

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.423.2

А.Г. Болотов, Е.В. Шеин, Е.Ю. Милановский,
З.Н. Тюгай, Т.Н. Початкова
A.G. Bolotov, Ye.V. Shein, Ye.Yu. Milanovskiy,
Z.N. Tyugay, T.N. Pochatkova

ОСНОВНЫЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СУХОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

THE PRINCIPAL HYDRO-PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE CHESTNUT SOILS OF THE DRY STEPPE OF THE ALTAI REGION

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

Рассмотрены результаты исследования основных гидрофизических характеристик (ОГХ) каштановых почв сухой степи Алтайского края, характеризующих всю совокупность физических свойств и являющихся своеобразным интегральным «паспортом почвы», реагирующим на любые внешние воздействия и изменения. В составе исследованных каштановых почв фракции песка являются преобладающими. Степень дифференциации профиля по тонкодисперсным фракциям возрастает от супеси к среднему суглинку, при этом степень неоднородности фракции возрастает, а кумулятивные кривые выполаживаются. Пахотный горизонт уплотнен. Количественное содержание органического вещества каштановых почв низкое, 1-2% от массы почвы. Области перехода воды из одной категории в другую зависят от гранулометрического состава почв. Величины соответствующих им капиллярно-сорбционных давлений, расположенных на пересечении ОГХ и секущих Воронина, по мере утяжеления гранулометрического состава от супесчаного до среднесуглинистого, закономерно смещаются в сторону увеличения, при этом происходит смещение кривых ОГХ вправо, в область больших влажностей, т.к. при этом уменьшается количество крупных и средних пор при одновременном увеличении доли мелких пор. Вид кривых водоудерживания супесчаных почв имеет выраженную S-образность с очень слабой дифференциацией по горизонтам в области выше капиллярной влаги, что объясняется небольшим изменением содержания гранулометрических фракций по профилю. В области капиллярной и гравитационной влаги кривые водоудерживания наиболее дифференцированы по горизонтам для среднесуглинистых почв, при этом наибольшие значения давления влаги соответствуют верхнему гумусово-аккумулятивному горизонту, а наименьшее – гор. Ск. Максимальная водоудерживающая способность характерна для пахотного горизонта, а кривые водоудерживания супесчаных и легкосуглинистых почв расположены достаточно

близко к горизонту АВ, что объясняется деградацией этих почв.

Keywords: chestnut soils, soil hydro-physical properties, soil water retention curve, principal hydro-physical characteristic.

The results of the studies of the principal hydro-physical characteristics of the chestnut soils of the dry steppe of the Altai Region 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. Sand fractions prevail in the chestnut soils studied. The degree of profile differentiation by fine fractions increases from sandy loam to medium loam, the degree of fraction heterogeneity increases, and the cumulative curves flatten out. The arable horizon is compacted. The quantitative organic matter content of chestnut soils is low making 1-2% by soil weight. The areas of water transition from one category to another depend on the soil particle-size composition. The values of the corresponding capillary sorption pressure, located at the intersection of principal hydro-physical characteristics and Voronin secants, with the heaving of particle-size composition from sandy loam to medium loam, naturally shift upwards, along with that the curves of the principal hydro-physical characteristics shift rightwards, to the area of greater moisture content, as the number of large and middle pores decrease with simultaneous increase in fine pores number. The water retention curves of sandy loam soils are of marked S-shape with very weak differentiation by horizons in the area above capillary moisture due to slight change in the content of granulometric fractions through the profile. In terms of capillary and gravitational moisture, water retention curves are most differentiated by horizons for medium loam soils; the greatest values of moisture pressure correspond to the top humus accumulative horizon, while the least values correspond to calcareous C horizon. The maximum moisture retention capacity is typical of arable horizon and the water retention curves of sandy loam soils and light loam soils are found quite close to AB horizon due to the degradation of those soils.

Болотов Андрей Геннадьевич, к.с.-х.н., доцент, каф. физики, фак-т природообустройства, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

Шейн Евгений Викторович, д.б.н., проф., зав. каф. физики и мелиорации почв, фак-т почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Тел.: (495) 939-36-84. E-mail: evgeny.shein@gmail.com.

Милановский Евгений Юрьевич, д.б.н., вед. н.с., фак-т почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Тел.: (495) 939-01-64. E-mail: milanovskiy@gmail.com.

Тюгай Земфира Николаевна, к.б.н., с.н.с., фак-т почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Тел.: (495) 939-01-64. E-mail: zemfira53@yandex.ru.

Початкова Татьяна Николаевна, к.б.н., н.с., каф. физики и мелиорации почв, фак-т почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Тел.: (495) 939-25-42. E-mail: pochatkovatn@mail.ru.

Bolotov Andrey Gennadyevich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Physics Dept., Faculty of Natural Resources Mgmt., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

Shein Yevgeniy Viktorovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Soil Physics and Reclamation Dept., Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University. Ph.: (495) 939-36-84. E-mail: evgeny.shein@gmail.com.

Milanovskiy Yevgeniy Yuryevich, Dr. Bio. Sci., Leading Staff Scientist, Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University. Ph.: (495) 939-01-64. E-mail: milanovskiy@gmail.com.

Tyugay Zemfira Nikolayevna, Cand. Bio. Sci., Senior Staff Scientist, Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University. Ph.: (495) 939-01-64. E-mail: zemfira53@yandex.ru.

Pochatkova Tatyana Nikolayevna, Cand. Bio. Sci., Staff Scientist, Soil Physics and Reclamation Dept., Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University. Ph.: (495) 939-25-42. E-mail: pochatkovatn@mail.ru.

