

Методические подходы к определению водопроницаемости почв на склонах

Маштаков Д.А., Автономов А.Н., Проездов П.Н.

ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

Характерной особенностью склоновых земель, особенно южной ориентации, является недостаток влаги и избыток температуры. Водопроницаемость почв на склонах является основным фактором, определяющим водообеспеченность почвы и ее динамическую устойчивость. Во многих работах отмечается важность изучения водопроницаемости почвы [1, 2, 4]. Особенно данный вопрос актуален на землях крутых склонов из-за резко выраженных колебаний агроклиматических условий, связанных с различиями в строении рельефа.

Для изучения водного режима почв на склонах закладывались почвенные разрезы глубиной до 1,5-2,0 метра, по 3-4 в каждой стоковой площадке специальным буром, без разрушения структуры почвы, брались образцы почв в стаканы емкостью 202 см³ по три из каждого морфологического горизонта, начиная с поверхности почвы, причем подстилка не снималась из-за ее незначительной мощности (0,5-1,5 см). Показатели физических свойств почвы выводились в среднем из 10-15 образцов каждого горизонта в каждой площадке. Исследования проводились на стоковых площадках на территории Мариинско-Посадского района Чувашской Республики с координатами 56° 06' 37" СШ и 47° 41' 24" ВД. Площадки расположены на крутом склоне в 43⁰ в бассейне безымянной речки, впадающей в р. Волга, направленность склона юго-восточная.

Водопроницаемость почв в основном определяют с помощью рам (квадратов), погруженных в почву на глубину 5-10 см. Недостатком этого способа является невозможность поддерживать постоянный уровень воды. Существует и более совершенный способ определения водопроницаемости почвы, заключающийся в автоматическом поддержании постоянного уровня воды при помощи сосудов Мариотта или других приспособлений. Все эти приборы имеют те или иные недостатки: малая глубина погружения прибора в почву, вследствие чего возможно боковое растекание воды, малая площадь внутреннего цилиндра, а также малый объем сосуда, из которого подается вода.

В настоящее время для определения водопроницаемости почвы широко применяется инфильтрометр Нестерова. И. С. Шпак применял инфильтрометр с цилиндрическими кольцами значительно большей высоты, которые забивались на глубину до 50 см. Инструментальная ошибка инфильтрометра складывается из ошибки определения величины падения уровня, которая соответствует объему впитавшейся за определенное время в почву воды, и ошибки времени. С помощью инфильтрометра ПВН, как и при определении водопроницаемости почвы, методом заливаемых колец, определяется максимальное количество воды, которое данная почва способна впитывать и профильтровать через себя в определенное время. Водопроницаемость почвы Г.П. Сурмач [5] называет «максимальной», в отличие от «реальной», учитываемой при наличии дождя и стока.

Таким образом, в тех случаях, когда необходимо получить лишь сравнительные характеристики инфильтрационной способности различных почв на разных участках, а не определение величины «реальной» водопроницаемости, применение инфильтрометра ПВН весьма целесообразно.

Определение водопроницаемости по вышеуказанным способам применимо исключительно на ровной поверхности. Недостатком предложенных способов является то, что при забивании колец происходит нарушение естественной механической структуры и уплотнение почвы, что в конечном итоге искажает естественную картину водопроницаемости. При этом невозможно проследить механизм перемещения жидкости в порах почвы. В связи с присутствием поверхностного стока, который наблюдается в начальные моменты впитывания влаги в почву на склоновых территориях, применение существующих способов затруднено и имеет большие погрешности.

В данной работе нами был использован способ измерения величины водопроницаемости почвы, максимально приближенный к естественным условиям. Предложенный способ позволяет вести непрерывные наблюдения в период дождей и снеготаяния на склоновых землях без нарушения естественной структуры почвы. Для изучения процесса впитывания и фильтрации воды по склоновым землям предварительно подготавливаем почвенный разрез по классической технологии на глубину 75 см. При этом ширина ступенек должна быть не менее 30 см, а высота между ступеньками не менее 40 см. Из прозрачного пластика размером 0,8х0,8 м готовим форму, на нее наносим линейку с ценой деления 1 мм.

