

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.43

А.В. Пузанов, С.В. Бабошкина, Т.А. Рождественская, С.Н. Балыкин
 A.V. Puzanov, S.V. Baboshkina, T.A. Rozhdestvenskaya, S.N. Balykin

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕПНЫХ И ГОРНО-ЛЕСНЫХ ПОЧВ АЛТАЯ, ВОССТАНОВЛЕННОЙ РАСЧЕТНЫМИ МЕТОДАМИ

COMPARATIVE ANALYSIS OF WATER RETENTION CURVE OF THE STEPPE AND MOUNTAIN-FOREST SOILS OF ALTAI RECOVERED WITH COMPUTATION METHODS

Ключевые слова: почвы Алтая, влажность, основная гидрофизическая характеристика, педотрансферные функции, гранулометрический состав, плотность почвы, программа RETC 6.02.

Основная гидрофизическая характеристика (ОГХ) для двух контрастных вариантов почв Алтая – чернозема обыкновенного (бассейн р. Алей) и горно-лесной темно-серой почвы (бассейн р. Майма) была восстановлена различными расчетными методами – на основании экспериментально определенных физико-химических свойств почв (гранулометрического состава почв и плотности) аппроксимацией функцией Ван-Генухтена, а также с использованием почвенно-гидрологических констант (по методу «секущих» Воронина). Гранулометрический состав почв был приведен к международной классификации FAO с помощью графической интерполяции, с использованием построенных интегральных (кумулятивных) кривых содержания частиц различного диаметра. Расчет параметров аппроксимации ОГХ по педотрансферным функциям, а также построение кривых водоудержания были выполнены в программе RETC версия 6.02. Установлено, что кривая водоудержания чернозема обыкновенного смещена в сторону меньшей влажности, особенно в области высокого капиллярно-сорбционного давления. Более легкий по гранулометрическому составу, но более плотный, с меньшим показателем порозности и более высоким содержанием водорастворимых солей чернозем в области высокого давления и насыщения почвы влагой удерживает воды заметно меньше, чем более рыхлая и структурированная, значительно лучше обеспеченная органическим веществом глинистая горно-лесная почва. Выявлена неравнозначность применения различных расчетных методов восстановления ОГХ для степных и горно-лесных почв. Хорошая схо-

димость результатов наблюдается в случае построения кривых ОГХ для чернозема обыкновенного, в области типичного состояния увлажненности рассматриваемых степных почв.

Keywords: Altai soils, moisture, water retention curve (WRC), pedotransfer functions, particle-size composition, soil density, RETC 6.02 software.

Based on the experimentally determined physico-chemical soil properties (particle-size composition and density) by the Van Genuchten approximation and the use of soil-hydrological constants (according to the second method of Voronin), the WRC for two contrasting soil variants, i.e. ordinary chernozem (the Aley River basin) and mountain-forest dark gray soil (the Mayma River basin) were recovered. The particle-size composition of the soils was worked out to the international FAO classification using graphical interpolation with the constructed integral (cumulative) grain size distribution curves. The calculation of WRC approximation parameters by pedotransfer functions as well as WRC construction were performed in the RECT version 6.02 application. It was found that the water retention curve of ordinary chernozem is shifted in the direction of lower moisture, especially in the field of high capillary-sorption pressure. Chernozem which is lighter in grain size, but denser, with lower porosity index and higher content of soluble salts, in the of field of high pressure and soil saturation, holds a significantly smaller amount of water than a loose and structured clayey mountain-forest soil which is higher in organic matter content. The nonequivalence in the use of different calculation methods for WRC recovery for the steppe and mountain-forest soils was revealed. Fine precision is observed under the WRC graphing for ordinary chernozem in the field of typical moisture of steppe soils under consideration.

Пузанов Александр Васильевич, д.б.н., проф., зам. директора по научн. работе, зав. лаб. биогеохимии, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул. E-mail: puzanov@iwep.ru.

