

## РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ КОРИДОРА КОММУНИКАЦИЙ НА СЕВЕРО-ХАРЬЯГИНСКОМ НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Середин В.В., Ядзинская М.Р.

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, e-mail: nedra@nedra.perm.ru*

Для эффективного и рационального освоения территории нефтяных месторождений, расположенной в зоне островного распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ), необходимо оценить инженерно-геокриологические условия. На основании этой оценки провести инженерно-геокриологическое районирование, под которым понимаем разделение территории на соподчиненные части, характеризующиеся внутренней общностью и внешними различиями инженерно-геологических и геокриологических условий. Районирование территории выполняется по различным классификационным показателям и зачастую проводится только на качественном уровне. Поэтому результаты районирования одной и той же территории могут существенно отличаться друг от друга. В работе для более обоснованного разделения территории использована методика районирования, основанная на вероятностно-статистической оценке инженерно-геокриологических условий. Составлена схема районирования трассы нефтепровода. Выделено два таксона: I таксон – устойчивые к деформациям участки; II таксон – малоустойчивые к деформациям участки. Выполненная работа позволила обоснованно выбрать тип фундаментов нефтепровода на Северо-Харьягинском нефтяном месторождении.

Ключевые слова: районирование, инженерно-геокриологические условия, нефтяные месторождения, вероятность, корреляция, таксоны.

## ZONING OF THE COMMUNICATION CORRIDOR IN THE NORTH KHARYAGA OIL FIELD

Seredin V.V., Iadzinskaia M.R.

*Perm State National Research University, nedra@nedra.perm.ru*

In order to effectively use oil fields areas situated in the insular permafrost zone, it is necessary to estimate engineering permafrost conditions. According to the estimate data it is necessary to carry out engineering permafrost zoning which means dividing the area into subdominant parts that are internally common but have different engineering geology and permafrost conditions. Zoning may include different classification factors and is often performed at the quality level. Therefore, the results of zoning of the same territory may differ significantly from each other. In this paper, for a reasonable division of the territory, the authors used the method of zoning based on probabilistic and statistical evaluation of engineering and permafrost conditions. The scheme of the pipeline route zoning was made. Two taxons were allocated: taxon I – areas resistant to deformation; taxon II – areas unstable to deformation. This work has allowed to choose reasonably the type of foundations for the pipeline in the North Kharyaga oil field.

Keywords: zoning, engineering permafrost conditions, oil fields, probability, correlation, taxon.

### Актуальность проблемы

Для эффективного и рационального освоения территории нефтяных месторождений, расположенной в зоне островного распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ) республики КОМИ, необходимо оценить инженерно-геокриологические условия [3]. На основании этой оценки провести инженерно-геокриологическое районирование, под которым понимаем разделение территории на соподчиненные части, характеризующиеся внутренней общностью и внешними различиями инженерно-геологических и геокриологических условий [10].

Районирование территории выполняют по различным классификационным показателям [2, 3, 9], и оно зачастую проводится только на качественном уровне [10]. Поэтому результаты

районирования одной и той же территории могут существенно отличаться друг от друга [4, 5]. В данной работе для обоснованного разделения территории использована методика районирования, основанная на вероятностно-статистической оценке инженерно-геокриологических условий [9].

Целью работы является районирование территории для обоснованного выбора фундаментов нефтепровода на Северо-Харьягинском нефтяном месторождении.

### **Методика работы**

Особенностью районирования, основанного на вероятностной оценке инженерно-геологических и геокриологических условий [9], является то, что:

- неизвестен классификационный показатель;
- неизвестны граничные условия классификационного показателя;
- известны отдельные участки территории, где сооружения находятся в устойчивом (I) и неустойчивом (II) состоянии;
- известны численные значения факторных (природных) признаков в каждой подобласти исследуемой территории.

