

В Бийском технологическом институте принята рейтинговая система оценки качества процессов СМК, вычисляемая в соответствии с формулой:

$$R = \frac{\sum R_i p_i}{\sum p_i}$$

Здесь p_i – весовой коэффициент i -того процесса; R_i – рейтинговая оценка качества ведения i -того процесса.

По результатам качественной оценки рисков производится ранжирование рисков, составляется реестр приоритетных рисков (карта рисков). Категории рисков, вошедших в карту рисков, учитываются в дальнейшем при разработке программы внутренних аудитов на предстоящий учебный год на этапе определения необходимой частоты и глубины проверок.

Рассмотренная методика определения весов рисков процессов системы менеджмента качества достаточно проста в использовании и допускает автоматизацию. В целом, можно сказать, что разработка плана аудита, который учитывает риски, выгодна как для потребителей образовательной услуги, так и для репутации образовательного учреждения.

УДК 004.021; 51.37

Численное моделирование составляющих теплового режима почв

Л.А. Хворова, А.В. Жариков, А.В. Павлова
АлтГУ, г. Барнаул

Введение

Совокупность явлений поступления, переноса и аккумуляции тепла называют *тепловым режимом почвы* [1]. С тепловым режимом почв тесно связаны начало и конец вегетационного периода, пространственное размещение растений, характер распространения корневых систем, скорость поступления к корням питательных элементов.

Теплофизическое состояние почвы характеризуется комплексом теплофизических коэффициентов – теплоемкостью, тепло- и температуропроводностью, соответствующим температурным полем и тепловыми потоками, формирующимися в почвенном профиле. Оно определяется главным образом взаимосвязью почвенно-физических факторов, складывающихся в генетических горизонтах почвы, и атмосферного климата.

Важнейшей составляющей климата почвы является *температурный режим* – процесс изменения температуры почвы во времени и пространстве. Температура почвы существенно влияет на многие протекающие в ней процессы, поэтому актуальной и практически значимой является задача моделирования теплового режима почвы, а именно, нахождение численных значений комплекса теплофизических параметров.

Постановка задачи моделирования теплового режима почв

Теплота, поступающая на поверхность почвы, под действием создаваемого градиента температур перераспределяется в толщине почвенного слоя. Уравнение теплопереноса в почве имеет вид [2, 3]:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\chi \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\chi \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\chi \frac{\partial T}{\partial z} \right) + f(x, y, z, t), \quad (1)$$

где T – температура почвы; $\rho(x, y, z)$ – плотность почвы; $c(w(x, y, z))$ – теплоемкость; χ – коэффициент теплопроводности, зависящий от влажности почвы w : $\chi = \chi(w(x, y, z))$. Теплоперенос осуществляется вдоль координатных осей Ox , Oy , Oz ; а $f(x, y, z, t)$ – функция источника тепла.

Искомая функция T должна удовлетворять начальным и некоторым граничным условиям. Нижняя граница помещается, как правило, на глубине, на которой температура либо постоянна, либо зависит от времени известным образом. В качестве верхнего граничного условия записывается соотношение, обеспечивающее “сшивание” решений задачи в почве и в приземном воздухе, – условие теплового баланса на поверхности почвы [2, 3].

В докладе рассматривается двумерная аппроксимация задачи о распределении температуры в почве, имеющей неоднородную структуру почвенных пластов.

Результаты численных расчетов

Введем коэффициент температуропроводности K : $K = \frac{\chi}{\rho c}$, и

уравнение (1) преобразуем к виду:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{K}{\rho c} \left[\frac{\partial(\rho c)}{\partial x} \cdot \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial(\rho c)}{\partial y} \cdot \frac{\partial T}{\partial y} \right] + \frac{1}{\rho c} f(x, y, t) \quad (2)$$

Для численного решения уравнения (2) почвенный компартмент разбивается на слои (рис. 1), а к уравнению (2) применяется численный метод с использованием продольно-поперечной конечно-разностной схемы (метод переменных направлений) [4].

