

УДК 624.131.1

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА УЧАСТКА
ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ «ПАНГОДЫ — НОВЫЙ УРЕНГОЙ»**

Селезнева Ю. Н.¹, Ядзинская М. Р.², Гайнанов Ш. Х.², Козловский С. В.³

¹ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
Комсомольский проспект, д. 29, Пермь, Россия. E-mail: yulish94@mail.ru,

²ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
ул. Букирева, д. 15, Пермь, Россия. E-mail: marinayadzinskaya@mail.ru

³АО «Мосинжпроект», Ходынский б-р, д. 10, Москва, Россия

В статье изложена методика инженерно-геологического районирования территории железнодорожного пути с помощью балльной оценки классификационного показателя. Для этого были проанализированы геокриологические условия участка железной дороги «Пангоды — Новый Уренгой», характеризующиеся островным распространением многолетнемерзлых пород. После анализа выбраны факторные признаки оказывающие наибольшее влияние на устойчивость железнодорожного пути. По выбранным признакам была проведена балльная оценка и рассчитан интегральный классификационный показатель (Кр). По классификационному показателю были определены граничные значения и выделены таксоны, на основе которых, составлялась схема инженерно-геологического районирования. В результате исследования были выделены два таксона характеризующиеся устойчивым и малоустойчивым состоянием насыпи железнодорожного пути, рекомендованы мероприятия по улучшению устойчивости насыпи. Данная методика, довольно простая и надежная, может применяться для предварительной оценки инженерно-геологических условий исследуемых территорий.

Ключевые слова: инженерно-геологическое районирование, устойчивость, классификационный показатель, балльная оценка, железнодорожный путь, многолетнемерзлые породы, граничные значения, факторные признаки.

ВВЕДЕНИЕ

Рациональное и эффективное освоение территории требует предварительной оценки инженерно-геологических условий. На основании оценки проводится инженерно-геологическое районирование — разделение территории на соподчиненные части, характеризующиеся общими инженерно-геологическими признаками [1].

В практике районирования существуют три группы способов оценки геологических признаков: балльный [2, 3, 4,], нормирования [1, 5] и вероятностно-статистический [6–13]. Методику выбирают в зависимости от цели районирования.

Территория исследований представляет собой участок 731–752 км перегона «Пангоды — Новый Уренгой» Свердловской железной дороги. В геоморфологическом отношении участок исследований расположен в пределах Ненецкой возвышенности на четвертичной аллювиально-морской пологоволнистой, слабодисциплинированной аккумулятивной равнине, сложенной с поверхности мощной толщей рыхлых четвертичных отложений. Орографически это плоская, в различной степени заболоченная, заозеренная и залесенная пологоувалистая местность. Характерны холмы и гряды различного простирания. Участок изысканий приурочен

к долине р. Томчару-Яха.

В тектоническом отношении участок изысканий располагается на северо-западе Западно-Сибирской плиты и небольшой части ее складчатого Полярно-Уральского обрамления.

В геологическом строении района работ принимают участие рыхлые отложения средне- и верхнечетвертичного возраста. Природные грунты с поверхности перекрыты техногенными грунтами (tQIV), слагающими железнодорожную насыпь. Под насыпью залегают озерные четвертичные отложения (IQII), представленные песками, супесями, суглинками и биогенные четвертичные отложения (bQIV), представленные торфом.

На территории железной дороги Пангоды — Новый Уренгой не проведены инженерно-геологические исследования. Поэтому целью данной работы является оценка инженерно-геологических условий территорий строительства участка железной дороги «Пангоды — Новый Уренгой» с позиций надежной работы этого сооружения. Для достижения поставленной цели необходимо провести специальное инженерно-геологическое районирование.

МЕТОДИКА

Методика инженерно-геологического районирования сводится к выбору, количественной оценке и ранжированию ведущих геологических признаков, которые определяются целью районирования, а в данном случае надежной работой сооружения. Далее рассчитывается интегральный классификационный показатель (Кр), для которого определяются граничные значения и выделяются таксоны.

