировалось построить двухъярусные тоннели под совмещенное автомобильно-железнодорожное сообщение в двух вариантах: одно- и двухсводчатые (рис. 2).

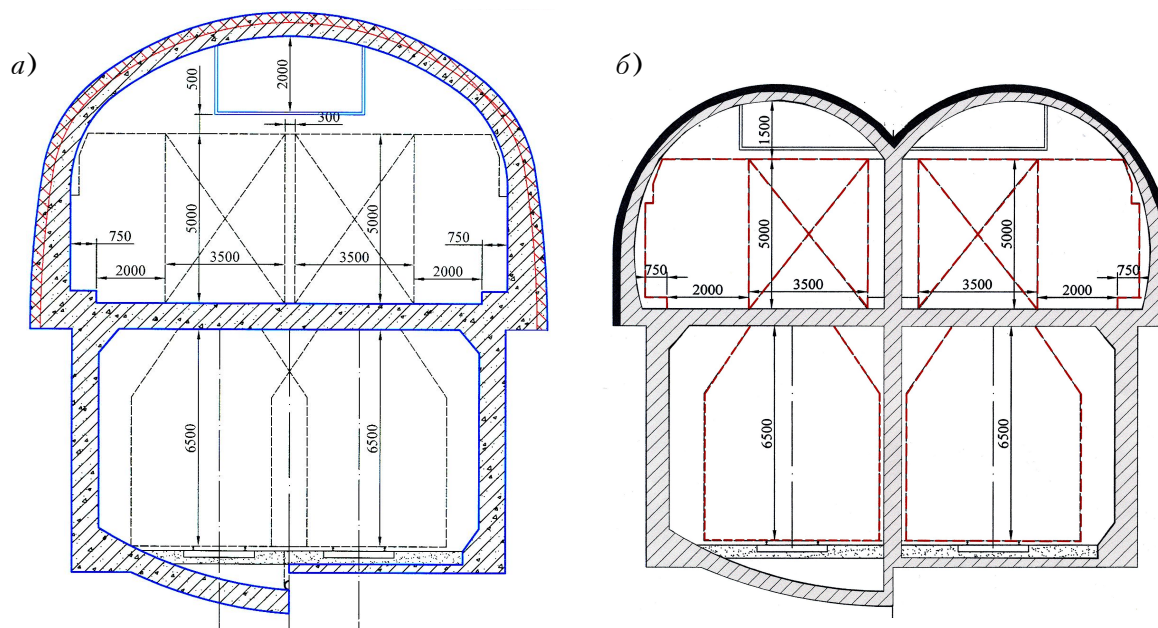


Рис. 2. Варианты двухъярусных совмещенных тоннелей (показаны в сечении):
а — односводчатые; б — двухсводчатые

При анализе предложенных в Обосновании инвестиций технических решений специалистами тоннелестроительных организаций (включая ОАО «Бамтоннельстрой») были отмечены недостатки конструкций тоннелей, в том числе низкая технологичность (сверхтрудозатраты, короткие сроки строительства). Взамен предложено строительство отдельных железнодорожных и автомобильных тоннелей с преимущественным использованием высокопроизводительных тоннелепроходческих комплексов и конструкций обделок из сборных железобетонных элементов. Это предложение получило реализацию в проектных решениях, выполненных на стадиях проектирования «Проект» и «Рабочая документация».

Инженерно-гидрологические изыскания по трассе дороги были произведены ОАО «Мосметрогипротранс» [3]. На основании результатов работ получены данные о максимальных расходах воды $Q_{0,33\%}$, $Q_{1\%}$, $Q_{2\%}$ и $Q_{10\%}$ р. Мзымта и ее притоков, пересекаемых трассой, и наивысших значениях $УВВ_{0,33\%}$, $УВВ_{1\%}$, $УВВ_{2\%}$ и $УВВ_{10\%}$ для мостов, земляного полотна и тоннелей.

Инженерно-геологические (в том числе геофизические) изыскания на трассе тоннелей выполнило в 2008 г. ОАО «Ленметрогипротранс» [4, 5]. Комплекс изысканий включал: бурение вертикальных разведочных скважин по трассам тоннелей с поверхности до отметок на 8–10 м ниже лотка сооружений; бурение горизонтальных скважин глубиной до 150 м на порталах тоннелей для выявления трещин бокового отпора и оценки горно-геологических условий; бурение разведочных скважин на участках строительных площадок, трассах временных подъездных дорог (сооружаемых под защитой подпорных стенок) с поверхности на глубину 10–15 м с заглублением на 2–3 м в слаботрещиноватые скальные породы.

