

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ГЕОЛОГО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА АМУРО- ЯКУТСКОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ МАГИСТРАЛИ (участок Томмот–Кердем–Нижний Бестях)

А. Е. Мельников, С. С. Павлов

*Технический институт (филиал) ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный
федеральный университет им. М. К. Аммосова», г. Нерюнгри*

Рецензент д-р геол.-минерал. наук, профессор В. С. Имаев

Ключевые слова и фразы: Амуро-Якутская магистраль; гидрологические условия; железнодорожная линия Томмот–Кердем–Нижний Бестях; районирование; характер четвертичных отложений.

Аннотация: Представлена схема районирования трассы новой железнодорожной линии Томмот–Кердем–Нижний Бестях, в основе которой лежит сопряженный анализ природных факторов, где основными критериями выделения являются геологические (с акцентом на облик четвертичных отложений) и гидрологические условия территории строительства линейного сооружения. Настоящая схема позволит с еще большей степенью вероятности прогнозировать опасность возникновения аварийных ситуаций, обусловленных взаимодействием технической системы с окружающей средой.

Задача обеспечения прочности и устойчивости земляного полотна железных дорог в Якутии сегодня как никогда имеет огромное значение. В частности, завершение строительства и ввод в эксплуатацию железнодорожной линии Томмот–Кердем–Нижний Бестях Амуро-Якутской магистрали (рис. 1) позволит ускорить реализацию программ развития Востока страны, освоение месторождений, поступление средств в бюджеты всех уровней от реализации конечного продукта этих проектов и, самое главное, обеспечит повышение качества жизни населения.

Вместе с тем строительство линии железной дороги до Якутска осуществляется в экстремальных климатических условиях. Выделенные в ходе рекогносцировочных и инженерно-геологических изысканий в полосе

Мельников Андрей Евгеньевич – заведующий лабораторией «Геоэкологический мониторинг и инженерно-геологические изыскания», e-mail: MelnikowDron@mail.ru; Павлов Сергей Степанович – кандидат геолого-минералогических наук, директор, Технический институт (филиал) ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова», г. Нерюнгри.

железнодорожной линии Томмот–Кердем–Нижний Бестях экзогенные геологические процессы и явления имеют в большей степени водный, гравитационный и криогенный характеры [1, 2].

К процессам водного характера, отмеченным на трассе (см. рис. 1), относятся донная и боковая эрозии, оврагообразование, заболачивание, плоскостной смыв и прочее. Донная эрозия развита в верховьях горных рек и ручьев. Боковая эрозия разрушает аллювиальные террасы и борта долин, сложенные различными по генезису типами пород. Наиболее интенсивно эрозия проявляется во время паводков, когда происходит размыв, обрушение, отседание и осыпание берегов.

