

Задание на 16.11.2020 г. Важно: адрес моей электронной почты wera10606@yandex.ru. Со всеми вопросами обращаться в рабочее время Работы на проверку представляем в рукописном сканированном варианте или в Word, затем после получения разрешения, размещаем в личном кабинете, предварительно переводим графику и текст в PDF.

ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОРОД В СЛОЕ ГОДОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУР

9.1 Общие положения

Одной из важнейших задач при мерзлотных исследованиях является изучение закономерностей формирования температурного режима горных пород в слое годовых колебаний температур.

Температурный режим горных пород в верхних горизонтах земной коры определяется структурой радиационно-теплового баланса поверхности, тепловым влиянием наземных покровов (снег, растительность, вода), теплотокотом из недр Земли, а также теплообменом в массиве пород.

Основными параметрами, характеризующими температурный режим пород, являются средняя годовая температура и амплитуда годовых колебаний температуры. В связи с зависимостью температурного режима пород от большого числа природных факторов целесообразно рассматривать закономерности его формирования на следующих уровнях:

- 1) на границе с атмосферой (t_0, A_0);
- 2) на поверхности почвы под снежным, растительным и водным покровом (t_{mn}, A_{mn});
- 3) на подошве СТС и СМС (t_{ξ}, A_{ξ});
- 4) на подошве слоя годовых колебаний температуры (t_{cp} или t_h).

На каждом уровне в процессе формирования температуры пород ведущую роль играют различные факторы, как климатические, так и геологические. Различна и динамика этих факторов, приводящая к изменению температурного режима пород. Наибольшей изменчивостью

отличаются климатические факторы, такие как: составляющая радиационного баланса, температура и влажность воздуха, летние и зимние осадки. Климатические изменения имеют периодичность. Большой динамичностью характеризуются и геологические факторы, такие, как состав и влажность пород, режим грунтовых и надмерзлотных вод, а в отдельных районах и рельеф. Поэтому методика изучения закономерностей температурного режима пород должна исходить из динамики постоянного развития природных факторов.

Существенно природные условия могут изменяться под влиянием производственной деятельности человека. Эти изменения приводят к столь же значительным изменениям температурного режима пород.

В связи с этим необходимо знать количественные закономерные связи природных факторов с температурным режимом для того, чтобы прогнозировать его изменения в связи с динамикой природной обстановки и её изменением в ходе хозяйственного освоения территории.

9.2 изучение температурного режима земной поверхности на границе с атмосферой

Температурный режим земной поверхности определяется с помощью непосредственного круглогодичного измерения температуры и с помощью расчетных методов.

Основной исходной характеристикой при таких расчётах является температура воздуха и задача сводится к нахождению так называемой радиационной поправки, т.е. разности между температурой поверхности (t_0) и температурой воздуха (t_a)

$$\Delta t_R = t_0 - t_a$$

Величину Δt_R определяют обычно из уравнения

$$P = \alpha \Delta t_R,$$

где P - турбулентный теплообмен между поверхностью земли и атмосферой, кДж/см²•ч;

α - коэффициент теплоотдачи с поверхности, кДж/м²•ч•°С.

Методика получения P и α рассмотрена ранее.

Таким образом, средняя годовая температура поверхности земли на границе с атмосферой рассчитывается по формуле

$$t_0 = t_b + \Delta t_R$$

Радиационная поправка Δt_R рассчитывается как среднее арифметическое либо из средних месячных значений Δt_R , либо их среднего летнего и среднего зимнего её значения.

Амплитуда годовых колебаний температуры земной поверхности определяется как сумма средних месячных значений температуры земной поверхности в самый холодный и самый теплый месяцы

$$A_{\text{о мет}} = |t_{\text{ох}}| + t_t$$
$$A_{\text{о физ}} = \frac{A_{\text{о мет}}}{2} = \frac{|t_{\text{ох}}| + t_t}{2}$$

9.3 Изучение температурного режима поверхности почвы под растительным, снежным и водным покровами

Основным методом изучения закономерностей формирования температурного режима поверхности почвы является расчётный метод, так как метод непосредственного измерения температуры требует постановки круглогодичных стационарных наблюдений.

Применяемые в настоящее время расчётные методы могут быть разделены на две группы:

1) приближённые методы расчёта, основанные на оценке двусторонних зависимостей между характеристиками покровов и средней годовой

температурой и амплитудой годовых колебаний температуры поверхности почвы;

2) методы решения на ЭВМ задач теплопроводности в промерзающих и оттаивающих породах в периодически установившемся режиме с заданными характеристиками покровов, изменяющимися во времени.

Первая группа методов может рассматриваться как экспресс-метод и должен применяться в полевых исследованиях, а вторая должна применяться в камеральный период для уточнения результатов приближенных расчётов.

Экспресс методы разработаны В.А. Кудрявцевым и представляют собой серию эмпирических уравнений для количественной оценки влияния каждого в отдельности природного фактора на температурный режим поверхности почвы. При этом средняя годовая температура поверхности почвы t_{nn} и амплитуда годовых колебаний температуры A_{nn} получается путём введения соответствующих поправок к t_0 и A_0 на границе с атмосферой. В начале определяется влияние снега ($\Delta t_{сн}$, $\Delta A_{сн}$), затем растительного покрова ($\Delta t_{раст}$, $\Delta A_{раст}$) или водного ($\Delta t_{вод}$, $\Delta A_{вод}$). Значения t_{nn} и A_{nn} получаются суммированием

$$t_{пп} = t_0 + \Delta t_{сн} \mp \Delta t_{раст} + \Delta t_{вод} = t_с + \Delta t_R + \Delta t_{сн} \mp \Delta t_{раст} + \Delta t_{вод};$$
$$A_{пп} = A_0 - \Delta A_{сн} - \Delta A_{раст} - \Delta A_{вод} = A_с + \Delta A_R - \Delta A_{сн} - \Delta A_{раст} - \Delta A_{вод}$$

Полученные таким образом расчетные данные не только помогают установить особенности формирования температурного режима пород, но даже возможность прогнозирования его изменения и целенаправленно изменять мерзлотную обстановку.

