

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2023-18-74-78>

К ВОПРОСУ О ПРОВЕДЕНИИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК МЕРЗЛОТНО-ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ НА ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Ишмаев О.А.

*Челябинский проектно-изыскательский институт АО «Челябжeldорпроект»
– филиал АО «Росжeldорпроект», Челябинск, Россия*

Ключевые слова: многолетнемерзлые грунты, статистическая оценка, математическое моделирование, стабилизация грунтов.

Аннотация. В статье рассматривается вопрос о необходимости изучения зависимости характеристик, влияющих на стабилизацию мерзлотно-грунтовых условий в основании железнодорожного полотна методом статистической оценки, и дальнейшем применении этих данных при количественной и качественной оценке. Делается вывод о том, что сочетание различных методов, а именно применение аналитики в качестве оценочных суждений позволяет уменьшить неоднозначность интерпретации результатов работ при инженерно-геологических изысканиях и повысить их достоверность.

THE ISSUE OF CONDUCTING A STATISTICAL ASSESSMENT OF THE CHARACTERISTICS OF PERMAFROST-GROUND CONDITIONS IN MATHEMATICAL MODELING ON LINEAR OBJECTS OF RAILWAY TRANSPORT

Ishmaev O.A.

*Chelyabinsk Design and Survey Institute of JSC "Cheliabzheldorproekt" –
branch of JSC "Roszheldorproekt", Chelyabinsk, Russia*

Keywords: permafrost soils, statistical assessment, mathematical modeling, soil stabilization.

Abstract. The article discusses the need to study the dependence of the characteristics affecting the stabilization of permafrost-ground conditions at the base of the railway track by statistical evaluation, and the further application of these data in quantitative and qualitative assessment. It is concluded that the combination of various methods, namely the use of analytics as value judgments, allows to reduce the ambiguity of interpretation of the results of work in engineering-geological surveys and increase their reliability.

Проблема деградации многолетнемерзлых грунтов в условиях эксплуатации линейных сооружений, а именно автомобильных и железных дорог широко освещается в современных научных исследованиях в области инженерно-геологических изысканий.

Опыт, который приобретается за время эксплуатации земляного полотна на таких участках железных дорог как БАМ (Байкало-амурская магистраль) необходимо систематизировать и использовать при проектировании и строительстве новых участков железнодорожных путей в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов. Такой подход должен помочь учитывать стабилизацию мерзлотно-грунтовых условий при эксплуатации

земляного полотна, сокращение трат на ремонт и содержании, как следствие, достижение минимального снижения нагрузки на него [1-5].

Стоит отметить, что проведение полевых работ при инженерно-геологических изысканиях (ИГИ) достаточно трудоёмкий процесс, но их окончание не означает завершение всей работы. Результатом ИГИ является набор данных, который необходимо систематизировать и упорядочить, а затем проанализировать и интерпретировать для оценки и прогноза на начальных этапах изменения инженерно-геологических условий участка изысканий.

Использование математических методов в практических исследованиях способствует более глубокому познанию изучаемых объектов, количественному учету и оценкам не только двумерных, но и многомерных связей между наблюдаемыми геологическими объектами и явлениями, исключая в ряде случаев возможности различного толкования одних и тех же фактических данных. При этом исследование, оценка и прогнозирование изменений изучаемого объекта (природного процесса) сопряжены со значительными трудностями, которые определяются разнообразием и многофакторностью условий его формирования и развития [6]. В настоящее время в инженерной геологии, под влиянием требований нормативно-технической документации и всевозрастающей сложности проектируемых объектов, цена ошибки при выборе метода исследований возрастает. Научное сообщество изучает различные методы научных экспериментов, анализа и обобщения получаемых результатов. Все активнее рассматривается проникновение математических методов исследований в инженерную геологию.

Инженерная геология не может ограничиваться изучением лишь качественных сторон явлений и процессов, а должна выявлять их количественные характеристики, обеспечивая тем самым более высокий научный уровень исследований.

Необходимость применять математические методы обработки, анализа и обобщения данных все острее ощущается не только при прогнозировании, поисках, разведках и оценках месторождений полезных ископаемых, но и при проведении любых геологических исследований.

