

УДК 502/504:631.4:631.6

А. С. ИСАЕВ, Ю. И. СУХАРЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ

Описана методика определения параметров уравнения нестационарного влагопереноса, основанная на проведении наливов воды в почву в полевых условиях, измерении динамики потенциала почвенной влаги и на математической обработке полученных результатов.

Влагоперенос, водный режим, водно-физические параметры почвогрунтов, налив воды с поверхности почвы.

The determination method of the equation parameters of non-stationary moisture transfer is described based on fulfillment of water pouring into soil under field conditions, measuring the dynamics of the soil moisture potential and mathematical processing of the obtained results.

Moisture transfer, water regime, water-physical parameters of soils, water pouring from soil surface.

Цель проведенных исследований заключалась в разработке методики определения параметров уравнения нестационарного влагопереноса для расчета водного режима мелиорируемых территорий. Объект исследований – мелиорируемые территории.

В процессе исследования были решены следующие задачи: сбор и анализ информации по существующим полевым и лабораторным методам определения параметров уравнения нестационарного влагопереноса; разработка экспресс-методики определения параметров уравнения нестационарного влагопереноса для расчета водного режима мелиорируемых территорий; сравнительная оценка существующих и разработанной методик определения параметров уравнения нестационарного влагопереноса; расчет водного режима почв и грунтов в натуральных условиях и сравнение полученных данных с данными фактических измерений.

Разработанная методика определения параметров нестационарного влагопереноса позволяет повысить точность измерений, сократить трудоемкость и время проведения натуральных и лабораторных измерений, может быть использована мелиоративными проектно-изыскательскими организациями при проведении полевых изысканий и последующего расчета водного режима мелиорируемых земель.

Исходные положения методики:

1. В качестве основы методики определения водно-физических параметров

почвогрунтов принимается «налив воды в почву при постоянном напоре на поверхности» в сочетании с комплексом режимных наблюдений за динамикой влажности, всасывающего давления, пьезометрического напора и температуры в зоне аэрации.

2. Форма площадки для налива практически не влияет на скорость впитывания.

3. Боковое растекание воды из заливаемой площадки тем больше, чем меньше площадь внутри рамы, более выражена трещиноватость почвы, почва имеет больший объем ходов червей и землероев или слабопроницаемые для воды прослойки.

Для защиты от бокового растекания площадка для наливов должна иметь две рамы: внутреннюю – учетную; внешнюю – защитную. При этом чем шире водная защита, тем меньше сказывается растекание на водопроницаемость в учетной раме. Однако при реальных величинах защитного водного слоя (10...50 см) боковое растекание полностью не исключается, а фильтрация из учетной рамы не является одномерной.

Следовательно, для адекватного учета растекания воды при наливах целесообразно производить обработку полученных результатов с использованием двухмерного уравнения влагопереноса.

4. Количество повторностей (объем выборки) при наливах должно быть согласовано с варьированием определяемых

свойств в пространстве, а следовательно и с площадью заливаемых площадок.

Исследования Е. А. Дмитриева показали, что увеличение площади заливаемой площадки от 0,2 до 25 дм² приближает эмпирическую кривую к кривой нормального распределения. Это позволяет использовать методику Е. А. Дмитриева для определения объема выборки.

По данным А. П. Болдырева, И. Р. Ильина, увеличение площади учетной рамы от 5 до 100 дм² уменьшает коэффициент вариации водопроницаемости в 2–3 раза [2].

При площади учетной рамы 5...9 дм² для достижения уровня вероятности 0,8 и относительной вероятной погрешности 15 % требуется более 7 повторностей. Увеличение учетной площади до 25 дм² позволяет уменьшить необходимое число повторностей до 4. Дальнейшее увеличение учетной площади не приводит к повышению точности данных из-за уменьшения равномерности слоя воды на поверхности почвы [2].

5. По данным А. П. Болдырева, И. Р. Ильина, увеличение слоя воды при наливе от 3,5 до 6,5 см незначительно повышает скорость впитывания, дальнейший рост слоя воды сильно увеличивает интенсивность впитывания, что может привести к нежелательной турбулентности потока.

6. Для наливов целесообразно использовать рамы следующих размеров: учетная рама – 25 дм², защитная рама – 100 дм². Слой воды на поверхности почвы при наливе 5...8 см.

Подготовка опытной площадки и отбор образцов для определения параметров почв.

1. Оборудование площадки для налива начинается с устройства почвенного разреза: длина 180...200 см, ширина 80...100 см, глубина 150...300 см.

2. В процессе устройства почвенного разреза осуществляется отбор образцов почвы по генетическим горизонтам для лабораторного определения параметров почв.

