УДК 624.13.54; 624.139

В.Г.КОНДРАТЬЕВ, *профессор*, V_Kondratiev@mail.ru
Читинский государственный университет
С.В.СОБОЛЕВА, *старший научный сотрудник*, V_Kondratiev@mail.ru
ТрансИГЭМ, Москва

V.G.KONDRATIEV, *Professor*, V_Kondratiev@mail.ru
Chita State University
S.V.SOBOLEVA, *Senior Research Fellow*, V_Kondratiev@mail.ru
TransIGEM, Moscow

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФЕДЕРАЛЬНОЙ АВТОДОРОГИ «АМУР» ЧИТА – ХАБАРОВСК

Проанализированы инженерно-геокриологические условия трассы федеральной автодороги «Амур» Чита – Хабаровск протяженностью 2165 км, одной из крупнейших современных строек в России. Приведены примеры негативного воздействия инженерно-геокриологических процессов на устойчивость и надежность дороги. В период эксплуатации автодороги предложено создать систему инженерно-геокриологического мониторинга. Изложено основное содержание концепции этой системы.

***Ключевые слова*:** федеральная дорога, инженерно-геокриологические условия, мониторинг.

ENGINEERING-GEOCRYOLOGICAL PROBLEMS OF THE «AMUR» FEDERAL HIGHWAY CHITA – KHABAROVSK

The engineering-geocryological conditions of the 2165-km-long Chita-Khabarovsk «Amur» federal highway, which is one of the greatest recent constructions in Russia, are analized. The examples of the negative effect of the engineering-geocryological processes on the highway stability and reliability are presented. The concept of the system of engineering-geocryological monitoring of the «Amur» highway have been developed in order to maintain stability and reliability of the «Amur» highway during its exploration.

***Key words*:** federal highway, engineering-geocryological conditions, monitoring.

Федеральная автомобильная дорога «Амур» Чита – Хабаровск является одной из крупнейших современных строек в России [1], начатой еще в 1978 г. В 2007 г. было намечено завершить щебеночное покрытие дороги, а в 2010 г. – асфальтовое. Дорога имеет протяженность 2165 км и пересекает с запада на восток Забайкалье и Приамурье – территории с весьма неоднородными геоморфологическими, геолого-тектоническими и ландшафтно-климатическими условиями, что, в свою очередь, предопределяет значительную неоднородность инженерно-геокриологических условий трассы, на которой имеются районы с очень сложными, сложными, относительно сложными и относительно простыми инженерно-геокриологическими условиями. Сложность условий в основном определяется наличием многолетнемерзлых пород, их льдистостью, просадочностью при оттаивании, а также пучинистостью при промерзании сезонно-талых и сезонно-мерзлых грунтов, развитием криогенных процессов и явлений. При строительстве и эксплуатации дороги происходят существенные изменения мерзлотной обстановки и активизируются неблагоприятные инженерно-геокриологические процессы и явления,

в частности термокарст, пучение, солифлюкция, термоэрозия, наледи и др. [3].

Еще не завершено строительство дороги, но во многих местах уже видны разрушения под воздействием инженерно-геокриологических процессов. Вот лишь несколько характерных примеров.

Пример 1. Деформирующийся участок автодороги на переходе через руч. Чичон, 247-й км, где отмечаемые с мая 2001 г. деформации земляного полотна принимают все более опасный характер. Местами просадка поверхности дороги составила около 2 м, несмотря на периодическую досыпку грунта и выравнивание профиля. Поперечными и диагональными трещинами шириной от нескольких сантиметров до 20 см разбиты проезжая часть дороги, обочина, откосы насыпи, а также поверхность, непосредственно прилегающая к насыпи. Участок аварийный. Скорость движения автомобилей ограничена 40 км/ч при расчетной 100 км/ч.

Деформации земляного полотна автодороги происходят из-за деградации льдистых дисперсных вечномерзлых грунтов в его основании под воздействием отепляющего влияния хорошо прогреваемой солнечными лучами и летними осадками оголенной насыпи из дренирующих грунтов. При этом велика вероятность внезапной потери устойчивости насыпи, сползания ее или появления провалов на проезжей части. Поскольку в основании дороги все еще остается 15-20 м многолетнемерзлого грунта, большей частью льдистого, просадочного и текучего при оттаивании, процесс деградации вечной мерзлоты и, соответственно, деформации дороги в сложившихся условиях может продолжаться десятки, если не сотню лет, о чем свидетельствует опыт Забайкальской железной дороги [2], параллельно которой и проходит федеральная автодорога «Амур».

