

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТОВ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ТЕПЛО-МАССООБМЕНА

В. Г. Чеве́рев, Е. В. Сафро́нов

Разработана математическая модель промерзания и пучения грунтов при переменных условиях по тепломассообмену с учетом миграции влаги, усадки талой зоны и формированием криогенной текстуры слоистого типа. В данной численной модели положен фрактальный принцип построения пространства грунта. В качестве фрактала рассматривается полупроницаемая ячейка грунта, открытая по тепломассообмену, но непроницаемая для твердых частиц грунта. Одна из основных особенностей модели - наличие трех типов фракталов: так называемой талой ячейки, соответствующей фракталу грунта в талом состоянии, мерзлой ячейки - фракталу грунта в мерзлом состоянии, и ячейки льда соответствующей фракталу льда, содержащемуся в ледяных шлирах льда в грунте. В процессе промерзания или оттаивания происходит постепенная эволюция ячеек из мерзлой в талую или наоборот, а так же появление и исчезновения ячеек льда. Массообмен талой ячейки в данной модели обуславливается адсорбционным переносом влаги за счет наличия градиента влажности в образце и за счет наличия градиента температур в случае мерзлой ячейки [1, 2].

Основные положения модели следующие:

1. В качестве области грунта взят срез толщи грунта, образующий полуограниченную поверхность, верхняя граница которой - фронт низких температур, а нижняя - источник тепла и влаги.
2. На границе области моделирования допускается свободный и переменный во времени тепло- и влагообмен. Масса грунта каждой ячейки в области моделирования остается постоянной.
3. Для каждой ячейки численной модели все параметры тепло- и массопереноса (то есть термодинамический потенциал, теплоемкость, теплопроводность и равновесное содержание жидкой фазы) являются переменными и зависящими от среднего по объёму ячейки значения влажности, льдистости и температуры.
4. В модели рассматривается смена стационарных состояний через равные промежутки времени, то есть в промежутке кванта времени потоки тепла и влаги принимаются постоянными. Так же в этот квант времени принимаются постоянными температура, влажность и льдистость по всему объёму ячейки,

принимаемыми равными среднему по объёму значению, а так же все параметры тепло - и массопереноса, зависящие от них.

5. В модели допускается вертикальная деформация ячеек на основе изменения влажности и льдистости ячейки. В связи с этим в модели допускается разное содержание влажности в талой зоне и учет процесса просадки талой зоны грунта в условиях роста шпиров льда за счет внутренних источников влаги талой зоны при промерзании. Изменение внутреннего напряженного состояния ячейки за счет изменения деформации грунта пока не рассматривается.

Таким образом, в модели удастся реализовать следующие особенности:

1. Изменяющиеся краевые условия тепло- и массообмена по объёму образца и во времени.
2. Получение динамики усадки и пучения грунта, возможность моделирования образца произвольной формы.
3. В случае двумерной модели возможно получение первичной горизонтально-слоистой криогенной текстуры в промерзающих и прогноз ее эволюции во времени под действием внешних факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов Э.Д., Орлов В.О., Булдович С.Н., Медведев А.В., Чеверев В.Г. Морозное пучение грунтов и его воздействие на сооружения /Основы геокриологии. Ч. 5. Инженерная геокриология. М.: Изд-во МГУ, 1999. С. 109-133.
2. Чеверев В.Г. Природа криогенных свойств грунтов/М: Научный мир, 2004. 234с.