При инженерно-геологических изысканиях в районах распространения многолетнемерзлых грунтов дополнительно следует устанавливать качественный или количественный прогноз изменения геокриологических условий во времени и пространстве, в естественных условиях и в процессе освоения, устойчивости состояния ММГ и допустимых техногенных воздействий на них в процессе строительства и эксплуатации проектируемых объектов ("СП 47.13330.2016. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения").

Один из применимых методов исследования качественной и количественной оценки – теплотехнический расчет, представляющий из себя метод математического моделирования. Для выполнения таких расчетов в

настоящее время применяются различные программные обеспечения (например, Qfrost, Plaxis и т.д.). Такой расчет позволяет смоделировать грунтово-мерзлотные условия с прогнозом на определенный срок во времени в системе грунт-сооружение и предусмотреть мероприятия по обеспечению стабилизации. Однако количество и качество критериев, берущихся в расчет и влияющих на стабилизацию грунтовых условий, на больших линейных сооружениях могут не обеспечить полноту и качество такого расчета.

Некоторые исследователи сходятся во мнении, что установление эмпирических корреляционных соотношений между исследуемыми признаками, полученными инженерно-геологическими методами, является актуальной задачей и имеет большое практическое значение [7].

Изучение зависимостей между исследуемыми признаками и выделение наиболее важных из них необходимо для правильной количественной оценки связей между ними и прогноза инженерно-геологических условий участка изысканий. Для этого используется методы оценочного статистического анализа.

Опыт применения математического моделирования для расчетов состояния неоднородных массивов горных пород показывает, что поскольку на стабилизацию мерзлотно-грунтовых условий в грунтах воздействует множество природных и техногенных факторов, то при решении некоторых задач более рационально оценивать влияние каждого фактора в отдельности, в процессе расчетов добавляя их воздействие [8].

В настоящее время методика статистического анализа применяется при обследовании данных по результатам проходов путеизмерительных вагонов, в качестве основного метода в комплексе для обследований по методике "Технологического регламента диагностики и режимных наблюдений объектов земляного полотна для постоянной эксплуатации" в Тындинской Мерзлотной станции.

Такой анализ при минимальных трудозатратах позволяет выделять неблагоприятные участки пути и их границы, причём с большой степенью надежности результатов на стадии предварительного диагностирования объектов.

Мерзлотная станция использует результаты статистической оценки стабильности рельсовой колеи для предварительного определения характера и причин деформаций земляного полотна, что повышает адресность инженерно-геологического обследования. Однако несмотря на то, что данная статья отражает положительный эффект при использовании методики, результаты исследования в текущем виде не могут применяться на практике или служить полноценным обоснованием оценки качества в связи с отсутствием понимания объективности при использовании и отсутствии информации по объему выборки и требуют дальнейшего подтверждения на каком-либо объеме статистических данных [9].

Выполнение статистического анализа исследуемых характеристик позволит оценить корреляционную зависимость механизма дестабилизации

многолетнемерзлых грунтов под железнодорожной насыпью и выделит основные причины, влияющие на этот процесс.

Сочетание же различных методов, а именно применение аналитики в качестве оценочных суждений позволяет уменьшить неоднозначность интерпретации результатов работ и повысить их достоверность.