2.1 Отбор образцов ненарушенного сложения для определения плотности почвы производится из боковой стенки разреза всей исследуемой толщи послойно, через 10 см, в трехкратной повторности. Образцы отбираются из скважины

объемным почвенным буром БП-50 или из почвенного разреза буром Ф. Р. Зайдельмана или буром АМ-7.

2.2 Отбор образцов ненарушенного сложения для лабораторной тарировки тензиометров производится из боковой стенки почвенного разреза с горизонтов их установки в цилиндры диаметром 15 см, высотой 15 см.

2.3 Отбор образцов ненарушенного сложения для определения зависимостей полного потенциала почвенной влаги и коэффициента влагопроводности от влажности производится из боковой стенки почвенного разреза каждого генетического горизонта в трехкратной повторности в цилиндры из нержавеющей стали необходимого размера. При использовании капилляриметра цилиндры для отбора образцов имеют следующие размеры: диаметр 5 см, высота 5 см.

2.4 Отбор образцов ненарушенного сложения для определения коэффициентов фильтрации генетических горизонтов производится из боковой стенки почвенного разреза каждого генетического горизонта в цилиндры диаметром 10 см, высотой 15 см в трехкратной повторности или в контейнеры испарителей ГГИ-500 или ГГИ-3000.

2.5 Отбор образцов нарушенного сложения для определения гранулометрического состава, плотности твердой фазы, максимальной молекулярной влагоемкости, максимальной гигроскопической влагоемкости, удельной поверхности почв производится в количестве 1...2 кг почвы из каждого 10-сантиметрового слоя и помещается в полиэтиленовые мешки с бирками.

2.6 Отбор образцов нарушенного строения для определения структурности почвы производится в количестве 1...3 кг почвы из каждого 10-сантиметрового слоя почвы в полиэтиленовые мешки с бирками.

3. Рамы для проведения наливов устанавливаются в следующем порядке: учетная и защитная рамы – на продольной оси разреза по обе его стороны. Расстояние от защитной рамы до стенки разреза должно быть не менее одного метра. Поверхность почвы перед установкой рам очищается от растений, рыхлится на полштыка лопаты и выравнивается. Учетная и защитная рамы погружаются в почву на 5...10 см, грунт по внешнему

периметру рам уплотняется.

4. Установка датчиков – тензиометров, термометров, влагомеров и других – производится под центром учетной рамы

через 10...50 см по глубине в зависимости от изменчивости свойств почвы по вертикали и мощности генетических горизонтов почв (рисунок).

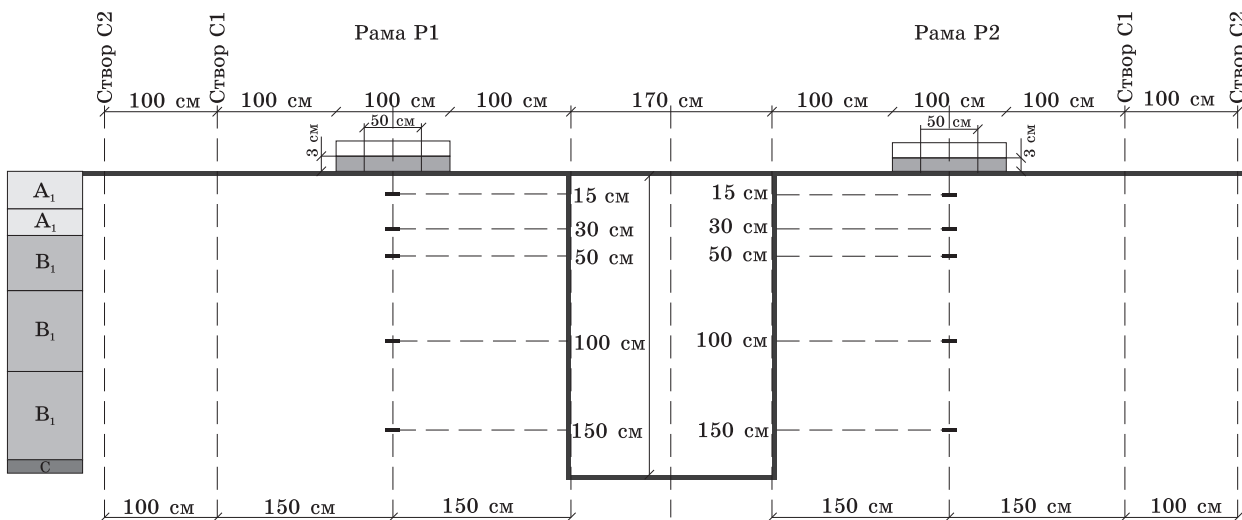


Схема опытной площадки П1. Рама для налива: учетная и защитная

Датчики вводятся в проделанные с помощью микробура в стенке разреза горизонтальные скважины глубиной 150...200 см и вдавливаются в их дно. Провода и трубки датчиков выводятся на поверхность почвы к соответствующим регистрирующим приборам. После установки датчиков почвенный разрез засыпается, почва утрамбовывается до плотности, близкой к естественной. Кроме того, могут устраиваться створы тензиометров С1 и С2 на продольной оси разреза на расстоянии 100 и 200 см от каждой из защитных рам.