9.4 Изучение температурного режима на подошве СТС и СМС

В связи с тепловыми процессами в слое СТС(СМС) температурный режим на его верхней и нижней границе различаются между собой. Основными процессами, изменяющими температуру пород по глубине ξ

является во-первых теплоперенос при инфильтрации атмосферных осадков и циркуляция надмерзлотных или грунтовых вод, во-вторых кондуктивная теплопередача в слое ξ при переменных значениях теплофизических свойств пород в талом и мёрзлом состояниях, приводящее к возникновению температурной сдвижки.

Формирование температурной сдвижки, а также инфильтрация осадков определяются главным образом литологией и влажностью пород. Поэтому температурный режим на глубине ξ зависит как от географических, так и от геологических факторов и может меняться даже на небольших участках.

Таким образом, t_ξ определяется по формуле

$$t_\xi = t_{\text{пп}} \pm \Delta t_\lambda + \Delta t_{\text{oc}}$$

Методика определения влияния инфильтрации осадков на температуру пород основывается либо на натуральных наблюдениях за температурой пород и режимом выпадения осадков, либо на анализе и сопоставлении средней годовой температур пород, измеренных в скважине на участках, где происходит инфильтрация осадков и на участках, где она отсутствует; либо с помощью расчётных методов, которые рассмотрены на лабораторных занятиях.

Величина температурной сдвижки также может быть определена как с помощью круглогодичных натуральных измерений температуры, так и расчётными методами. Определение Δt_λ по методу В.А. Кудрявцева нами рассмотрена ранее.

Амплитуда годовых колебаний температуры на подошве СТС и СМС A_ξ может быть определена путём непосредственных измерений температуры в течение года на стационарных площадках или по приближенной формуле В.А. Кудрявцева

$$A_\xi = A'_\xi \sqrt{1 - \left[\frac{\xi}{\xi_{\text{п}}} \left(1 - \frac{t_\xi}{A_{\text{пп}} + t_\xi} \right) \right]^2},$$

где A'_ξ определяется из уравнения Фурье для глубины ξ

$$A'_\xi = A_{\text{пп}} e^{-\xi \sqrt{\frac{\pi}{KT}}}$$

$\xi_{\text{п}}$ - глубина потенциального оттаивания или промерзания.

9.5 Измерение средних годовых температур на подошве слоя годовых колебаний

Известно, что слой годовых колебаний температур ограничивается снизу глубиной на которой температуры в течение года практически остаётся постоянной, изменяясь не более чем на $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Эта глубина называется глубиной нулевой годовой амплитуды. Вполне очевидно, что значение температуры на этой глубине соответствует средней годовой температуре пород и она может быть получена путём непосредственных одноразовых измерений температуры в любое время года. Необходимо только, чтобы глубина картировочной скважины была больше глубины нулевой амплитуды на 2-5 м. Таким образом для каждого типа местности в ходе съёмки должны быть определена глубина распространения годовых колебаний температур.

Глубина нулевых годовых амплитуд и средняя годовая температура на ней может быть определена с помощью режимных круглогодичных наблюдений или 2-х кратных измерений через полгода.

С помощью расчётных методов H и t_h могут быть получены и по результатам единовременного измерения температуры в скважине.

Средняя температура на подошве слоя её годовых колебаний (t_{cp}) отличается от средней температуры на подошве СТС(СМС) (t_ξ) на величину, соответствующую геотермическому градиенту в этом слое.

Если геотермический градиент ниже или соответствует нормальному (3°C на 100 м), то t_{cp} можно принять равной t_ξ , так как ошибка не превышает точности измерения температуры ($\pm 0,1^\circ\text{C}$).

Если же геотермический градиент выше указанного значения, то соотношение между t_{cp} и t_{ξ} определяют по формуле В.А. Кудрявцева

$$t_{\xi} = t_1 - (t_1 - t_{cp}) \frac{z_1 - \xi}{z_1 - z},$$

где ξ – мощность СТС или СМС;

z – глубина распространения годовых колебаний температуры;

z_1 и t_1 – произвольная глубина (но ниже подошвы слоя годовых колебаний температур) и соответствующая ей температура, которые берутся по температурной кривой, полученной по единовременным замерам температуры.

Таким образом, существующие методы изучения температурного режима поров в слое годовых колебаний температуры ($t_0, t_{\xi}, t_{п}, A_0, A_{\xi}$) позволяют в ходе мерзлотной съёмки изучать закономерности его формирования, определять роль различных геологических и географических факторов, оценить динамику средних годовых температур. Естественно, что ограничиваться одними расчётами не следует.

При изучении динамики температурного режима пород во времени важно установить закономерные и случайные изменения температур пород, определить средние и экстремальные значения характеристик. Для анализа влияния климата, растительности, состава и влажности пород, изменяющимся по разным законам и незакономерно, на динамику температурного режима пород целесообразно использовать методы решения задачи Стефана на ЭВМ с применением вероятностных методов определения исходных данных.