

УДК 624.139

ФОРМИРОВАНИЕ НАЛЕДНОГО ЛЬДА У СООРУЖЕНИЙ

Коллекер Н.М., студент гр. СЖД.2-22-1, III курс, Мандрыгин Д.А., студент гр. СЖД.2-22-1, III курс, Мисайлов Д.В., студент гр. СЖД.2-22-1, III курс

Научный руководитель: Коннов В.И., к.т.н., доцент

Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», г.
Чита

Основной задачей исследования явилось изучение условий роста наледи, необходимых для оценки влияния гидродинамического давления воды в бугре наледи на основания и фундаменты промышленных и железнодорожных сооружений.

Нарушение конструкций этих объектов может привести к материальным затратам на их ликвидацию, загрязнению водных объектов [1–5].

Анализ литературных источников показал, что одним из факторов формирования бугра наледи являются потери тепла тонкого слоя воды, выдавливаемой из стыков ледяного поля и берегов, и разливающегося по площади ледяного тела (рис. 1).

Эти предположения исследовались совместно со студентами на 6101 км Забайкальской железной дороги Транссибирской магистрали (рис. 2).

Охлаждение наледеобразующих вод происходит за счет потерь тепла в двух случаях: конвекцией тепла в воздух и кондуктивно в ледяное основание.

Длину пути охлаждения воды l_0 можно определить на основании составления баланса тепла (1).

При этом исходят от какой-то заданной температуры t_B воды до температуры ее замерзания t_3 .

$$Q_{\text{пр}} - Q_{\text{рас}} = \frac{d\Phi}{dl_0}. \quad (1)$$

где $Q_{\text{пр}}$ и $Q_{\text{рас}}$ – приходная и расходная части тепла, соответственно, ккал/м·ч; $\frac{d\Phi}{dl_0}$ – изменение во времени теплосодержания наледного потока по его длине.

Величина $Q_{\text{пр}}$ равна теплу гидродинамического трения:

$$Q_{\text{пр}} = 3600 \frac{1}{E} y QJ = 8430 QJ, \quad (2)$$



Рис. 1. Формирование бугра наледи у железнодорожной насыпи



Рис. 2. Нарастание наледи под железнодорожным мостом

где Q – расход потока воды, $\text{м}^3/\text{s}$; J – гидравлический уклон; y – объемный вес воды, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Расход тепла $Q_{\text{рас}}$ складывается из потерь тепла в мерзлое основание и конвекцией в воздух, потеря на излучение и испарение.

В зимний период потери тепла на излучение и испарение малы (не более 10% от всех потерь).

Пренебрегаем ими. Тогда:

$$Q_{\text{рас}} = aB(t_B - t_{\text{возд}}) + a_1Bt_B , \quad (3)$$

где a – коэффициент теплоотдачи от воды к воздуху, $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$; B – ширина потока, м; t_B – температура воды, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{возд}}$ – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; a_1 – коэффициент теплоотдачи от воды к мерзлому, $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$.

Теплосодержание водного потока:

$$\Phi = 36 \cdot 10^5 Q t_B \quad (4)$$

С учетом формул (2) – (3) уравнение (1) перепишется так:

$$8430QJ - aBt_B + aBt_{\text{возд}} - a_1Bt_B = 36 \cdot 10^5 Q \frac{dt_B}{dl_0}. \quad (5)$$

Введем обозначения:

$$\begin{aligned} A &= 8430QJ + aBt_{\text{возд}}, \\ C &= aB + a_1B = B(a + a_1), \end{aligned}$$

Тогда $A - Ct_B = 36 \cdot 10^5 Q \frac{dt_B}{dl_0}$ или;

$$\int_0^l dl_0 = 36 \cdot 10^5 Q \int_{t_B}^{t_3} \frac{dt_B}{A - Ct_B}. \quad (6)$$

Производя интегрирование, получим:

$$l_0 = 36 \cdot 10^5 \frac{Q}{C} \ln \frac{A - Ct_B}{A - Ct_3}. \quad (7)$$

Таким образом, формула (7) позволяет определить длину от точки выхода воды на наледь до границы начала ее замерзания.

Эта зависимость может быть использована для прогноза образования наледи возле насыпей, мостов с целью их укрепления и предотвращения тем самым подъемки и просадки сооружений.

Список литературы:

1. Данильченко С. Л. Развитие российской социально-экономической системы: вызовы и перспективы: монография / С. Л. Данильченко, А. Н. Фомичев, В. Н. Круглов [и др.]; гл. ред. Э. В. Фомин; Чувашский государственный институт культуры и искусств. – Чебоксары: Среда, 2024. – С. 188 – 197.
2. Коннов В. И. Экологическая оценка и мероприятия по защите от загрязнения малых рек Восточного Забайкалья / В. И. Коннов. – Чита: ЧитГУ, 2006. – 126 с.
3. Алексеев В. Р. Основные итоги изучения наледей на территории Сибири и Дальнего Востока / В. Р. Алексеев, Н. Ф. Савко, А. И. Сизиков // Зап. Забайкальского филиала Геогр. Об-ва СССР. – Чита, вып. 92, 1973. – С. 4 – 115.
4. Ельчанинов Е. А. Мероприятия по снижению пучения и осадки грунтов оснований горных и природоохранных сооружений в Забайкалье / Е. А. Ельчанинов [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 4. – С. 86 – 91.
5. Дашинимаев З. Б. Устройство дренажных сооружений в районах вечной мерзлоты / З. Б. Дашинимаев, Н. П. Сигачев, К. А. Кирпичников // В сб.: ОБРАЗОВАНИЕ - НАУКА - ПРОИЗВОДСТВО. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чита: 2018. С. 96 –101.