

Технический прогресс отечественного тоннелестроения за 50 лет: от тоннелей Абакан — Тайшета к тоннелям Олимпийского Сочи

Н.И. Кулагин, д-р техн. наук, советник генерального директора ОАО «Ленметрогипротранс», Санкт-Петербург;
М.Ю. Беленький, действительный член РАТ, зам. генерального директора ОАО «Бамтоннельстрой», Москва

К середине 2013 г. строительство всей транспортной инфраструктуры на олимпийской трассе Адлер — Красная Поляна должно быть полностью завершено. Она будет представлена Олимпийскому комитету как введенная в эксплуатацию и готовая к приему участников и гостей зимней Олимпиады 2014 г. Уже сегодня почти все объекты транспорта в большей степени готовы и на стройках тоннелей ведутся монтажные, отделочные и путевые работы. И хотя работы полностью еще не закончены, можно подвести некоторые итоги этой великой стройки, сопоставив ее (по части тоннелей) с двумя крупными этапами российского тоннелестроения прошлого: тоннелями ж.-д. линии Абакан — Тайшет (1958–1964 гг.) и Байкало-Амурской ж.-д. магистрали (1975–2003 гг.).

Первый поезд с передовиками стройки со станции Абакан по новой трассе отправился 29 января 1965 г. сквозным маршрутом до Тайшета. О строительстве тоннелей по этой линии в то время рассказал в журнале «Метрострой» (1965, № 7), в статье «Тоннели сквозь Саяны» гл. инженер Главтоннельметростроя Минтрансстроя П. А. Часовитин. Приведем здесь выдержку из статьи, которая отлично характеризует эту стройку, длившуюся семь лет.

«Сдана в эксплуатацию крупнейшая ж.-д. линия Южно-Сибирской магистрали Абакан — Тайшет протяженностью 647 км. В труднодоступных Саянских хребтах, сквозь непроходимую тайгу, горные реки и болота проходит «трасса мужества». Прокладывали ее посланцы комсомола из Москвы, Тулы, Воронежа, Рязани, Ростова и других городов и областей.

Эта магистраль имеет исключительное народнохозяйственное значение. Отныне она принимает на себя значительную часть перевозок с Транссибирской магистралью. Новая трасса будет способствовать быстрейшему освоению природных богатств и развитию производительных сил Сибири.

В строительство магистрали Абакан — Тайшет внесли свой вклад и метростроевцы. На линии построено



Сооружение Крольского тоннеля ж.-д. линии Абакан — Тайшет

9 тоннелей общей протяженностью 9,8 км, вынуто более 500 тыс. м³ грунта и уложено 160 тыс. м³ бетона и железобетона.

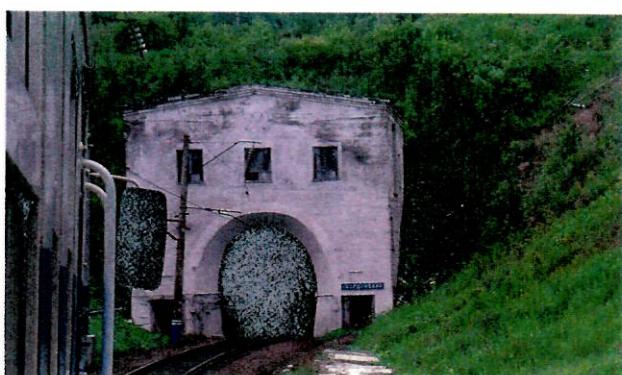
Коллективы тоннельных отрядов № 1 и № 2 под руководством опытных инженеров-метростроевцев А. Богословского и П. Канищева, несмотря на труднейшие условия проходки, обеспечили сдачу тоннелей в срок.

Наступление на горы и тайгу метростроевцы ТО № 1 начали с проходки Кордонского тоннеля, а ТО № 2 — Манского.

Сооружение тоннелей велось, как правило, с раскрытием забоя на полный профиль. Это дало возможность применять «тяжелую механизацию», отказаться от громоздкого деревянного крепления и повысить скорости проходки в 2–2,5 раза.

Проходка Кордонского тоннеля и предпортальных участков Каспинского, Козинского, Крольского и Манского тоннелей в сильно трещиноватых и нарушенных породах осуществлялась с раскрытием забоя по частям (способ опертого свода); участки Кордонского тоннеля протяженностью 180 пог. м и Манского — 400 пог. м в сильно разрушенных породах приходилось проходить щитовым способом с обделкой из чугунных тюбинги (наружный диаметр 8,5 м).

Скважины в забое бурились быстроударными перфораторами ПР-24Л, ПР-30Л, СБУ-2, А-100 и БА-1 с буровых рам, изготовленных заводом № 5 Главтоннельметростроя.