Подготовленную форму вставляем в выкопанную яму и плотно прижимаем к боковой стенке (рис.1).

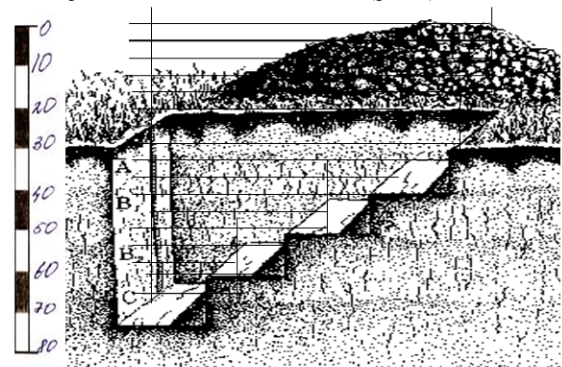


Рисунок 1. Схема изучения водопроницаемости почвы на склонах

Оставшиеся щели между пластиком и почвой по верхней границе промазываем глиной так, чтобы вода не уходила через эти щели в процессе проведения исследований. Изучение водопроницаемости можно проводить в условиях искусственного орошения или непосредственно во время дождей или снеготаяния. В ходе изучения водопроницаемости почвы на склоновых землях по предложенному способу мы пришли к выводу, что процесс впитывания влаги в почву, водонасыщения и последующая транспортировка влаги в почве во время атмосферных осадков проходит несколько фаз и зависит от интенсивности дождя.

В начальный период мы наблюдаем механизм чистого впитывания, когда дождевая вода, попадая на почву, перекатывается по склону, передвигается в ней под действием всасывающих сил поверхности частиц почво-грунтов и капиллярных менисков. В дальнейшем наблюдается про-

цесс снижения абсорбирующей способности почвы. Проникновение воды на склоновых почвах в дальнейшем проходит в три фазы: пленочную, капиллярную и гравитационную. При этом в зависимости от типа почвы переход из одной фазы в другую происходит по-разному. В почвах с большей капиллярной скважностью скорость перехода из одной фазы в другую выше по сравнению с почвами с меньшей капиллярной скважностью. Этим и определяется скорость впитывания воды в почву. Характеризуя водопроницаемость почв возникает необходимость определения суммарной величины впитывания воды. Данный показатель определяется толщиной воды за определенный промежуток времени. Н.А. Качинский [6] по показателю водопроницаемости почвы относит к провальной, если за 1 час при напоре 5 см и температуре 10°C вода проникает в почву на глубину более 1000 мм, водопроницаемость считается излишне высокой, от 1000 до 500 мм, от 500 до 100 — наилучшей, от 100 до 70 мм — хорошей, от 70 до 30 мм — удовлетворительной, менее 30 мм — неудовлетворительной.

Гранулометрический состав почвы определяет ее водопроницаемость. Скорость просачивания воды через почву полностью зависит от размера почвенных пор. Почвы с крупными почвенными порами более свободно пропускают воду по сравнению с почвами, сложенными из мелкозема. Данная зависимость подтверждается результатами экспериментальных данных, полученных в полевых условиях. Однако прямая связь между свойствами механических элементов, слагающих почвы, и водопроницаемостью отмечена лишь для почв легкого механического состава (песок, супесь) и для тяжелых, но полностью оструктуренных почв. Водопроницаемость же почв, обладающих хорошей структурой, определяется не механическим составом, а почти полностью их структурно-агрегатным состоянием.