Первый налив производится через 3...6 дней после засыпки разреза. Это время необходимо для установления равновесия между внутренней системой тензиометра и окружающей средой. Для учета осадков на площадке устанавливается pluвиограф П-2.

Методика проведения наливов. Наллив на экспериментальной площадке П1, на двух установленных рамах Р1 и Р2 осуществляют одновременно. Постоянный уровень воды в рамах и регистрацию расхода воды производят с помощью сосуда Мариотта или автоматических устройств. Продолжительность налива зависит от почвенно-геологических условий и исходной влажности. Регистрация показаний датчиков, установленных под учетной рамой и в створах за защитной рамой во время налива, производится первые два

часа через 30 мин, а далее через час.

В створах, установленных за учетной рамой, в те же моменты времени термостатно-весовым методом определяют массовую влажность почвы. Пробы для определения влажности отбирают буром АМ-16 из всей исследуемой толщи почвы через 10 см в трехкратной повторности. По результатам замеров в процессе впитывания рассчитывают скорость впитывания воды в почву при наливе с учетом температурной поправки Хазена.

Налив прекращают при полном насыщении исследуемой толщи почвогрунта и установлении постоянной скорости впитывания. По окончании налива поверхность почвы в рамах закрывают полиэтиленовой пленкой и соломой для предотвращения физического испарения.

По описанной методике на экспериментальной площадке П1 были проведены следующие работы.

Рама Р1. Проведено четыре налива продолжительностью 8 ч: на глубине 30...40 см от поверхности почвы; на глубине 100 см от поверхности почвы.

Рама Р2. Проведено три налива продолжительностью 8 ч: на глубине 30...40 см от поверхности почвы; на глубине 100 см от поверхности почвы.

В процессе эксперимента на опытной площадке П1 производились замеры следующих показателей:

скорость впитывания воды в

учетной раме во время наливов;

показания тензиометров под учетной рамой во время наливов и после их окончания;

показания ионитовых сорбционных датчиков под учетной рамой во время наливов и после их окончания;

показания термометров сопротивления под учетной рамой во время наливов и после их окончания;

влажность в защитной раме до наливов (термостатно-весовым методом).

Анализ и дальнейшее использование полученных данных. Синхронное определение влажности и давления почвенной влаги позволяет определить основную гидрофизическую характеристику (ОГХ) для каждого генетического горизонта почвы. Для аппроксимации значений такой характеристики может быть использована зависимость, предложенная А. И. Головановым [3].

Зависимость коэффициента влагопроводности от влажности может быть получена путем обработки синхронных данных полевых измерений давления почвенной влаги и влажности, а также в лабораторных условиях с помощью капилляриметра с использованием отобранных в полевых условиях ненарушенных образцов почвы.

Описанная методика экспериментального определения параметров водно-физических свойств почв является довольно трудоемкой, требующей много времени для проведения натурных и лабораторных измерений. Уменьшить трудоемкость и сократить время проведения измерений можно путем соответствующей математической обработки полученных результатов. Определение необходимых параметров может быть осуществлено путем решения обратной задачи с использованием двумерной математической модели нестационарного влагопереноса в пористых средах, описывающей процесс передвижения влаги в почвах и подстилающих грунтах. При этом возможно рассмотрение двух основных вариантов: 1 – при известной основной гидрофизической характеристике (определенной опытным путем) рассчитывается коэффициент фильтрации (влагопроводности), 2 – при известном коэффициенте фильтрации рассчитывается основная гидрофизическая характеристика. В расчетах может

быть учтена генетическая неоднородность почв и подстилающих грунтов.

Математическая модель для обработки экспериментальных данных. При выборе пользователем математической модели для практического применения из ряда подобных следует исходить из следующих принципов: предпочтительности использования, учета функциональных возможностей, надежности, адекватности моделируемым процессам, практического удобства использования в данной предметной области.

В процессе разработки математической модели решаются следующие задачи:

практическая реализация математических моделей в виде алгоритмов и компьютерных программ;

схематизация и разработка расчетных схем полевого эксперимента.