Кордонский тоннель на ж.-д. линии Абакан — Тайшет

Погрузка породы производилась погрузочными машинами МПР-6, ППМ-4м и тракторным погрузчиком, а также «Конвей-100», «Атлас-Копко» и «Эймко-105». Порода, погруженная в вагоны емкостью 2,5–3,2 м³, троллейными или аккумуляторными электровозами транспортировалась в отвал.

При проходке третьего Джебского и части второго Джебского тоннелей порода транспортировалась венгерскими думпкарами емкостью 3 м³. Безрельсовый вид транспорта обеспечил устойчивые скорости проходки — 40 пог. м/мес. даже на коротких участках.

В качестве временного крепления при проходке тоннелей с раскрытием забоя на полный профиль применялась либо анкерная крепь с сеткой, либо анкерно-арочная. На ряде участков хорошо себя зарекомендовали так называемые железобетонные анкеры.

Обделка тоннелей на линии Абакан — Тайшет выполнена из монолитного бетона за исключением участков, сооруженных щитовым способом. Впервые в практике строительства обделки из монолитного бетона, возводились специальными комплексами, изготовленными заводом № 5 Главトンнельметростроя. Бетон подавался к месту укладки бетононасосами производительностью 10 м³/ч или пневмобетоноукладчиками емкостью 500 л.

На строительстве тоннелей применялись два типа комплексов для возведения обделки: металлическая секционная передвижная опалубка с тележками для бетонирования и перестановки опалубки и металлическая сборно-разборная опалубка с тележками-эректорами для разборки ее в хвосте и сборки в передней части. Применение этих комплексов позволило довести скорости возведения обделки до 80–90 пог. м/мес.

Проходка Абаканских тоннелей с раскрытием забоя на полный профиль и применение лучших отечественных горнопроходческих механизмов позволили увеличить средние скорости проходки с 22,7 пог. м/мес. (на Кордонском тоннеле) до 40–60 (на Каспинском, Крольском, Манском и других тоннелях). Максимальная скорость была доведена до 85 пог. м/мес.

Если в 1959 г., в начале строительства тоннелей средняя скорость проходки составляла 18,3 пог. м/мес., а трудовые затраты на 1 пог. м — 72–90 чел.-дн., то в 1964 г. соответственно 43,2–45 пог. м/мес. и 35–50 чел.-дн.».

Успеху строительства этих тоннелей способствовало внедрение новых технических решений:

- широкое применение металлической анкерной крепи;
- комплексная механизация при проходке на полный профиль;
- проходка в породах слабой устойчивости укрупненными элементами взамен старого бельгийского способа;
- комплекс эффективных мероприятий по борьбе с наледями;
- применение тяжелого машинного бурения;
- утепление дренажных лотков на отдельных участках с помощью новых полимерных материалов.

Закончилась эта стройка, и практически сразу же началась проектная подготовка строительства тоннелей БАМа. В 1967 г. МПС заказал проектировщикам разработку основных положений проектирования Байкало-Амурской магистрали, в том числе и тоннелей на ней. В 1975 г. технические проекты строительства этих тоннелей были утверждены.

Район строительства характеризовали сложные климатические и инженерно-геологические условия:

- резко континентальный климат с сильными ветрами, морозами до минус 45 °C и снежным покровом до 3,5 м зимой и жарким летом с температурой до +35 °C;
- необжитость районов и отсутствие дорог, высокогорье;
- высокая сейсмичность — до 9 баллов по шкале Рихтера со среднегодовым числом землетрясений около 600;
- крайнее разнообразие пород, от монолитных гранитов до песков и глин;
- разрушенность прочных пород в результате сейсмической активности на зоны дробления от нескольких сантиметров до десятков метров;
- заполнение зон дробления неустойчивыми водоносными грунтами под гидростатическим давлением вод до 50 атм и более;
- температура грунтовых вод от +0,5 °C до +50 °C при притоке на забой до 500–700 м³/ч и более;
- наличие участков вечной мерзлоты с температурой грунтов от 0 °C до минус 10 °C;
- перенапряжение («стреляние») горных пород на отдельных участках вследствие большой глубины заложения выработок (до 900 м).

На трассе БАМа были построены новые тоннели:

- Байкальский — 6683 м (1975–1985 гг.), штольня, параллельная тоннелю, протяженностью 6680 м;
- Северо-Муйский — 15343 м (1977–2003 гг.), штольня, параллельная тоннелю, протяженностью 15843 м;

- Мысовые тоннели (двуспутные) (1977–1987 гг.): № 1 — 386 м, № 2 — 1820 м, № 3 — 1605 м, № 4 — 1239 м;
- тоннели на участке Северо-Муйского хребта по варианту открытой трассы (1986–1989 гг.): № 1 — 1708 м, № 3 — 781 м;
- Кодарский тоннель (1982–1985 гг.) — 1950 м;
- Нагорный тоннель (1975–1979 гг.) — 1239 м.

