

РУБРИКА: ИНЖЕНЕРНАЯ И РУДНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Методика комплексной оценки изменчивости инженерно-геологических условий для проектирования автомобильной дороги в условиях ММГ

Э.Д. Нутманова* (ООО «ГИНГЕО»), И.В. Абатурова (ФГБОУ ВО «УГГУ»), И.А. Емельянова (ФГБОУ ВО «УГГУ»), В.С. Козлов (ФГБОУ ВО «УГГУ»)

Одной из существенных причин снижения транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог, прокладываемых в районах распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ), являются деформации земляного полотна, проявляющиеся из-за недостаточного учета изменчивости геокриологических условий на протяженных линейных объектах. Т.е. дороги на территории криолитозоны подвергаются интенсивным незатухающим со временем деформациям. Изменчивость инженерно-геологических и мерзлотно-гидрогеологических условий как правило отражается на картах инженерно-геологического районирования, которые в свою очередь основываются на последовательном анализе и оценке влияния зональных и региональных природно-климатических факторов. В условиях ограниченного времени для получения достоверной инженерно-геологической информации, в рамках проведения инженерных изысканий предлагается использовать комплекс методов, таких как дешифрирование аэро- и космоснимков, как метод оперативного анализа, геофизические методы (электроразведка) и инженерно-геологические методы (инженерно-геологическая съемка, бурение, инженерно-геологическая документация, опробование и т.д.).

Изменчивость инженерно-геологических условий, многолетнемерзлые породы, протяженные линейные объекты, дешифрирование, региональные факторы, зональные факторы, инженерно-геологическое районирование

Methodology for the comprehensive assessment of the variability of engineering and geological conditions for the design of a highway in permafrost conditions

E.D. Nugmanova* (GINGEO LLC), I.V. Abaturova (URSMU), I.A. Yemelyanova (URSMU), V.S. Kozlov (URSMU)

One of the significant reasons for the decrease in the transport and operational qualities of highways laid in areas of permafrost (MMG) are the deformations of the earthbed, which are manifested due to insufficient consideration of the variability of geocryological conditions on extended linear objects. I.e., roads in the cryolithozone are subjected to intense deformations that do not fade over time. The variability of engineering-geological and permafrost-hydrogeological conditions is usually reflected on maps of engineering-geological zoning, which in turn are based on a consistent analysis and assessment of the influence of zonal and regional climatic factors. In conditions of limited time, in order to obtain reliable engineering and geological information, it is proposed to use a set of methods within the framework of engineering surveys, such as decoding aerial and satellite images, as a method of operational analysis, geophysical methods (electrical exploration) and engineering and geological methods (engineering and geological survey, drilling, engineering and geological documentation, testing and etc.).

Variability of engineering and geological conditions, permafrost rocks, extended linear objects, decoding, regional factors, zonal factors, engineering and geological zoning

Введение

Одной из существенных причин снижения транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог, прокладываемых в районах распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ), являются деформации земляного полотна, проявляющиеся из-за недостаточного учета изменчивости геокриологических условий на протяженных линейных объектах. Т.е. дороги на территории криолитозоны подвергаются интенсивным незатухающим со временем деформациям.

Изменчивость инженерно-геологических и мерзлотно-гидрогеологических условий как правило отражается на картах инженерно-геологического районирования, которые в свою очередь основываются на последовательном анализе и оценке влияния зональных и региональных природно-климатических факторов [1].

В условиях ограниченного времени для получения достоверной инженерно-геологической информации, в рамках проведения инженерных изысканий предлагается использовать комплекс методов, таких как дешифрирование аэро- и космоснимков, как метод оперативного анализа, геофизические методы (электроразведка) и инженерно-геологические методы (инженерно-геологическая съемка, бурение, инженерно-геологическая документация, опробование и т.д.).

Метод (и/или Теория)

При строительстве протяженных линейных объектов в условиях многолетней мерзлоты, необходимо оценить совокупность как региональных, так и зональных факторов, которые повлияют на условия строительства и эксплуатации.

