

Джаманбаев М.Дж.¹, Шекеев К.Р.²©

¹Зав. кафедрой «Прикладная математика и информатика», д.ф.-м.н.;

²ст. преподаватель, кафедра «Прикладная математика и информатика».
Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ГРУНТОВ

Аннотация

Приводятся расчеты, позволяющие определять степень влияния климатических и техногенных факторов на глубину протаивания мерзлого грунта.

Ключевые слова: многолетнемерзлый грунт, радиационный баланс, затрат тепла на испарение, влажность, глубина протаивания, плотина.

Keywords: permafrost, radiation balance, heat consumption for evaporation, humidity, depth of thawing, the dam.

Введение. Процессы, связанные с глобальным изменением климата, делают актуальным изучение процесса протаивания в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов. Глубины протаивания и промерзания зависят от многих факторов, особенно климатических характеристик района. Важнейшими климатическими характеристиками, влияющими на формирование температурного режима грунтов, являются: температура и скорость приземного воздуха, солнечная радиация, высота снежного покрова, а также высота местности, состав, влажность и теплофизические свойства грунтов.

Температурные режимы грунтов естественной, оголенной или забеленной поверхности бывают разными, т.е. зависят от альбедо поверхности. Результаты экспериментальных исследований по определению глубины протаивания и промерзания [1] показывают, что на оголенной и забеленной площадках, где снег зимой счищался, средние температуры грунтов были значительно ниже, чем на естественной площадке. Снежный покров, обладающий хорошим теплоизоляционным свойством, способствует замедлению охлаждения и промерзания грунтов. Результаты наблюдений [1] показывают, что самая низкая среднегодовая температура грунта наблюдалась на площадках, на которых счищался снежный покров, а летом дополнительно проводилось забеление грунта известью.

Приток солнечной радиации летом обуславливает повышение температуры поверхности грунта по сравнению с температурой воздуха на 2.5° , 4.0° [2]. В горах величина радиационного баланса возрастает по мере поднятия местности. Если суммарная радиация равна $R = 115$ ккал/м² час, то наибольшая интенсивность суммарной радиации получает склон крутизной 40° . Величина суммарной радиации на таких склонах на 30% больше, чем на горизонтальной поверхности и зависит от ориентации склона [2].

Существует множество работ, посвященных определению глубины протаивания и промерзания при различных предположениях. Например, работы И.Стефана (1889), М.М. Крылова (1940), Д.В.Резодубова, Н.И. Салтыкова, Х.Р. Хакимова, Х.М. Пейтера, Ф.Н.Шехтера, И.А. Золотаря, А.В. Павлова, Г.М. Фельдмана, Н.А. Цытовича и др. Аналитическое решение, учитывающее все факторы, влияющие на процесс протаивания вечной мерзлоты не получено из-за сложности уравнения и краевых условий. В данной работе используется методика расчета глубины протаивания В.В. Докучаева, И.А. Золотаря, В.Т. Балобаева, С.П. Филиповского, учитывающие составляющие теплового баланса, такие как радиационный баланс R , теплота на испарение LE , температура грунта и воздуха, коэффициент теплообмена атмосферой и поверхностью грунта.

Постановка задачи. Определить степень влияния радиационного баланса, влияния затрат тепла на испарение, влияния влажности, влияния асфальтовой изоляции на глубину протаивания мерзлого грунта, на примере тела плотины, расположенной в условиях вечной мерзлоты.

Описание исследования. Для расчета глубины таяния мерзлого грунта используются достоверные данные, полученные из наблюдений R , LE , γ , W , T_b , T_g кроме коэффициентов теплопроводности талого и мерзлого грунта λ_t , λ_m . Так как теплофизические свойства грунта тела плотины изменяются с течением времени при укладке и трамбовке, при промерзании и протаивании грунта.

Однозначно признанные методики определения коэффициента теплопроводности почти отсутствуют. При экспериментальном определении их, из-за сложности работы допускаются значительные ошибки. Поэтому используется численно-аналитический метод [3], позволяющий с достаточной точностью одновременно определять коэффициент теплопроводности и решение задачи теплопереноса с использованием данных наблюдений температуры грунта с помощью термисторов. В частности использовались данные термисторов, расположенных в теле плотины. Точность и достоверность полученных результатов проверялись сравнением численно-аналитических решений с данными наблюдений, который показан на рис.1. Как видно из рис. 1 они хорошо согласуются.

