

УДК 551.328

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ НАЛЕДЕЙ У НАСЫПЕЙ

Юдина В.Ф., Вдовиченко О.Д., студентки гр. СЖД.2-22-11, II курс

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

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

г. Чита

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию процессов образования ключевых наледей, определению их геометрических параметров. Они влияют на устойчивость гидротехнических сооружений. В статье рассмотрены процессы наледеобразования, установлены основные природные факторы, влияющие на формирование профиля наледи, предложены расчетные зависимости.

**Ключевые слова:** образование ключевых наледей, факторы, путь охлаждения.

Целью исследования явилось изучение образования бугра ключевой наледи у насыпи, приводящей к подъемке в холодное время года и просадке железнодорожного пути в результате гидродинамического давления, возникающего в теле насыпи. Часто наледи приводят к снижению устойчивости зданий, сооружений, насыпей и загрязнению водных объектов [1 – 5]. На рисунке 1 показано образование бугра наледи у железнодорожной насыпи на перегоне Тургутуй – Сохондо Транссибирской магистрали, приводящей к деформации пути.



Рисунок 1 – Образование бугра наледи вдоль насыпи железной дороги на перегоне Тургутуй–Сохондо в зимний период (высота 2,5 м, март 2014 г.)

Необходимость исследования процессов наледеобразования на указанном участке вызвана деформацией верхнего строения пути и снижением грузоподъемности.

Для определения максимальной длины наледи  $l_M$  требуется решить задачу замерзания тонкого слоя воды, растекающейся по наклонной площадке. Как было отмечено, охлаждение наледеобразующих вод происходит в основном за счет потерь тепла конвекцией в воздух и кондуктивно в ледяное основание. Потери тепла на испарение и излучение при отрицательных температурах воздуха незначительны и не превышают 10% от общих потерь.

Продолжительность первой стадии наледеобразования (охлаждение потока до температуры замерзания) зависит главным образом от температуры источника и минерализации наледеобразующих вод.

Величина пути охлаждения воды  $l_0$  от какой-то заданной температуры  $t_B$  до температуры замерзания  $t_3$  определяется на основании составления баланса тепла, а именно:

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

где  $Q_{\text{пр}}$  и  $Q_{\text{рас}}$  – приход и расход тепла соответственно, ккал/м·ч;  $\frac{d\Phi}{dl_0}$  – изменение теплосодержания водного потока по его длине.

Величина  $Q_{\text{пр}}$  равна теплу гидродинамического трения, т.е.:

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

где  $Q$  – расход потока, м<sup>3</sup>/сек;  $J$  – гидравлический уклон;  $\gamma$  – объемный вес воды, кг/м<sup>3</sup>.

Расход тепла  $Q_{\text{рас}}$  состоит из потерь тепла конвекцией в воздух и мерзлое основание, потерь на испарение и излучение. Как отмечалось выше, потери тепла на испарение и излучение в зимний период незначительны (не превышают 10% от общих потерь) и ими можно пренебречь. Тогда:

$$Q_{\text{рас}} = aB(t_B - t_{B03}) + a_1 B t_B, \quad (3)$$

где  $a$  – коэффициент теплоотдачи от воды к воздуху, ккал/м<sup>2</sup>·ч·град;  $B$  – ширина потока, м;  $t_B$  – температура воды, °C;  $t_{B03}$  – температура воздуха, °C;  $a_1$  – коэффициент теплоотдачи от воды к мерзлому грунту, ккал/м<sup>2</sup>·ч·град.

Теплосодержание водного потока:

$$\Phi = 36 \cdot 10^5 Q t_B \text{ ккал/ч}, \quad (4)$$

С учетом формул (2) – (4) уравнение (1) перепишется так:

$$8430QJ - aBt_B + aBt_{BO3} - a_1Bt_B = 36 \cdot 10^5 Q \frac{dt_B}{dl_0}. \quad (5)$$

Введем обозначения:

$$A = 8430QJ aBt_{BO3}, \quad (6)$$

$$C = aB + a_1B = B(a + a_1), \quad (7)$$

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

$$\int_0^i dl_0 = 36 \cdot 10^5 Q \int_{t_B}^{t_3} \frac{dt_B}{A - Ct_B}. \quad (8)$$

Произведя интегрирование, получим, м:

$$l_0 = 36 \cdot 10^5 \frac{Q}{C} \ln \frac{A - Ct_B}{A - Ct_3}. \quad (9)$$

**ВЫВОД.** Формула (9) позволяет определить расстояние от места выхода наледного источника на поверхность до участка, где начинается формирование наледного льда. Расчеты по формуле (9) показывают, что длина пути охлаждения потока очень существенно зависит от расхода  $Q$  и ширины растекания потока  $B$ , температуры  $t_B$  и минерализации воды  $q$  и почти не зависит от уклона местности  $J$ . С увеличением значений  $Q$ ,  $t_B$  и  $q$  величина  $l_0$  увеличивается; с увеличением  $B$  она уменьшается пропорционально изменению его значений.

### Список литературы:

1. Алексеев, В.Р. Теория наледных процессов (инженерно географические аспекты) [Текст] / В.Р. Алексеев, Н.Ф. Савко. – М.: Наука, 1975. – 205 с.
2. Ельчанинов, Е.А. Мероприятия по снижению пучения и осадки грунтов А. Ельчанинов, Н. П. Сигачев, В. И. Коннов, Е. В. Шехтман, С. М. Коробко // Горный оснований горных и природоохраных сооружений в Забайкалье [Текст] / Е. информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – №4. – С. 86-90.
3. Коннов, В. И. Экологическая оценка и мероприятия по защите от загрязнения малых рек Восточного Забайкалья: научное издание [Текст] / В. И. Коннов. – Чита: ЧитГУ, 2006. – 126 с.
4. Сигачев, Н. П. Обследование участков пучения грунтов оснований линейных горных, природоохраных и других сооружений в Забайкалье [Текст] / Н. П. Сигачев, В. И. Коннов, С. М. Коробко // Качество жизни населения и экология. Научное издание. Часть IV. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – 191 с.

5. Дашинимаев, З.Б. Устройство дренажных сооружений в районах вечной мерзлоты / З.Б. Дашинимаев, Н.П. Сигачев, К.А. Кирпичников // Образование, наука, производство: сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции / Отв. ред. Д.А. Яковлев. – Чита: Изд-во ЗабИЖТ, 2018. – С. 96 –101.