Объемная теплоемкость почвы определяется по формуле (3):

$$c(\omega) = (0,2 + w/100)\rho, \quad (3)$$

связь теплопроводности и влажности почвы хорошо аппроксимируется квадратичной зависимостью вида (4):

$$\chi(w) = c(w) \cdot (\lambda_1 (w - \lambda_4)^2 + \lambda_2 \rho + \lambda_3). \quad (4)$$

Неизвестные коэффициенты λ_i , входящие (4), определены по литературным источникам [2, 4] и уточнены при проведении численных экспериментов:

$$\lambda_1 = -0.013; \lambda_2 = 3.1; \lambda_3 = 1.21; \lambda_4 = 20.$$

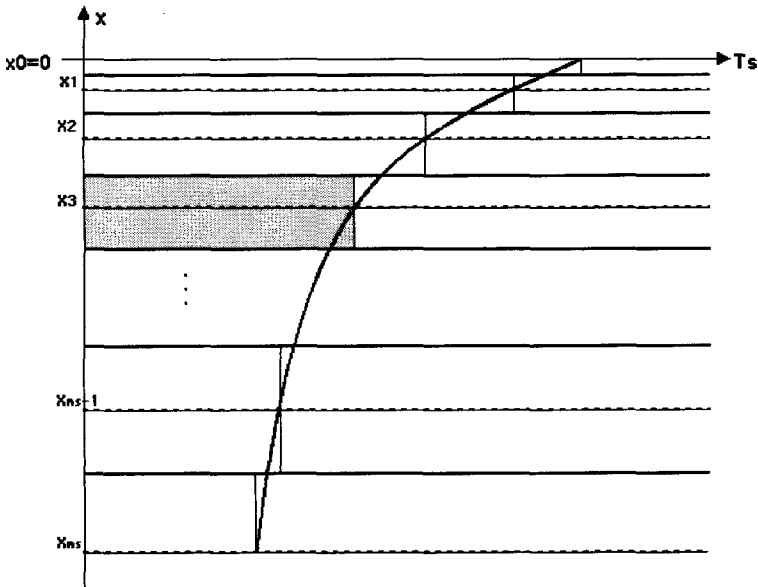


Рис. 1. Разбиение почвы на слои. Вертикальный профиль температур

Численный алгоритм решения задачи реализован на языке Fortran PowerStation для неоднородного компартмента. В докладе обсуждаются вопросы определения теплофизических коэффициентов при различных значениях влажности для почвенных слоев; средний суточный ход

на поверхности почвы и в воздухе на высоте 2 м; суточный и годовой ход температуры в почве на различных глубинах; сезонный ход теплофизических коэффициентов, зависящих от влажности и плотности почвы.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными по теплофизическим свойствам выщелоченных черноземов Алтайского Приобья. Они близки как по значениям, так и по характеру зависимостей. В то же время они отражают объективные почвенно-физические факторы, такие как плотность сложения профиля, водно-физические свойства. Применение предложенных аппроксимирующих функций позволяет существенно сократить объем экспериментальных исследований.

Результаты моделирования отражают динамику распределения температур по почвенному профилю в течение суток и в течение года.

По результатам проведенных расчетов получены следующие выводы:

- коэффициент объемной теплоемкости линейно растёт при увеличении влажности;
- коэффициент температуропроводности имеет ярко выраженный максимум при определенных влажностях;
- коэффициент теплопроводности нелинейно возрастает, стремясь к «насыщению».

Теплофизические свойства почвы закономерно изменяются в зависимости от плотности сложения генетических горизонтов.

Заключение

Непосредственное измерение теплофизических характеристик представляет не простую задачу, так как для проведения полевых исследований требуется надежная приборная база, которая бы позволила получить достоверные данные. Применение громоздких устройств может привести к нарушению естественного сложения почвенного профиля, созданию больших градиентов температур, и, следовательно, к искажению реальных значений термических показателей влажных почв за счет массопереноса. Поэтому привлечение методов имитационного компьютерного моделирования к описанию теплофизического состояния почв является важной практически значимой задачей. Реальный и компьютерный эксперименты должны стать взаимодополняющими сторонами единого экспериментального метода. Возможности компьютерного моделирования позволяют изучить тепловые процессы в почвенном профиле для различных типов почв и природных условий.

Работа выполнена в рамках программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет» на 2012-2016

годы «Развитие Алтайского государственного университета в целях модернизации экономики и социальной сферы Алтайского края и регионов Сибири», мероприятие «Конкурс грантов», грант №2013.312.1.66 «Разработка параллельных алгоритмов численного исследования процессов тепло- и массопереноса в многомерных областях для задач рационального природопользования» и государственного задания «Изучение процессов конвекции и теплопереноса в анизотропных областях и областях с границами раздела» № 7.3975.2011.

Библиографический список

1. Шейн Е.В. Курс физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005.
2. Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И., Терлеев В.В., Топаж А.Г. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур. – СПб., 2006.
3. Хворова Л.А., Топаж А.Г. Динамическое моделирование и прогнозирование в агрометеорологии. – Барнаул, 2010.
4. Самарский А.А. Методы решения сеточных уравнений. – М.: Наука, 1978.
5. Агрогидрологические свойства почв юго-восточной части Западной Сибири. Справочник. – Л., 1979.