В 2006 г. кооперативом «Азимут» по заданию Межрегиональной дирекции по дорожному строительству в Дальневосточном регионе России, заказчика строительства дороги «Амур», была предпринята попытка стабилизировать аварийный участок традиционным путем: без надлежащего инженерно-геокриологического обследования, без прогноза дальнейшего развития неблагоприятных процессов. В камеральный период в основном были сделаны умозаключения о суффозионных процессах и запроектированы мероприятия: закрытый продольный дренаж с низовой стороны насыпи, нарезка дренажной канавы с нагорной стороны и покрытие северного откоса насыпи укрепляющей композицией из высоко-кремнеземистого и карбонатно-минерального сырья. Затрачено около 10 млн руб., но положительного эффекта нет – деформации попрежнему происходят. Этого и следовало ожидать, поскольку никакой суффозии на участке нет. Нет и потока подземных вод в том месте, где устроена дренажная канава.

Здесь необходимы разработка и осуществление стабилизационных мероприятий, направленных на прекращение дальнейшего развития деградации вечной мерзлоты в основании автодороги или, наоборот, на быстрое принудительное оттаивание льдистых массивов с одновременным заполнением слабых мест в основании непросадочными грунтовыми массами.

При проектировании автодороги был принят второй принцип проектирования, предусматривающий оттаивание вечномерзлых грунтов основания на прогнозируемую строительную осадку или замену льдистых просадочных при оттаивании грунтов на непросадочные грунты на расчетную глубину оттаивания грунтов основания.

Как показал опыт БАМа, где замена грунта под железнодорожным земляным полотном производилась до 2 м, а также Аляски, где замена грунта под автодорожным земляным полотном производилась до 6 м, второй принцип проектирования не приемлем, если мощность льдистой толщи превышает возможности ее полной вырезки во время строительства земляного полотна. Частичная вырезка льдистых грунтов и замена их дренирующим грунтом лишь стимулируют развитие термокарста в основании земляного полотна и его длительные деформации. Тем самым снижается надежность и безопасность автодороги и увеличиваются затраты при ее эксплуатации.

Если невозможно заблаговременно вырезать участки льдистых грунтов полностью, как это уже принято для железнодорожного земляного полотна, автодорожное земляное полотно необходимо проектировать по первому принципу, с сохранением льдистых грунтов основания на весь период эксплуатации дороги, разрабатывая при этом необходимые стабилизационные мероприятия.

Пример 2. Деформации откосов глубокой выемки на 390-м км автодороги. Протяженность выемки составляет около 800 м, максимальная глубина до дорожного покрытия – около 40 м, ширина по низу – около 33,5 м, максимальная ширина по верху – около 106,5 м, ориентация – около 70° на восток-северо-восток. Выемка заложена в гранитах разной степени выветрелости и трещиноватости (от очень прочных, неразмягчаемых, трещиноватых до малопрочных, размягчаемых, интенсивно трещиноватых), прикрытых рыхлыми отложениями (дресвяный грунт с супесчаным и суглинистым заполнителем, супесь, суглинок) мощностью 1,7-3,6 м. Весь массив грунтов в естественных условиях был мерзлым, глубина сезонного оттаивания грунтов составляла 2-2,7 м.

Крутизна откосов выемки первоначально была запроектирована: 1:1,5 – в верхней части, высотой 2-4 м, сложенной рыхлыми отложениями; 1:1 – в средней части, высотой 3-36 м, сложенной гранитами средней и пониженной прочности, размягчаемыми, трещиноватыми и интенсивно трещиноватыми; 1:0,5 – в нижней части, высотой 0-27 м, сложенной гранитами прочными и очень прочными, неразмягчаемыми, трещиноватыми и интенсивно трещиноватыми.

Однако уже во время строительства откосы выемки, особенно откос южной экспозиции, начали интенсивно разрушаться под воздействием посткриогенного выветривания, осыпаться и оползать, вследствие чего строительство выемки периодически приостанавливалось. Проектировщик вынужден был произвести корректировку проектной конструкции земляного полотна в выемке: уменьшить крутизну откосов и устроить полки, что повлекло за собой увеличение стоимости строительства выемки на 20 млн руб.