Все скважины создавали колонковым способом с полным отбором керна. В документации, регламентирующей данный вид работ, помимо петрографического описания, приведены характеристики трещиноватости: углы встречи трещин

с осью керна, структура, степень раскрытия, характер минерализации трещин, модули трещиноватости и др. В соответствующем журнале отражались особенности процесса бурения: провалы инструмента, поглощение промывочной жидкости, скорость проходки, уровни подземных вод и температуры. В процессе инженерно-геологических изысканий оценивали: состояние массивов пород, окружающих подземные сооружения и являющихся основанием для размещения строительных площадок; характеристики горных пород с учетом их физического и напряженного состояния; гидрогеологические условия и степень обводненности горных выработок; прогноз возникновения и развития горно-геологических явлений с учетом влияния подземных вод и т. д.

При оценке состояния массива (в том числе и геодинамического) выявлялись тектоническая нарушенность горных пород, активность и направленность тектонических движений, дизъюнктивная нарушенность тектонических зон. Эта задача решалась дешифрированием и цифровым анализом космо- и аэроснимков по специальным методикам. В результате давалась оценка геодинамического состояния несцементированных разломов; выявлялись особенности ориентировки максимальной горизонтальной составляющей вектора напряжений в горном массиве. Полученные данные дополнялись и уточнялись комплексом геофизических исследований, которые были проведены непосредственно по трассам проектируемых тоннелей, включая припортальные участки. Геофизические исследования необходимы для определения физических параметров (в том числе оценки обводненности) геологического массива, для составления карт тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости, выявления зон ослабления и поверхностей скольжения на оползневых участках, оценки геодинамической активности оползней, выполнения сейсмического микрорайонирования.

Целью геофизических работ являлось получение исходных данных для проектирования строительства тоннелей и автодорог на основе оценки инженерно-геологических и гидрогеологических условий и состояния горного массива на трассе по результатам геофизических исследований. С помощью геофизических данных необходимо было: оценить тектоническую нарушенность горного массива и дать прогноз по определению местоположения участков повышенной трещиноватости или ослабленных пород по трассе дороги с тоннелями; оценить обводненность горного массива и дать прогноз по местоположению участков повышенной водонасыщенности горных пород или зон возможных повышенных водопритоков по трассе дороги и тоннелей; определить величины деформационно-прочностных свойств грунтов на участках прохождения трассы проектируемых тоннелей; оценить современную геодинамическую активность горного массива (прежде всего — оползнеопасных участков) по параметрам естественного электромагнитного излучения; выполнить сейсмическое микрорайонирование территории по трассам проектируемых тоннелей.

Для решения вышеперечисленных задач были использованы следующие геофизические методы: 1) сейсморазведка и сейсмоакустика, предназначенные для оценки тектонической нарушенности горного массива (в целях оценки углов наклона зон тектонических нарушений для их проецирования на глубину заложения тоннелей), определения физико-механических параметров горных пород по трассе тоннелей и зон ослабленных и трещиноватых пород; 2) элект-

роразведка, предназначенная для выявления тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости и водонасыщенности горных пород на трассах тоннелей; 3) метод регистрации поля электромагнитного излучения (эмиссии), применяемый для оценки геодинамической активности горного массива; 4) сейсмическое микрорайонирование, осуществляемое по данным, специально выполненным для микрорайонирования сейсмопрофилей, проложенных в крест простирания трасс тоннелей (для микросейсморайонирования на особо важных участках трассы используется метод регистрации микросейсм и/или землетрясений); 5) сверхширокополосное георадиозондирование, которое используется как дополнительное средство для повышения степени достоверности оценки тектонического и гидрогеологического строения и состояния горного массива вдоль трасс тоннелей. Особое внимание уделялось участкам, где производство работ другими методами было невозможно или затруднено из-за каких-то ландшафтных особенностей. Исследования выполнялись радиолокационным комплексом аппаратуры сверхширокополосного (СШП) импульсного зондирования «Геодизонд-1». Для привязки профилей и точек наблюдений на топографическом плане использовалась навигационная система GPS, обеспечивающая точность привязки не более $\pm 3-10$ м.