В условиях, когда не известны классификационный показатель и его граничные значения, а имеются данные факторных признаков целесообразно использовать методику, основанную на балльной оценке инженерно-геокриологических условий.

Алгоритм исследований следующий:

- 1) Составляется модель «сооружение — природная среда».
- 2) Производится выбор и обоснование факторных признаков.
- 3) Производится балльная оценка факторных признаков и их ранжирование.
- 4) Производится расчет классификационного показателя.
- 5) Выделяются таксоны по граничным значениям.
- 6) Составляется карта инженерно-геологического районирования, описываются таксоны

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Анализ модели «сооружение — природная среда», показал, что на устойчивость железной дороги большее влияние будут оказывать геологические процессы и тип грунта.

Основанием железной дороги служат талые и мерзлые грунты. От состояния грунтов (талое, мерзлое) в активной зоне насыпи будет зависеть устойчивость железнодорожного пути. Таким образом, за первый факторный признак была взята

глубина залегания многолетнемерзлых пород (h). Граничное значение этого показателя $h = 1.1$ метр определены СП 119.13330 Приложение Г (табл. 1).

Таблица 1.

Бальная оценка компонентов признака «тип грунта»

Глубина залегания кровли ммп h, м	Балл	Состояние объекта
> 1,1	1	Устойчивое
< 1,1	2	Малоустойчивое

Кроме многолетнемерзлых пород на устойчивость сооружения будет влиять наличие в разрезе специфических грунтов, в данном случае — торфов (табл. 2).

Таблица 2.

Бальная оценка компонентов признака «специфические грунты»

Наличие органических грунтов	Балл	Состояние объекта
отсутствуют	1	Устойчивое
присутствуют	2	Малоустойчивое

Важным признаком устойчивости территории являются геологические процессы. На территории изысканий распространены процессы подтопления. При подъеме уровня подземных вод, могут происходить дополнительные осадки грунтов оснований. Подтопление подземными водами ведет к водонасыщению грунтов оснований ухудшению их деформационных характеристик и изменению напряженного состояния сжимаемой толщи основания. В качестве численного показателя был взят уровень грунтовых вод (УГВ), граничные значения классификационного показателя были приняты по пункту 5.4.8 СП 50-101-2004 (табл. 3).

Таблица 3.

Бальная оценка компонентов признака «процессы подтопления»

Подтопление	Уровень грунтовых вод, м	Балл	Состояние объекта
Не подтопляемые	> 3,0	1	Устойчивое
Подтопляемые	< 3,0	2	Малоустойчивое

Исследованные факторные признаки вносят не одинаковый вклад в формирование устойчивости железнодорожной насыпи. Вследствие этого проведена экспертная оценка влияния данных признаков на устойчивость железнодорожного пути. На основании экспертной оценки всем признакам присвоены весовые коэффициенты. Чем меньше численное весового коэффициента, тем меньшее влияние оказывает признак на устойчивость сооружения (таблица 4).

Таблица 4.

Бальная оценка геологических признаков трассы железной дороги

Признак			Компоненты признака	
Наименование	Обозначение	Ранг	Баллы	
			1	2
Процессы подтопления	А	3	Глубина залегания УГВ	
			> 3,0	< 3,0
Тип грунта	Б	2	Глубина залегания кровли ммп	
			> 1,1	0–1,1
Специфические грунты (органические -торф)	В	1	Наличие торфа в разрезе	
			отсутствует	присутствует

Классификационный показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$K_p = 3A_i + 2B_i + 1V_i \quad (1)$$

где 1,2,3 — весовые коэффициенты, A_i , B_i , V_i — балльные значения компонентов признаков [3].