Эти мероприятия, однако, не решают проблему, а наоборот, могут ускорить посткриогенное выветривание пород, поскольку в более широкую выемку попадает больше атмосферных осадков, что в итоге может привести к увеличению объема грунтовых масс, смещающихся на откосах выемки. Выветривание пород, вывезенных из выемки и отсыпанных в насыпь, может со временем привести к превращению их в пучинистые грунты в связи увеличением дисперсности.

На трассе автодороги также развиваются наледи, эрозия откосов выемок и насыпей, пучение, морозобойное растрескивание.

Для обеспечения устойчивости и надежности автодороги «Амур» в период ее эксплуатации необходимы: своевременное выявление закономерностей изменения мерзлотных условий и развития инженерно-геокриологических процессов на трассе, систематический контроль их динамики и криогенного воздействия на элементы дороги, осуществление защитных мероприятий. Наиболее эффективно это можно сделать в рамках системы инженерно-геокриологического мониторинга автодороги «Амур» (СИГМА «Амур»), созданной для постоянного контроля, оценки, прогноза и управления инженерно-геокриологическими процессами на трассе дороги.

В 2006 г. ТрансИГЭМ разработал и передал в Росавтодор концепцию СИГМА «Амур». В ней разработаны и подробно описаны:

- структура СИГМА «Амур», включающая блоки: наблюдений; сбора, обработки, анализа, оценки и хранения информации; прогноза и разработки защитных мероприятий; защиты (реализации защитных мероприятий);
- схема функционирования во времени СИГМА «Амур», предусматривающая ряд упорядоченных процедур, организованных в циклы получения данных наблюдений, оценки опасности инженерно-геокриологических процессов, прогноза их дальнейшего развития, управления неблагоприятными процессами;
- функциональная структура СИГМА «Амур», состоящая из нескольких подсис-

тем различного назначения и функций: иерархической, объектов мониторинга, функциональной, производственных работ, научно-методического обеспечения и технического обеспечения;

• объект инженерно-геокриологических исследований в СИГМА «Амур», состоящий из трех взаимосвязанных частей: геолого-географических условий трассы, мерзлотной обстановки, автодороги;

• комплексная программа организации СИГМА «Амур», определяющая оптимальный состав и последовательность практических действий по организации и функционированию СИГМА «Амур»;

• план реализации комплексной программы организации СИГМА «Амур», предусматривающий три этапа: подготовительный этап, этап создания информационной базы данных, этап функционирования СИГМА «Амур»;

• предложения по организационному обеспечению функционирования СИГМА «Амур».

Основу пространственного представления об инженерно-геокриологических условиях трассы автодороги «Амур» и выбора мест размещения пунктов сети инженерно-геокриологического мониторинга составляют обзорные схемы мерзлотно-геоморфологического районирования трассы в масштабе 1:1000000 – 1:2000000 и крупномасштабные врезки наиболее характерных (ключевых) участков трассы в виде инженерно-геокриологических схем микрорайонирования в масштабе 1:8300 – 1:20000, продольных инженерно-геологических профилей по оси автодороги и таблиц с основными инженерно-геокриологическими характеристиками участка, составленные ТрансИГЭМ по материалам изысканий ОАО Иркутскгипродорнии и Хабаровского филиала ОАО ГИПРОДОРНИИ.

Схемы мерзлотно-геоморфологического районирования трассы составлены на три ее части в соответствии с административным делением территории прохождения автодороги: читинскую (0-794 км), амурскую (794-1811 км) и еврейскую (1811-2165 км). На схемах выделено шесть геоморфологических областей: Даурское сводовое поднятие, Восточно-Забайкальская депрессия, Пришилкинская горно-долинная страна, Амурская депрессия, Буреинско-Амурская складчато-глыбовая горная область, Сунгари-Амурская депрессия – и пять мерзлотных зон: зона сплошного распространения вечной мерзлоты, зона несплошного распространения вечной мерзлоты с островами таликов, зона островного распространения вечной мерзлоты, зона редкоостровного распространения вечной мерзлоты, зона глубокого сезонного промерзания грунтов. Все выделенные геоморфологические области и мерзлотные зоны охарактеризованы 16 крупномасштабными врезками, распределенными по трассе следующим образом: семь врезок (72-75, 112-115, 332-335, 348-350, 389-392, 536-539 и 757-760 км) – на читинскую часть как наиболее сложную в мерзлотно-геологическом отношении, семь врезок (882-885, 905-908, 1060-1063, 1128-1131, 1370-1373, 1441-1444 и 1626-1629 км) – на амурскую, наиболее протяженную и две врезки (1870-1873 и 1984-1987 км) – на еврейскую, наименее протяженную и простую в мерзлотно-геологическом отношении.