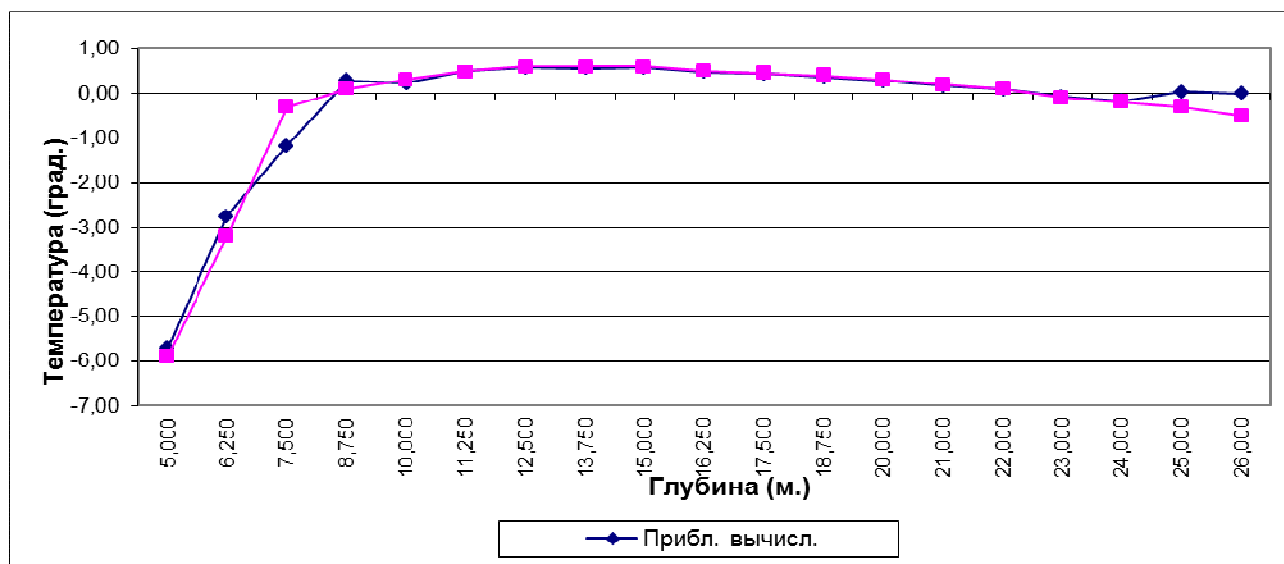


Рис. 1. Сравнение численно-аналитического решения с данными наблюдений

После определения коэффициента теплопроводности талого и мерзлого грунта численно-аналитическим методом, произведены расчеты по определению глубины протаивания оголенной и забеленной поверхности, используя выше предложенные методики авторов [2]. Произведены вычислительные эксперименты для выявления степени влияния факторов на глубину протаивания, таких как радиационный баланс, теплота испарения, влажность грунта.

На рис. 2 и рис. 3 представлены результаты вычислительного эксперимента, показывающие влияние радиационного баланса на глубину протаивания для забеленной и оголенной поверхности, соответствующая гребню плотины т.е. горизонтальная поверхность. Как известно альbedo забеленной поверхности значительно больше, чем оголенной поверхности. Поэтому теплообмен забеленной поверхности будет меньше, чем оголенной поверхности и соответственно глубина таяния забеленной поверхности меньше, чем оголенной поверхности. В среднем они отличаются на 70-90см.