Puzanov Aleksandr Vasilyevich, Dr. Bio. Sci., Prof., Deputy Director for Research, Head, Biogeochemistry Lab., Institute for Water and Environmental Problems, Sib. Branch of Rus. Acad. of Sci., Barnaul. E-mail: puzanov@iwep.ru.

Бабошкина Светлана Вадимовна, к.б.н., с.н.с., лаб. биогеохимии, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул. E-mail: svetlana@iwep.ru.

Рождественская Тамара Анатольевна, к.б.н., с.н.с., лаб. биогеохимии, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул. E-mail: rtamara@iwep.ru.

Балыкин Сергей Николаевич, к.б.н., с.н.с., лаб. биогеохимии, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул. E-mail: BalykinS@rambler.ru.

Baboshkina Svetlana Vadimovna, Cand. Bio. Sci., Senior Staff Scientist, Biogeochemistry Lab., Institute for Water and Environmental Problems, Sib. Branch of Rus. Acad. of Sci., Barnaul. E-mail: svetlana@iwep.ru.

Rozhdestvenskaya Tamara Anatolyevna, Cand. Bio. Sci., Senior Staff Scientist, Biogeochemistry Lab., Institute for Water and Environmental Problems, Sib. Branch of Rus. Acad. of Sci., Barnaul. E-mail: rtamara@iwep.ru.

Balykin Sergey Nikolayevich, Cand. Bio. Sci., Senior Staff Scientist, Biogeochemistry Lab., Institute for Water and Environmental Problems, Sib. Branch of Rus. Acad. of Sci., Barnaul. E-mail: BalykinS@rambler.ru.

Введение

Физические свойства и водный режим почв определяют их плодородие и оказывают существенное влияние на развитие растений. В связи с этим вопросам изучения и количественной оценки физических свойств и режимов почв всегда уделялось большое внимание. При изучении водного режима степных почв необходимо учитывать, что практически единственным источником поступления воды в них является атмосферная влага. Поэтому изучение закономерностей процессов впитывания и перемещения воды в ненасыщенной влагой почве особенно актуально для ландшафтов водосборных бассейнов степных рек. Коэффициент увлажнения лесных почв выше, однако и они редко бывают полностью насыщены влагой, как правило, часть порового пространства всегда содержит газообразную фазу.

Процесс инфильтрации и движения влаги в сухой почве определяется прежде всего давлением влаги в порах и обусловлен сложной совокупностью структурно-функциональных (физических и гидрофизических) свойств почвы, главными из которых являются функция влагопроводности и основная гидрофизическая характеристика (ОГХ) – зависимость между капиллярно-сорбционным давлением почвенной влаги и ее содержанием в почве (объемной влажностью). Термин ОГХ был введен в отечественное почвоведение сравнительно недавно – около 40 лет назад [1]. Среди множества водных свойств, констант и гидрофизических характеристик эта функция представляет собой связующее звено между термодинамикой и гидромеханикой почв [2]. По сути, ОГХ – это влажность почвы при определенном давлении, количественная характеристика водоудерживающей способности почвы капиллярно-сорбционными силами. ОГХ тесно связана с минералогическим и химическим составом элементарных почвенных частиц, с их удельной поверхностью, с гранулометрическим, микроагрегатным и агрегатным составом почвы и является, по сути, её интегральной структурной характеристикой

[1]. ОГХ определяет поведение влаги в почве, интенсивность увлажнения или высыхания, возможное направление и скорость передвижения влаги между компонентами системы «почва – растение – атмосфера». ОГХ лежит в основе математических моделей, позволяющих прогнозировать водный режим почв и влагообеспеченность растений [3].

Цель исследования – восстановить различными расчетными методами и сравнить основную гидрофизическую характеристику степных (чернозем обыкновенный) и горно-лесных (темно-серая лесная) почв Алтая.

