

ГЕОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ЗАПАДНОГО УРАЛА 2 (39) 2019



ГЕОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ЗАПАДНОГО УРАЛА

Выпуск 2 (39)

Пермь 2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Геология и полезные ископаемые Западного Урала

Сборник научных статей

Выпуск 2(39)

Под общей редакцией П. А. Красильникова



Пермь 2019

УДК 550.8+622
ББК 26.3
Г36

Геология и полезные ископаемые Западного Урала: сб. науч. Г36 ст. / под общ. ред. П. А. Красильникова; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2019. – Вып. 2(39). – 444 с.: ил.

ISBN 978-5-7944-3085-1

ISBN 978-5-7944-3294-7 (вып. 2(39))

Сборник содержит научные статьи по докладам 39-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, состоявшейся 21 мая 2019 г. на геологическом факультете Пермского государственного университета. Статьи посвящены геологии западного склона Урала, Камского Приуралья и прилегающих территорий. Рассмотрены общие вопросы геологии, проблемы минералогии, литологии, месторождений твёрдых полезных ископаемых, нефти и газа, а также вопросы геофизических методов исследования недр, гидрогеологии, карстоведения, инженерной геологии, экологической геологии.

Для геологов широкого профиля, нефтяников, геофизиков и других специалистов по исследованию недр Земли, добыче полезных ископаемых, экономистов, а также студентов геологических направлений и специальностей вузов.

УДК 550.8+622
ББК 26.3

*Печатается по решению ученого совета геологического факультета
Пермского государственного национального исследовательского университета*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

к.г.н. П. А. Красильников (гл. редактор), д.г.-м.н. Р. Г. Ибламинов,
д.г.-м.н. Т. В. Карасёва, д.г.-м.н. В. Н. Катаев, д.т.н. В. И. Костицын,
д.г.-м.н. О. Б. Наумова, д.г.-м.н. В.В. Середин

ISBN 978-5-7944-3085-1
ISBN 978-5-7944-3294-7 (вып. 2(39))

© ПГНИУ, 2019

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТРАССЫ НЕФТЕГАЗОСБОРНОГО ТРУБОПРОВОДА НА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

В работе приводится характеристика инженерно-геологических условий трассы проектируемого нефтегазосборного трубопровода, которая была выполнена в пределах территории месторождения. Участок изучения расположен в зоне прерывистого распространения многолетнемерзлых грунтов. При подземной прокладке трубопровода будет производиться утепляющий эффект на многолетнемерзлую толщу, в связи с чем, прогнозируется изменение геокриологических условий трассы. Для этого проведены расчеты определения ореола оттаивания грунтов и величины осадки грунта при оттаивании.

Ключевые слова: инженерно-геокриологические условия, многолетнемерзлые грунты, тепловой эффект

T.G. Kovaleva, A.I. Kirillova
Perm State University, ¹kovalevatg@mail.ru, ²kirillova_ai@mail.ru

ENGINEERING-GEOCRYOLOGICAL CONDITIONS OF THE OIL-GAS-PIPE PIPELINE TRACK IN THE TERRITORY OF IRKUTSK REGION

The engineering and geological conditions of the route of the projected oil and gas gathering pipeline have been estimated within the investigated area of the field, which is within the limits of the distribution of many-freezing soils. An estimation of the heating effect of the pipeline on the massif formed by cryogenic soils was made on the basis of calculation methods.

Key words: engineering and geological conditions, many-freezing soils, heating effect

В настоящее время в России происходит активное развитие нефтегазовой отрасли, связанное с интенсивным освоением месторождений нефти и газа, расположенных в удаленных от потребителей восточных и северных районах страны, характеризующихся сложными климатическими и геокриологическими условиями. Бесперебойная транспортировка углеводородов потребителю является одной из приоритетных задач для экономики нашего государства. В связи с чем, необходимо обеспечить безопасность и надежность функционирования магистральных нефтепроводов, проложенных в криолитозоне.

В российских научных изданиях широко представлены работы отечественных ученых и специалистов, посвященные решению проблемы обеспечения промышленной безопасности и безаварийной эксплуатации магистральных трубопроводов на многолетнемерзлых грунтах: Примаков С.С., Новиков П. А. и др. (4, 5).