На основе разработанной ТрансИГЭМ концепции заказчику строительства дороги «Амур» необходимо организовать разработку проекта создания СИГМА «Амур», в котором следует предусмотреть все организационные, финансовые, методические и технические аспекты инженерно-геокриологического сопровождения эксплуатации автодороги «Амур», в том числе текущего содержания, ремонта, капитального ремонта и реконструкции.

Учитывая, что с начала изысканий прошли десятки лет, да и строительство автодороги заняло почти три десятилетия, необходимо перед сдачей федеральной автодороги «Амур» Чита – Хабаровск в постоянную эксплуатацию провести на всем протяжении специальное инженерно-геокриологическое обследование ее для установления реальной геокриологической обстановки в теле и основании земляного полотна, полосе отвода и на прилегающей территории, на площадках искусственных сооружений. С помощью аэрофотосъемки,

геофизических методов, бурения, инженерно-геокриологического обследования, режимных наблюдений, лабораторных и камеральных исследований необходимо установить состав, криогенное строение, физико-механические и теплофизические свойства, распространение, температурный режим, условия залегания и мощность сезонно- и многолетнемерзлых и сезонно-талых грунтов, развитие криогенных процессов и явлений. В итоге анализа полученных материалов и данных предшествующих изысканий должны быть выявлены общие и частные закономерности формирования и развития геокриологических условий в зависимости от геолого-географических факторов, конструктивных и технологических особенностей элементов автодороги.

На этой основе с использованием математического и физического моделирования в сочетании с теплотехническими расчетами следует выполнить в координатах пространство – время геокриологическое прогнозирование с целью получения научно обоснованного представления о характере возможного изменения инженерно-геокриологической обстановки на трассе магистрали вследствие естественных природных процессов и техногенных воздействий при строительстве и эксплуатации автодороги. Прогноз изменения мерзлотных условий должен содержать характеристики температурного режима, распространения, условий залегания, мощности, криогенного строения, физико-механических и теплофизических свойств сезонно- и многолетнемерзлых пород, глубины сезонного оттаивания и промерзания грунтов, развития криогенных процессов и явлений. Они, в свою очередь, станут исходными данными для разработки мероприятий по управлению инженерно-геокриологической обстановкой, цель которого – создание оптимальных условий эксплуатации автомагистрали и охраны природы на прилегающей территории.

Чем раньше начнется создание и функционирование системы инженерно-геокриологического мониторинга федеральной автомобильной дороги «Амур» Чита – Хабаровск, тем более надежной и безопасной она будет, тем меньше будут непроизводительные расходы при ее эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Иванов Н.Ф.* «Амур» собирает Россию. М.: Информавтодор, 2003. 200 с.

2. *Кондратьев В.Г.* Технико-экономическое обоснование стабилизации земляного полотна на сильнольдистых вечномерзлых грунтах одного из участков Забайкальской железной дороги // Ж.-д. транспорт. Сер. «Строительство. Проектирование»: ЭИ/ЦНИИТЭИ МПС. 1997. Вып.2. С.1-53.

3. *Кондратьев В.Г.* О геокриологическом обосновании изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации автодороги Чита – Хабаровск / Материалы научно-практической конференции «Проблемы проектирования и строительства автомобильной дороги Чита – Хабаровск» / Иркутскгипродорнии. Иркутск, 2003. С.57-63.

REFERENCES

1. *Ivanov N.F.* «Amur» combines Russia. M.: Informavtodor, 2003. 200 p.

2. *Kondratiev V.G.* Technical-economical substantiation of the roadbed stabilization on high-icy permafrost grounds of one of the areas of the Zabaikalie railroad // Railway Transpot. Ser. «Construction. Designing»: EI/TsNIITEL. 1997. Issue 2, pp.1-53.

3. *Kondratiev V.G.* On geocryological substantiation of prospecting, designing, construction and exploitation of the Chita-Khabarovsk highway // Materials Sci. Pract. Conference «Problems in designing and construction of the Chita-Khabarovsk Highway». IrkutskhydrodorNII. Irkutsk, 2003, pp.57-63.