Граничное значение K_p указывает на то, что сооружение переходит из устойчивого в малоустойчивое состояние. Для устойчивого состояния железнодорожной насыпи каждый из исследуемых признаков характеризуется одним баллом, тогда классификационный показатель принимает следующее численное значение:

$$K_p = 3 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 1 = 6$$

Для малоустойчивого состояния железнодорожной насыпи каждый из исследуемых признаков характеризуется двумя баллами, тогда классификационный показатель принимает следующее численное значение:

$$K_p = 3 \cdot 2 + 2 \cdot 2 + 1 \cdot 2 = 12$$

Оценка инженерно-геологических условий показала, что в пределах исследуемой территории выявлены участки, которые характеризуются значениями $K_p > 6$ и $K_p < 12$ баллов. Для отнесения этих участков к первому или второму таксону принят следующий методический прием: считаем, что при $K_p = 6$ баллам, вероятность того, что железнодорожная насыпь будет находиться в устойчивом состоянии равна $P = 1$, а при $K_p = 12$ баллам эта вероятность равна $P = 0$. Тогда при $P > 0,5$, что соответствует территориям с $K_p = 6-9$ баллов, железнодорожная насыпь будут находиться в устойчивом состоянии (таксон 1). При $P < 0,5$, что соответствует территориям с $K_p = 9-12$ баллов, железнодорожная насыпь будут находиться в малоустойчивом состоянии (таксон 2).

Тогда модель районирования будет выглядеть следующим образом (таблица 5):

Модель инженерно-геологического районирования

Таксон	Состояние объекта	Значение Кр
I	Устойчивое	6–9
II	Малоустойчивое	9–12

Подготовка итогового картографического материала осуществлялась в геоинформационных системах. Они являются хорошим инструментом в деятельности инженер-геолога. В первую очередь, по подготовке фактографического материала и решения задач, связанных с комплексным районированием [14, 15].

Таким образом, на территории исследований было выделено два таксона (рис. 1).

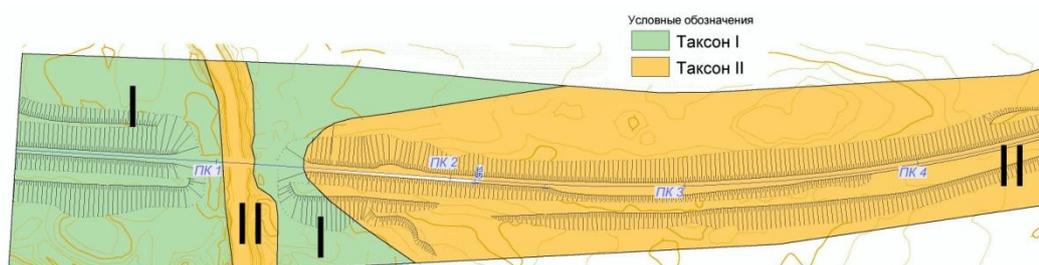


Рис. 1. Фрагмент карты инженерно-геологического районирования.

Таксон 1. Характеризуется граничными значениями $K_r = 6-9$. Уровень грунтовых вод на этих участках залегает на глубине более 3,0 м (от 3,1 до 10,5 м), кровля многолетнемерзлых пород залегает на глубине от 1,5 до 24,1 м, то есть ниже глубины активной зоны насыпи, встречены органические грунты (торф) с мощностью от 0,5 до 1,9 м.

Таксон 2. Характеризуется граничными значениями $K_r = 9-12$. Уровень грунтовых вод залегает на глубине менее 3,0 м (от 0,0 до 3,0 м), кровля многолетнемерзлых пород залегает на глубине от 0,9 до 6,1 м, встречены органические грунты — торфы, с мощностью слоя от 0,3 до 1,9 м.

ВЫВОДЫ

Проведена оценка инженерно-геологических условий строительства участка перегона 731–752 км железной дороги «Пангоды — Новый Уренгой» и на основе метода бальной оценки с использованием современных геоинформационных систем составлена карта специального инженерно-геологического районирования по степени устойчивости железнодорожной насыпи.

По результатам специального районирования рекомендовано:

– на участках (таксона 1), где насыпь находится в устойчивом состоянии, следует провести частичную выторфовку и организовать локальные наблюдения за

состоянием многолетнемерзлых пород;

– на участках (таксона 2), где насыпь находится в малоустойчивом состоянии, также следует провести частичную выторфовку, организовать системные наблюдения за состоянием многолетнемерзлых пород. По результатам мониторинга принимать оперативные решения по поддержанию железнодорожной насыпи в устойчивом состоянии. Организовать сток поверхностных вод.