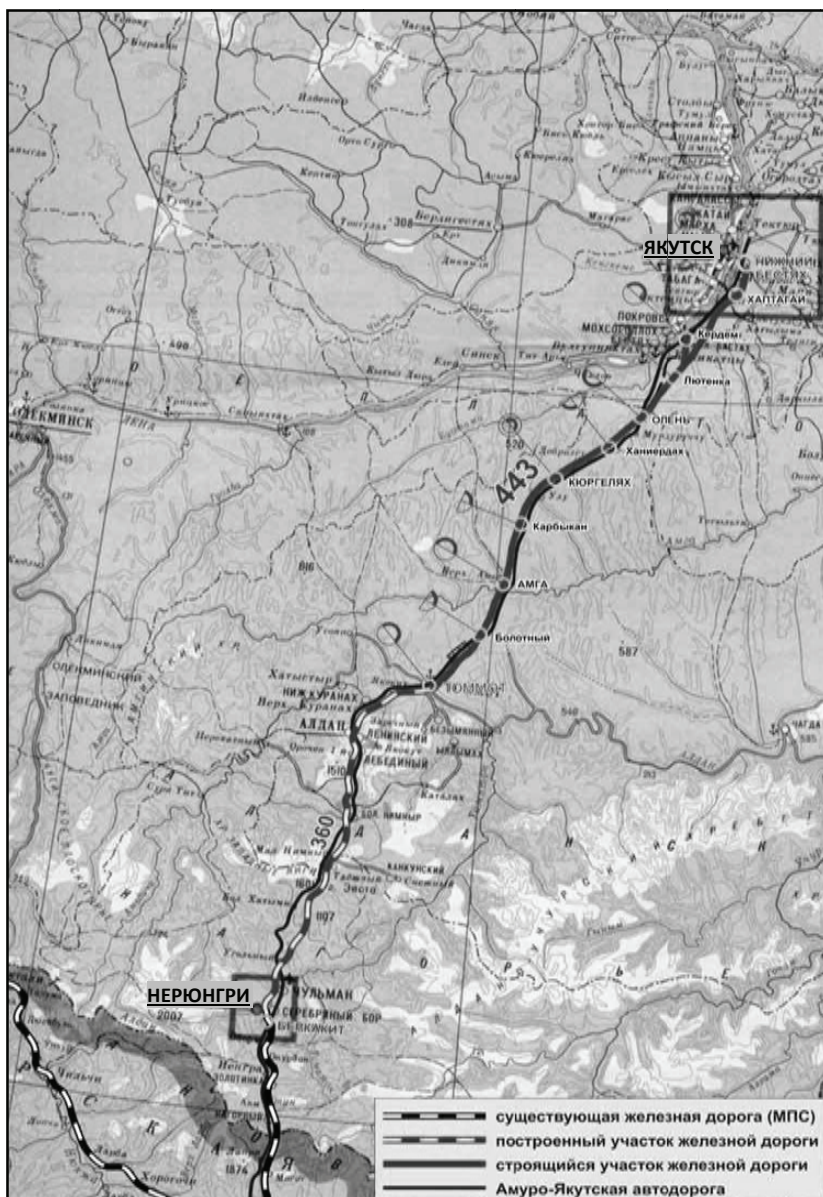


Рис. 1. Схема прохождения железнодорожной линии Томмот–Кердем–Нижний Бестях

Плоскостной смыв наблюдается на поверхностях, где нарушен почвенный слой. На склонах карьеров, по выемкам и полувыемкам, а также насыпи железной дороги происходит вынос тонкодисперсного материала и переотложение его у подошвы наклонных поверхностей. Болото и заболоченные территории на рассматриваемом отрезке железнодорожной магистрали распространены главным образом в днищах долин рек (на поймах и первых террасах) и ручьев, на выположенных склонах и в седловинах водоразделов.

С деятельностью поверхностных вод также связаны карстовые процессы. Данные явления отмечены на 377 – 630 км магистрали. Современный поверхностный карст развит преимущественно в пределах дна речных долин. Кроме того, массообмен и конвективный теплообмен в горных породах за счет движения вод, которыми изобилует трасса, весьма существенно влияют на мерзлотные условия. Вместе с тем на формировании мерзлых толщ сказались особенности геологического развития территории в антропогене и облик четвертичных отложений [3]. Именно четвертичные отложения развиты на всей территории трассы, в большинстве случаев являющиеся основанием насыпи и, соответственно, определяющие ее устойчивость.

В связи с этим сопоставление гидрологических условий территории прохождения железной дороги [4 – 6] с особенностями распространения и характером четвертичных отложений [7 – 11] позволит дать общую оценку условиям эксплуатации трассы.

Согласно проведенному районированию (рис. 2), строящаяся трасса железной дороги Томмот–Кердем–Нижний Бестях пересекает два района – I, II. В пределах вышеупомянутых районов, в свою очередь, выделены четыре подрайона – I.1, I.2, I.3, II.1. В процессе такого районирования использован сопряженный анализ природных факторов, где основными критериями выделения являются геологические (с акцентом на облик четвертичных отложений) и гидрологические особенности территории.

I. Типы отложений, в большей мере в пределах данного района, определяет крупный геоморфологический элемент – Лено-Алданское плато. Четвертичная система представлена широко. Здесь выделяются современные нижне-, средне- и верхнечетвертичные отложения.