Задачи:

1) получить экспериментальные данные по физическим свойствам почв (гранулометрическому составу, приведенному к зарубежной классификации, плотности, порозности, а также пределам текучести, пластичности и максимальной гигроскопичности), необходимые для восстановления ОГХ расчетными методами;

2) рассчитать параметры аппроксимации ОГХ функцией Ван-Генухтена, используя педотрансферные функции базы данных программы RETC;

3) построить кривые водоудержания по методу секущих Воронина, используя почвенно-гидрологические константы;

4) сравнить ОГХ разнотипных почв, полученные различными методами;

5) проанализировать водоудерживающую способность изученных почв в зависимости от их физико-химических свойств.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны основные типы почв водосборных бассейнов рек Майма (приток 1-го порядка р. Катунь, Северный Алтай) и Алей (степная область Южноприаляйской физико-географической провинции) [4, 5]. Водосборный бассейн р. Майма представлен преимущественно горно-лесными темно-серыми почвами под смешанными березово-пихтовыми лесами. Основными типами почв водосборного бассейна р. Алей в среднем и

нижнем течении являются черноземы южные и обыкновенные, большей частью распахан- ные.

Экспериментальное получение ОГХ почв – процесс сложный и дорогой. Чтобы в лабо- раторных условиях построить кривую водо- удержания одного почвенного образца во всем диапазоне давлений, как правило, при- ходится использовать целый набор методов и применять, в зависимости от области давле- ния влаги, тензиометры, капилляриметры, тензиостаты, мембранные прессы и т.д. [3]. В последнее время отечественными учеными разрабатываются новые инструментальные методы определения ОГХ, например, был предложен колоночно-центрифужный метод экспрессной оценки водоудерживающей спо- собности почв и грунтов [6]. Тем не менее в современном почвоведении актуально разра- батывать и использовать различные подходы и способы к расчету, восстановлению ОГХ из традиционно определяемых базовых свойств почв расчетным методом педотрансферных функций [1, 3, 7, 8].

В современном почвоведении ПТФ назы- вают зависимости, позволяющие восстановить основные гидрофизические функции почв (прежде всего, ОГХ) по таким свойствам почв, как гранулометрический состав, плот- ность, пористость, содержание гумуса и др. [1, 3, 9].

В нашей работе восстановление ОГХ про- водилось из определенных нами эксперимен- тальных данных (результатов определения гранулометрического состава, плотности, по- ристости и других свойств исследуемых почв). Для описания ОГХ была выбрана наи- более употребительная в настоящее время в мировом почвоведении функция – уравнение Ван-Генухтена $\theta(P) = \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + (\alpha P)^n)^m} + \theta_r$, где $m = 1 - 1/n$; θ – равновесная влажность (влажность, соответствующая определенно- му давлению почвенной влаги P); θ_s – влаж- ность, близкая к влажности насыщения за вы- четом объема, занятого заземленным воз- духом; θ_r – остаточная влажность; α и n – эмпирические коэффициенты, которым так- же приписывают физический смысл: α – ве- личина, обратная капиллярно-сорбционному давлению, приближающемуся к давлению входа воздуха; n – крутизна кривой [8, 3]. В этом уравнении значения θ_s , θ_r , α и n опре- деляют положение и форму кривой ОГХ. В данном случае ПТФ представляют собой за- висимости параметров аппроксимации от традиционных почвенных свойств (грануло- метрического состава, плотности, а также наименьшей влагоёмкости). Параметры ап- проксимации ОГХ функцией Ван-Генухтена были определены нами по ПТФ Rosetta Lite v.1 программы RETC версия 6.02. Кроме

расчетов ПТФ, в программе RETC выполня- лось и построение кривых ОГХ.