Список литературы

1. Бондарик Г. К., Пендин В. В. Методика количественной оценки инженерно-геологических условий и специального инженерно-геологического районирования // Инженерная геология. 1982. № 4. С. 82–89.
2. Красильников П. А., Коноплев А. В., Хронусов В. В., Барский М. Г. Геоинформационное обеспечение экономической оценки природно-ресурсного потенциала территорий Пермского края // Экономика региона. 2009. № 1. С. 143–151.
3. Середин В. В., Пушкарева М. В., Лейбович Л. О., Бахарева Н. С. Методика инженерно-геологического районирования на основе бальной оценки классификационного признака // Инженерная геология. 2011. № 3. С. 20–25.
4. Новокрещенных А. А., Новопоселенских Л. А., Спаский Б. А., Наумов В. А., Иларионов С. А. Геоэкологическое районирование территории качканарского горно-обогатительного комбината // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5
5. Оздоева Л. И. Использование интегрального показателя инженерно-геологических условий при крупномасштабном инженерно-геологическом районировании городских территорий // Изв. вузов. Геология и разведка. 1981. № 8. С. 70–74.
6. Середин В. В., Галкин В. И., Пушкарева М. В., Лейбович Л. О., Сметанин С. Н. Вероятностно-статистическая оценка инженерно-геологических условий для специального районирования // Инженерная геология. 2011. № 4. С. 42–47.
7. Толмачев В. В. Вероятностный подход при оценке устойчивости закарстованных территорий и проектировании противокарстовых мероприятий // Там же. 1980. № 3. С. 98–107.
8. Галкин В. И., Середин В. В., Красильников П. А., Растегаев А. В. Разработка многомерных статистических моделей для инженерно-геологического районирования территорий // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2017. № 3. С. 58–66.
9. Минц А. А. Вопросы комплексной экономической оценки природных условий и естественных ресурсов в свете задач современной географии // Изв. АН СССР. Сер. География. 1965. № 2
10. Голодковская Г. А., Лебедева Н. И. Инженерно-геологическое районирование г. Москвы // Инженерная геология. 1984. № 3. С. 87–102.
11. Некрасов М. А., Середин В. В. Районирование территорий для рационального размещения объектов строительства // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2016. Т. 2. С. 437–440
12. Ядзинская М. Р., Середин В. В. Районирование территорий строительства промышленных объектов // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2016. Т. 2. С. 479–482.
13. Середин В. В., Ядзинская М. Р. Районирование территории коридора коммуникаций на Северо-Харьягинском нефтяном месторождении // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 673.
14. Красильников П. А. Использование геоинформационных систем для решения прогнозных инженерно-геологических задач при разработке месторождений полезных ископаемых // Вестник Пермского университета. Геология. 2020. Т. 19. № 1. С. 65–72.
15. Красильников П. А., Коноплев А. В., Кустов И. В., Красильникова С. . Геоинформационное обеспечение инженерно-экологических изысканий // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–14. С. 3161–3165.

**ENGINEERING-GEOLOGICAL ZONING USING GIS OF THE «PANGODY -
NOVY URENGOY» RAILWAY SECTION CONSTRUCTION**

Selezneva Yu. N.¹, Yadzinskaya M. R.², Gainanov Sh. Kh.², Kozlovsky S. V.³

¹ Perm National Research Polytechnic University, bld. 29, Komsomolskiy prospect, 614000, Perm, Russia

² Perm State University, bld. 15, Bukireva str., 614000, Perm, Russia

³ Mosinzhproekt, bld. 10, Khodynsky blvd., Moscow, Russia

The article describes the methodology of engineering-geological zoning of the territory of the railway track using a point assessment of the classification indicator. Permafrost geocryological conditions of the Pangody — Novy Urengoy railway section were analyzed, the area is characterized by an insular distribution of permafrost. After that, the factorial features that have the greatest impact on the stability of the railway track are selected. The scoring was carried out according to the selected characteristics and the integral classification indicator (Кр) was calculated. Boundary values were determined according to the classification indicator and taxon were identified. The geotechnical zoning scheme was drawn up on the basis of these taxon. As a result of the study, two taxon's were identified, characterized by a stable and unstable state of the railroad embankment, and measures were recommended to improve the stability of the embankment. This technique, quite simple and reliable, can be used for a preliminary assessment of the engineering and geological conditions the areas study.