К нижнечетвертичным отложениям в пределах прохождения трассы по Лено-Алданскому плато относятся озерно-речные образования древних долин, высоких террас Алдана, гравитационно-пролювиально-карстовые, делювиальные и алювиальные отложения. Озерно-аллювиальные отложения современных речных долин и аллювий древней речной сети представлены толщей песчано-галечных и валунно-галечных озерно-речных отложений. Разрез их представлен в следующем виде. На коренном цоколе, сложенном нижнекембрийскими или юрскими породами, залегает слой грубозернистых песков с валунами и галькой или слой галечника. Выше залегают кварцевые и кварц-полевошпатовые пески с редкими линзами и единичными прослоями гравия и галечника, а еще выше желтовато-серые мелко- и среднезернистые пески с линзами супеси и песков. Мощность отложений достигает 40 м.

Среднечетвертичные аллювиальные отложения развиты в современной долине бассейна Алдана. Аллювий нерасчлененных средне-верхнечетвертичных отложений встречается на плоских водораздельных возвышенностях. Он состоит из грубых суглинков и супесей с большим содержанием дресвы, щебня и глыб горных пород. Мощность отложений в пределах трассы достигает 10 м. Верхнечетвертичные отложения, пересекаемые железной дорогой, приурочены к амгинской толще (якутский горизонт), представленной аллювиальными галечниками, песками, супесями и суглинками I надпойменной террасы.

К современным отложениям рассматриваемой территории относятся почвенный слой, пойменный и русловой аллювий, солифлюкционные, делювиальные, озерные, болотные, пролювиальные и золовые отложения. Аллювиальные отложения присутствуют в долинах всех рек, слагая пойменные террасы высотой 1–9 м. Мощность руслового аллювия колеблется в пределах 1–15 м и более. Мощность отложений стариц составляет 2–10 м, термокарстовых озер – невелика и составляет 0,3–2,0 м.

По типу поверхностных водотоков район включает три подрайона. Водотоки подрайона I.1 (376–410 км) имеют глубокие, узкие, преимущественно беспойменные долины, дно которых выполнено крупными делювиальными и аллювиальными отложениями. Склоны долин большей частью скалистые или покрытые каменистыми осыпями. Руслу рек порожистые и устойчивые в плане.