Расчет коэффициентов аппроксимации ОГХ функцией Ван-Генухтена по ПТФ базы данных Rosetta программы RETC подразуме- вает использование данных гранулометриче- ского состава по зарубежной классификации, границы фракций которой не совпадают с отечественной. По отечественной классифи- кации, которая основана на содержании гли- нистой фракции (частиц менее 0,01 мм), изученную нами горно-лесную темно-серую почву можно отнести к легкой глине, тогда как чернозем обыкновенный является сред- несуглинстым. Чтобы выполнить переход от отечественной классификации к междуна- родной классификации FAO, нами было вы- полнено построение интегральных (кумуля- тивных) кривых гранулометрического состава изученных нами типов почв в равномерно- логарифмическом масштабе шкалы диамет- ров частиц, как кривой распределения со- держания частиц диаметром меньше задан- ного [10, 3]. По кумулятивной кривой, поль- зуясь графической интерполяцией, мы опре- делили содержание фракций по классифика- ции FAO: <0,002 (глина), 0,002-0,05 (пыль) и >0,05 мм – песок. Далее в программе RETC, задав полученные значения содержа- ния clay, silt и sand, а также введя параметр плотности почвы, мы получили эмпирические коэффициенты для уравнения Ван-Генухтена и построили кривые ОГХ – в программе RETC, а также в Excel.

Построение кривых водоудержания также проводилось методом «секущих» Воронина [1, 11]. Согласно энергетической концепции Воронина, каждой почвенно-гидрологической константе (характерная влажность почвы, опре- деляемая по ее состоянию или по состоя- нию контактирующих с ней объектов) соот- ветствует давление влаги, определяемое уравнениями:

- 1) $\varepsilon \rightarrow pF = 0$, где ε – пористость поч- вы;
- 2) $W_{ПТ} \rightarrow pF = 2,17$, где $W_{ПТ}$ – влаж- ность на пределе текучести;
- 3) $W_{НВ} \rightarrow pF = 2,17 + W$, где $НВ$ – наи- меньшая влагоемкость;
- 4) $W_{ПП} \rightarrow pF = 2,17 + 3W$, где $W_{ПП}$ – влажность на пределе пластичности;
- 5) $W_{МГ} \rightarrow pF = 4,5$, где $W_{МГ}$ – влаж- ность при максимальной гигроскопичности почвы.

Определение указанных констант для вос- становления ОГХ по методу Воронина произ- водилось следующими методами: общая по- ристость – по плотности почвы и плотности ее твердой фазы (определение выполнялось по ГОСТ 5180-84), $\varepsilon = 1 - \rho_b / \rho_s$, пределы те- кучести и пластичности – балансирным кону- сом по А.М. Васильеву, определение наи-

меньшей влагоемкости – в лаборатории после окончания экспериментов на водопроницаемость, максимальную гигроскопичность почвы – по А.В. Николаеву [12]. Для всех перечисленных почвенно-гидрологических констант влажность определена термостатно-весовым методом (ГОСТ 5180-84). Объемную влажность, которая взаимосвязана с влажностью весовой (W) через плотность почвы (ρ), рассчитывали как $\theta, \text{см}^3/\text{см}^3 = W \cdot \rho$.

Результаты исследования и их обсуждение

По классификации FAO изученные нами почвы были отнесены к суглинистым (чернозем обыкновенный) и пылевато-суглинистым (горно-лесная черноземовидная). Полученные в результате графической интерполяции данные их гранулометрического состава были использованы для расчета параметров аппроксимации ОГХ функцией Ван-Генухтена (табл. 1).

Используя формулы и результаты экспериментов по определению пределов текучести, пластичности и максимальной гигроскопичности, были получены «опорные» точки кривой ОГХ для её построения по методу «секущих» Воронина (табл. 2).

Ниже приведен график с кривыми вододержания горно-лесных (бассейн р. Майма) и степных (бассейн р. Алей) почв Алтая, восстановленных различными расчетными методами (рис.).

Известно, что водоудерживающая способность почв более легкого гранулометрического состава ниже. По результатам нашего исследования, расположение кривых ОГХ рассматриваемых типов почв подчиняется этой закономерности: влажность, соответствующая определенному значению давления в суглинистом черноземе ниже, чем в легкоглинной (пылевато-суглинистой по FAO) темно-серой лесной почве при таком же значении давления влаги (рис.).