Алгоритм районирования следующий:

- 1) составляются выборки для I и II участков по каждому факторному признаку;
- 2) определяется интервальная вероятность по двум участкам;
- 3) по данным интервальных вероятностей для каждого участка строится номограмма, либо рассчитывается уравнение регрессии;
- 4) используя номограмму или уравнение связи, рассчитываем вероятность отнесения точки наблюдения к I или II участкам по каждому признаку для каждой подобласти;
- 5) используя интервальные вероятности, относим точки опробования к I или II участкам по всем исследуемым признакам, рассчитываем общую вероятность отнесения точки к I или II участкам;
- 6) в качестве классификационного признака используем общую вероятность;
- 7) обосновываем граничные значения классификационного признака;
- 8) составляем модель районирования;
- 9) определяем общую вероятность классификационного признака в каждой точке наблюдения (подобласти);
- 10) составляем карту районирования и описываем таксоны [8, 9].

### **Результаты исследований**

#### *Разработка модели «сооружение – геологическая среда»*

При строительстве на многолетнемерзлых грунтах в зависимости от инженерно-геокриологических условий и возможности целенаправленного изменения свойств грунтов

основания применяется один из следующих принципов использования ММГ в качестве грунтового основания:

- принцип I – ММГ основания используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации;
- принцип II – ММГ используются в оттаянном или оттаивающем состоянии (с их предварительным оттаиванием на расчетную глубину до начала возведения сооружения или с допущением их оттаивания в период эксплуатации сооружения).

Принцип I следует применить, если грунты основания можно сохранить в мерзлом состоянии при экономически целесообразных затратах на мероприятия, обеспечивающие сохранение такого состояния.

На площадках надлежит предусматривать, как правило, один принцип использования ММГ в качестве основания. Линейные сооружения допускается проектировать с применением на отдельных участках трассы разных принципов строительства, при этом следует предусматривать меры по приспособлению их конструкций к неравномерным деформациям основания в местах перехода от одного участка к другому [3].

Низкотемпературные многолетнемерзлые грунты являются устойчивыми к деформациям, участки с распространением таких грунтов были приняты за *I эталонный участок*. Такие грунты, как правило, находятся в твердомерзлом температурно-прочностном состоянии.

*За II эталонный участок* принят участок с развитием таликов, т.к. он является малоустойчивым к деформациям. В основании сооружений находится талые грунты, которые представлены суглинками мягкопластичной и тугопластичной консистенции.

#### *Выбор и обоснование классификационного признака*

На территории изысканий распространены участки, на которых осуществляется переход от ММГ к таликовой зоне. Как правило, грунты на таких участках являются пластичномерзлыми и являются малоустойчивыми к деформациям.

Таким образом, за геологический признак, оказывающий существенное влияние на устойчивость сооружений, была принята глубина кровли ММГ ( $h$ ).

К I эталонному участку отнесены территории, на которых ММГ встречены с глубиной кровли до 1,0 м. Ко II эталонному участку отнесены территории, на которых кровля ММГ встречена с глубиной более 12,0 м (талые грунты на всю глубину изысканий). Составлена выборка по геологическому признаку «глубина кровли ММГ» (табл. 1).

**Таблица 1**

Выборка по геологическому признаку «глубина кровли ММГ»

№ скважины	Глубина кровли ММГ, $h, м$	№ скважины	Глубина кровли ММГ, $h, м$	№ скважины	Глубина кровли ММГ, $h, м$
------------	----------------------------	------------	----------------------------	------------	----------------------------

	I	II		I	II		I	II
18a	-	>12,0	35	0,8	-	51	-	>12,0
19	-	>12,0	39	0,8	-	52	-	>12,0
23	0,8	-	42	-	>15,0	1	-	>12,0
26	0,0	-	43	0,0	-	3	-	>12,0
30	0,8	-	44	1,0	-	4a	-	>12,0
28	-	>12,0	45	-	>15,0	6a	-	>12,0
29	-	>15,0	46	-	>15,0	17	-	>12,0
31	0,0	-	47	-	>15,0	18б	-	>12,0
32	0,0	-	48	-	>15,0	18	0,0	-
33	-	>15,0	49	-	>15,0	-	-	-
34	0,8	-	50	-	>12,0	-	-	-

*Обоснование граничных значений классификационного признака*

Для каждого исследуемого геологического признака находится интервальная вероятность  $P_i$ , под которой понимается вероятность, с которой точка наблюдения относится либо к первому эталонному участку  $P_I$ , либо ко второму  $P_{II}$  [9].