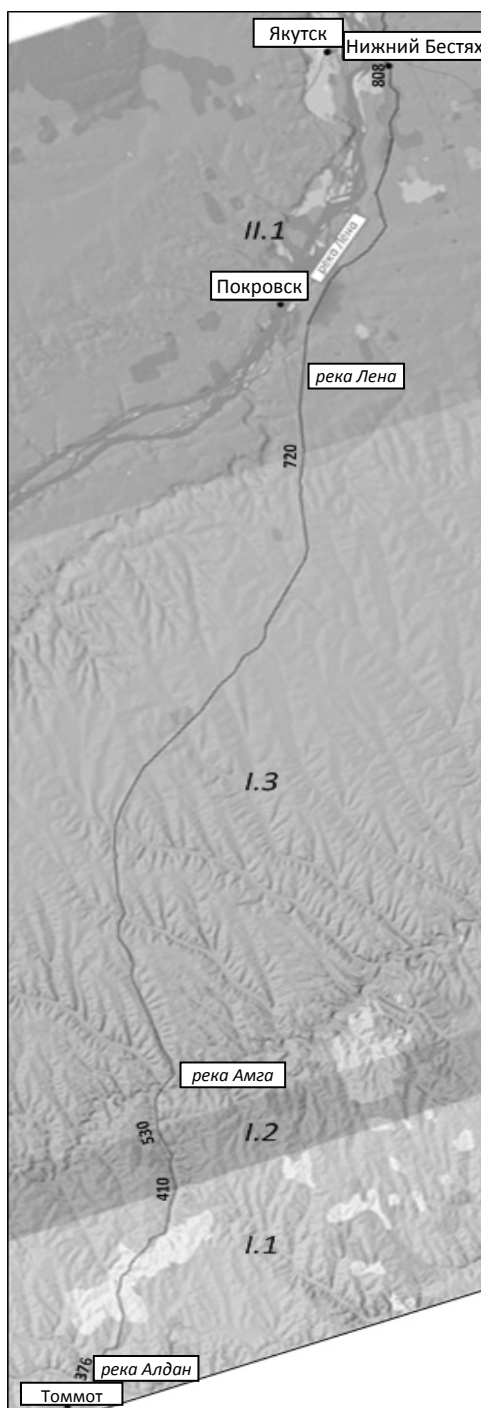


Рис. 2. Схема районирования железной дороги Томмот–Кердем–Нижний Бестях по геолого-гидрологическим особенностям:

- 376** – железнодорожная линия Томмот–Кердем–Нижний Бестях с пикетными отметками (км);
- I.1** – границы и номер района;
- Томмот** – населенные пункты

Наиболее распространены здесь немеандрирующие русла (примерно 80 % длины речной сети). Большие реки района обладают такими руслами на участках значительного протяжения (например р. Алдан), а многие средние и малые водотоки – по всей их длине. Свободное меандрирование рек наблюдается только в широких, заболоченных пойменных долинах. Разветвленные русла очень редки и приурочены к местам большого скопления крупнообломочного материала.

Железная дорога в пределах подрайона I.2 (410 – 530 км) пересекает днища долин рек Якутский Укулан, Модут, Курум-Кюнью и др. водотоки. Здесь широкое распространение получили узкие и глубокие речные долины с крутыми, а местами и отвесными склонами, сложенными коренными породами. С продвижением на север долины рек расширяются, в них появляются поймы. Узкие долины, выходы в них слаботоразмываемых пород, большое скопление крупнообломочного материала на дне долин и в руслах ограничивают плановые деформации русел (они незначительны) и их глубинный врез. Извилистость русел совпадает с извилистостью долин. На некоторых реках встречаются отдельные участки со свободным меандрированием русел. В целом большинство рек района являются немеандрирующими.

Подрайон I.3 (530 – 720 км) характеризуется довольно густой сетью малых рек. Здесь трасса пересекает бассейны рек Кырбыкан, Мундуруччу, Лютенга и др. Русла их в основном подвержены плановым деформациям, обусловленным ежегодным промерзанием, а в летнее время и пересыханием водных потоков. В эти периоды русловые формы временно «замирают», а затем с увеличением водности «оживают» и начинают перестраиваться.

Наиболее распространено свободное меандрирование русел (примерно 60 % длины речной сети). Ограниченное их меандрирование не получило большого распространения и свойственно верховым участкам рек, в частности притоков р. Амги. Длина немеандрирующих русел, встречающихся главным образом в северной возвышенной части плато, составляет около 25 % длины всех рек района.

Выделенному району II соответствует 720 – 808 км железнодорожной линии. Своеобразие четвертичных отношений приурочено к пространствам Центрально-Якутской низменности и прилегающей части Лено-Алданского плато на северном склоне Алданской антеклизы – главной тектонической структуре чехла Сибирской докембрийской платформ.

Подавляющая часть водораздельных пространств Центрально-Якутской низменности и прилегающей части Лено-Алданского плато перекрыта четвертичными отложениями. Эти своеобразные покровные образования включают аллювий древних речных систем, озерно-аллювиальные и озерные осадки, накопившиеся в подпрудных бассейнах, а также болотные и эоловые отложения. Наиболее сложными по строению являются четвертичные отложения, пересекаемые железной дорогой в долинах крупных рек и их притоков, в частности р. Лены, где они представлены комплексом аллювиальных отложений, формирующих серию террас.