Таблица 1

Исходные данные для расчета по ПТФ Rosetta в программе RETC параметров аппроксимации ОГХ функцией Ван-Генухтена

Название фракций	Почвы в различных вариантах уплотнения				
	чернозем обыкновенный			горно-лесная темно-серая	
	е.с.	упл.	разр.	е.с.	упл.
Clay (ил) <0,002, %	16	19	21	15	21
Silt (пыль) 0,002-0,05, %	34,7	32,5	33,3	56,3	58,4
Sand (песок) >0,05, %	49,3	48,5	45,7	28,7	20,6
Классификационная принадлежность по FAO	Суглинок (loam)			Пылеватый суглинок (silt loam)	
Плотность почвы, г/см ³	0,87	1,15	1,05	0,68	0,85
Дополнительные данные					
Физическая глина по Качинскому (<0,001-0,01)	33,7	28,3	33,4	55,9	43,3
Пористость, %	65,7	54,1	58,8	71,1	61,4
Содержание гумуса, %	3,4	2,3	2,4	13,6	13,5
Коэф. рассч., мм/мин.	1,25	0,38	1	3,2	1,5

Примечание. е.с. – естественное сложение, упл. – вариант с уплотнением почвы, разр. – вариант с разрыхлением (пашня); Коэф. рассч. – коэффициент фильтрации, рассчитанный по ПТФ Rosetta v 1.1 в программе RETC.

Таблица 2

Основные почвенно-гидрологические константы чернозема обыкновенного (бассейн р. Алей) для восстановления ОГХ по методу Воронина

Константы	Влажность, %	Объемная влажность	pF
Пористость ϵ , %, 0,66	-	0,66	0
Предел текучести $W_{пт}$	33,94	0,30	2,17
Наименьшая влагоемкость	31,2	0,27	2,44
Влажность на пределе пластичности $W_{пп}$	25,85	0,22	2,84
Влажность при максимальной гигроскопичности $W_{мг}$	3,75	0,03	4,45

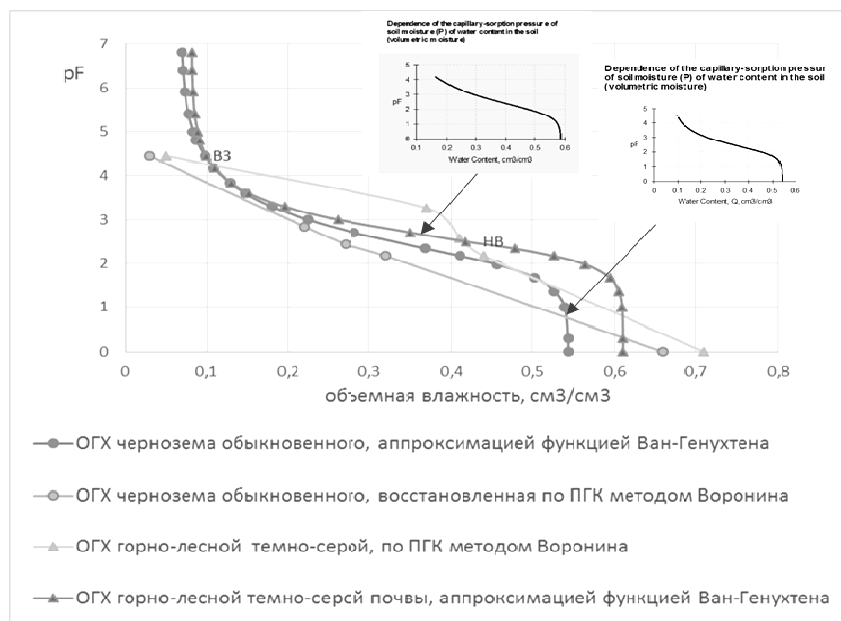


Рис. Восстановленные различными расчетными методами кривые ОГХ чернозема обыкновенного (бассейн р. Алей) и темно-серой лесной почвы (бассейн р. Майма)