2. Особенности трассы дороги, выявленные на стадии разработки проекта

Трасса дороги проходит преимущественно в пределах левого борта долины и в пойме р. Мзымта. Это обуславливает развитие на всей территории аллювиальных отложений, представленных валунно-галечниковыми грунтами с песчано-суглинистым заполнителем разной степени водонасыщения. В толще имеются линзы и прослои среднезернистых песков и в кровле толщи — русловые супесчаные илы. Коренные породы, представленные известняками верхнего мела (K_{st-m}), вскрыты в северной части трассы на глубине 7,3–10,3 м. Вскрытая мощность составляет 17,7 м. Здесь наблюдается существенная нарушение пород, обусловившая карстовые явления и большую трещиноватость массива. По своим свойствам эти породы могут служить надежным основанием для проектируемых сооружений.

Район трассы совмещенной дороги, проходящей по долине р. Мзымта, четко делится на две части: 1) южная часть с всхолмленным рельефом принадлежит Адлерской неотектонической впадине, выполненной новейшими молассаами, и отличается развитием преимущественно складчатых новейших структур; 2) северная часть — горная, относящаяся к неотектоническому мегасводу Большого Кавказа, характеризуется блоковыми новейшими структурами и большим количеством активных разрывов. Сочленение этих частей осуществляется по Воронцовской системе взбросо-надвигов. По характеру трассировки в орогенном рельефе, ширине и строению разрывных зон на исследуемой территории различается три основных типа активных разрывов. *Надвиги и взбросы*, имеющие в расчлененном рельефе, как правило, извилистые трассы. Их разрывные зоны наиболее широки и часто имеют сложное строение из-за появления тектонических клиньев. У наиболее крупных надвигов амплитуда следующего надвигания достигает нескольких километров. Эти разрывы здесь относительно редки. *Сбросы* обычно прямолинейны, реже дугообразны. В большинстве случаев у них наблюдаются простые шовные зоны. Однако при

детальных исследованиях наиболее крупные сбросы оказываются ветвящимися или сопровождаются локальным сбросовым оперением [Несмеянов и др., 2003]. Иногда по сбросам фиксируется сдвиговая составляющая. *Циркообразные сбросы* обычно ограничивают блоки отседания, формирующиеся в поднятых крыльях крупных сбросов. В плане они дугообразны, по протяженности — локальны. Ширина их разрывных зон минимальна. Тектоническая опасность применительно к проектируемым сооружениям определяется наличием активных разрывных нарушений. Трассу пересекают активные разрывы всех основных типов, встречающихся в описываемом районе: надвиги, сбросы и циркуобразные сбросы. Присутствуют здесь и крупные безамплитудные зоны повышенной трещиноватости (табл. 2).

Таблица 2

Активные разрывные нарушения, пересекающие трассу

Интервал трассы, м	Вид структурного нарушения
ПК14.900–ПК14.930	Ахштырский взбросонадвиг. Смещение массива горных пород по глубине
ПК16.270–ПК16.310	Карстовые процессы на глубинах 25–60 м
ПК16.870–ПК16.920	Разломы
ПК17.150–ПК17.230	Разломы
ПК17.500–ПК17.750	Разломы
ПК18.450–ПК18.455	Трещина в кровле известняков
ПК18.710–ПК18.895	Карстовые процессы на глубинах 12–40 м
ПК19.000–ПК19.250	Монастырский разлом
ПК19.310–ПК19.350	Разлом
ПК19.385–ПК19.425	Зона разлома
ПК19.540–ПК19.570	Карстовые процессы на глубинах 22–40 м
ПК19.700–ПК19.950	Карстовые процессы на глубинах 35–50 м

Зоны активных разрывов локализованы на относительно коротком отрезке в районе пересечения долины Воронцовской шовной зоной и Пшехско-Адлерской зоной поперечного дробления. Наиболее крупные разломы — Монастырский (ПК18+070 — ПК18+230) и Ахштырский (ПК14+900) взбросонадвиги. Кроме того, в непосредственной близости от правого борта долины, вдоль реки, залегает тектоническая структура, которая развивается в настоящее время и, следовательно, долину пересекают многочисленные разломы более низких порядков. Данный участок является тектонически наиболее опасным. Остальные активные разрывы рассредоточены на расположенном к северу Южнокраснополянском, вдвое большем по протяженности, участке. Здесь все активные разрывы представлены сбросами, один из которых, очевидно, сопровождается также существенной сдвиговой составляющей. Самый северный Эстосадокский участок тектонически наименее опасен. Здесь от пос. Красная Поляна до устья р. Ачипсе трасса не пересекает активных разрывов.