Для этого выполняется следующая последовательность операций: рассчитывается длина интервала по наблюдениям для каждой из двух выборочных совокупностей, определяется частота попадания в эти интервалы наблюдений I и II, и рассчитывается интервальная вероятность  $P_i$  (табл. 2).

**Таблица 2**

Интервальные вероятности для эталонных участков по признаку  
«глубина кровли ММГ»

Интервал	Частота, m		Частость, m/n			Интервальная вероятность	
	I	II	I	II	I+II	$P_I$	$P_{II}$
0-3	11	0	0,31	0,00	0,31	1,00	0,00
3-6	0	0	0,00	0,00	0,00	-	-
6-9	0	0	0,00	0,00	0,00	-	-
9-12	0	11	0,00	0,41	0,41	0,00	1,00
12-15	0	9	0,00	0,33	0,33	0,00	1,00
Итого	11	20	0,31	0,74	-	-	-

Это позволяет оценить геологические признаки через вероятность, т. е. формализовать инженерно-геологические условия [9].

В нашем случае размах выборки составляет:  $R = X_{max} - X_{min} = 15 - 0 = 15$ .

Число групп рассчитаем по формуле Стерджесса:  $k = 1 + 3,322 \lg(n) = 1 + 3,322 \lg(25) \approx 5,6$ .

Величина интервала составляет:  $h = R/k = 15/5,6 \approx 3$ .

По значениям интервальных вероятностей каждого эталонного участка строится график (рис. 1).

Затем, используя экспериментальные данные  $h$  и полученные графики, определяем вероятности отнесения точки опробования к эталонному участку I (табл. 3).

Таблица 3

Определение вероятности отнесения каждой точки опробования к эталонному участку I

№ п/п	№ скважины	Глубина кровли ММГ, м	вероятность отнесения к участку I	№ п/п	№ скважины	Глубина кровли ММГ, м	вероятность отнесения к участку I	№ п/п	№ скважины	Глубина кровли ММГ, м	Вероятность отнесения к участку I
1	18а	12,0	0,00	22	39	0,8	0,98	43	4	3,5	0,77
2	19	12,0	0,00	23	41	7,5	0,40	44	5	3,3	0,79
3	20	1,8	0,94	24	42	15,0	0,00	45	6	2,8	0,84
4	21	2,0	0,90	25	43	0,0	1,00	46	7	2,3	0,87
5	22	2,1	0,89	26	44	0,6	1,00	47	8	10,0	0,18
6	23	0,8	1,00	27	45	15,0	0,00	48	9	2,9	0,83
7	24	15,0	0,00	28	46	15,0	0,00	49	10	10,0	0,18
8	25	15,0	0,00	29	47	15,0	0,00	50	11	1,8	0,94
9	26	0,0	1,00	30	48	15,0	0,00	51	12	2,0	0,91
10	27	1,2	0,98	31	49	15,0	0,00	52	13	10,0	0,18
11	28	12,0	0,00	32	50	12,0	0,00	53	14	2,6	0,89
12	29	15,0	0,00	33	51	12,0	0,00	54	15	1,2	0,98
13	30	0,8	0,98	34	52	12,0	0,00	55	16а	2,5	0,87
14	31	0,0	1,00	35	1	12,0	0,00	56	16	2,6	0,86
15	32	0,0	1,00	36	3	12,0	0,00	57	17б	1,0	1,00
16	33	15,0	0,00	37	3а	3,0	0,82	58	18	0,0	1,00
17	34	0,8	0,98	38	4а	15,0	0,00	59	17а	2,0	0,91
18	35	0,8	0,98	39	6а	12,0	0,00	60	4б	3,4	0,78
19	36	12,0	0,00	40	8а	10,0	0,18	61	2	2,2	0,88
20	37	10,5	0,14	41	17	12,0	0,00	62	1а	2,4	0,88
21	38	1,5	0,96	42	18б	12,0	0,00	63	40	12,0	0,00