При очень высоких значениях давления (т.е. при низких значениях pF) в более легких по гранулометрическому составу почвах (при прочих равных условиях) удержание влаги должно происходить лучше, поскольку в них тонких капилляров меньше, а крупных пор – больше, чем в почвах тяжелого гранулометрического состава [3, 11]. По результатам нашего исследования в качественной области кривой ОГХ, соответствующей областям насыщения почвы влагой, а также в области капиллярной влаги (до $pF \approx 3$) кривая ОГХ чернозема остается сдвинутой в область меньшей влажности (рис.), хотя его гранулометрический состав более легкий. Дело в том, что при более тяжелом гранулометрическом составе, но в более рыхлой, пористой и лучше структурированной горно-лесной почве с меньшим значением плотности больше крупных капилляров (табл. 1). Воздействие заметно более высокого содержания гумуса в горно-лесной почве оказывается в целом аналогичным разрыхлению [3], что влияет на показатель плотности. Таким образом, в области высокого давления фактор плотности играет на уменьшение влажности – поэтому нижняя часть кривой ОГХ более плотного по сложению, хотя и более легкого по гранулометрии чернозема оказалась смещена влево (табл. 1).

Способность почвы удерживать влагу в большей степени выражено в незасоленных почвах, но при этом в области адсорбционной влаги кривая ОГХ (построенная инструментальными методами) почвы с более высоким уровнем минерализации почвенного раствора может сместиться и вправо, за счет

гидрофильности солей (рис.) [3]. Поэтому водоудерживающая способность исследуемого нами чернозема (из-за более высокого содержания в нем водорастворимых солей) в капиллярной области в реальных условиях и должна быть ниже водоудерживающей способности горно-лесной почвы, что отражено на расчетных кривых.

В случае построения кривых водоудерживания по методу Воронина кривая ОГХ чернозема также сдвинута в область меньших значений влажности: более легкий по гранулометрическому составу, но более плотный, с меньшим показателем порозности и более высоким содержанием водорастворимых солей чернозем в области высокого давления и насыщения почвы влагой удерживает воды меньше, чем более рыхлая и структурированная, значительно лучше обеспеченная органическим веществом глинистая горно-лесная почва (рис.).

Считается, что по мере иссушения почвы крупные поры «опустошаются». В этом случае лучше удерживает воду почва с большим количеством тонких пор [3]. По результатам восстановления ОГХ чернозема обыкновенного и горно-лесной темно-серой почвы оказалось, что в областях низкого давления и низкого содержания влаги (в сухой почве) водоудерживающая способность сравниваемых почв выравнивается. Это объясняется тем, что более легкий гранулометрический состав чернозема (по сравнению с горно-лесной почвой) в «сухой» области компенсирует его большая плотность – за счет этого увеличивается число тонких капилляров в единице объема почвы, удерживающих влагу

при низких значениях давления. По мнению Е.В. Шеина, увеличение плотности почвы действительно может привести к росту θ_{min} [3].

Сравнивая различные методы восстановления ОГХ, отметим, что графики ОГХ чернозема обыкновенного в области перехода капиллярной влаги в пленочно-капиллярную (верхние части графиков) практически совпадают. Различия увеличиваются с увеличением влажности. Однако различные расчетные методы восстановления ОГХ горно-лесной темно-серой почвы дают более заметно различающиеся кривые водоудержания (рис.). Полученные результаты доказывают неравнозначность используемых в почвоведении моделей для изучения водного баланса степных и горно-лесных почв.

Выводы

1. Переуплотнение верхнего почвенного горизонта более заметно изменяет распределение содержания почвенных частиц различного диаметра в горно-лесной темно-серой почве. В естественном состоянии в горно-лесной темно-серой почве в целом доминируют глинистая и тонкопесчаная фракции, тогда как при переуплотнении преобладает лессовидная фракция.

2. Влагоудерживающая способность горно-лесной темно-серой почвы выше, чем более легкого по гранулометрическому составу, но более плотного чернозема обыкновенного, особенно в области, близкой к состоянию насыщения почвы влагой (при высоких давлениях влаги), что объясняется, кроме прочего, повышенным содержанием гумуса, лучшей структурированностью, более высокой порозностью и меньшим содержанием водорастворимых солей в горно-лесной почве.

