

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МАСШТАБОВ ДЕГРАДАЦИИ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ ОТ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОДЗЕМНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ

А.Н. Чехлов

Научный руководитель доцент Н.В. Чухарева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Выход компаний нефтегазового сектора РФ на рынки стран Азиатско-Тихоокеанского региона требует развития трубопроводных систем в Якутии и других регионах Дальнего Востока. Эти территории характеризуются особыми геокриологическими условиями – распространением многолетнемерзлых грунтов.

Температура транспортируемых по подземным трубопроводам нефти и газа обычно превышает температуру фазового перехода воды, содержащейся в грунте. Это приводит к растоплению мерзлых пород и образованию ореолов оттаивания вокруг трубопровода. Дegradaция верхнего слоя вечной мерзлоты вдоль трассы приводит к изменению свойств географического ландшафта и может стать причиной возникновения аварийной ситуации на нефтегазопроводе, что повлечет катастрофические последствия для экологии региона.

Для прогнозирования последствий деградации вечной мерзлоты были проведены расчеты ореолов оттаивания по методу, представленному в исследовании [1]. Сталь, из которой изготовлен трубопровод, обладает высоким коэффициентом теплопроводности, поэтому принято, что температура на наружной поверхности трубопровода равна температуре продукта. Учитывая данное допущение, функция зависимости радиуса ореола оттаивания от времени определяется из выражения:

$$R(\tau) = 1,2r + \sqrt{0,04r^2 + \frac{(10\lambda_m \cdot \theta - 2\lambda_m \cdot t_{\min}) \cdot \tau}{10 \cdot \sigma \cdot W \cdot \rho}}, \quad (1)$$

где R – радиус ореола оттаивания;

τ – время;

r – радиус трубопровода;

λ_m – коэффициент теплопроводности талого грунта;

λ_m – коэффициент теплопроводности мерзлого грунта;

θ – температура перекачиваемого продукта;

$t_{\min}$ – минимальная годовая температура грунта;

σ – скрытая теплота плавления льда;

W – объемная влажность грунта;

ρ – плотность мерзлого грунта.

Используя выражение (1), были рассчитаны ореолы оттаивания, возникающие вокруг трубопровода, сооруженного в первом инженерно-строительном районе, для двух типов грунтов: песка и суглинка. Было принято, что трубопровод имеет наружный диаметр 1020 мм, глубина заложения – 0,8 м, температура перекачиваемой среды – 25 °С. Данные о климате района и свойствах грунта были взяты из источников [3, 4]. Результаты расчетов представлены в виде графиков зависимости радиусов ореолов оттаивания от времени для одного года эксплуатации подземного трубопровода (рис. 1).

Согласно рисунку, ореол оттаивания вокруг подземного нефтегазопровода начинает появляться сразу после начала работы трубопровода и монотонно растет в течение всего времени его эксплуатации. К концу первого года величина радиуса ореола оттаивания достигает 2,71 м и 2,96 м для песчаного и суглинистого грунта соответственно. Полученные результаты соответствуют данным, представленным в исследовании [2].

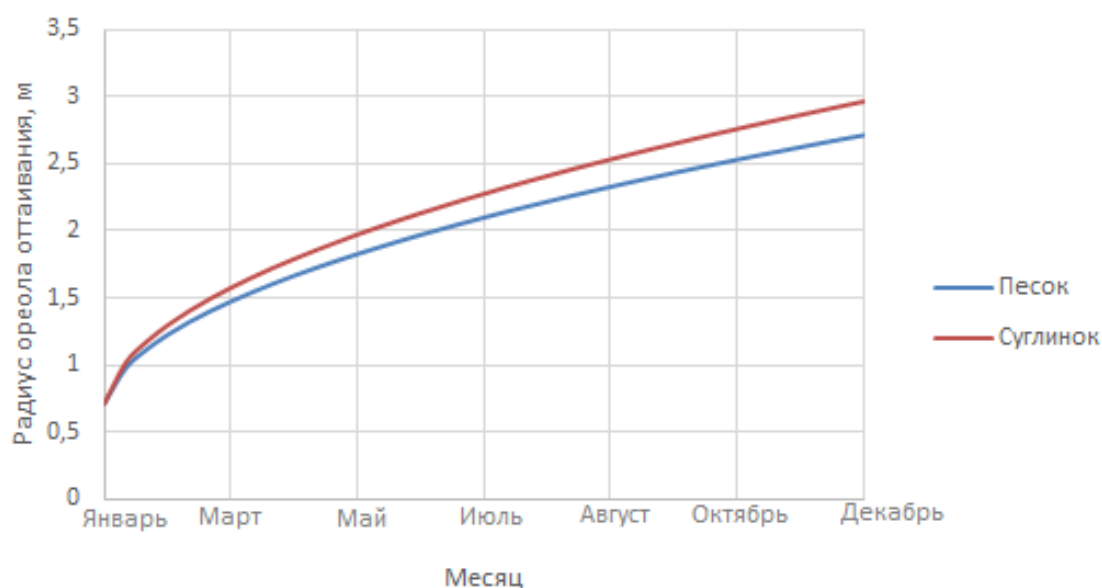


Рисунок 1 – Динамика роста радиуса ореола оттаивания вокруг трубопровода в течение года

Оттаивание мерзлого грунта вокруг подземного нефтегазопровода в зависимости от свойств грунта может привести к возникновению физико-механических процессов в почве, таких как осадка, термокарст, солифлюкация. Чем больше ореол оттаивания, тем интенсивнее протекают перечисленные процессы и тем сильнее проявляются изменения свойств географического ландшафта: вдоль трассы образуются канавы, а в отдельных случаях – провалы. Описанные процессы могут повлечь потерю трубопроводом прочности и устойчивости, что неминуемо приведет к возникновению аварийной ситуации.

Представленные в работе расчеты точно описывают процесс теплового взаимодействия подземного трубопровода с многолетнемерзлым грунтом. Они позволяют оценить масштабы деградации вечной мерзлоты вдоль трассы и могут быть использованы при определении эффективности технических средств, используемых для сохранения мерзлого состояния грунтов криолитозоны.

Литература

1. Володченкова О.Ю. Обеспечение проектного положения подземных магистральных нефтепроводов в зонах вечной мерзлоты // Диссертация канд. тех. наук: 25.00.19. – М., 2007. – 148 с.
2. Капитонова Т.А и др. Тепловое влияние подземного трубопровода на окружающие мерзлые грунты // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2015. – №8 –1. – С. 9 – 12.
3. Методика теплового и гидравлического расчета магистральных трубопроводов при стационарных и нестационарных режимах перекачки ньютоновских и неньютоновских нефтей в различных климатических условиях: РД-39-30-139-79. – Введ. 1979-02-05. – Уфа: ВНИИСПТнефть, 1979. – 57 с.
4. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.meteoinfo.ru/>.