

УДК 622.02

**А.В. Дугарцыренов, Е.Л. Бельченко**

## **ПАРАМЕТРЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ПРИ ПРОМЕРЗАНИИ ГРУНТОВ НА ДОПУСТИМУЮ ГЛУБИНУ**

**Сообщение 1**

*Проведена оценка глубины промерзания массива горных пород при наличии на ее поверхности теплоизоляционного покрытия.*

*Ключевые слова: промерзание, грунт, теплоизоляция складов-отвалов.*

### **A.V. Dugartsirenov, E.L. Belchenko THE HEAT INSULATION PARAMETERS DURING THE SOIL FREEZING TILL THE PERMISSIBLE DEPTH**

**Message 1**

*The depth of rock massifs freezing given the heat-insulating coating on its surface is estimated.*

*Key words: freezing, soil, heat insulation of the dump storage areas.*

**Т**еплоизоляция оказывает существенное влияние на процесс промерзания (оттаивания) грунтов. Наличие естественного (снежного покрова) и искусственных теплоизоляционных покрытий влияет на глубину сезонного промерзания грунтов. Интерес к исследованиям процессов сезонного промерзания грунтов возрос в последнее время в связи с проблемой глобального изменения климата. Математические модели этих процессов достаточно сложны и в настоящее время изучаются в основном численными методами [1,2 и др.].

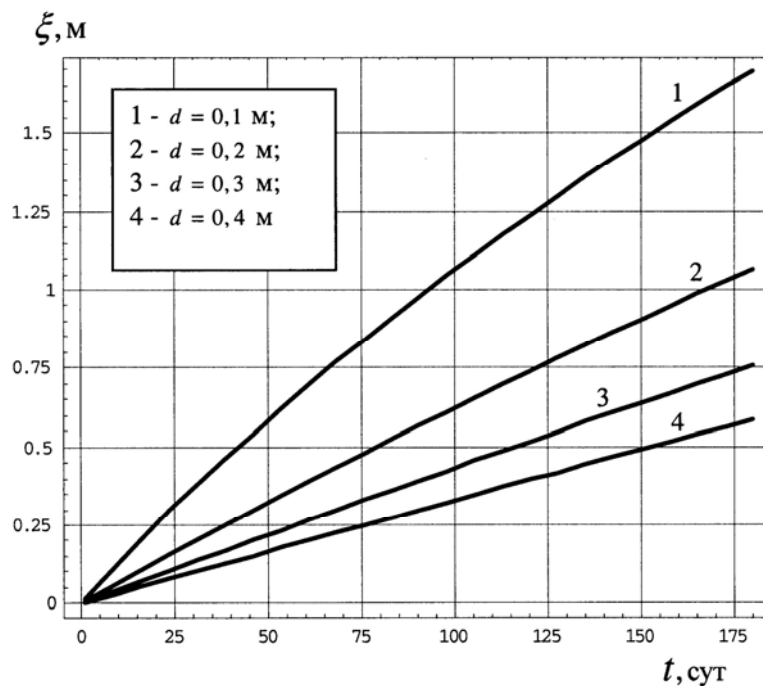
При разработке россыпных месторождений для продления промывочного сезона создают склады-отвалы золотоносных аллювиальных пород, причем с целью предотвращения их промерзания используют теплоизоляционные покрытия. Ранее было пока-

зано, что при этом полное предотвращение промерзания возможно только при значительной толщине такого покрытия, что экономически нецелесообразно [3]. Современные средства рыхления позволяют разрабатывать россыпные месторождения при толщине промерзшего слоя до 1,5 м.

В данной работе дан аналитический метод инженерной оценки промерзания аллювиальных пород склада-отвала на допустимую глубину при наличии искусственного теплоизоляционного покрытия заданной толщины.

Предварительно рассмотрим метод эквивалентного слоя, применяемый при расчете промерзания грунтов [4]. Сущность метода заключается в замене реального теплоизоляционного покрытия толщиной  $d$  и теплопроводностью  $\lambda_n$  (рис. 1, а) на фиктивное покрытие толщиной  $\ell_s$ , теплопроводность которого равна теплопроводности мерзлой породы  $\lambda_1$  (рис. 1, б). Величина  $\ell_s$  определяется из равенства тепловых потоков  $q_1$  и  $q_2$  на нижней границе теплоизоляционного покрытия в стационарном состоянии

**Рис. 1. Схема к расчету толщины эквивалентного слоя**



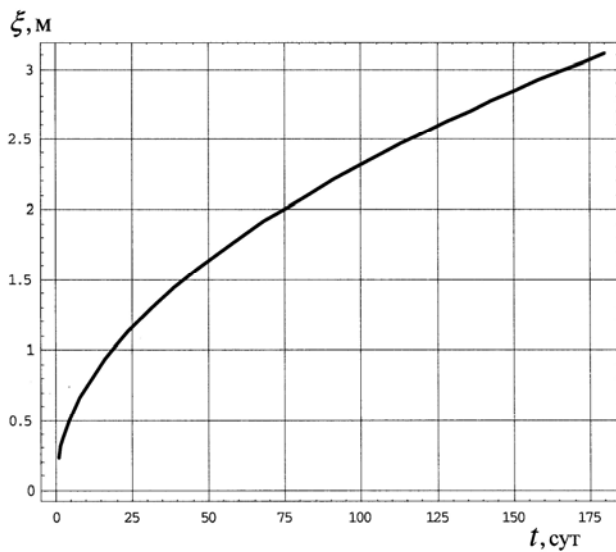
**Рис. 2. Зависимости глубины промерзания массива от времени при разных толщинах теплоизоляционного покрытия**

$q_1 = q_2 \Leftrightarrow \lambda_{\text{и}} \frac{T_{\text{мг}} - T_{\text{в}}}{d} = \lambda_1 \frac{T_{\text{мг}} - T_{\text{в}}}{\ell_3} \Leftrightarrow \ell_3 = \frac{\lambda_1}{\lambda_{\text{и}}} d$ ,  
 где  $T_{\text{в}}$  - температура окружающей среды (воздуха).