3. Различные методы восстановления ОГХ (аппроксимацией функцией Ван-Генухтена и по ПГК методом Воронина) в случае чернозема обыкновенного в области типичного состояния увлажненности рассматриваемых степных почв дают хорошую сходимость результатов.

Библиографический список

1. Воронин А.Д. Структурно-функциональная гидрофизика почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984.
2. Глобус А.М. Информативность основной гидрофизической характеристики // Почвоведение. – 2001. – № 3. – С. 315-319.
3. Шеин Е.В. Курс физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
4. Маринин А.М., Самойлова Г.С. Физическая география Горного Алтая: учебное пособие по спецкурсу. – Барнаул: БГПИ, 1987. – 110 с.

5. Винокуров Ю.И., Цимбалей Ю.М. Региональная ландшафтная структура Сибири: монография. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2006. – 96 с.

6. Смагин А.В. Колоночно-центрифужный метод определения основной гидрофизической характеристики почв и дисперсных грунтов // Почвоведение. – 2012. – № 4. – С. 470.

7. Сапожников П.М., Гончарова Е.М., Прохоров А.Н. Модель расчета основной гидрофизической характеристики по базовым показателям физического состояния почв. // Докл. Российской академии с.-х. наук. – 1992. – № 9. – С. 22.

8. van Genuchten M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1980. – Vol. 44. – P. 892-898.

9. Алексеев В.В., Максимов И.И. Аэродинамический метод получения основной гидрофизической характеристики почв // Почвоведение. – 2013. – № 7. – С. 822.

10. Березин П.Н. Особенности распределения гранулометрических элементов почв и почвообразующих пород // Почвоведение. – 1983. – № 2. – С. 64-72.

11. Шеин Е.В., Щеглов Д.И., Москвин В.В. Моделирование процесса водопроницаемости черноземов каменной степи // Почвоведение. – 2012. – № 6. – С. 648-657.

12. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 655 с.

References

1. Voronin A.D. Strukturno-funktsional'naya gidrofizika pochv. – M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1984.
2. Globus A.M. Informativnost' osnovnoi gidrofizicheskoi kharakteristiki // Pochvovedenie. – 2001. – № 3. – S. 315-319.
3. Shein E.V. Kurs fiziki pochv. – M.: Izd-vo MGU, 2005. – 432 s.
4. Marinin A.M., Samoilova G.S. Fizicheskaya geografiya Gornogo Altaya: uchebnoe posobie po spetskursu. – Barnaul, BGPI, 1987. – 110 s.
5. Vinokurov Yu.I., Tsimbalei Yu.M. Regional'naya landshaftnaya struktura Sibiri: monografiya. – Barnaul: Izd-vo Altaiskogo un-ta, 2006. – 96 s.
6. Smagin A.V. Kolonochno-tsentrifuzhnyi metod opredeleniya osnovnoi gidrofizicheskoi kharakteristiki pochv i dispersnykh gruntov // Pochvovedenie. – 2012. – № 4. – S. 470.
7. Sapozhnikov P.M., Goncharova E.M., Prokhorov A.N. Model' rascheta osnovnoi gidrofizicheskoi kharakteristiki po bazovym pokazatelyam fizicheskogo sostoyaniya pochv // Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk. – 1992. – № 9. – S. 22.

8. van Genuchten M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1980. – Vol. 44. – P. 892-898.

9. Alekseev V.V., Maksimov I.I. Aerodinamicheskii metod polucheniya osnovnoi gidrofizicheskoi kharakteristiki pochv // Pochvovedenie. – 2013. – № 7. – S. 822.

10. Berezin P.N. Osobennosti raspredeleniya granulometricheskikh elementov pochv i pochvoobrazuyushchikh porod // Pochvovedenie. – 1983. – № 2. – S. 64-72.

11. Shein E.V., Shcheglov D.I., Moskvina V.V. Modelirovanie protsessa vodopro-

nitsaemosti chernozemov kamennoi stepi // Pochvovedenie. – 2012. – № 6. – S. 648-657.