Список литературы

1. Ашпиз Е.С., Хрусталева Л.Н. Предотвращение деградации многолетнемерзлых грунтов в основании насыпей железных дорог // Криосфера Земли. – 2020. – Т. 24, № 5. – С. 45-50. – DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2020-5(45-50).
2. Жданова С.М., Дыдышко П.И. Усиление земляного полотна на оттаивающих вечноммерзлых грунтах. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2005 – 135 с.
3. Исаков В.В., Гребенец В.И., Фуникова В.В., Бабенко В.А., Исакова Д.И. Влияние квазистационарного температурного состояния геотехнических систем дорожных насыпей в криолитозоне на активность криогенных процессов // Инженерная геология. – 2020. – Т. XV, №4. – С. 54-67. – DOI: 10.25296/1993-5056-2020-15-4-54-67.
4. Кудрявцев С.А., Вальцева Т.Ю., Гаврилов И.И., Грибанов А.П., Котенко Ж.И., Зацемирная Ю.А., Петрова М.И. Усиление многолетнемерзлых грунтов оснований железнодорожных насыпей на станции Юктали геосинтетическими материалами // Проектирование развития региональной сети железных дорог. – 2021. – №9. – С. 40-47.
5. Основы геофизиологии (мерзлотоведения) / под ред. Цытовича Н.А. – Акад. наук СССР. Ин-т мерзлотоведения им. В. А. Обручева; [Ред. коллегия: действ. чл. Акад. строительства и архитектуры чл.-корр. АН СССР (пред.) и др.]. – Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1959. – 2 т.
6. Шамурзаева Д.А., Оценка развития оползневого процесса на территории Горного Дагестана: дисс. ... канд. геол.-мин. наук. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2017. – 272 с.
7. Каждан А.Б., Гуськов О.И. Математические методы в геологии. – М.: Недра, 1990. – 251 с.
8. Калинин Э.В. Из истории исследования напряженно-деформированного состояния массивов горных пород методами математического моделирования // Инженерная геология. – 2021. – Т. XVI, №3. – С. 26-37 – DOI: 10.25296/1993-5056-2021-16-3-26-37.
9. Гаврилов И.И. Опыт применения статистической обработки записей просадок рельсовых нитей при обследовании земляного полотна железных дорог дальнего востока // Проблемы проектирования и строительства железных дорог: межвузовский сборник научных трудов. – Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2011. – С. 59-64.

References

1. Ashpiz E.S., Khurstalev L.N. Prevention of degradation of permafrost soils at the base of railway embankments // Cryosphere of the Earth. 2020, vol. 24, no. 5, pp. 45-50. – DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2020-5(45-50).
2. Zhdanova S.M., Dydysenko P.I. Strengthening of the roadbed on thawing permafrost soils. – Khabarovsk: Publ. house of DVGUPS, 2005 – 135 p.

3. Isakov V.V., Grebenets V.I., Funikova V.V., Babenko V.A., Isakova D.I. Influence of quasi-stationary temperature state of geotechnical systems of road embankments in the cryolithozone on the activity of cryogenic processes // *Engineering Geology*. 2020, vol. XV, no. 4, pp. 54-67. DOI: 10.25296/1993-5056-2020-15-4-54-6.
4. Kudryavtsev S.A., Valtseva T.Yu., Gavrilov I.I., Griбанov A.P., Kotenko Zh.I., Zatsmirnaya Yu.A., Petrova M.I. Strengthening of permafrost soils of the foundations of railway embankments at the Yuktali station with geosynthetic materials // *Designing the development of the regional railway network*. 2021, no. 9, pp. 40-47.
5. *Fundamentals of geocryology (permafrost)* / ed. Tsytovich N.A. – Academy of Sciences of the USSR. Institute of Permafrost Studies named after V.A. Obruchev; [Editorial Board: Acad. construction and architecture chl.-corr. USSR Academy of Sciences (pred.), etc.]. – M.: Publ. house of the Academy of Sciences of the USSR, 1959. – 2 vols.
6. Shamurzayeva D.A. Assessment of the development of the landslide process in the territory of Mountainous Dagestan: diss. ... cand. of geol. sc. – M.: Lomonosov Moscow State University, 2017. – 272 p.
7. Kazhdan A.B., Guskov O.I. *Mathematical methods in geology*. – M.: Nedra, 1990. – 251 p.
8. Kalinin E.V., From the history of the study of the stress-strain state of rock massifs by mathematical modeling methods // *Engineering Geology*. 2021, vol. XVI, no. 3, pp. 26-37. – DOI: 10.25296/1993-5056-2021-16-3-26-37.
9. Gavrilov I.I. The experience of using statistical processing of records of drawdowns of rail threads in the survey of the roadbed of the railways of the Far East // *Problems of railway design and construction: interuniversity collection of scientific papers*. – Khabarovsk: Far Eastern State University of Railway Engineering, 2011. – P. 59-64.

Ишмаев Олег Андреевич – аспирант, инженер 1 категории sa100365@mail.ru	Ishmaev Oleg Andreevich – postgraduate student, engineer of the 1st category
---	--

Received 24.03.2023