В соответствии с расчетным сроком эксплуатации дорог 100 лет получены оценки A_{100} , которые можно использовать в качестве вероятных максимальных и учитывать при разработке защитных мероприятий. Разброс полученных оценок A_{100} укладывается в диапазон 40–656 мм. При этом для сбросов этот диапазон составляет 40–440 мм, а для надвигов получены максимальные оценки 512 и 656 мм. Среднее значение оценок A_{100} для сбросов составляет 162 мм, а для надвигов — 584 мм. Все это указывает на большую активность

надвигов, которые четко проявлены в современном рельефе фронтальными уступами.

Поскольку условия врезки тоннелей, разработки припортальных выемок и устройство строительных площадок определяются степенью устойчивости склонов и вероятностью проявления опасных геологических процессов (осыпей, оползней, сейсмичности и др.), были выполнены комплексные исследования для построения карт распространения экзогенных геологических процессов. Для установления оползнеопасных участков проводились наземные маршрутные наблюдения и обследования местности с оценкой обнажений, крутизны склонов, участков опасных проявлений геодинамических процессов. Для уточнения положения зон разрывных нарушений, получения их характеристик выполнялись атмогеохимические исследования, включающие структурно-тектонические наблюдения, а также измерения эманаций радона и концентрации углеродосодержащих газов ($\text{CO}_2 + \text{CH}_4$) и водорода в почвенном воздухе. Разработка проектов по защите от оползневых явлений осуществлялась параллельно с выполнением изыскательских исследований.

Проходку тоннелей осложняют карстовые процессы и обвалы, происходящие вблизи трассы. Так, на комплексе тоннелей № 1, территориально расположенном в пределах Ахштырского участка, потенциально обвалоопасным является интервал ПК122 – ПК125 автодорожного тоннеля № 1, где трасса проходит в непосредственной близости от крутого склона долины р. Мзымта, в зоне развития трещин бокового отпора. В процессе проходки тоннеля возможно образование вывалов до земной поверхности. Одними из самых опасных являются обвалы осыпания – дискретное смещение обломков породы с отрывом от подстилающей, особенно — на склонах крутизной более 32° . Данный вид обвалов наиболее вероятен в зоне северного портала автодорожного тоннеля № 1, где развиты карстовые явления. Карстовые полости массива можно подразделить на две группы. К первой относятся небольшие коррозионно-гравитационные колодцы в верхней части склонов речных долин, прорезающих массив, и довольно многочисленные, но неглубокие полости в осевой части структуры и на ее крыльях, на водоразделах между долинами рек Кудепста, Псахо, Мзымта, Псоу, Пхиста. Эти полости возникли в процессе очаговой инфлюации небольших водотоков, берущих начало на площадях некарстующихся отложений. Морфология этих полостей довольно разнообразна, что объясняется различиями в залегании известняков и степенью развития тектонической трещиноватости. Ко второй группе относятся пещеры-поноры, расположенные в бортах долин рек, пересекающих массив. Они образовались при инфлюационном поглощении стока рек Мзымта, Кудепста, Пхиста. Непосредственно рядом с трассой автодорожного тоннеля № 1 расположены пещеры Дзыхринская и Эпимедиум, а у железнодорожного тоннеля пещеры группы СОРГО.

В связи с попаданием в зону оползня порталных участков тоннелей комплекса № 3, что выявилось при детальном исследовании инженерно-геологических условий, пришлось изменить трассы этих участков с тем, чтобы обойти зону активных проявлений. Аналогичная проблема возникла и при прокладке порталного участка железнодорожного тоннеля № 4. Потребовалось дополнительное бурение, чтобы определить степень оползнеопасности в этой зоне.

