

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ  
НА ПРОМЕРЗАНИЕ ГРУНТА**

*Джаманбаев М.Дж. д.ф.-м.н., профессор,*

*Шекеев К., старший преподаватель,*

*Душенова У.Дж. старший преподаватель Кыргызский государственный технический университет им.И.Раззакова. Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр.Мира 66, jamanbaev@mail.ru*

**Аннотация.** На основе численных результатов проводится анализ влияние природных факторов на промерзания грунта. Выявляются природные факторы значительно влияющие на процесс промерзание грунта.

**Ключевые слова:** промерзание грунта, термическое сопротивление, суглинок, коэффициент теплопроводности, температура окружающей среды.

## ESTIMATION OF THE DEGREE OF THE EFFECT OF NATURAL FACTORS ON THE GROUND FREEZING

*Professor Jamanbaev M.J.,*

*Shekeev K., Senior Lecturer,*

*Dushenova U.J. Senior Lecturer, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov. Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira 66 Ave., [jamanbaev@mail.ru](mailto:jamanbaev@mail.ru)*

**Annotation.** Based on numerical results, the analysis of the influence of natural factors on soil freezing is carried out. Natural factors that significantly affect the soil freezing process are identified.

**Key words:** soil freezing, thermal resistance, loam, thermal conductivity coefficient, ambient temperature.

В данной статье рассматривается задача определения фактора, имеющего наибольшее влияние на глубину промерзания грунта. Для чего численно анализируется влияние разных факторов для одного типа грунта с помощью вычислительного эксперимента.

Расчет глубины промерзания грунта проводится с помощью формулы В.С. Лукьянова. Она учитывает основные факторы, определяющие сезонное промерзание грунтов и достаточно проста и удобна для практических расчетов[2].

$$\tau = \left( Q + \frac{c\theta}{2} \right) \left[ \frac{\lambda\theta}{q^2} \ln \frac{\lambda\theta - qS}{\lambda\theta - q(S+h)} - \frac{h}{q} \right] \quad (1)$$

В основу принятой расчетной схемы положен учет семи факторов, влияющих на глубину зимнего промерзания грунта:

длительность зимнего сезона, -  $\tau$  ч; разность средней температуры воздуха за зимний сезон и температуры промерзания грунта -  $\theta$  °С<sup>1</sup>; средний за зиму тепловой поток к границе промерзания из нижележащих слоев грунта -  $q$  ккал/м<sup>2</sup>\*ч; условие теплоотдачи с поверхности грунта, т. е. среднее за зиму термическое сопротивление теплоизоляции поверхности грунта; объёмная теплоемкость мерзлого грунта -  $C$  ккал/м<sup>3</sup>\*град; коэффициент теплопроводности данного мерзлого грунта -  $\lambda$  ккал/м\*град\*ч; количество скрытой теплоты плавления льда в единице объема грунта -  $Q$  ккал/м<sup>3</sup>.

Для анализа влияния природных факторов на процесс промерзание рассмотрен типичный грунт с известными постоянными теплофизическими характеристиками, которые считаются постоянными в вычислительных экспериментах -  $C$  ккал/м<sup>3</sup>\*град;  $\lambda$  ккал/м\*град\*ч;  $Q$  ккал/м<sup>3</sup>. В расчетах были использованы метеоданные местности. Климатический фактор  $q$  - взята по картам изолиний, как средние данные из многолетних наблюдений. Значения коэффициента теплопроводности  $\lambda$  - взяты из таблиц [3].

---

1.  $\theta$  является средней температурой воздуха только в том случае, если температура замерзания грунта 0°С.

Для анализа результатов вычислений сначала вычислим реальный случай процесса промерзания и будем считать ее как базовый результат. Считая, что снежного покрова нет и температура замерзания грунта равна  $t = 0^{\circ}$ . При этом данные для формулы расчета границы промерзания взяты равными:  $\tau = 5040$  час(210 дней или 7 месяцев);  $\theta = 13,4^{\circ}\text{C}$ ;  $i = 0,9$ ;  $\alpha = 20,0$  ккал/м<sup>2</sup>·г·час;  $W$  (суглинок) = 15%;  $\gamma_{ск} = 1540$  кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda_{т} = 2,2$  ккал/м·град·час;  $q = 8,3$  ккал/м<sup>2</sup>·ч.

Величина  $\theta$  будет равна средней температуре воздуха (т.к. мы приняли, что температура замерзания грунта равна  $0^{\circ}\text{C}$ ).

При таких условиях грунт зимой замерзает за 210 дней (7 месяцев) на глубину  $h = 2,61$  м., что удовлетворительно совпадает с данными наблюдения. Данное значение глубины промерзания принимаем как базовое.