К нижнечетвертичным отложениям, сохранность которых, в общем, невелика, относится аллювий двух верхних террас р. Лена (черендейской

и тустахской). Аллювиальный покров черендейской террасы, имеющей на широтном участке течения р. Лена высоту свыше 200 м и снижающейся до 90 – 100 м представлен галечниками и песками. В составе гальки преобладают кварц, кварциты, гранитоиды, кварцевые порфиры. Галька очень хорошо окатана. Пески сильно пропитаны гидроокислами железа, окрашены в желтый и буроватый цвета. Мощность аллювия 6 – 15 м. Тустахская терраса в долине р. Лены отчетливо выражена выше пос. Покровск; севернее она резко снижается и, по-видимому, скрывается под более молодыми образованиями. Внизу разреза аллювия лежат галечники и пески, выше – галечники, пески и валунники. Не исключено флювиогляциальное происхождение валунников. По составу гальки и степени ее окатанности аллювий тустахской террасы сходен с аллювием черендейской террасы. Мощность тустахского аллювия достигает 10 – 30 м.

К среднечетвертичным отложениям относится характерная аллювиальная песчаная бестяхская свита, которая образовалась в начале среднечетвертичной эпохи. Свита прослеживается по многим глубоко врезынным долинам рек. В долине р. Лена бестяхская терраса имеет очень низкий цоколь или является безцокольной. Она сложена косо- и волнисто-слоистыми песками, местами переработанными ветром. Мощность песков 40 – 50, реже 70 м. В нижней части разреза присутствуют слои и прослои галечников с кварцевой, кварцевой и кремневой галькой. Для верхней части разреза характерны прослои супесей.

Более молодые среднечетвертичные отложения представлены комплексом отложений покровского горизонта. На реке Лена к этому комплексу относится сложно построенная покровская терраса. Поверхность террасы почти горизонтальна, вследствие чего ниже по течению высота ее над рекой возрастает до 70 м и более. В основании аллювиальной толщи лежат грубые галечники (6 – 12 м), в составе которых много местных пород – кварц, кварциты, кремни, филлиты. Ниже по реке Лена в галечниках преобладают гальки песчаников. Галечники разбиты трещинами и несут следы переработки процессами морозного выветривания. Выше залегают галечники, более плотно сгруженные и лучше отсортированные, которые не несут следов указанных изменений. Над ними располагаются озерно-аллювиальные суглинки, супеси, глины и пески, переходящие на Лено-Амгинский водораздел. Мощность супесчано-суглинистых отложений изменяется от 25 – 30 до 100 – 120 м. Наиболее характерны зеленовато-серые тонкие лёссовидные суглинки и супеси, обычно неслоистые. По-видимому, образование супесчано-суглинистой толщи происходило в подпрудном бассейне, существовавшем в конце среднечетвертичной эпохи.

Верхнечетвертичные отложения представлены аллювием двух нижних террас р. Лена (сангяхтахская и якутская террасы), своеобразными суглинками и супесями на водоразделах. Сангяхтахская терраса, в строении которой участвуют пески и галечники, а сверху разреза супеси, по составу галечникового материала сходна с покровской террасой. Мощность аллювия достигает 30 – 35 м. На отдельных участках террасы нормальный аллювий перекрывается эоловыми песками. Якутская терраса на р. Лена имеет высоту 18 – 20 м. В основании аллювиальной толщи залегают га-

лечники, содержащие гальки разнообразного состава (кварц, кремни, кварциты, песчаники, известняки, сланцы, гранитоиды, ортофиры, диабазы и др.) разной степени окатанности. Встречаются валуны. Вверх по разрезу галечники сменяются косо- или волнисто-параллельно-слоистыми песками с галечниковыми прослоями. Пески нередко перекрываются супесями. Мощность аллювия 10 – 18 м. В верхнечетвертичную эпоху образовалась также значительная масса эоловых накоплений, которые формировались в основном в ксеротермический интервал времени последнего оледенения. Они представлены дюнными всхолмлениями и скоплениями обработанной ветром тальки – дрейкантерами.

Современные отложения в долинах рек слагают пойменную террасу (нескольких уровней) и русловые образования. Их мощность в пойме достигает 20 м, они состоят из галечников, песков, супесей и суглинков, сложно сочетающихся между собой. Разнообразные галечники сходны по составу с галечниками низких надпойменных террас. Высокая пойма обычно перекрыта торфом. К современным отложениям относятся также озерные, болотные, относительно широко распространенные эоловые, а также аллювиальные и делювиальные образования.