Почвы с тяжелым механическим составом, но хорошо оструктуренные, могут обладать гораздо лучшей водопроницаемостью, чем почвы более легкого механического состава, но плохо оструктуренные. Об этом свидетельствуют данные, приведенные в таблице 1

Таблица 1. Водопроницаемость различных участков склона

Участок склона	Механические фракции, % от абсолютно сухой почвы			Водопроницаемость за 1-й час, мм/мин
	Песок (0,05-1 мм)	Пыль (0,001-0,05 мм)	Ил < 0,001 мм	
Верхняя часть	23,4	65,9	10,7	894,0
Средняя часть	4,4	56,2	39,4	505,0
Нижняя часть	6,3	53,0	40,7	702,4

Содержание ила в поверхностном горизонте (0-10 см) приведенных почв растет с верха вниз по склону, водопроницаемость же почв по участкам склона отличается в зависимости от процентного содержания иловых фракций в почве.

На водопроницаемость существенное влияние оказывает структурность почвы, которая в свою очередь зависит от минералогического состава и химических свойств почвы.

В настоящее время водопрочными агрегатами считаются те, которые в воздушно-сухом состоянии при быстром погружении в воду не теряют форму и не разрушаются до размеров меньших 0,25 мм. Агрегаты, капиллярно смоченные перед погружением в воду и не разрушающиеся в ней, называются условно водопрочными. Условная водопрочность одних и тех же агрегатов всегда выше истинной. В условиях склоновых экологических систем в зависимости от экспозиции склона и формирования почвы на разных высотах содержание гумуса, а также и процентное содержание гуминовых веществ значительно отличаются. Как известно, в серых лесных почвах больше половины имеющегося в почвенном профиле гумуса сосредоточено в верхнем слое (мощность горизонта в пределах 15-20 см). Отсюда становится ясным, почему в серых лесных почвах по сравнению более оструктуренными почвами, к примеру, черноземами, водопрочность выражена слабо.

Все исследованные почвы имеют примерно один и тот же гранулометрический состав (тяжелосуглинистый). Следуя от вершины склона в направлении долины склона, происходит увеличение гумуса и количество водопрочных агрегатов. Таким образом, на склонах между водопрочностью почвенной структуры, количеством органического вещества и его составом существует тесная связь.

Агрегатное состояние почвы в основном определяется совокупностью органического вещества, глинистых минералов и поглощенных оснований. Низкое содержание органического вещества, глинистых и других минералов, обладающих высокой адсорбционной способностью опреде-

ляют неудовлетворительную оструктуренность почвы. На практике для улучшения структурного состояния песчаной и супесчаной почвы требуется не только органическое вещество, но и соответствующие минералы и поглощенные основания. Способность почвы воспринимать влагу, перемещать и отдавать ее зависит от ее водных свойств. К ним относятся гигроскопичность, влагоемкость, водопроницаемость. На землях склоновых экологических систем южной экспозиции способность почвы поглощать водяные пары из воздуха при дефиците почвенной влаги и конденсировать их на поверхности своих частиц имеет огромное значение в поддержании общей влажности почвы. При этом надо отметить, что гигроскопичная влага недоступна для растений. Гигроскопичность на исследованных почвах колеблется от 1,04 на песчаных склонах, супесчаных почвах южной, юго-западной экспозиции от 1,68 до 1,75, на легких суглинистых почвах от 2,24 до 2,68, на средних суглинистых почвах 3,04-3,08, на тяжелых суглинистых и глинистых почвах от 4,05 до 6,02.

На процессы влагообеспечения растений непосредственно влияет влагоемкость, особенно капиллярная влагоемкость почвы. Она характеризуется количеством влаги, находящейся в почвенных капиллярах. Показатель влагоемкости почв напрямую зависит от содержания в ней органических веществ, так как органическое вещество способно поглощать огромные количества влаги. По результатам наших исследований, влагоемкость склоновых почв составляет 16,9 % — для песчаных, легкой суглинка — 21,2%, тяжелой глинистой почвы — 80,9 %.

Огромное влияние на водопроницаемость почвы оказывает величина почвенных агрегатов. Влияние размеров структурных агрегатов на водопроницаемость изучалось С.С. Бракиным на южных черноземах [7]. Комочки и агрегаты почвы, сформированные посредством соединения отдельных частиц горных пород и минералов, в естественных условиях имеют различные величины и формы.