Это климатические факторы (температурный режим, увлажненность), геоботанические (вид, густота, ярусность растительности), геоморфологические (микрорельеф, снежный покров), литолого-фациальные (литологический разрез, генезис грунтов), криолитологические (распространение мерзлых и талых грунтов, их температура, криогенное строение мерзлых толщ и т.п), гидрологические (поступление в дренаж вод) и др.

Одним из оперативных методов получения инженерно-геологической информации служит дешифрирование высокопроизводительных дистанционных материалов. Которое, позволяет на начальном этапе построить ландшафтно-индикационную карту, а также выявить ключевые участки на протяжении всей трассы, которые потребуют более детальных исследований.

Далее на основе полученных дешифрированием данных, подключаются уточняющие методы – геофизические и инженерно-геологические.

В качестве основного геофизического метода при постановке работ был выбран электроразведочный метод вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ). Данный метод позволяет выявить в грунтовой толще, которая в дальнейшем послужит основанием для полотна автомобильной дороги, наличие и характер распространения льдистых грунтов и подземных льдов.

Выявление наличия и характера распространения таких участков важно, так как наиболее сильно осложняет эксплуатацию дорог развитие негативных экзогенных геологических процессов (ЭГП), в частности, термокарст.

Когда, спектры развития потенциально опасных инженерно-геологических процессов по результатам дешифрирования и геофизических методов определены, подключаются инженерно-геологические методы получения информации, такие как рекогносцировочное обследование, бурение инженерно-геологических и термометрических скважин, опробование и полевые и лабораторные испытания для оценки физико-механических и теплофизических свойств грунтов.

Результатом анализа и оценки совокупности полученной информации вышеперечисленными методами будет являться карта инженерно-геологического районирования, которая направлена на формирование принципиального подхода к созданию в условиях ММГ геоконплексов, относительно однородных по совокупности природных условий [2].

Примеры (не обязательно)

В качестве примера применения оценки изменчивости инженерно-геологических условий с помощью комплекса методов осуществлено инженерно-геологическое районирование участка трассы автомобильной дороги. Рассматриваемый объект располагается в Оймяконском районе республики Саха (Якутия) в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород.

Дорога в широтном направлении пересекает – территории с разнообразными геолого-тектоническими, геоморфологическими и ландшафтно-климатическими условиями, что предопределяет сложность и значительную неоднородность инженерно-геокриологических условий трассы, и их изменчивость при строительстве и эксплуатации дороги, развитие инженерно-геокриологических процессов и явлений [2].

На подготовительном (предполевом) этапе работ было выполнено дешифрирование при помощи снимков LANDSAT-8. Использование снимков Landsat позволяет дифференцировать снимки как по ландшафтной криоиндикации, так и снимки по температурам поверхности и впоследствии более детально картировать мерзлотные условия, что важно для повышения достоверности отображения реальной картины природной дифференциации.

Сама процедура дешифрирования осуществлялась с использованием программы QGIS, в которой есть плагин Land Surface Temperature, позволяющий оценить температуру поверхности из снимка Landsat-8 по традиционным спектрально-яркостным признакам.

Использование дешифрирования позволило выделить ландшафтные зоны, определить участки развития ЭГП их размеры и опасность проявления. Совмещения ландшафтно-индикационной карты с геологическими условиями позволили построить карту ИГУ и обозначить участки дальнейших более точных методов исследования.

Геофизические исследования были сконцентрированы на участках развития подземных льдов. В качестве параметрического материала для литологической привязки геоэлектрических границ, выделяемых по данным ВЭЗ, и геологического истолкования получаемых электроразведочных материалов использованы результаты предшествующих электроразведочных работ на схожих, в геологическом плане, участках и информация, полученная при бурении инженерно-геологических скважин [4].

В дальнейшем с помощью бурения скважин подземные льды были оконтурены и определены их мощности, состав, состояние и температуры.

По результатам проведенных исследований установлено, что подземные льды встречены по всей проектируемой трассе автодороги в интервале глубин от 1,0 до 9,0 м. В разрезе они присутствуют в виде отдельных линз и крупных вытянутых прослоев, протяженностью в плане от 111,0 до 3640,0 м.

