

## ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ВЛАГИ ПРИ МАЛОНАПОРНОЙ И БЕЗНАПОРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

**Движения влаги в почве существенно зависят от условий на верхней границе (наличие или отсутствие гидравлического напора). В полевых экспериментах на агросерой среднесуглинистой почве показано, что при наличии напора движение влаги происходит по преимущественным путям миграции. Наилучшая воспроизводимость полевой динамики влажности с помощью математической модели переноса наблюдалась при использовании данных по гранулометрическому составу.**

**Ключевые слова:** почва, гидрофизика почв, математическая модель, экспериментальное обеспечение, физические свойства почв, педотрансферные функции.

Проблемы детального изучения и прогноза передвижения веществ в почвах в настоящее время являются чрезвычайно актуальными. Действительно, на современном этапе мы должны точно знать и количественно прогнозировать развитие того или иного природного процесса, чтобы своевременно и точно решить вопрос об управлении им.

К сожалению, применение математических физически обоснованных моделей связано не только и не столько с их математическим построением, сколько с получением адекватного экспериментального материала по свойствам почв для их работы. Именно поэтому в настоящее время наиболее актуальны вопросы, связанные с получением и применением экспериментального обеспечения такого рода моделей.

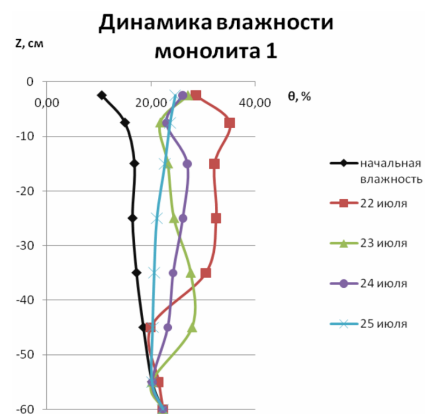
Целью данной работы был анализ различий при экспериментальном и расчетном (модельном) изучении процессов передвижения влаги в условиях малонапорной и безнапорной инфильтрации. Задачами работы являлись: (1) экспериментальное исследование динамики влажности почвы при малонапорной и безнапорной инфильтрации и последующем испарении в полевых условиях; (2) возможности описания процесса влагопереноса с помощью физически обоснованной модели HYDRUS и (3) оценка экспериментального обеспечения для адекватного воспроизведения модели процессов влагопереноса в почве.

### Объекты и методы

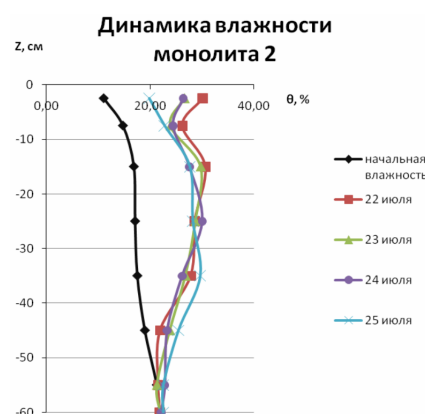
Объектом исследования являлась агросерая среднесуглинистая почва на карбонатных лессовидных суглинках Владимирского ополья.

В полевых условиях изучалось движение влаги по специальной методике на почвенных монолитах с помощью специальных заливочных экспериментов (в 2009 и 2010 годах). Цель эксперимента заключалась в изучении особенностей движения влаги при малонапорном и безнапорном впитывании. Согласно схеме опыта были подготовлены два

идентичных по размерам (диаметр 42 см) и почвам монолита. Боковые стенки монолитов были обернуты пленкой и покрыты монтажной пеной для предотвращения потери влаги и тепла. Затем монолиты были закопаны, что предотвращало боковое рассывание влаги. Такая методика позволила точно



а)



б)

Рисунок 1. Распределение влажности по профилю почвы до и после полива (а – при безнапорной фильтрации, б – при малонапорной фильтрации)

собности условие одномерного передвижения влаги в почвенном профиле.

Эксперимент ставился так, что одновременно в обоих монолитах проводилось впитывание, но в одном случае на поверхности поддерживали постоянный напор 5 см, а в другом впитывание воды было безнапорным (мелкодисперсное дождевание без образования слоя воды на поверхности). Предполагается, что преимущественные пути миграции, быстрые потоки влаги будут возникать в том случае, если на поверхности имеется напор воды, а в случае безнапорной фильтрации быстрых потоков возникать не будет.

В 2009 году поверхность монолитов поливали водой. Через сутки после проведения фильтрационного эксперимента послойно снимали слои монолита (с шагом 10 см) и по сетке снимали показания влажности для исследования ее пространственного распределения. В 2010 году на поверхность монолитов подавался раствор 0,5 М КСl. Для определения влажности и содержания солей ежедневно проводилось бурение в монолитах. Через 5 дней также послойно и по горизонтальной сетке отбирали образцы (25 экспериментальных точек на каждый слой) для определения пространственного распределения влажности.

Контролировались испаряемость и испарение с поверхности почвы за весь период эксперимента с помощью небольших (около 83 см<sup>3</sup>) монолитиков.

В лабораторных условиях определяли гранулометрический состав (на лазерном дифракционном анализаторе размера частиц ANALYSETTE 22 Comfort) и основную гидрофизическую характеристику (методом десорбции паров воды над солями и с помощью капилляриметров в зондовом варианте) [1]. Для расчетом движение влаги использовалась физически обоснованная модель HYDRUS [2].

