

Вековая, но не вечная же проблема железных дорог на вечной мерзлоте

В.Г. КОНДРАТЬЕВ, докт. геол.-мин. наук, научный руководитель НПП «ТранСИГЭМ», профессор



История создания железных дорог в районах вечной мерзлоты насчитывает уже более 110 лет, на данный момент существуют: Забайкальская, Амурская, Аляскинская, Норильская, Гудзонская, Лабрадорская, Байкало-Амурская (БАМ), Амуро-Якутская (АЯМ), Ямальская и некоторые другие железные дороги в России, США и Канаде. Строительство каждой из этих дорог — выдающийся этап транспортного строительства и попытка решить проблему обеспечения стабильности пути на участках вечной мерзлоты и глубокого сезонного промерзания грунтов.

Новейший этап такого строительства и новая, колоссальная по масштабам и средствам, попытка решить указанную проблему — сооружение в 2000–2006 гг. Цинхай-Тибетской железной дороги в Китае, на участке Голмуд — Лхаса, где вечномерзлые грунты распространены почти на половине из 1142 км трассы.

Автору довелось консультировать китайских специалистов по вопросам геокриологического обеспечения Цинхай-Тибетской железной дороги в течение последних 14 лет. В России этими проблемами автор активно занимается с 1986 г. В итоге сложилось определенное понимание закономерностей взаимодействия железнодорожного пути и вечномерзлых грунтов и приемов управления этим взаимодействием.

За всю более чем вековую историю железнодорожного освоения криолитозоны никому и нигде не удалось построить железнодорожный путь, который бы не испытывал деформаций вследствие осадок при оттаивании льдистых грунтов или пучения при промерзании влажных дисперсных грунтов основания. Эти проблемы характерны для всех железных дорог, независимо от срока их эксплуатации: для Забайкальской жд., находящейся в эксплуатации более ста лет, БАМ и АЯМ — десятки лет, подъездных путей Чара — Чина и Улак — Эльга — несколько лет и только что построенной Цинхай-Тибетской жд.

Так, на Забайкальской жд. известен «золотой» километр — участок км 6277 — км 6278 (рис. 1), где систематические деформации земляного полотно-

на и рельсошпальной решетки отмечаются с 1949 г., а постоянное ограничение скорости движения поездов до 40, иногда 15 км/час, введено с 1969 г. и где ежегодно выполняются выправки и подъем пути на балласт.

Местами балласт уже провалился на 5–6 м, однако осадки пути не прекращаются. По нашей оценке, они могут продолжаться еще 100–150 лет, поскольку в основании пути местами залегают

льдистые многолетнемерзлые породы мощностью 25–30 м.

Еще в 1926 г. основатель мерзлотоведения Михаил Иванович Сумгин [5] писал, что только перманентный ремонт деформирующихся зданий и сооружений на Забайкальской и Амурской железных дорогах уже обошелся государству в 50 млн золотых рублей, не считая убытков от нарушения правильности движения по этим дорогам. С тех пор, как видим, мало что изменилось на Забайкальской жд., да и на вновь построенных дорогах те же проблемы.

Так, на Восточно-Сибирской жд. в районе разъезда Казанкан, 1374 км БАМ, второе десятилетие деформируется железнодорожный путь (рис. 2).

Из первоначальных 4 путей остался 1, но и его приходится постоянно выправлять и периодически ремонтировать. За последние 7 лет на ремонт участка зат-



Рис. 1. «Золотой километр» Забайкальской жд. — участок 60-летних деформаций пути, км 6277 — км 6278, ноябрь 2006 г.



Рис. 2. Участок многолетних деформаций пути и опор контактной сети БАМ, 1374-й км, сентябрь 2003 г. (фото Е.А. Козыревой).

рачено более 360 млн рублей, но проблема стабилизации пути так и осталась нерешенной: скорость движения по-прежнему ограничена 15–25 км/час, угроза внезапного схода пути по косоугору остается. Участок дороги электрифицирован, приходится также постоянно ремонтировать и контактную сеть.

Еще пример по Восточно-Сибирской жд. В 2001 г. были в основном завершены работы по сооружению подъездного железнодорожного пути Чара — Чина, проходящего по территории с чрезвычайно сложными инженерно-геокриологическими условиями, обусловленными, в частности, распространением многолетнемерзлых сильнольдистых пород, нередко с подземными льдами мощностью до 5–10 м. Сегодня эта линия, недавно построенная в сложнейших горно-геологических условиях, разрушается под действием геологических, в том числе и криогенных процессов (рис 3), а мероприятия по обеспечению проезда поездов сводятся к перманентной выправке пути и засыпке просадок (рис. 4).

Аналогичные проблемы характерны и для Цинхай-Тибетской железной дороги, введенной в эксплуатацию в 2006 г. (рис. 5).