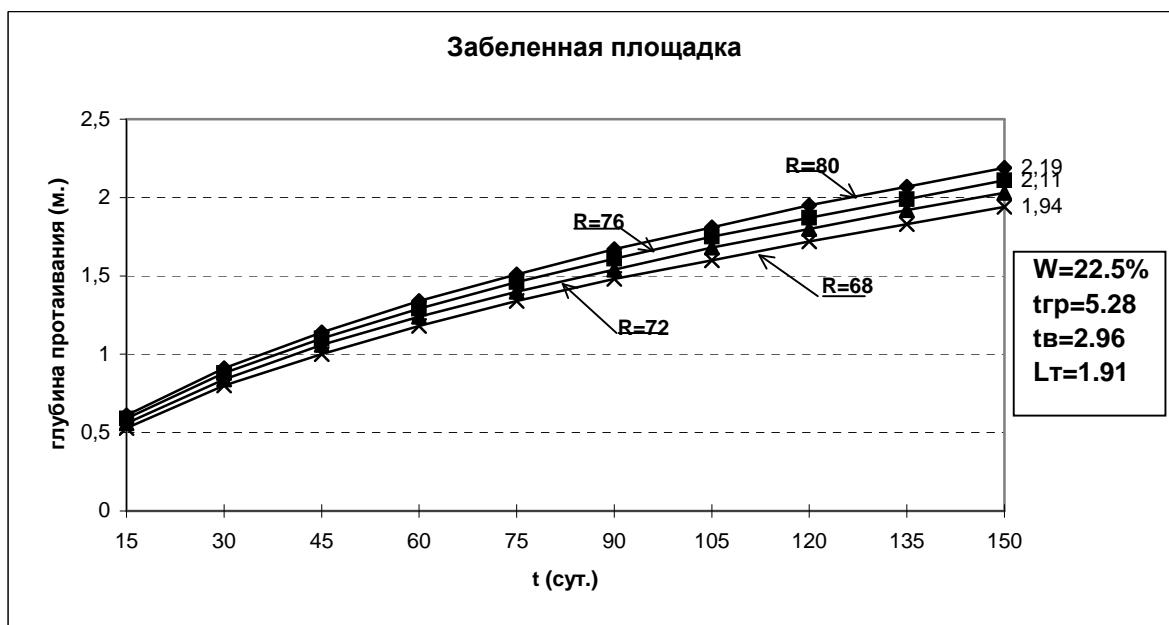


Рис. 2. Влияние радиационного баланса на глубину протаивания для забеленной поверхности

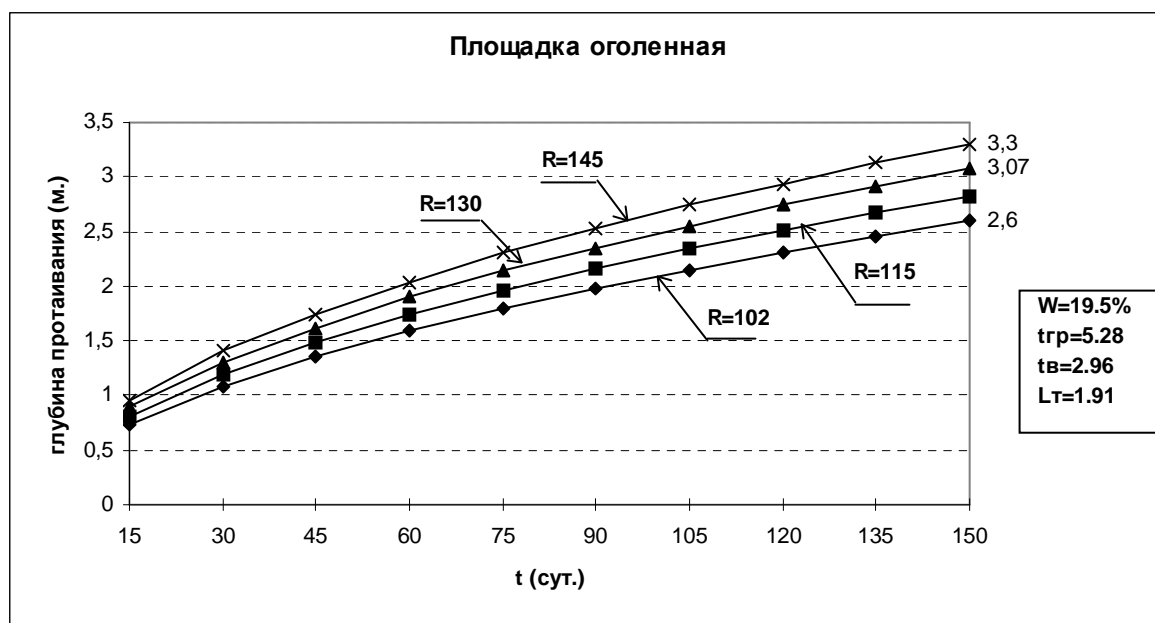


Рис. 3. Влияние радиационного баланса на глубину протаивания для оголенной поверхности

На рис.4 представлены результаты численного эксперимента по выявлению влияния изменения затрат теплоты на испарения, на глубину таяния для оголенной поверхности, расположенной на гребне плотины. Как видно из графика уменьшение затрат тепла на испарение (изоляция) приводит к увеличению глубины таяния.