### Результаты и обсуждения

Анализ профильных распределений влажности по профилю агросерой почвы показывает, что влага продвинулась до 30 см в монолите при отсутствии напора на поверхности почвы, а в монолите с наличием гидравлического напора – до 40 см (рис. 1). Кроме того, пространственное распределение влажности (рис. 2) показывает, что при малонапорной инфильтрации статистики варьирование влажности более значительное (на глубинах 50 и 60 см квартиль и размах составляли около 2-3 и 6-12%), так как проявляются преимущественные потоки влаги. При безнапорной инфильтрации наблюдается меньшее варьирование влажности (на глубинах 50 и 60 см квартиль и размах составляли около 2 и 5%), так как вода мед-

леннее движется по толще почвы и промачивает весь профиль равномерно. При безнапорной инфильтрации наблюдается меньшее варьирование влажности (на глубинах 50 и 60 см квартиль и размах составляли около 2 и 5%), так как вода медленнее движется по толще почвы и промачивает весь профиль равномерно.

Одной из задач работы является моделирование указанных процессов, сравнение расчетных и экспериментальных данных для того, чтобы характеризовать, какое экспериментальное обеспечение модели является наиболее адекватным: экспериментальное получение ОГХ, использование ПТФ из гранулометрии и других свойств почвы и др.

При безнапорной фильтрации вторая модель (с учетом гранулометрического состава) лучше других, а для монолита с наличием напора на поверхности лучше всего подходит третья модель (с учетом гранулометрического состава и плотности почвы). А самая худшая оказалась модель с ОГХ в качестве экспериментального

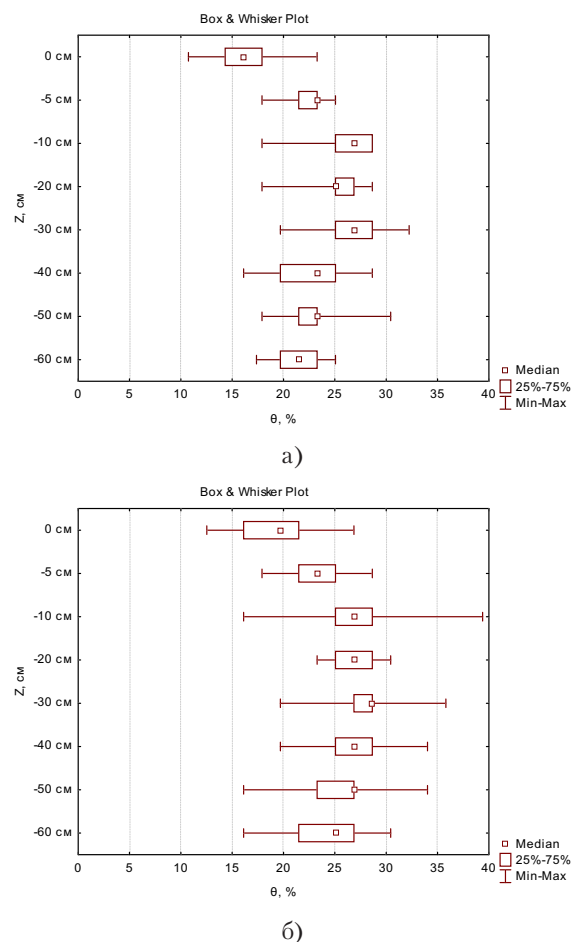


Рисунок 2. Распределение влажности по профилю полива (а – при безнапорной фильтрации, б – при малонапорной фильтрации) через 5 суток после полива

обеспечения. Скорее всего, это связано с тем, что при определении ОГХ возникает большая экспериментальная погрешность, связанная с использованием нарушенных образцов и с недостаточно четким заданием начальных условий эксперимента (предварительным насыщением образца водой). Стабильный и точный метод определения гранулометрического состава дает более достоверные результаты.

Для оценки возможности модели прогнозировать различное движение влаги также был проведен статистический анализ данных по критерию Вильямса-Клюта. Анализ показал, что модели лучше описывают безнапорную фильтрацию. Это, скорее всего, связано с тем, что программа не учитывает преимущественные потоки: наибольшие ошибки наблюдаются в нижней части профиля в конце эксперимента (при разборке монолита).

16.06.2011

**Список литературы:**

1. Теории и методы физики почв. Колл. монография под ред. Е.В.Шейна и Л.О.Карпачевского. М.: «Гриф и К». 2007. 616 с.
2. Simunek J., van Genuchten M. Th. and Sejna M. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media. Department of environmental sciences university of California Riverside, 2005.

Сведения об авторах:

**Шейн Евгений Викторович**, заведующий кафедрой физики и мелиорации почв МГУ имени М.В.Ломоносова, д.б.н., профессор, e-mail: evgeny.shein@gmail.com

**Панина София Сергеевна**, аспирантка кафедрой физики и мелиорации почв МГУ имени М.В.Ломоносова, e-mail: SofiyaPanina@gmail.com

**UDC 631.10**

**Panina S.S., Shein E.V.**

Moscow state university named M.V.Lomonosov, e-mail: SofiyaPanina@gmail.com

**MOVEMENT OF WATER IN AND LOW HEAD GRAVITY FILTRATION**

Soil moisture movement depends on the upper boundary conditions (the presence or absence of hydraulic pressure). It was showed in field experiments on grey cultivated soil that the presence of pressure head causes the preferential water movement. The best reproducibility of the field moisture dynamics by physically based water migration mathematical model was observed when use the data on granulometric composition.

Key words: soil, hydrophysics, mathematical model, experimental evidence, physical properties of soils, pedotransfer functions.

**Bibliography:**

1. Theories and methods of soil physics. The call. monograph under red. E.V. Sheina and LO Karpachevsky. M.: «Grief and K». 2007, 616 p.
2. Simunek J., van Genuchten M. Th. and Sejna M. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media. Department of environmental sciences university of California Riverside, 2005.