Так можно ли построить железные дороги на участках льдистых многолетнемерзлых грунтов, не обрекая их на перманентный ремонт?

Можно. Причем двумя принципиально различными путями: сохраняя грунты основания в мерзлом состоянии на протяжении всего времени эксплуатации дороги или, если невозможно вырезать, превентивным оттаиванием льдистых грунтов и замещением их. Тот или иной вариант стабилизации земляного полотна следует выбирать на основе теплотехнических расчетов и технико-экономического сравнения вариантов с учетом затрат как на строительство, так и содержание железнодорожного пути и иной инфраструктуры, а также с учетом эксплуатационных расходов.

Но прежде надо выявить, качественно и количественно, все факторы возможного оттаивания мерзлых грунтов в конкретных природных и техногенных условиях, а затем воздействовать на эти факторы, добиваясь нужного температурного режима грунтов основания земляного полотна.

Оттаивание вечномерзлых грунтов под земляным полотном железных дорог обычно вызывает:

- увеличение поглощения солнечной радиации земляным полотном по сравнению с естественной поверхностью;



Рис. 3. Деформации подъездного железнодорожного пути Чара — Чина вследствие оттаивания льдистых многолетнемерзлых грунтов в основании, октябрь 2003 г.



Рис. 4. Засыпка термокарстовых просадок балластом, подъездной путь Чара — Чина, май 2008 г.

- инфильтрация теплых летних осадков в тело и основание земляного полотна;
- увеличение толщины снежного покрова у основания насыпи и на прилегающей территории;
- фильтрация поверхностных и подземных вод в тело и основание земляного полотна на косоугорных участках.

С учетом этого нами разработано несколько способов укрепления основания земляного полотна на сильно-льдистых вечномерзлых грунтах, предусматривающих понижение среднегодовой температуры грунтов и сохранение их в постоянно-мерзлом состоянии путем регулирования соотношения охлаждающих и отепляющих факторов или, наоборот, превентивное оттаивание сильнольдистых массивов с одновременным замещением их непросадочной грунтовой массой [1, 3].

Эти технические решения прошли определенную апробацию путем публикации статей, докладов и монографий в отечественных и зарубежных изданиях [2, 6-10], а также использования в опытно-экспериментальных проектах —

строющихся Амуро-Якутской железнодорожной магистрали и подъездного железнодорожного пути Улак — Эльга, при технико-экономическом обосновании стабилизационных мероприятий для Забайкальской железной дороги. Некоторые из них применены в Китае на Цинхай-Тибетской железной дороге, в частности, солнцезащитный навес (рис. 6), который исключает прогрев земляного полотна прямой солнечной радиацией, теплыми летними осадками и под которым нет снежного покрова, что усиливает зимнее охлаждение грунтов.

По данным натурных наблюдений [11], навес на откосах насыпи может понижать температуру грунтов на 3–5°C (рис. 7) и обеспечивать стабильность земляного полотна на сильнольдистых вечномерзлых грунтах.

Перспективно применение солнцезащитных навесов и на российских дорогах, в частности, на Амуро-Якутской железнодорожной магистрали, в особенности на подходе к р. Лена, где на десятках километров трассы имеются грунты так называемого ледового комп-



Рис. 5. Деформации земляного полотна Цинхай-Тибетской ж.д. вследствие развития термокарста, август 2004 г.



Рис. 6. Солнцезащитные навесы на откосах насыпи Цинхай-Тибетской ж.д., август 2006 г.

лекса мощностью в несколько десятков метров. Такую толщину ни вырезать, ни предварительно оттаять невозможно. Поэтому ее придется предохранять от оттаивания на протяжении всего периода эксплуатации дороги.

В 2007 г. было выполнено теплотехническое обоснование применения навесов для предотвращения деградации сильнольдистых многолетнемерзлых грунтов в основании земляного полотна строящейся железной дороги Томмот — Кердем на примере пяти участков (трех насыпей высотой по оси пути 3,48, 6,64 и 7,31 м и двух выемок глубиной 2,38 и 5,5 м). Для этих же участков были выполнены теплотехнические расчеты охлаждающего влияния каменной наброски на откосы насыпей и выемок. Сравнение результатов расчетов показало высокую эффективность солнцезащитных навесов для охлаждения грунтов тела и основания земляного полотна и предотвращения деградации подстилающих многолетнемерзлых грунтов, в особенности в сочетании с доломитовой обсыпкой (покраской) поверхности основной площадки и противодиффузионной пленкой под ней:

- навесы на откосах насыпей и выемок позволяют уменьшить на 10–31%, в среднем на 22,4%, глубину залегания кровли многолетнемерзлых грунтов по

оси пути по сравнению с каменной наброской;

- навесы на откосах насыпей и выемок, а также доломитовая обсыпка (покраска) поверхности основной площадки позволяют уменьшить на 25–35%, в среднем на 30,6%, глубину залегания кровли многолетнемерзлых грунтов по оси пути по сравнению с каменной наброской;

- навесы на откосах насыпей и выемок, а также доломитовая обсыпка (покраска) поверхности основной площадки

и противодиффузионная пленка под ней позволяют уменьшить на 28–40%, в среднем на 34,6%, глубину залегания кровли многолетнемерзлых грунтов по оси пути по сравнению с каменной наброской.