В предельном случае $LE = 0.0$, соответствующая почти пленочной изоляции глубина таяния за сезон достигает до 3.21м.

$$tv=2.96 \quad trp=5.28 \quad R=115 \quad Lt=1.91 \quad W=20.9\%$$

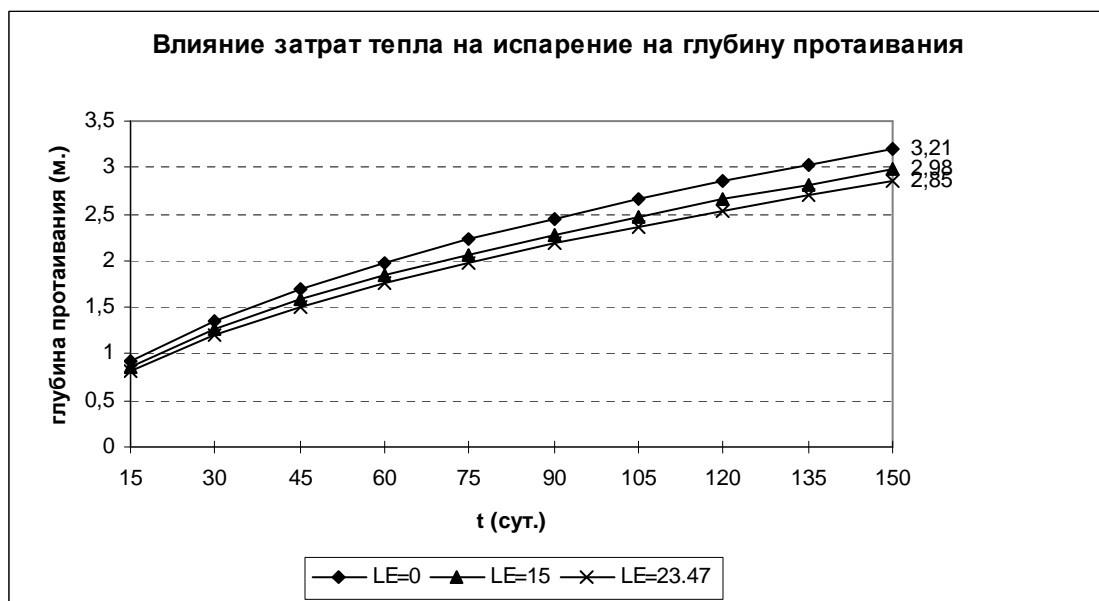


Рис. 4. Влияние затрат тепла на испарение на глубину протаивания

На рис. 5 показано влияние влажности на глубину таяния.

$$t_{в}=2.96 \quad t_{гр}=5.28 \quad R=115 \quad L_{т}=1.91$$

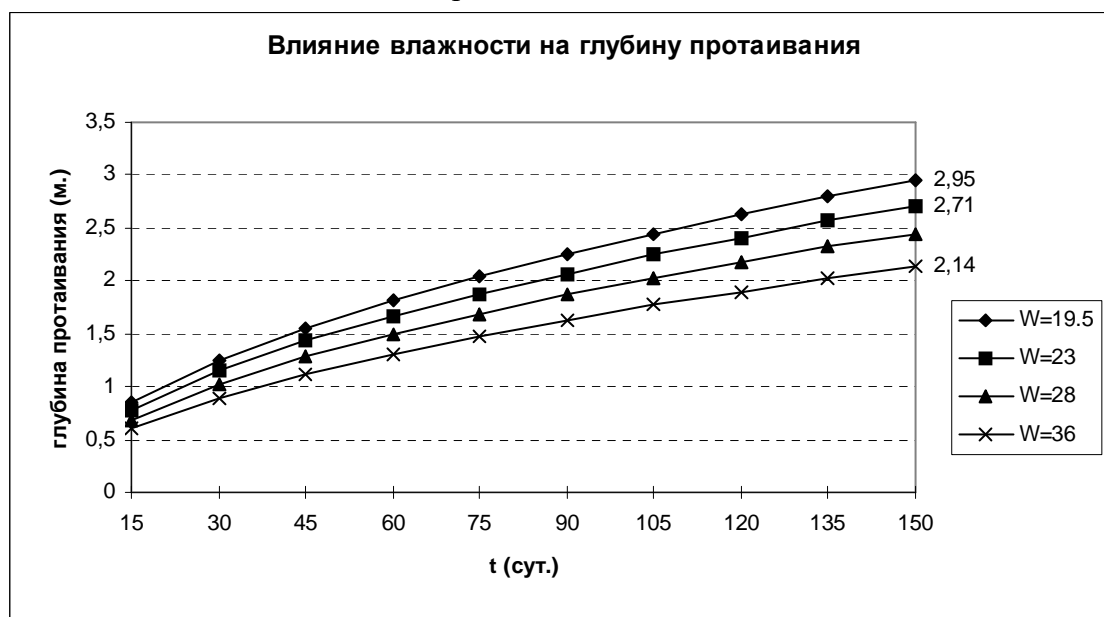


Рис. 5. Влияние влажности на глубину протаивания

На рис. 6 показаны расчеты по определению глубины таяния для оголенной поверхности и для поверхности, покрытой тонкой асфальтовой изоляцией.