Ставится задача, определить какой из природных факторов имеет наибольшее влияние на глубину промерзания. Для этого проведем следующий вычислительный эксперимент:

1. Влияние теплового потока к границе промерзания из нижележащих слоев грунта –  $q$ . Базовую величину теплового потока ( $q$ ) взяли значение 8,3 как близкое значение для данного региона из карты изолиний. Проведем расчеты для разных значений величины теплового потока  $q$  от 3,3 до 10,3 с шагом 1. Такой расчет проводится для различных случаев средней температуры окружающей среды  $\theta$  в интервале от 5,4 до 13,4 с шагом 2. Результаты вычислений приведены на рис. 1.

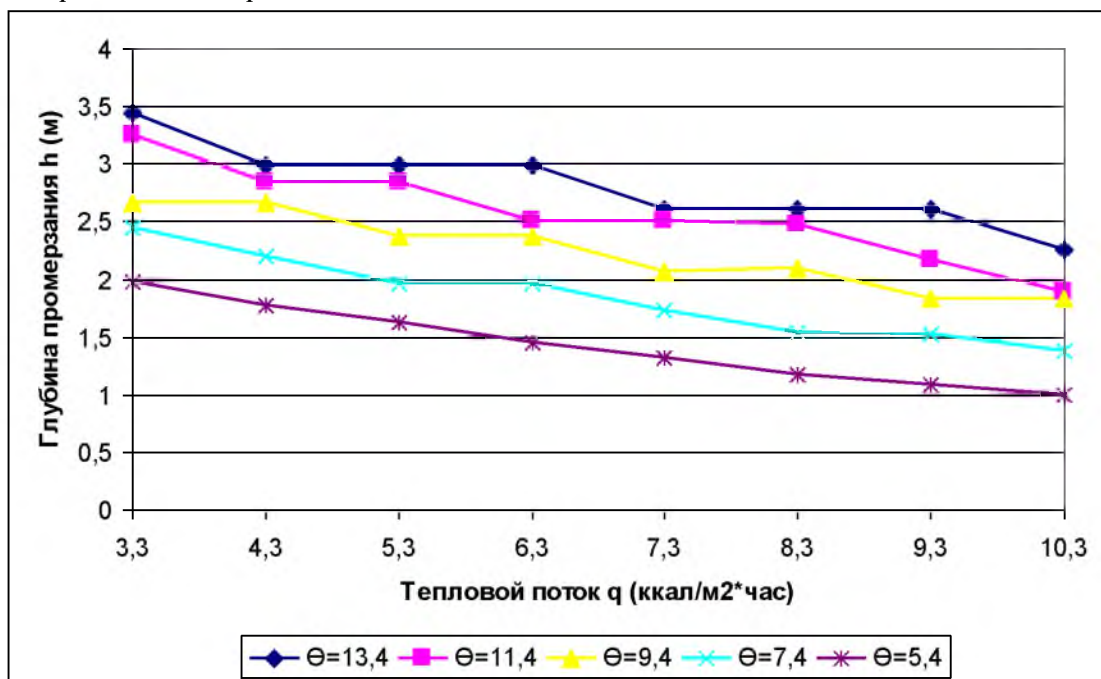


Рис. 1. Результаты анализа при изменении теплового потока

Анализ результатов расчета глубины промерзания при различных значениях теплового потока и средней температуры воздуха за зимний сезон выявил следующие закономерности:

1) при одинаковых значениях теплового потока (например,  $q=8,3$  ккал/м<sup>2</sup>·час первоначальное уменьшение средней разности температуры воздуха от значения  $13,4^{\circ}\text{C}$  с шагом в  $2,0^{\circ}\text{C}$  (9,4; 7,4; 5,4) приводит к уменьшению глубины промерзания грунта от первоначального значения(2,61 м.) на 20%, 41% и 55%. Отсюда следует, что глубина промерзания сильно зависит от значение температуры воздуха в зимний период.

2) При наименьшем значении величины теплового потока ( $q=3,3$  ккал/м<sup>2</sup>·час) наблюдается увеличение глубины промерзания грунта от первоначального значения (2,61м) на 32%. При наибольшем значении величины теплового потока ( $q=10,3$  ккал/м<sup>2</sup>·час) наблюдается уменьшение глубины промерзания грунта от первоначального значения на

13,4%. Это означает, что процесс промерзания зависит от начального состояние грунта т.е. в предыдущем году какое температурное состояние грунта было, если сильно промерзшее состояние (случай наименьшего значения теплового потока), то будет увеличение глубины промерзания и наоборот.

3) если нам будет известно значение глубины промерзания грунта по результатам измерений, то мы можем указать значение теплового потока для данного значения глубины промерзания грунта.