В настоящее время четкий порядок прогнозирования оттаивания мерзлых грунтов вокруг магистральных нефтепроводов отсутствует, нет технологии своевременного выявления потенциально опасных участков трубопровода для

планирования мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций. В связи с этим задача повышения безопасности магистральных нефтепроводов путем своевременного выявления опасных участков, нахождения путей решения для ликвидации возможных аварий является актуальной.

Исследуемый объект расположен в Катангском районе Иркутской области, в верховьях реки Чона. В геоморфологическом отношении занимает юго-восточную, наиболее приподнятую часть Ербогаченской равнины. По характеру рельефа – это волнистая равнина, осложненная криогенным микрорельефом с общим наклоном поверхности на северо-запад. Климат района резко континентальный с продолжительной холодной зимой и жарким летом (1, 2). В геологическом строении территории до разведанной глубины 5,0-15,0 м принимают участие главным образом элювиально-делювиальные суглинки и юрские аргиллиты, повсеместно перекрытые почвенно-растительным слоем. Стоит отметить близкое залегание к поверхности коренных аргиллитов в целом по трассе (от 0 до 4 м) и лишь на отдельных участках аргиллиты залегают на глубине более 10 м.

Район находится в зоне прерывистого распространения многолетнемерзлых пород. Мощность многолетней мерзлоты в целом для района составляет от 10 до 100 м и более. Мерзлые грунты по температурному состоянию характеризуются как пластичномерзлые и твердомерзлые с температурой от минус 0,2°С до минус 5,2°С. По льдистости за счет видимых ледяных включений и суммарной льдистости глинистые грунты классифицируются как слабольшедистые и льдистые, скальные – как слабольшедистые.

Нефтегазопровод является высокотемпературным объектом. При подземной прокладке трубопровода будет производиться утепляющий эффект на многолетнемерзлую толщу, в связи с чем, прогнозируется изменение геокриологических условий трассы. Для определения ореола оттаивания грунтов были выполнены специальные расчеты.

Различают низкотемпературные и высокотемпературные трубопроводы. Первые рассчитывают исходя из образования стационарного температурного поля вокруг трубы, вторые – из нестационарного. К первому или второму виду трубопровод относят исходя из значения температуры βt . Если $\beta t \geq 0,2$, то трубопровод относят к низкотемпературному виду (3). Методика расчета ореола оттаивания отличается в зависимости от вида трубопровода.

Для расчета ореола оттаивания вокруг подземного трубопровода необходимы следующие данные: радиус трубы, $r_{тр}=0,25$ м, глубина заложения трубы $h=4$ м (определяемая как нормативная глубина сезонного оттаивания плюс 1 м), температура транспортируемой среды $t_c=12^\circ\text{C}$, грунт-основание – суглинок твердомерзлый слабольшедистый с температурой грунта $t_0=-1,1^\circ\text{C}$, теплопроводность грунта в талом состоянии, $\lambda_t=1,2$ Вт/м°С, теплопроводность грунта в мерзлом состоянии, $\lambda_m=1,35$ Вт/м°С.

Для начала определяем, к какому виду относится трубопровод. Для этого вычисляем температуру βt :

$$\beta t = -\lambda_m \times t_0 : v \lambda_t \times t_c,$$

где λ_m – теплопроводность грунта в мерзлом состоянии, Вт/м°С; t_0 – среднегодовая температура грунта на подошве слоя сезонного оттаивания, °С, v – ко-

эффицент, учитывающий работу теплопровода неполным сечением (табл.1); t_c – температура транспортируемой среды, °С.

Таблица 1 – Значения коэффициента v

$t_0, ^\circ\text{C}$	v при различной степени заполнения трубы, %		
	10	30	100
0	0,80	0,95	1,0
-2	0,75	0,85	1,0
-4	0,70	0,80	1,0
-6	0,66	0,77	1,0

$$\beta t = -1,35 \times (-1,1) / 1 \times 1,2 \times 12 = 0,1;$$

таким образом, $\text{Вт} < 0,2$, следовательно, трубопровод является высокотемпературным.