Инженерно-геологические методы получения информации, позволили выявить что территория проектируемой дороги изысканий имеет очень сложное не только геокриологическое строение, но и сложное геологическое.

В геологическом строении верхнего яруса изучаемой автодороги принимают участие четвертичные отложения неоднородные по возрасту, составу, мощности, генезису (коллювиальные, коллювиально-делювиальные, аллювиальные, делювиально-солифлюкционные, ледниковые). Разрез сложен суглинками слабодистыми, супесями разной степени льдистости, песками пылеватыми и гравелистыми слабодистыми, дресвяными, щебенистыми, гравийными и галечниковыми грунтами с супесчаным и песчаным заполнителем, слабодистым, а также техногенными грунтами, представленными щебнем, галькой, гравием с супесчаным и песчаным заполнителем. Эти отложения являются синкриогенными и ограничены по возрасту средним плейстоценом. Нижний ярус выполнен преимущественно песчано-глинистыми сланцами с трещинными криотекстурами с льдистостью 0,1-0,5 %.

Мощность многолетнемерзлых пород под долинами рек колеблется в пределах 200-300 м, а на возвышенностях – от 300 до 600 м. Температура пород на глубине 15-20 м изменяется преимущественно в пределах от минус 4,5 до минус 8 °С, на высоких отметках (2200-2500 м) может опускаться до минус 10 – минус 12 °С.

В результате интегрирования различных методов (дешифрирование аэро- и космоснимков, рекогносцировочного обследования территории, бурения инженерно-геологических скважин, геофизических исследований и т.д.) были изучены инженерно-геологические и мерзлотно-гидрогеологические условия трассы автодороги, определен спектр развития инженерно-геологических и геокриологических процессов, установлены масштабы их развития, что легло в основу построения карты инженерно-геологического районирования (*рисунки 1*) [4].