12. Agrokhimicheskie metody issledovaniya pochv. – M.: Nauka, 1975. – 655 s.

Работа выполнена в рамках Государственного задания по проекту VIII.76.1.4 «Биогеохимические и почвенно-гидрологические процессы на водосборах и их влияние на формирование гидрохимического стока в природных и антропогенных ландшафтах Сибири».

Авторы выражают глубокую признательность заведующему кафедрой физики и мелиорации почв факультета почвоведения МГУ, профессору, д.б.н. Шейну Евгению Викторовичу за помощь в подготовке работы и ценные советы.



УДК 631.423.2

**С.В. Макарычев, А.Г. Болотов, И.В. Гефке,
И.А. Гончаров, Н.А. Гончаров**
S.V. Makarychev, A.G. Bolotov, I.V. Gefke,
I.A. Goncharov, N.A. Goncharov

ОСНОВНАЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ АЛТАЙСКОГО ПРИОБЬЯ В УСЛОВИЯХ САДА

THE WATER RETENTION CURVE OF LEACHED CHERNOZEMS OF THE PRIOBYE (THE OB RIVER AREA) OF THE ALTAI REGION UNDER ORCHARD CROPS

Ключевые слова: чернозем, гидрофизические свойства почв, кривая водоудерживания почв, основная гидрофизическая характеристика.

Рассмотрены результаты исследования основной гидрофизической характеристики (ОГХ) чернозема выщелоченного Алтайского Приобья в условиях плодового сада, представляющей всю совокупность физических свойств и являющейся своеобразным интегральным «паспортом почвы», реагирующим на любые внешние воздействия и изменения. Изучаемый чернозем выщелоченный имеет среднесуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому иловато-крупнопылеватый состав. Плотность сложения чернозема с глубиной постепенно возрастает с 1 г/см³ в пахотном горизонте до 1,4 г/см³ в почвообразующей породе. Содержание гумуса в гумусово-аккумулятивном горизонте находится в пределах 5%, затем убывает до 1,9% в иллювиальном горизонте, а в переходном к почвообразующей породе составляет лишь 0,6%. Найдены области перехода воды из одной категории в другую, которые зависят от физических и физико-химических свойств почв. Величины соответствующих им капиллярно-сорбционных давлений, расположенных на пересечении ОГХ и секущих А.Д. Воронина, при переходе от материнской породы к пахотному горизонту по мере увеличения содержания гумуса и уменьшения плотности сложения и несмотря на утяжеление гранулометрического состава смещаются в сторону увеличения. При этом происходит смещение кривых ОГХ вправо, в область больших влажностей. Вид кривых водоудерживания сред-

несуглинистых почв имеют выположенную S-образность с дифференциацией по горизонтам в области капиллярной и гравитационной влаги, что объясняется изменением содержания гумуса и плотности сложения в совокупности с вариацией гранулометрических фракций по профилю. Максимальная водоудерживающая способность характерна для верхнего гумусово-аккумулятивного горизонта, а наименьшая – материнской породы. Максимальные значения критических состояний влаги чернозема выщелоченного присущи гор. Ап и АВ, при этом они практически не отличаются между собой, т.к. гранулометрический состав данных горизонтов однороден по всем фракциям. Далее по профилю значения критических состояний влаги уменьшаются.

Keywords: chernozem, soil hydro-physical properties, soil water retention curve (WRC).

The results of the studies of the water retention curve (WRC) of leached chernozem of the Priobye (the Ob River area) of the Altai Region under orchard crops are discussed; those characteristics define the totality of the physical properties being a kind of integral "soil passport" responding to any external effect and changes. The leached chernozem in question is of a medium loamy, close to heavy loamy, silty and coarse-silty composition. The chernozem consistence gradually increases with depth from 1 g cm³ in the arable horizon to 1.4 g cm³ in the parent rock material. The humus content in the humus-accumulative horizon is within 5%, and then it decreases to 1.9% in the illuvial horizon, and makes 0.6% only in the transition to the parent rock ma-