Определение водопроницаемости проводилось на склонах разной крутизны и направленности. Водопроницаемость почвы на теневых склонах выше, чем на световых склонах. По мере увеличения крутизны водопроницаемость увеличивается на световых склонах и уменьшается на теневых склонах, что объясняется неоднородностью первоначальной влажности почвы на склонах полярных экспозиций. Теневой склон представлен неводопрочными агрегатами от 6 до 2 мм, где водопроницаемость возрастает, а на световом склоне наибольшая водопроницаемость наблюдается у агрегатов величиной от 1 до 2 мм. Водопроницаемость в долиной части склонов полярных экспозиций примерно одинаковая, так как структура почвы в них примерно одинакова. На склонах полярных экспозиций по мере насыщения, независимо от крутизны склона, в дальнейшем водопроницаемость замедляется. Об этом свидетельствуют данные уменьшения скорости просачивания за второй час наблюдений. Просачивание за второй час наблюдений уменьшилась по сравнению с первым часом наблюдений на южном склоне от 44 до 67 % при крутизне

склона от 12° до 52°, на северном склоне от 25 до 49 % при крутизне склона от 8° до 40°. Для третьего часа наблюдений уменьшение составило соответственно 16 и 33 % на южном склоне, 5,6 и 5,4 % на северном склоне.

Фактором, влияющим на водопроницаемость почвы, является ее первоначальная влажность. Для оценки водопроницаемости почвы в зависимости от степени ее увлажнения используется величина дефицита влажности почвы, вычисленная как разность между полной влагоемкостью и ее фактической влажностью в момент опыта. По данным В.В.Бутяйкина [3] суглинистые почвы по мере увеличения влажности становятся менее водопроницаемыми. Данная закономерность подтверждается и нашими исследованиями. Нами установлено, что при увеличении влажности почвы с 20 до 45% их водопроницаемость уменьшилась в 6 раз. По мере увеличения первоначальной влажности почвы в слое 0-10 см с 14 до 23% водопроницаемость почвы уменьшилась в 64 раза, а при влажности 30% впитывание прекратилось.

Литература:

1. Баженова О. И. Интенсивность склонового смыва в Назаровской котловине (полевые исследования и расчет) / О. И. Баженова // Рельеф и склоновые процессы юга Сибири. — Иркутск : Ин-т географии СО РАН, 1998. — С. 53–73.
2. Веретельников В. П. Вынос питательных веществ поверхностным стоком из типичного чернозема в почвозащитном севообороте / В. П. Веретельников, В. А. Рядовой // Почвоведение. — 1996. — № 6. — С. 803–807.
3. Бутяйкин В. В. Агрохимические показатели плодородия лесостепных почв Мордовии / В. В. Бутяйкин // Вопросы интенсификации земледелия: межвуз. сб. науч. тр. — Саранск : Мордов. гос. ун-т им. Н. П. Огарева, 1995. — С. 54–58.
4. Бондаренко Ю.В., Афонини В.В. Основные элементы водного баланса водосборов / Ю. В. Бондаренко, В.В.Афонини // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова.- Саратов, 2011, №12. С. 49-52
5. Сурмач Г. П., Демидов В. В. К методике изучения водопоглощающего действия водорегулирующих лесных полос, усиленных гидротехническими устройствами // "Комплекс противозерозионных мероприятий в действии". — Т. 2. — Ворошиловград, 1985. — С. 24–25.
6. Качинский Н. А. Физика почв / Н. А. Качинский. — М. : Высш. шк., 1965. — С. 323.
7. Бракин С.С. О влиянии размеров структурных агрегатов на водные свойства солнечного чернозема / С.С. Бракин // Тр. Одесск. гос. ун-та им. И.И. Мечникова. Сер. геол и геогр. — 1965. — Т. 145. — Вып. 3.