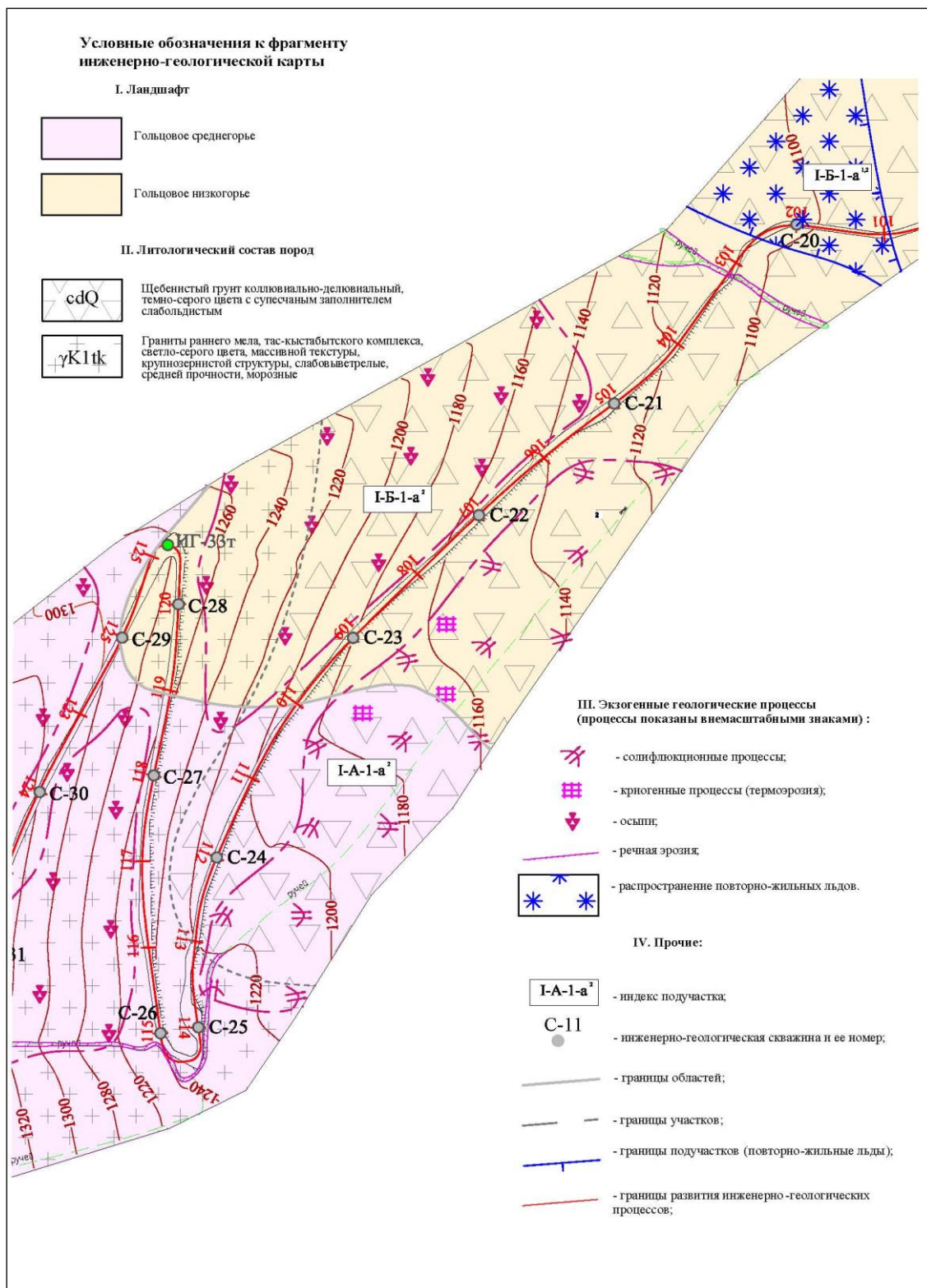


Рисунок 1. Фрагмент карты инженерно-геологического районирования (масштаб 1:5 000)

Выводы

Основным средством обеспечения надежности и экономичности строительства и эксплуатации протяженных линейных объектов, прокладываемых в районах развития многолетнемерзлых грунтов, является достоверная и достаточная информация об инженерно-геологических и мерзлотно-гидрогеологических условиях, полученная с использованием комплекса методов.

Список литературы

1. Дубенков А. А. Комплексная оценка инженерно-геологических и мерзлотных условий при районировании трассы дороги // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2013. – №. 4 (32). – С. 46-52.
2. Нугманова Э.Д. и др. Анализ природных и техно-природных процессов на объектах транспортной инфраструктуры Тарынского хаба // Engineering and Mining Geophysics 2019 - 15th Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics 2019, Gelendzhik 2019
3. Пендин В.В. Комплексный количественный анализ информации в инженерной геологии. М.: КДУ, 2009. С. 71–96, 244–254.
4. Савинцев И. А. и др. Обеспечение условий строительства автомобильных дорог в районах развития многолетнемерзлых пород инженерно-геологическими данными // Engineering and Mining Geophysics 2018 - 14th Conference and Exhibition, Extended Abstracts. DOI:10.3997/2214-4609.201800542.

References

1. Дубенков А. А. Комплексная оценка инженерно-геологических и мерзлотных условий при районировании трассы дороги // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2013. – №. 4 (32). – С. 46-52.
2. Нугманова Э.Д. и др. Анализ природных и техно-природных процессов на объектах транспортной инфраструктуры Тарынского хаба // Engineering and Mining Geophysics 2019 - 15th Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics 2019, Gelendzhik 2019
3. Пендин В.В. Комплексный количественный анализ информации в инженерной геологии. М.: КДУ, 2009. С. 71–96, 244–254.
4. Савинцев И. А. и др. Обеспечение условий строительства автомобильных дорог в районах развития многолетнемерзлых пород инженерно-геологическими данными // Engineering and Mining Geophysics 2018 - 14th Conference and Exhibition, Extended Abstracts. DOI:10.3997/2214-4609.201800542.