$$R=115 \quad a_k=11,3 \quad LE=0.0$$

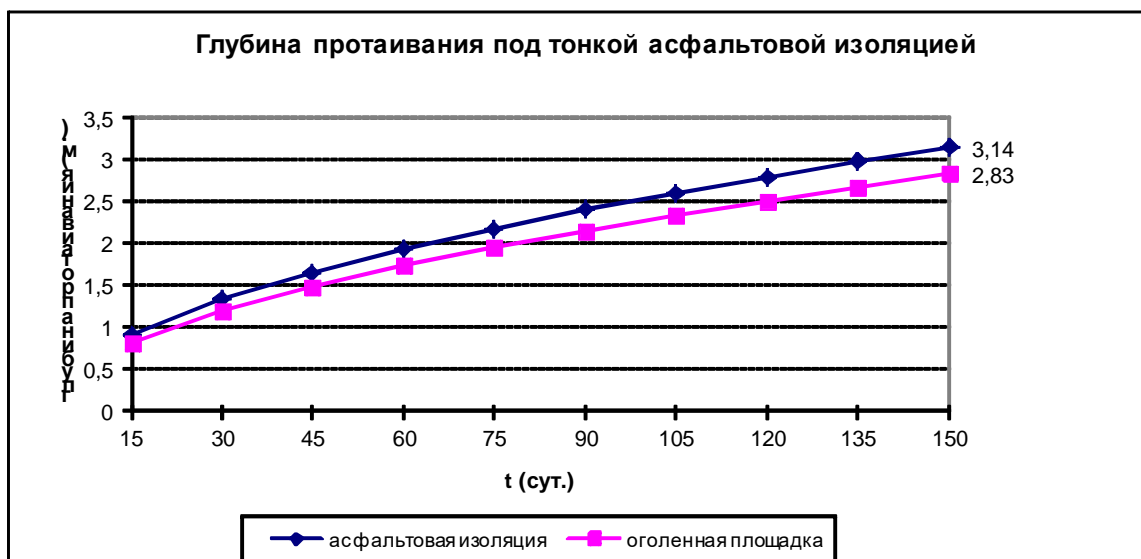


Рис. 6. Вычисление глубины протаивания под тонкой асфальтовой изоляцией

Выводы. 1. Изменение радиационного баланса в большую сторону для забеленной поверхности приводит к медленному углублению глубины таяния, чем оголенной поверхности, т.е. изменение R на 30% приводит углублению таяния на 25см для забеленной поверхности и на 35см для оголенной поверхности. Результаты расчета показали, что за теплосезонный период (с мая по сентябрь месяц) глубина протаивания горизонтальной поверхности достигает до 2,19 м. данные многолетних наблюдений за глубиной протаивания, показывают в среднем 2 м., что подтверждает достоверность полученных результатов.

2. Если горизонтальная поверхность покрыта пленкой, то за теплосезонный период глубина таяния доходит до 3,21 м. Согласно экспериментальных данных [1], следует, что для склонов с уклоном $\approx 40^\circ$, радиационный баланс на 30% больше, чем горизонтальной поверхности. Поэтому глубина протаивания верхнего бьефа примерно будет больше на 30% от 3,12 м., т.е. за сезон глубина протаивания верхнего бьефа будет доходить до 4,6 м.

3. Увеличение влажности грунта приводит к замедлению таяния. Это объясняется большой теплоемкостью влажного грунта, чем сухой грунт.

Литература

1. А.В. Павлов. Теплообмен промерзающих и протаивающих грунтов с атмосферой. М.: Наука, 1965. - 253 с.
2. Г.М. Фельдман. Методы расчета температурного режима мерзлых грунтов. - М.: Наука, 1973.
3. М.Дж. Джаманбаев Методы решения и идентификация параметров математической модели процессов переноса. - Бишкек: Илим, 1996.- 121 с.