Гидрологические условия в пределах данного района относительно одинаковы и объединены в один подрайон II.1.

Судя по множеству стариц и вееров перемещения русла с различной ориентировкой следов его прежних положений происходит интенсивные русловой и пойменный процессы. На участке прохождения железнодорожной линии в пределах Центрально-Якутской низменности, несмотря на почти повсеместное распространение легкоразмываемых пород, водозерозийный процесс протекает слабо и речная сеть редка, что, очевидно, объясняется не только равнинным характером местности, но и наличием здесь большого числа разобщенных озерно-аласных понижений, аккумулирующих поверхностный сток.

Таким образом, в общем виде, территория прохождения железнодорожной линии Томмот–Кердем–Нижний Бестях характеризуется преобладанием плоских, слегка округлых или ступенчатых водораздельных пространств, разделенных речными долинами. Склоны долин и водоразделов имеют разную крутизну и осложнены структурными уступами. Обширные пространства на водоразделах Алдана и Амги, Амги и Лены представляют реликты древних поверхностей выравнивания, где господствуют процессы денудационного выравнивания рельефа. Водоразделы имеют вид однообразных пологих и плоских увалов, плавно сочленяющихся с широкими заболоченными долинами. Склоны покрыты делювием. В районах молодого вреза, особенно вдоль долины р. Лена, этот древний рельеф переработан. Здесь в зависимости от глубины и густоты наблюдаются то столово-увалистый рельеф, то столовые горы. Во впадинах, отчасти в речных долинах, нередко наложения пластов и толщ разного возраста и генезиса. В основании таких многослойных накоплений обычно находится аллювий погребенных террас. Выделяются нижне-, средне- и верхнечетвертичные отложения, голоценовые или современные, а также по генезису – отложения речной, ледниковой и эоловой формаций. Последние обычно венчаются болотными почвами и торфом. Широко распространены аллювиальные и склоновые накопления и маломощные эоловые пески и супеси.

Почти горизонтальное залегание осадочных пород, довольно однообразный их литологический состав, умеренный темп неотектонических движений предопределили в пределах Лено-Алданского плато и Центрально-Якутской низменности основные отличительные черты железнодорожной магистрали – это обширная речная сеть с мощными постплиоценовыми отложениями, «накладываемая» на трассу, характеризующаяся глубоким врезом, часто составляющим 150 – 300 м, преимущественно ортогональной и нейтральной структурой и, в основном, асимметричным строением бассейнов. В связи с чем большинство искусственных сооружений данного отрезка Амуро-Якутской магистрали работают в сложных гидрологических условиях подпора рек (например, река Модут в нижнем своем течении, перед впадением в реку Амга, делает крутую излучину, меняя направление течения с юго-восточного на северо-западное с углом поворота перед устьем 135° , образуя два прижимных участка – один в голове излучины и другой за 300 м от впадения в реку Амга.

На данном участке железнодорожной трассы (478 – 479 км) земляное полотно на значительном протяжении попадает в зону подтопления и воздействия волн высоких горизонтов реки Амга [12]. Отметим, что лишь на участке Томмот–Кердем, протяженностью около 375 км, установлено порядка 58 мостовых переходов, не считая несколько десятков водопропускных труб в теле насыпи.

В пределах рассматриваемой территории формирование речной сети – речных русел и пойм – происходило под влиянием своеобразных природных условий и прежде всего многолетней мерзлоты. Ископаемый лед на равнинах обусловил появление меандр, для которых в плане характерны резкие повороты, а наледи и многолетняя мерзлота в гористой местности – образование многорукавности, не связанной с плановыми деформациями основного русла и вызванной обтеканием местных препятствий.