В последнем случае охлаждение насыпи и грунтов основания происходит значительно быстрее, чем при каменной наброске. Уже через 5 лет грунты основания и значительной части тела насыпи оказываются в многолетнемерзлом состоянии, тогда как под каменной наброской и через 5 лет все еще сохраняется талик, а его полное промерзание происходит лишь через 50 лет.

Теплотехнические расчеты для Амуро-Якутской магистрали, как и экспериментальные исследования в Тибете, позволяют утверждать, что солнцезащитный навес может стать основным противодеформационным устройством для земляного полотна железных дорог на участках льдистых многолетнемерзлых грунтов. Положительный эффект применения навеса достигается тем, что под ним создаются возможности интенсивного зимнего охлаждения земляного полотна и его основания и исключаются инфильтрация летних осадков и прямая солнечная радиация. При сохранении высоких прочностных свойств мерзлых грунтов основания на протяжении всего периода эксплуатации дороги отпадает необходимость в дополнительных противодеформационных мероприятиях, упрощается конструкция насыпи, возрастают пропускная способность дороги и увеличиваются межремонтные сроки пути.

Однако эксплуатационная надежность дорог в области распространения вечной мерзлоты предопределяется не

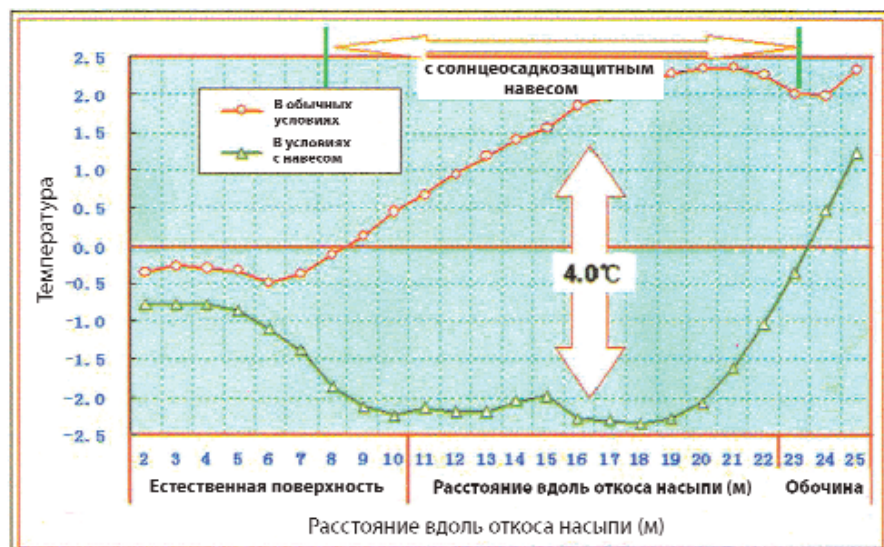


Рис. 7. Понижение среднегодовой температуры грунтов откосов насыпи с помощью солнцезащитного навеса [10].

только правильностью (обоснованностью) выбора конструктивно-технологических решений и способов производства работ при их сооружении и содержании. Это необходимое, но не достаточное условие. Нужна также постоянная мерзлотная защита дорог, в особенности на участках льдистых грунтов, от разрушающего воздействия инженерно-геокриологических процессов и явлений, иначе невозможно экономически целесообразным путем обеспечить их стабильность и проектные скорости движения. Наиболее эффективно такую защиту можно осуществить лишь в рамках системы инженерно-геокриологического мониторинга дороги, предусматривающей систематический контроль, анализ, оценку и прогноз изменения мерзлотных условий на трассе дорог для своевременного обнаружения, ослабления или подавления нежелательного развития криогенных процессов и явлений. Концепция такой системы мониторинга была разработана для строящегося железнодорожного пути Беркакит — Томмот — Якутск [4], в 2001 г. она была опубликована в Пекине, а затем использована на Цинхай-Тибетской железной дороге.