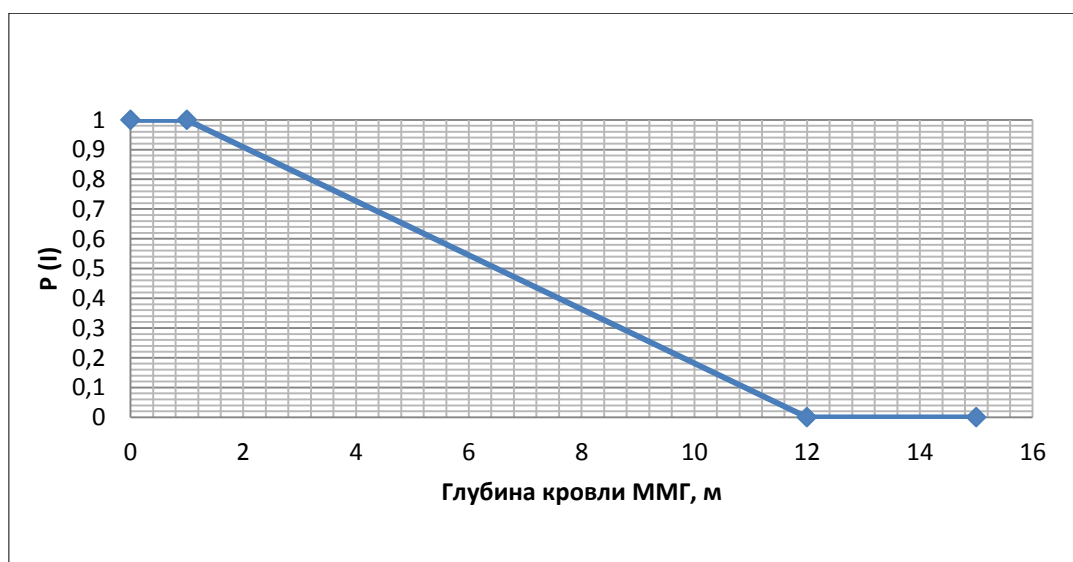


Рис. 1. График вероятности отнесения точки опробования по признаку «глубина кровли ММГ» к эталонному участку I

Модель районирования приведена в табл. 4.

**Таблица 4**

Модель районирования

Таксон	Состояние объекта	$P_{\text{общ}}$
I	Устойчивое	$>0,5$
II	Малоустойчивое	$\leq 0,5$

Таким образом, точки опробования, в которых вероятности варьируют от 0 до 0,5, относятся ко II эталонному участку. Точки опробования, в которых вероятности превышают 0,5, относятся к I эталонному участку. На основании полученной модели построена карта инженерно-геокриологического районирования (рис. 2). Из рис. 2 видно, что по устойчивости территории к деформациям, выделено 2 таксона:

- I таксон – устойчивые к деформациям участки;
- II таксон – малоустойчивые к деформациям участки.

*Характеристика таксонов*

I таксон – характеризуется следующими инженерно-геологическими условиями:

- в геологическом строении участвует один стратиграфо-генетический комплекс: нижне-четвертичные ледниковые и ледниково-морские отложения  $g, gmQ_I$ , перекрытые сверху верхнечетвертично-современными образованиями озерно-аллювиального происхождения  $aQ_{III-IV}$ ;
- гидрогеологические условия характеризуются наличием надмерзлотных вод, приуроченных к озерно-аллювиальным глинистым грунтам с прослоями песка; глубина залегания менее 2,0 м;

- из активных геологических и инженерно-геологических процессов, встреченных на участке изысканий и приводящих к ухудшению условий, отмечен процесс подтопления (потенциально подтопляемая и подтопленная территория в естественных условиях);
- специфические грунты представлены ММГ с глубиной залегания кровли до 6,0 м.