Список литературы

1. Melnikov, A. E. On the Need to Develop Criteria for Consideration of the Intensity of Grounds Weathering in Time During the Construction of Linear Structures (the Case of the Amur-Yakutsk Mainline) / A. E. Melnikov, S. S. Pavlov // Resources and Risks of Permafrost Areas in a Changing World : Tenth International Conference on Permafrost. – Vol. 4/2: Extended Abstracts. – Fort Dialog-Iset. – Yekaterinburg, 2012. – P. 374–375.

2. Мельников, А. Е. Постановка вопроса о роли криогенного выветривания в устойчивости железнодорожного полотна Амуро-Якутской магистрали (на примере участка Томмот–Кердем) / А. Е. Мельников, С. С. Павлов // Стратегия развития инженерного мерзлотоведения : материалы Международ. науч.-практ. конф. по инженерному мерзлотоведению, посвященной XX-летию создания ООО НПО «Фундаментстройаркос», г. Тюмень, 7 – 10 нояб. 2011 г. / ООО НПО «Фундаментстройаркос» [и др.]. – Тюмень, 2011. – С. 257 – 259.

3. Кондратьев, В. Г. Концепция инженерно-геологического мониторинга строящегося железнодорожного пути Беркакит–Томмот–Якутск / В. Г. Кондратьев, В. А. Позин. – Чита : ТрансИГЭМ, 2000. – 84 с.

4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. XVII. Лено-Индибирский район / под ред. М. С. Протасьева. – Л. : Гидрометеиздат, 1972. – 651 с.
5. Гидрогеология СССР. Т. XX. Якутская АССР / под ред. А. И. Ефимова, И. К. Зайцева ; Якутское геологическое управление ; Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР. – М. : Недра, 1970. – 386 с.
6. Доманицкий, А. П. Реки и озера Советского Союза / А. П. Доманицкий, Р. Г. Дубровина, А. И. Исаева. – Л. : Гидрометеорологическое изд-во, 1971. – 103 с.
7. Геология Якутской АССР / под ред. Л. И. Красного. – М. : Недра, 1981. – 300 с.
8. Геология СССР. В 48 т. Т. XLII. Южная Якутия. Геологическое описание / под ред. А. И. Никитиной [и др.]. – М. : Недра, 1972. – 496 с.
9. Геология СССР. В 48 т. Т. XVIII. Западная часть Якутской АССР. Часть I. Геологическое описание. В 2 кн. / под ред. А. В. Сидоренко. – Кн. 1. – М. : Недра, 1970. – 536 с.
10. Мерзлотно-ландшафтное районирование трассы строящейся железной дороги Томмот–Кердем / И. С. Васильев [и др.] // Криосфера Земли. – 2007. – Т. XI, № 3. – С. 29 – 34.
11. Тектоника, геодинамика и металлогения территории республики САХА (Якутия) / под ред. Л. М. Парфенова, М. И. Кузьмина. – М. : Наука/Интерпериодика, 2001. – 571 с.
12. Проектирование и строительство земляного полотна железной дороги Томмот–Кердем в сложных инженерно-геологических условиях. Итоги инженерных изысканий в 2005 г. : материалы науч.-техн. совета в Якутске, 7–8 дек. 2005 г. – М. : Проекттрансстрой, 2005 г. – 118 с.

**Distinctive Geological and Hydrological Features
of the Amur-Yakutsk Railway Construction Area
(Section of the Tommot–Kerdem–Nizhny Bestyah)**

A. E. Melnikov, S. S. Pavlov

Nerungri Department, Northeastern Federal University

Key words and phrases: Amur-Yakutsk highway; hydrological conditions; nature of sedimentary deposits; railway line Tommot–Kerdem–Nizhny Bestyah; zoning.

Abstract: Zoning of the Amur-Yakutsk railway tracks with the use of the integrated analysis of the natural factors, where the main criteria of selection are geological (with emphasis on the appearance of sedimentary deposits, in most cases, are the basis of the mound and, respectively, which determine its stability) and hydrological peculiarities of the territory (characterized by extensive river network), will complement to already existing ones, that will allow to predict the risk of accidents, resulting from the interaction of technical systems with the environment.

© А. Е. Мельников, С. С. Павлов, 2013