3. Технические решения на стадиях «Проект» и «Рабочая документация»

Автомобильная и железная дороги вследствие разных требований к геометрическим параметрам плана и профиля имеют разные по протяженности и по количеству искусственные (в том числе тоннельные) сооружения. Проложение трассы совмещенной дороги основано на использовании тоннельно-мостового варианта. По инженерно-геологическим условиям строительства мостов и тоннелей трасса проходит в уровне первой надпойменной террасы. В соответствии с проектом, выполненным филиалом «Сибгипротранспуть» ОАО «Росжелдор-проект», ОАО «Сибгипротранс», ОАО «Ленметрогипротранс», ООО «Бамтоннельпроект» и др., на автомобильной дороге протяженностью 45,6 км будет построено 37 мостов и путепроводов суммарной длиной 12493 м и 3 тоннеля (2296,0; 4034,8; 1367,0 м). На железной дороге, не считая 9 водопропускных труб, будет 32 моста суммарной длиной 16111,3 м и 6 тоннелей (2523,5; 116,2; 4055,2; 449,3; 2857,1 и 407,2 м). Схема трассы совмещенной дороги и сечение тоннелей показаны на рис. 3.

Кроме транспортных тоннелей сооружаются три сервисно-эвакуационные штольни общей длиной 9328,7 м. Для строительства мостов, расположенных в кривых в плане и на уклонах до 40 ‰, с минимизированной строительной высотой конструкций потребовалось запроектировать пролетные строения расчетными пролетами 18–110 м с ездой на балласте, как для специализированной пассажирской железнодорожной линии. Параметры тоннелей и штолен приведены в табл. 4.

Таблица 4

Ведомость тоннелей и сервисно-эвакуационных штолен

Номер тоннеля и комплекса	Наименование тоннеля	Пикетное положение		Длина выработки, м
		с ПК	по ПК	
Комплекс тоннелей 1	Автомобильный тоннель № 1	113+29,0	136+25,0	2296,0
	Штольня 1	147+80,0	171+46,2	2366,2
	Ж.-д. тоннель № 1	147+80,0	173+03,5	2523,5
Тоннель 2	Ж.-д. тоннель № 2	224+47,6	225+63,8	116,2
Комплекс тоннелей 3	Автомобильный тоннель № 2	201+51,2	241+86,0	4034,8
	Штольня 2	234+93,7	276+18,2	4124,5
	Ж.-д. тоннель № 3	234+73,0	275+28,2	4055,2
Тоннель 4	Ж.-д. тоннель № 4	368+32,1	372+81,4	449,3
Комплекс тоннелей 5	Автомобильный тоннель № 3	387+52,7	380+69,2	1367,0
	Штольня 3	399+25,9	427+63,9	2838,0
	Ж.-д. тоннель № 5	399+25,9	427+83,0	2857,1
Тоннель 6	Ж.-д. тоннель № 6	450+92,7	454+99,9	407,2
ИТОГО:				27435,0

Общая длина автомобильных тоннелей (7 697,8 м) без учета мостов, водопропускных труб и укрепительных сооружений составляет 16,9 % от протяженности автомобильной дороги, равной 45 600 м; доля тоннелей на железнодорожной линии — 21,6 % от ее протяженности (10 408,5 м из 48 200 м). Кроме основных тоннельных выработок, требуется осуществить проходку множества подземных служебных сбоек и ходков различного назначения (транспортных, вентиляционных, в том числе для дымоудаления на случай пожара, и пр.). Так, после окончания проходки сервисных штолен на тоннельных комплексах № 1, № 3 и № 5 необходимо построить 60 эвакуационных сбоек, в том числе на комплексе № 1 — 19 шт. суммарной длиной 836 м; на комплексе № 3 — 26 шт. суммарной длиной 950 м; на комплексе № 5 — 15 шт. суммарной

длиной 720 м (итого 60 сбоек общей протяженностью 2 506 м). А также 3 вентиляционных сбойки по 200 м каждая (всего 600 м).