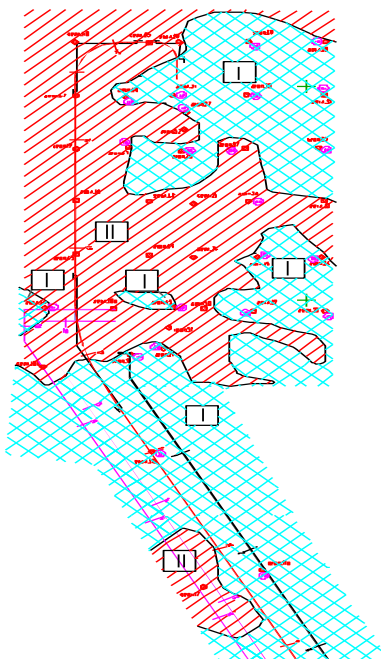


Рис. 2. Фрагмент схемы инженерно-геокриологического районирования:

таксон I – ; таксон II – 

II таксон – характеризуется следующими инженерно-геологическими условиями:

- в геологическом строении участвует один стратиграфо-генетический комплекс: нижнечетвертичные ледниковые и ледниково-морские отложения  $g, gmQ_I$ , перекрытые сверху верхне-четвертично-современными образованиями озерно-аллювиального происхождения  $aQ_{III-IV}$ ;
- гидрогеологические условия характеризуются наличием водоносного горизонта, приуроченного к глинистым грунтам с прослоями песка, также гидрогеологические условия осложняются наличием сырых участков в поймах временных водотоков;
- из активных геологических и инженерно-геологических процессов, встреченных на участке изысканий и приводящих к ухудшению условий, отмечены процессы подтопления (территория, постоянно подтопленная в естественных условиях) и морозного пучения грунтов;
- специфические грунты представлены ММГ, которые залегают на глубине более 6,0 м.

В результате работы составлена схема районирования трассы нефтепровода. Выделено два таксона: I таксон – устойчивые к деформациям участки; II таксон – малоустойчивые к деформациям участки. Выполненная работа позволила обоснованно выбрать тип фундаментов нефтепровода на Северо-Харьгагинском нефтяном месторождении.

## Список литературы

1. Каченов В.И., Середин В.В., Карманов С.В. К вопросу о влиянии нефтяных загрязнений на свойства грунтов // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – 2011. – № 11. – С. 164-165.
2. Круподеров В.С., Трофимов В.Т., Чекрыгина С.Н. Научно-методические подходы и принципы составления современной инженерно-геологической карты России масштаба 1:2 500 000 // Разведка и охрана недр. – 2008. – № 6. – С. 24-26.
3. Крюков А.В., Грива Г.И., Брушков А.В. Инженерно-геокриологические условия трассы газопровода Бованенково – Ухта на территории полуострова Ямал и схема районирования территории // Инженерная геология. – 2013. – № 4. – С. 26-33.
4. Осипов В.И., Кутепов В.М., Анисимова Н.Г., Кожевникова И.А., Козлякова И.В. Районирование геологической среды города Москвы для целей строительства объектов с заглубленными основаниями // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2011. – № 3. – С. 227-237.
5. Пендин В.В. Комплексный количественный анализ информации в инженерной геологии. – М.: КДУ, 2009. – С. 350.
6. Середин В.В. Санация территорий, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2000. – № 6. – С. 525.
7. Середин В.В. К вопросу о прочности засоленных глинистых грунтов // Инженерная геология. – 2014. – № 1. – С. 66-69.
8. Середин В.В., Андрианов А.В. К вопросу о методике определения прочностных характеристик грунтов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 946.
9. Середин В.В., Галкин В.И., Пушкарёва М.В., Лейбович Л.О., Сметанин С.Н. Вероятностно-статистическая оценка инженерно-геологических условий для специального районирования // Инженерная геология. – 2011. – № 4. – С. 42-47.
10. Середин В.В., Пушкарёва М.В., Лейбович Л.О., Бахарёва Н.С. Методика инженерно-геологического районирования на основе бальной оценки классификационного признака // Инженерная геология. – 2011. – № 3. – С. 20-25.

### Рецензенты:

Наумова О.Б., д.г.-м.н., зав. кафедрой поисков и разведки полезных ископаемых Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.

Гершанок В.А., д.т.н., профессор, профессор кафедры геофизики Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.