2. Влияние коэффициента теплоотдачи с поверхности грунта ( $\alpha$ ). За базовую величину коэффициента теплоотдачи с поверхности грунта ( $\alpha$ ) взяли значение 20 ккал/м<sup>2</sup>г\*час ( $q = 8,3$  ккал/м<sup>2</sup>\*час). Это значение было взято с запасом, как рекомендуется в литературных источниках [2]. Изменяя значение величины коэффициента теплоотдачи от 13,0 до 20 с шагом 1, характеризующие теплоизолирующее свойство поверхности грунта при разных случаях температуры окружающей среды  $\theta$  в интервале от 5,4 до 13,4 с шагом 2. Результаты расчетов приведены на рис. 2.

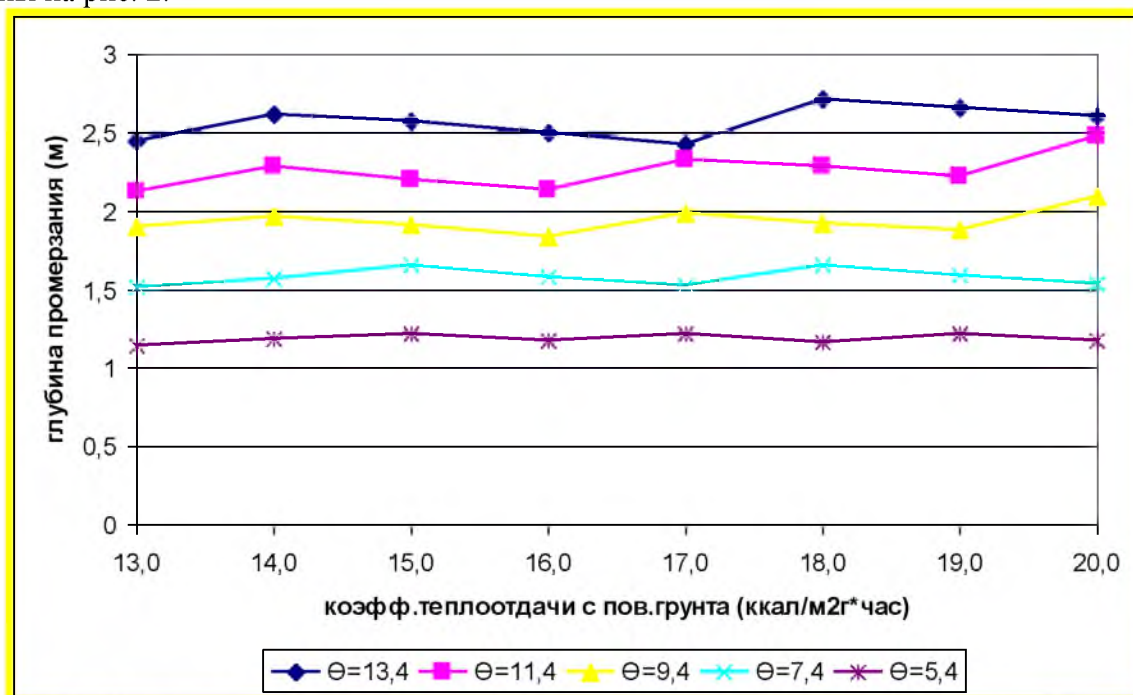


Рис. 2. Результаты анализа при изменении коэффициента теплоотдачи поверхности грунта

Анализ результатов расчета глубины промерзания при различных значениях коэффициента теплоотдачи поверхности грунта выявил следующие закономерности:

1) при разных значениях коэффициента теплоотдачи поверхности грунта (вид теплоизоляции) глубина промерзания мало изменяется. На изменение глубины промерзания сильно влияет среднее значение температуры окружающей среды.

3. Влияние влажности грунта на промерзание. За базовую величину влажности грунта ( $w$ ) принимается значение 15% из литературных источников [2] для данного региона. Выясним влияние влажности грунта на глубину промерзания при различных значениях средней температуры окружающей среды. Для анализа рассмотрим различные значения влажности  $w$  от 10 до 27,5 с шагом 2,5. Величину  $\theta$  как и в предыдущих случаях. Результаты расчетов приведены на рис. 4.