Правительством России недавно принята концепция развития железно-

дорожного транспорта страны до 2030 г. Амбициозная и необходимая для развития страны. Но надо иметь в виду, что на 70% территории России имеет место вечная мерзлота и глубокое сезонное промерзание грунтов. Именно там в ближайшие 20–25 лет будут в основном строиться новые железные дороги. Кроме того, около 5 000 км существующих дорог в районах вечной мерзлоты нуждаются в капитальном ремонте. Поэтому нужна разработка новой идеологии железнодорожного хозяйства в криолитозоне, в которой мерзлотная составляющая пронизывала бы весь процесс изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации дорог. Без этого строительство их будет чрезмерно дорогим, а перманентный ремонт дорог станет разорительным для государства, но доходным для всех, кто будет к ремонту допущен. Как это сейчас и происходит на Транссибе, БАМ, АЯМ, на подъездных путях Чара — Чина, Улак — Эльга, при изысканиях и проектировании новых линий, в частности, Нарын — Лугокан и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьев В.Г. Новые способы укрепления основания железнодорожного земляного полотна на сильнольдистых вечномерзлых грунтах // Ж.-д. транспорт. Сер. «Строитель-

ство. Проектирование». ЭИ/ЦНИИТЭИ МПС. — 1995. — Вып. 1.

2. Кондратьев В.Г. Изменение геокриологических условий при сооружении и эксплуатации железнодорожного пути и некоторые способы обеспечения его устойчивости на сильнольдистых грунтах // В сб. «Докл. 1 съезда Российских геокриологов». М.: МГУ, 1996.

3. Кондратьев В.Г. Стабилизация земляного полотна и опор контактной сети и воздушных линий на вечномерзлых грунтах. — Чита: ЧитГУ, 2005.

4. Кондратьев В.Г., Позин В.А. Концепция системы инженерно-геокриологического мониторинга строящегося железнодорожного пути Беркакит — Томмот — Якутск. — Чита: Забтранс, 2000.

5. Сумгин М.И. Вечная мерзлота почвы в пределах СССР. Изд. 1, Владивосток, 1927; изд. 2, М., 1937.

6. Kondratiev, V.G. Strengthening railroad roadbed bases constructed on icy permafrost soils // Proceeding of Eighth International Conference on Cold Regions Engineering. Fairbanks, Alaska, 1996.

7. Kondratiev, V.G. Measures to control deformation of roadbeds on icy rich permafrost // Proceeding 8th Congress of International Association for Engineering Geology and the Environment. Vol. V. Vancouver, Canada, 1998.

8. Kondratiev, V.G. Design and experience controlling railroad embankment deformation on ice-rich permafrost // Proceeding of the Eleventh International Conference «Cold Regions Impacts on Transportation and Infrastructure». Anchorage, 2002.

9. Kondratiev, V.G. Problems and ways of permafrost preservation in the roadbed basis // Journal of Glaciology and Geocryology, Vol. 26. Beijing, 2004.

10. Kondratiev, V.G. The active methods of stabilization of roadbed and contact-line and air line supports on permafrost // Abstracts of Asian Conference on Permafrost. Lanzhou, China, August 7–9, 2006.

11. Niu Fujin & Shen Yongping. Guide of Field Excursion after Asian Conference on Permafrost (Aug. 10–16, 2006). Lanzhou, China, 2006.

Приборы сертифицированы. Гарантия при обслуживании от 12 до 36 месяцев.
Послеарбитражное сервисное обслуживание



- Георадары "ОКО-2" в комплекте с различными антенными блоками
- Сейсмостанции серии "Лажолиит"
- Регистраторы сейсмических данных серии "Дельта"
- Измерители длины свай ИДС-1
- Цифровые электроразведочные станции (ЭРП-1, ЭРА-МАКС, МЭРИ-24, АСТРА-100)
- Многоканальный георадарный комплекс для скоростного обследования балластной призмы и подстилающего естественного основания с целью выявления участков возможных деформаций

ПРОИЗВОДСТВО И ПОСТАВКА ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ГЕОТЕХ

www.geotech.ru, info@geotech.ru, (495) 641-2-641

Москва, 2-я ул. Энтузиастов, д.5, стр.39

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ

- Изучение инженерно-геологических условий участков, подверженных деформациям:
 - изучение оползневых явлений
 - выявление пустот и зон разуплотнений
 - определение залегания грунтовых вод, кровли скального основания
 - выявление зон разноразнонасыщенных специфических грунтов, глинистых, кристаллических
 - определение положения кровли многолетнемерзлых пород
 - выявление высокольдистых пород
 - изучение динамики мерзлотных явлений (зона сезонного промерзания)
- Изучение конструктивных слоев полотна аэродромов, ж/д насыпей, аэродромов
- Контроль соответствия искусственных подстилающих слоев проектной документации
- Картирование подземных коммуникаций;
- Изучение опасных инженерно-геологических процессов