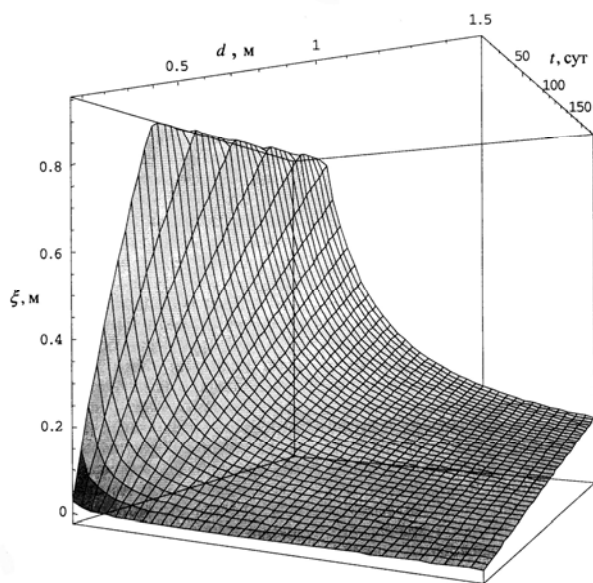
В частном случае, когда начальная температура породы равна температуре фазового перехода  $T_{\text{ф}}$ , имеем следующее условие на границе промерзания

$$\lambda_1 \frac{T_\phi - T_b}{\xi + l_3} = L_\phi W \rho \frac{\partial \xi}{\partial t}, \quad (1)$$

где  $W$  – влажность породы, кг/кг;  $\rho$  – ее плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $L_\phi$  – теплота фазового перехода «вода – лед», Дж/кг.



**Рис. 3. Зависимость глубины промерзания массива от времени при отсутствии покрытия**



**Рис. 4. Влияние толщины покрытия и времени на глубину промерзания**

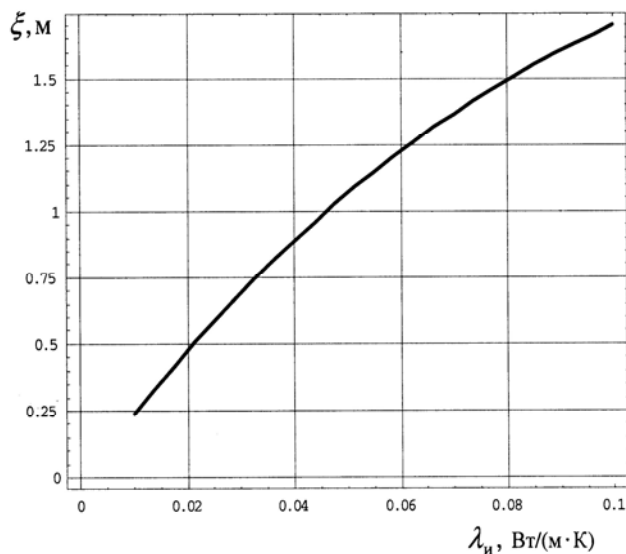
Решение уравнения (1) имеет вид

$$\xi(t) = \sqrt{2At + \ell_0^2} - \ell_0, \quad (2)$$

где  $A = \frac{\lambda_1 (T_\phi - T_b)}{L_\phi W \rho}$ .

Графические зависимости  $\xi(t)$ , полученные расчетом по формуле (2) при  $\lambda_{II} = 0,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  (свежевыпавший снег), представлены на рисунке 1. Зависимость при отсутствии тепло-изоляционного покрытия дана на рис. 2. Если в качестве теплоизоляционного покрытия использовать искусственные материалы с малой теплопроводностью, например пенополистирольные щиты, то толщина покрытия будет существенно меньше.

Характер одновременного влияния толщины теплоизоляционного покрытия и времени промерзания на изменение глубины промерзшего слоя можно видеть на трехмерном графике, представленном на рисунке 3. Как следует из рис. 1 и 3, величина  $\xi$  практически линейно зависит от времени промерзания и имеет место резкое ее уменьшение по мере роста толщины покрытия. Существенное влияние на глубину промерзания оказывает теплопроводность покрытия.



**Рис. 5. Влияние на глубину промерзания теплопроводности покрытия**

В уравнении теплового баланса (1) предполагается, что начальная температура массива равна температуре фазового перехода, поэтому в (1) не учитывается теплота, затрачиваемая на изменение температуры массива. Учет последнего также должен приводить к уменьшению толщины теплоизоляционного покрытия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинов П.Я. О связи глубины сезонного протаивания с межгодовой изменчивостью средней годовой температуры грунтов. - Криосфера Земли, 2006, т. X, №3, с. 15–22.
2. Сосновский А.В. Математическое моделирование влияния толщины снежного покрова на деградацию мерзлоты при потеплении климата. - Криосфера Земли, 2006, т. X, №3, с. 83–88.
3. Дугарцыренов А.В., Бельченко Е.Л. О теплоизоляции складов-отвалов при разработке россыпных месторождений. Горный информационно-аналитический бюллетень, № 5, 2009, с. 129.
4. Комаров И.А. Термодинамика и тепломассообмен в дисперсных мерзлых породах. - М.: Научный мир, 2003. - 608 с.

ИДБ

#### Коротко об авторах

Дугарцыренов А.В. – докторант кафедры «Физика горных пород и процессов»,  
 Бельченко Е.Л. – профессор кафедры «Физика горных пород и процессов»,  
 Московский государственный горный университет, priem@msmu.u