При строительстве тоннелей были пройдены пять глубоких шахтных стволов: на Байкальском тоннеле — глубиной 192 м, на Северо-Муйском — четыре ствола глубиной 302, 334, 161 и 241 м.

От стволов были пройдены подходные к тоннелям длиной соответственно 110, 101, 1059, 150 и 60 м.

Хотя последняя сбойка на Северо-Муйском тоннеле состоялась 30 марта 2001 г. и 20 декабря того же года по тоннелю прошел первый рабочий поезд, официальное открытие движения по нему состоялось только в начале 2003 г. До этого постоянное движение поездов шло по 18-тысячному обходу Северо-Муйского хребта с двумя тоннелями № 1 и № 3 на этой трассе. Причиной затянувшегося строительства было отсутствие необходимого финансирования в перестроечные годы.

Подробный технический отчет об изысканиях, проектировании и строительстве этих тоннелей был издан Корпорацией «Трансстрой», Министерством путей сообщения и Тоннельной ассоциацией России в 1999 г. (разделы «Тоннели» под общей редакцией С. Н. Власова).

В качестве подготовки к этой стройке Минтрансстроем в 1973–1976 гг. были организованы поездки советских специалистов-тоннельщиков в Германию, Швейцарию, Швецию, Австрию, Японию, США в целях ознакомления с зарубежным опытом строительства протяженных тоннелей и последующей закупки современного передового горно-проходческого оборудования: буровых кареток, опалубок, бетонодоставочного оборудования, станков разведочного бурения, механизированных проходческих комплексов и др. Строительству тоннелей БАМа можно дать следующую характеристику.

1. Централизованное планирование и управление строительством. Его уровни:

а) Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 8 июля 1974 г. «О строительстве Байкало-Амурской ж.-д. магистрали»;

б) Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 23.08.1979 № 798 «О мерах по обеспечению строительства Байкало-Амурской ж.-д. магистрали»;

в) приказы

- по Министерству транспортного строительства;
- по Главтранспроекту МТС;
- по Главтоннельметрострою МТС;
- по управлению строительства «Бамтоннельстрой» (Нижнеангарск);
- по Ленметрогипротрансу (Ленинград);
- по Бамтоннельпроекту (Северобайкальск) — с 1978 г.;



Сооружение Кодарского тоннеля БАМа

г) организация круглосуточного контроля и управления большим количеством объектов строительства на расстоянии около тысячи километров из информационно-вычислительного центра в «Бамтоннельстрой», что, в основном, позволяло обеспечивать раннее обнаружение критических ситуаций для принятия мер по их предотвращению.

2. Научное сопровождение строительства тоннелей:

- а) Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства (ЦНИИС) (Москва);
- б) лаборатория тоннелей БАМ ЦНИИС в г. Северобайкальске (с 1975 г.);
- в) отдел СКТБ Главтоннельметростроя (Москва).

Научное сопровождение осуществлялось как путем проведения исследований в рамках утверждаемых государственных научно-технических программ на X–XII пятилетки, так и по планам новой техники Минтрансстроя, а также в работе постоянно действующего при Управлении «Бамтоннельстрой» с марта 1984 г. временного научно-технического коллектива (ВНТК), состоявшего из представителей Дирекции строительства БАМа, «Бамтоннельстрой», «Бамтоннельпроекта» и лаборатории строительства тоннелей БАМ ЦНИИСа.

Такая схема позволяла решать как долговременные, стратегические задачи, так и актуальные задачи проектирования и строительства.

3. При строительстве тоннелей БАМа в дополнение к обычным использовались новые методы инженерно-геологической разведки условий проходки тоннелей, к которым следует отнести:

- дешифрирование космических снимков районов строительства;
- глубокое разведочное горизонтальное бурение из забоев тоннелей или прилегающих к ним выработок станками (с отбором керна) на глубину до 350 м;
- использование штолен, параллельных строящимся тоннелям, для уточнения инженерно-геологических и гидрогеологических условий;
- новые геофизические методы прогнозирования состояния грунтов впереди забоя (например, метод регистрации

естественных импульсов электромагнитного поля Земли, позволяющий обнаруживать впереди забоя зоны тектонических разломов).

4. При строительстве тоннелей БАМа широко использовались различные методы проходки:

- щитовая (для тоннелей и штолен) со сборной тюбиневой обделкой;
- щитовая механизированная комплексами фирм «Роббинс» и «Вирт» (диаметром 4,5; 4,6 и 5,5 м) при проходке транспортно-дренажной штольни Северо-Муйского тоннеля;
- буровзрывной способ с разработкой на полное сечение и по частям, включая «гладкое взрывание»;
- применение опережающих экранов из труб для проходки в зонах разломов.