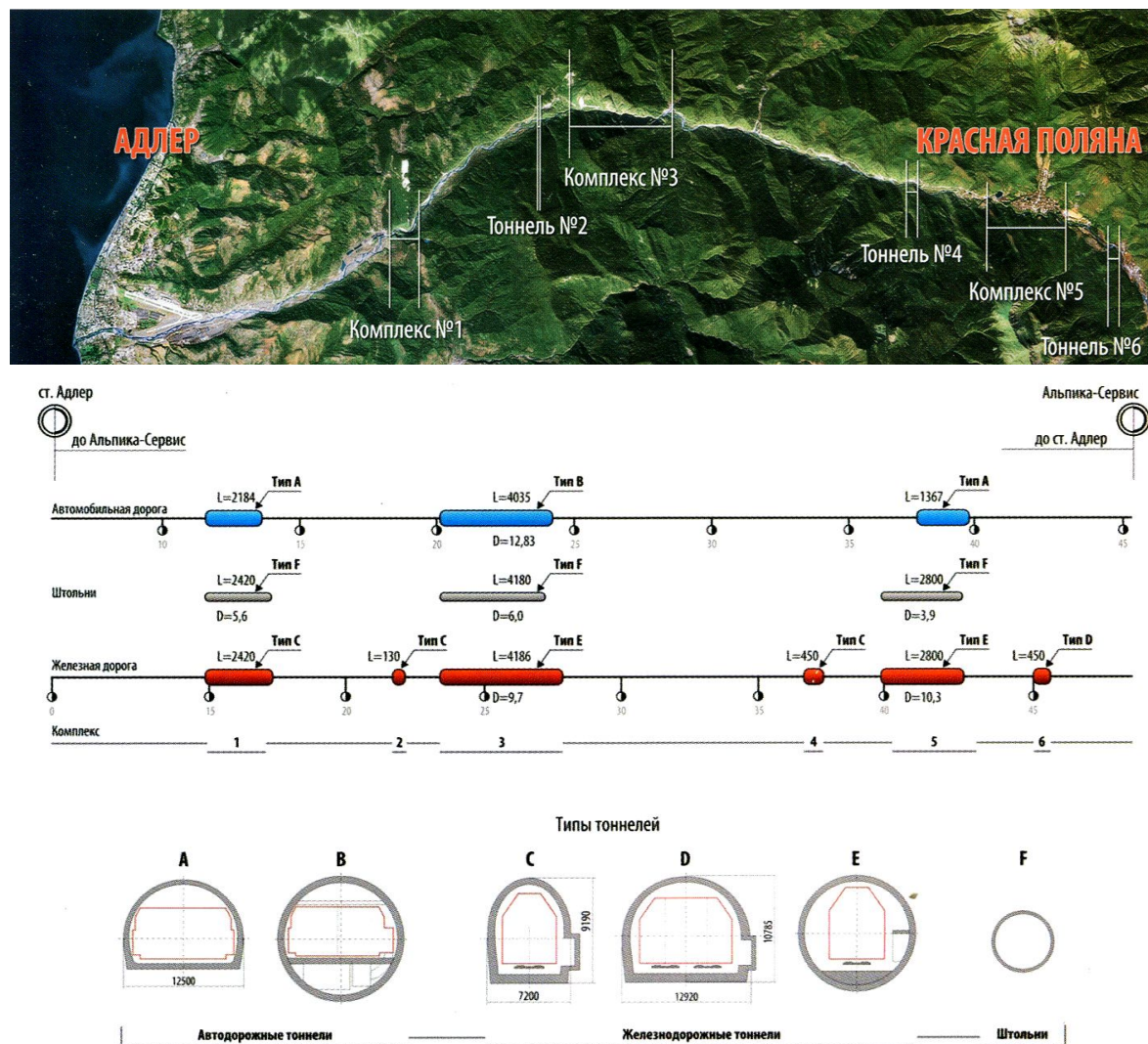


Рис. 3. Схема совмещенной дороги и сечение тоннелей

Библиографический список

1. Положение о составе разделов проектной документации и требования к их содержанию: Утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87.
2. Обоснование инвестиций строительства железнодорожной линии Адлер — Веселое — Красная Поляна в пяти разделах. М.: ОАО «Мосгипротранс», 2008.
3. Технический отчет 515-00-11ИС по объекту «Строительство совмещенной (автомобильной и железной) дороги Адлер — нижняя станция горнолыжного курорта «Роза-Хутор» с электроснабжением линии железнодорожного сообщения (включая проектно-изыскательские работы)». Проект. Инженерно-гидрометеорологические работы / ОАО «Мосгипротранс». М., 2008. 95 с.
4. Информационный отчет по объекту «Строительство совмещенной (автомобильной и железной) дороги Адлер — нижняя станция горнолыжного курорта «Роза-Хутор» с электроснабжением линии железнодорожного сообщения (включая проектно-изыскательские работы)». Стадия «Проект». Инженерно-геологические изыскания / ОАО «Ленметрогипротранс». СПб., 2008. 9 с.
5. Салан А.И., Безродный К.П., Соловьев А.Н. Основные проектные положения совмещенной (автомобильной и железной) дороги Адлер — Красная Поляна // Метро и тоннели. 2009. № 2. С. 14–15.