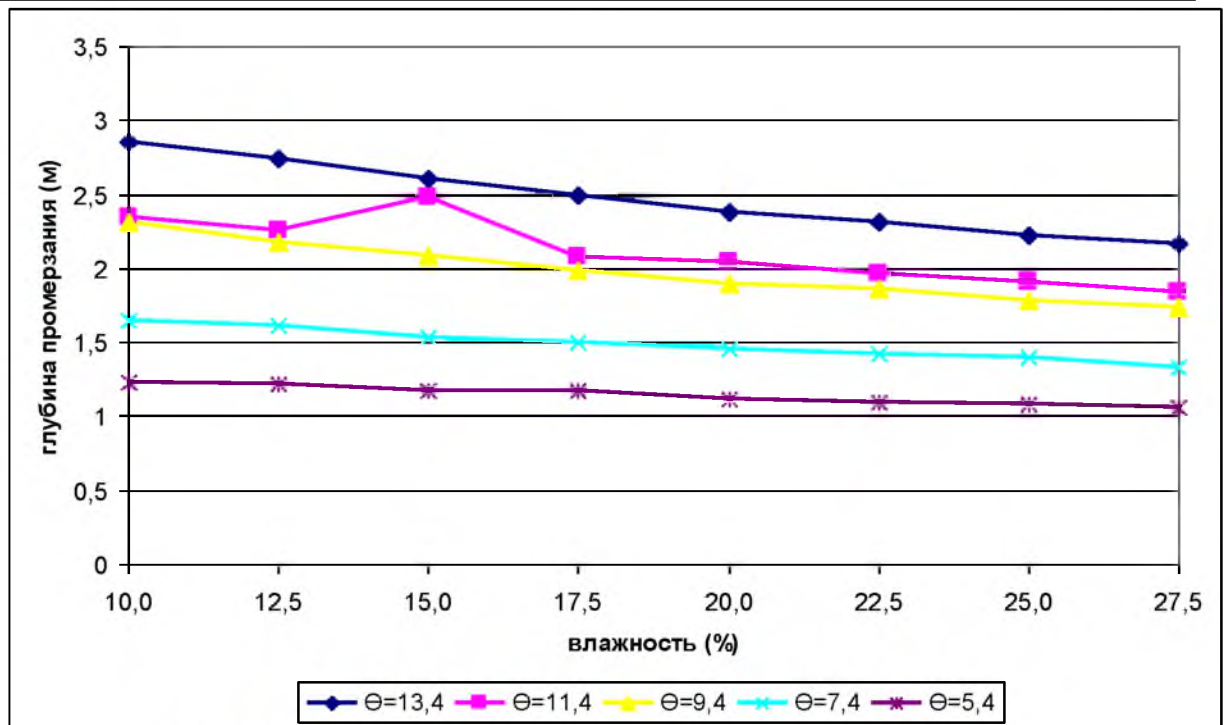


Рис. 3. Результаты анализа при изменении влажности грунта

Анализ результатов расчета глубины промерзания при различных значениях влажности грунта выявил следующие закономерности:

1) при одинаковых значениях влажности уменьшение средней температуры окружающей среды от  $13,4^{\circ}\text{C}$  до  $5,4^{\circ}\text{C}$  приводит к уменьшению глубины промерзания грунта;

2) при наименьшем значении влажности ( $w = 10\%$ ) разница глубины промерзания, при наименьшей и наибольшей значениях температуры окружающей среды, составляет 1,63 м. Это означает, что изменение глубины промерзания прямо пропорционально зависит от изменение температуры окружающей среды т.е. увеличение минусовой температуры окружающей среды на 59,7% приводит к увеличению глубину промерзания на 62,5%. При последующих значениях влажности (12,5; 15; 17,5; 20; 22,5; 25; 27) эта разница составляет соответственно 1,52; 1,44; 1,33; 1,26; 1,22; 1,14 и 1,11 м.

3) при наибольшем значении влажности  $w = 27,5\%$  уменьшение средней разности температур от значения в  $13,4^{\circ}\text{C}$  до  $5,4^{\circ}\text{C}$  т.е. на 59,7% приводит к уменьшению глубины промерзания грунта от первоначального значения на 1,7 м. т.е. на 62,9%.

Проведенные вычисления численно показали, что из рассмотренных в анализе величин: влажность, тепловой поток снизу, коэффициент теплоотдачи поверхности грунта, наибольшее влияние на глубину промерзания грунта оказывает величина теплового потока снизу (разница между наибольшим и наименьшим значением глубины промерзания составляет 71,9% (1,36 м.). Вторая по значимости величина, оказывающая наибольшее влияние на глубину промерзания грунта – это влажность грунта, а также результаты расчета показали слабое влияние коэффициент теплоотдачи поверхности грунта на изменение глубины промерзания.

#### Список использованной литературы:

1. Шекеев К.Р. Влияние вида теплообмена поверхности с окружающей средой на протаивание вечной мерзлоты. Современная наука. Актуальные проблемы и пути их решения, №2 (24), Липецк, 2016, стр. 8-11
2. В.С. Лукьянов, М.Д. Головки. Расчет глубины промерзания грунтов. М. Трансжелдориздат, 1957.
3. Таблица теплофизических характеристик строительных материалов.

**Известия КГТУ им. И.Раззакова 50/2019**

---

<http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/stroimaterialy/teploprovodnost-stroitelnyh-materialov-ih-plotnost-i-teploemkost>

4. Павлов А.В. Теплофизика ландшафтов. Новосибирск, Наука, 1979, 285 с.