Средние темпы проходки тоннелей в устойчивых грунтах составляли 60–75 пог. м/мес. на забой, а наивысшие показатели — 185 и 202 пог. м/мес. Максимальные скорости проходки штольни комплексом «Роббинс» — 308 пог. м/мес., «Вирт» — 280 пог. м/мес.

5. Широкое применение технологии инъекционного закрепления неустойчивых грунтов в тектонических зонах разломов на участках общей длиной около 1000 м.

6. Широчайшее применение передовой современной импортной техники: буровых кареток, опалубок, пневмобетоноукладчиков, буровых станков, автосамосвалов и др.

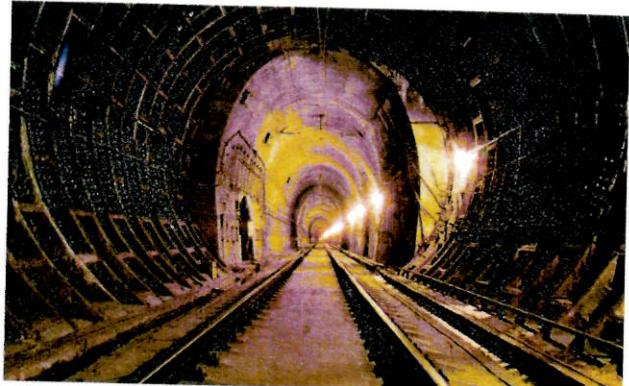
7. Опытное внедрение укрепления неустойчивых водонесущих грунтов в забое с помощью низкотемпературного (азотного) замораживания с бурением замораживающих скважин из забоя.

8. Разработка и широкое внедрение новых прогрессивных конструкций обделок однопутных и двухпутных тоннелей, отработка метода расчетов их на сейсмичное воздействие с обоснованием нового прогрессивного типа облегченных двухслойных обделок с учетом их наружного слоя в начальный период в качестве временной крепи забоя. Применение набрызг-бетона в штольнях Байкальского и Северо-Муйского тоннелей.

9. Применение системы комплексного водопонижения вертикальными и горизонтальными дренажными скважинами протяженных зон неустойчивых грунтов и разломов.

10. Для выполнения директивного срока пуска в эксплуатацию Байкало-Амурской магистрали использован принцип строительства временных обходов барьерных мест (на Байкальском, Кодарском, мысовых тоннелях, а на Северо-Муйском дважды — на 40- и 18-тысячных уклонах).

11. Разработка и широкое внедрение систем вентиляции протяженных тоннелей в условиях сурового климата и горной местности с большим перепадом температур наружного воздуха летом и зимой (от минус 45 °C до +35 °C), барометрического давления между порталами и устьями стволов (в отметках ≈350 м), температурой грунтов и грунтовых вод (+1...+2 °C до +57 °C).



Северо-Муйский тоннель — самый длинный ж.-д. тоннель России (15343 м)

Для портальных систем вентиляции железнодорожных тоннелей, получивших у нас в стране наибольшее распространение при строительстве ж.д. Абакан — Тайшет, Нагорного, Мысовых и других тоннелей БАМа, использовались центробежные вентиляторы общепромышленного назначения, что требовало сооружения на порталах дорогостоящих вентиляционных зданий.

В тяжелых условиях эксплуатации Северо-Муйского тоннеля в зимний период для снижения количества холодного наружного воздуха, поступающего в тоннель за счет естественной тяги, по проектам ЛМГТ у порталов сооружены вентиляционные ворота, конструкция которых обеспечивает высокую эффективность системы подогрева наружного воздуха при сохранении необходимого уровня безопасности движения. Применение такой схемы вентиляции позволило при минимизации энергетических затрат обеспечить в тоннеле круглогодичный тепловой режим и исключить появление наледей.

12. На работу в необжитых, далеких и суровых районах строителей привлекали с помощью специальных льгот:

- временное жилье на месте строительства;
- льготный «поясной» коэффициент к зарплате;
- система продажи автомобилей в качестве поощрения;
- организация временного «рабочего» снабжения в поселках подразделений строителей.

13. Создание в стране атмосферы всенародной поддержки строительства БАМа, благоприятного имиджа этой стройки. Учреждение государственной награды — медали «За строительство Байкало-Амурской магистрали».

14. Строительство тоннелей БАМа явилось «кузницей кадров» для будущих строек, как в части персональной квалификации работников, так и в части тоннелестроительных организаций на основе подразделений «Бамтоннельстроя» и проектных коллективов Ленметрогипротранса, Бамтоннельпроекта, Новосибметропроекта и других.

15. Внедрение в строительство автоматизированной системы управления.

Продолжение следует