The purpose of this work is to assess the engineering and geological conditions of the construction areas of the Pangody — Novy Urengoy railway section from the standpoint of the reliable operation of this structure

Keywords: engineering-geological zoning, stability, classification indicator, score, railway track, permafrost, boundary values, factor signs.

References

1. Bondarik G. K., Pendin V. V. Quantitative assessment methods of engineering-geological conditions and special engineering-geological zoning // Engineering geology. 1982. No. 4. pp. 82–89. (in Russian)
2. Krasilnikov P. A., Konoplev A. V., Khronusov V. V., Barsky M. G. Geoinformation support of economic assessment of the natural resource potential of the territories of the Perm region // Economy of the region. 2009. No. 1. pp. 143–151. (in Russian)
3. Seredin V. V., Pushkareva M.V., Leibovich L. O., Bakhareva N.S. Methodology of engineering geological zoning based on score estimation of classification feature // Engineering Geology. 2011. No. 3. pp. 20–25. (in Russian)
4. Novokreschenykh A. A., Novoposelenskikh L. A., Spassky B. A., Naumov V. A., Ilarionov S. A. Geocological regionalization of the Kachkanar mining and processing plant territory // Modern problems of science and education. 2014. No. 5 (in Russian)
5. Ozdoeva L. I. The use of integral index of engineering geological conditions in large-scale engineering geological zoning of urban areas // Izv. universities. Geology and Exploration. 1981. No. 8.P.70-74.
6. Seredin V. V., Galkin V. I., Pushkareva M. V., Leibovich L. O., Smetanin S.N. Probabilistic-statistical assessment of engineering-geological conditions for special regionalization // Engineering geology. 2011. No. 4. pp. 42–47. (in Russian)
7. Tolmachev V. V. Probabilistic approach to assessing the stability of karst territories and designing anti-karst measures // Ibid. 1980. No. 3. pp 98–107. (in Russian)

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ...

8. Galkin V. I., Seredin V. V., Krasilnikov P. A., Rastegaev A. V. Development of multidimensional statistical models for engineering-geological zoning of territories // *Geoecology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology*. 2017. No. 3. pp. 58–66.
9. Mints A. A. Issues of comprehensive economic evaluation of natural conditions and natural resources as regards to the tasks of modern geography // *Izv. Academy of Sciences of the USSR. Ser. Geography*. 1965. # 2
10. Golodkovskaya G. A., Lebedeva N. I. Engineering-geological zoning of Moscow // *Engineering geology*. 1984. No. 3. pp. 87–102. (in Russian)
11. Nekrasov M. A., Seredin V. V. The division into districts of territory for the rational distribution of construction objects // *Modern technologies in construction. Theory and practice*. 2016. Vol. 2. pp. 437–440 (in Russian)
12. Yadzinskaya M. R., Seredin V. V. Zoning of territories for the construction of industrial facilities // *Modern technologies in construction. Theory and practice*. 2016. Vol. 2. pp. 479-482. (in Russian)
13. Seredin V. V., Yadzinskaya M. R. Zoning of the communication corridor in the north kharyaga oil field // *Modern problems of science and education*. 2014. No. 5. p. 673.
14. Krasilnikov P. A. The use of geographic information systems for solving predictive engineering and geological problems in the development of mineral deposits // *Bulletin of Perm University. Geology*. 2020. Vol. 19.No. 1. pp. 65–72.
15. Krasilnikov P. A., Konoplev A. V., Kustov I.V., Krasilnikova S.A. Geoinformation support of engineering and environmental surveys // *Fundamental research*. 2013. No. 10-14. pp. 3161–3165.

Поступила в редакцию 13.10.2020 г.