Глубины оттаивания многолетнемерзлых пород под центром (h_n) и мощность мерзлого грунта над центром трубы (h_b) определяется по формулам:

$$h_n = (\xi t - m - 1) \times r_{\text{тр}}; \quad h_b = (h^2 - r_{\text{тр}}^2) : h_n;$$

где m – отношение глубины заложения трубы h к ее радиусу $r_{\text{тр}}$; ξt – глубина оттаивания под центром трубы, определяемая по номограмме в зависимости от параметров m , βt и $I t$: $m = 4 : 0,25 = 16$; $I t$ – время, рассчитываемое по формуле:

$$I t = v \times \lambda_{\text{T}} \times t_c \times \tau / 4 g f \times r_{\text{тр}}^2;$$

здесь τ – расчетный период, ч, принят равным 720 часов; $g f$ – удельная теплота таяния мерзлого грунта, $\text{Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3$, рассчитывается по формуле:

$$g f = g \times (W_c - W_n) \times \rho_{\text{с.м}};$$

где W_c – суммарная влажность, д.е.; W_n – влажность за счёт незамерзшей воды, $\rho_{\text{с.м}}$ – плотность сухого мерзлого грунта, $\text{кг} / \text{м}^3$.

$$g f = 9,8 \times (0,23 - 0,05) \times 1600 = 2822 \text{ Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3$$

$$I t = 1 \times 1,2 \times 12 \times 720 : 4 \times 2822 \times 0,252 = 14,7$$

$$\xi t = 65 \text{ (по номограмме)}$$

$$h_n = (65 - 16 - 1) \times 0,25 = 12 \text{ м}$$

$$h_b = (16 - 0,252) : 12 = 1,33 \text{ м}$$

Радиус ореола оттаивания вокруг трубы $r_{\text{от}}$ находится по формуле:

$$r_{\text{от}} = 0,5(h_n - h_b).$$

$$\text{Таким образом, } r_{\text{от}} = 0,5 \times (12 - 1,33) = 5,33 \text{ м.}$$

Аналогичным образом были выполнены расчёты ореола оттаивания при $t_c = 8^\circ\text{C}$, $r_{\text{от}}$ составил 4,9 м, а также для грунта-основания – суглинок пластично-мёрзлый слабодыстый при $t_c = 8^\circ\text{C}$, $r_{\text{от}} = 5,0$ м и при $t_c = 12^\circ\text{C}$, $r_{\text{от}} = 5,6$ м.

Таким образом, радиус оттаивания для разных грунтов и при разной температуре нефти изменяется от 4,9 до 5,6 метров.

Необходимо оценить, какое влияние окажет полученный ореол оттаивания на условия нахождения трубопровода в массиве. Для этого была рассчитана осадка грунта после его оттаивания в соответствии с нормативными рекомендациями (8).

По результатам расчёта величина осадки грунта при оттаивании варьируется в пределах от 2,8 до 4,6 см. Такая величина осадки при ее равномерности сама по себе не опасна для устойчивости трубопровода. Однако ситуацию осложняет

тот факт, что осадка будет происходить точно из-за разного инженерно-геологического строения, наблюдаемого по трассе. Разность осадок на участках с разным литологическим строением будет превышать допустимые значения (2-5 мм) (7), так как участки со значениями осадок от 2,8 до 4,6 см граничат с участками, где осадка будет отсутствовать вследствие малой глубины залегания коренных пород. Столь значительная разность осадок грунта в результате эксплуатации нефтегазосборного трубопровода приведет к возникновению повышенных напряжений в трубопроводе, что в свою очередь может привести к его деформации. Таким образом, в имеющихся условиях наземная прокладка нефтепровода с использованием свайного фундамента будет предпочтительнее.

Библиографический список:

1. Арутюнов С.Л., Журавлев А.Г., Кисилева Г.А., и др. Тектоника нефтегазоносных областей юга Сибирской платформы. М.:Недра, 1982. 92 с.
2. Голодковская Г.А., Попов И.В., Чаповский Е.Г. и др. Инженерная геология СССР. Т. 3. Восточная Сибирь. Москва, МГУ, 1977. 657 с.
3. Дубина М.М., Паньков О.О. Методические указания к практическим работам по курсу «Инженерное мерзлотоведение» для студентов дневной формы обучения специальности ПГС; Тюмень: ТюмГАСА, 2004 г.
4. Примаков С.С., Вершинин В.Е., Жолобов И.А. Теплосиловое взаимодействие горячих подземных трубопроводов с многолетнемерзлыми грунтами // Трубопроводный транспорт нефти. 2013, С. 128–131.
5. Новиков П. А. Диссертация «Выявление опасных участков магистральных нефтепроводов на основе долгосрочного прогнозирования ореола оттаивания многолетнемерзлых грунтов», Москва, 2016.
6. ГОСТ Р 55990-2014 Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования. Москва, 2014.
7. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83. Москва, 2011.
8. СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88. Москва, 2012.