В математической модели горизонтальные потоки влаги необходимо представить как радиально-осевые. Уравнение, представленное в конечно-разностной форме по неявной схеме, можно записать в следующем виде:

$$C_{i,k}^{j+1/2} \frac{H_{i,k}^{j+1} - H_{i,k}^j}{t_{j+1} - t_j} = \frac{1}{h_i} \left(\frac{H_{i+1,k}^{j+1} - H_{i,k}^{j+1}}{R_{i,k}^{x,j+1/2}} - \frac{H_{i,k}^{j+1} - H_{i-1,k}^{j+1}}{R_{i-1,k}^{x,j+1/2}} \right) + \frac{1}{b_k r_k} \left(\frac{H_{i,k+1}^{j+1} - H_{i,k}^{j+1}}{R_{i,k}^{y,j+1/2}} - \frac{H_{i,k}^{j+1} - H_{i,k-1}^{j+1}}{R_{i,k-1}^{y,j+1/2}} \right),$$

где $i = 1, 2, \dots, I$; $k = 1, 2, \dots, K$; $j = 0, 1, 2, \dots, J$; i, k, j – номера шагов пространственной сетки по вертикальной, горизонтальной и временной координате соответственно; I, K, J – общее число шагов сетки по вертикальной, горизонтальной и временной координате соответственно; h_i – величина i -го шага пространственной сетки по вертикальной координате, м; b_k – величина k -го шага пространственной сетки по горизонтальной координате, м; r_k – расстояние от оси до центра блока по горизонтальной координате, м; $H_{i,k}^j, H_{i,k}^{j+1}$ – напоры в центре блока с координатами i, k на моменты времени j и $j + 1$ соответственно, м; $R_{i,k}^{x,j+1/2}$ – коэффициент влагоемкости блока с координатами i, k на момент времени $j + 1/2, 1/м$; $R_{i,k}^{x,j+1/2}$ – сопротивление передвижению влаги из блока с координатами (i, k) в блок с координатами $i + 1, k$ в момент времени $j + 1/2, сут$; $R_{i,k}^{y,j+1/2}$ – сопротивление передвижению влаги из блока с координатами i, k в блок с координатами $i, k + 1$ в момент времени $j + 1/2, сут/м$.

Для полного математического описания решаемой задачи кроме уравнения процесса задаются условия однозначности (начальные и граничные условия, распределение параметров), выделяющие конкретную задачу из рассматриваемого процесса.

Разработанная математическая модель, неоднократно проверенная на адекватность описания динамики впитывания воды в почву при наливах, позволяет рассчитывать водный режим почв и грунтов с учетом важных природных и антропогенных факторов. Данная математическая модель является основой для определения численных значений параметров влагопереноса в почвах и подстилающих грунтах.

Выводы

На основе решения обратной задачи влагопереноса в пористой среде и в результате математической обработки данных полевых и лабораторных экспериментов предложена и апробирована новая методика дифференцированного определения параметров влагопереноса (основной гидрофизической характеристики и коэффициента влагопроводности), необходимых для проведения расчетов водного режима почв, почвообразующих и подстилающих пород агроландшафтов.

1. Голованов А. И., Исаев А. С. Способ

бы определения параметров нестационарного влагопереноса и водно-физических параметров почвогрунтов для расчета водного режима мелиорируемых земель: отчет о научно-исследовательской работе. – М.: НИС МГМИ, 1977. – 245 с.

2. Болдырев А. П., Ильин И. Р. Водопроницаемость некоторых черноземов Молдавии // Почвоведение. – 1975. – № 2. – С. 12–16.

3. Голованов А. И., Новиков О. С. Математическая модель переноса влаги и растворов солей в почвогрунтах на орошаемых землях: Сельскохозяйственная мелиорация: сб. науч. трудов. – М.: МГМИ, 1974. – Т. 36. – С. 87–95.

Материал поступил в редакцию 29.10.13.

Исаев Андрей Сергеевич, доцент кафедры «Мелиорация и рекультивация земель»

E-mail: andismsuee@mail.ru,

Сухарев Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры «Мелиорация и рекультивация земель»

E-mail: vodoem@mail.ru

УДК 502/504:631.62

А. Е. КАСЬЯНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ЗАЩИТА ДРЕНАЖА ОТ ЗАОХРИВАНИЯ

В полость дрены подают выхлопные газы двигателя внутреннего сгорания. Одновременно вводят аэрозоли и мелкодисперсные порошки, которые токсичны для железобактерий. Заиливание дренажных труб отложениями окиси железа прекращается.

Дренаж, заохривание, полость дрены, железобактерии, окись железа, дренажные трубы.

Exhaust gases of the internal combustion engine get into the drain cavity. Simultaneously aerosols and fine-dispersed powders are introduced into the drain cavity which are toxic for iron bacteria. Drain pipes silting with ferric oxides sedimentations stops.

Drainage, ochreolization, drain cavity, iron bacteria, ferric oxide, drain pipes.

Неудовлетворительная работа осушительных систем в Нечерноземной зоне Российской Федерации на 28 % площади обусловлена локальным и площадным заиливанием дренажа, на 29 % площади –

заиливанием дренажных фильтров и снижением водопроницаемости траншейной засыпки [1]. Заохривание дренажных труб, фильтров, придренных участков траншейной засыпки – одна из причин заиливания