Введение

Гидрофизические функции почв (основная гидрофизическая характеристика (ОГХ) – кривая водоудерживания и функция влагопроводности) характеризуют всю совокупность физических свойств и являются своеобразным интегральным «паспортом почвы», реагирующим на любые внешние воздействия и изменения [1].

Применение гидрофизических функций является перспективным в области сравнения гидравлических свойств различных типов почв и почвенных горизонтов. Их также можно использовать при описании характеристики пространственной изменчивости гидравлических свойств почвы по всему ландшафту. Водоудерживающая способность почв применяется при рассмотрении методических подходов к системе оценки ресурсного потенциала земель сельскохозяйственного назначения с целью наиболее полного и рационального использования естественно-природных ресурсов при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия [2]. С другой стороны, в мировом почвоведении гидрофизические функции активно используют в математическом моделировании процессов тепловлагопереноса. Аналитические функции, описывающие гидрофизические свойства, позволяют с помощью интерполяции или экстраполяции, в широком диапазоне влагосодержания, восстанавливать части кривых водоудерживания и гидравлической проводимости, для которых мало или вообще нет данных, а также способствуют более эффективной обработке данных в математических моделях ненасыщенного влагопереноса. Но при этом возникает проблема применимости известных гидрофизических функций в почвах,

отличающихся по свойствам от тех, для которых они были получены.

Целью работы было изучение гидрофизических свойств каштановых почв сухой степи Алтайского края.

В ходе исследований решались следующие **задачи**:

- 1) определение гранулометрического состава, плотности сложения, удельной поверхности и содержания органического вещества в основных диагностических горизонтах исследованных почв;
- 2) определение основной гидрофизической характеристики каштановых почв сухой степи Алтайского края.

Объекты и методы

Объектами исследования являлись каштановые почвы супесчаного, легко- и средне-суглинистого гранулометрического состава, широко распространенные на Центральной Кулундинской аллювиальной равнине и образующие крупные массивы, что позволяет выделить их в самостоятельную зону.

Изучение гранулометрического состава почв проводилось методом лазерной дифракции на дифрактометре «Анализетте 22» фирмы FRITSCHE с предварительной ультразвуковой пробоподготовкой в воде на сонофикаторе Branson Digital Sonifer без применения химических диспергаторов. Содержание общего углерода и углерода карбонатов определено экспресс-анализатором АН-7529М, сжиганием в токе кислорода при 900°C, образцы для определения углерода карбонатов обрабатывались 5%-ной серной кислотой. Содержание органического углерода получено как разность между содержанием общего углерода и содержанием углерода карбонатов. Определение полной удельной по-

верхности проводилось методом тепловой десорбции в газовом потоке гелия-азота на анализаторе Сорбтометр-М (ЗАО «Катакон», г. Новосибирск, РФ) в одноточечном экспресс-режиме при $P/P_0 = 0,2$. Капиллярно-сорбционный потенциал в зависимости от влажности определен по данным о кинетике дренирования методом центрифугирования на центрифуге Eppendorf 5804с [3].

Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Каштановые почвы на территории Алтайского края в основном имеют супесчаный и легкосуглинистый гранулометрический состав, но встречаются и среднесуглинистые разновидности. Супесчаные почвы распространены на склонах боровых террас и приборовой полосе, а также на западной окраине Кулундинской степи.

В составе каштановых почв фракции песка (50-1000 мкм) являются преобладающими, при этом их содержание достигает 80-85% в супесчаных, 50-60% в легкосуглинистых и 30-40% в среднесуглинистых почвах (рис. 2). В супесчаных почвах содержится до 10% илистых частиц, в легкосуглинистых – 15-20, в среднесуглинистых их доля увеличивается до 20-30%. Степень дифференциации профиля по тонкодисперсным фракциям возрастает от супеси к среднему суглинку, при этом степень неоднородности фракции возрастает, а кумулятивные кривые выполаживаются (рис. 1-3).

Плотность пахотного слоя профиля супесчаных каштановых почв составляет $1,53 \text{ г/см}^3$, что говорит о его уплотненности. Легко- и среднесуглинистые почвы имеют меньшую плотность, которая с глубиной возрастает, достигая в материнской породе до $1,5-1,6 \text{ г/см}^3$. Величина удельной поверхности каштановых почв, по нашим данным, составляет $3-30 \text{ м}^2/\text{г}$.

Количественное содержание органического вещества каштановых почв в верхнем гумусовом горизонте обусловлено климатическими особенностями зоны сухой и засушливой степи. Супесчаные и легкосуглинистые каштановые почвы сухой степи содержат в пахотном горизонте 1,2% органического вещества от массы почвы, среднесуглинистые – 2,1% с уменьшением его практически до нуля с глубины 80-100 см (рис. 2, 3).

В данной работе определены ветви иссушения гистерезисной петли ОГХ, т.к. в естественных условиях в почвах обычно быстро протекающий процесс их увлажнения (при осадках или поливах) сменяется сравнительно длинным периодом иссушения [4].

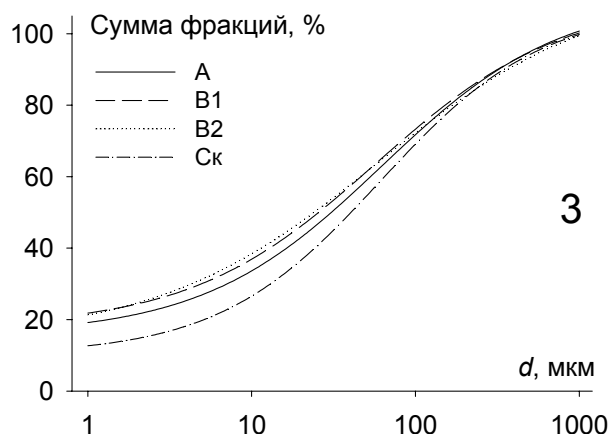
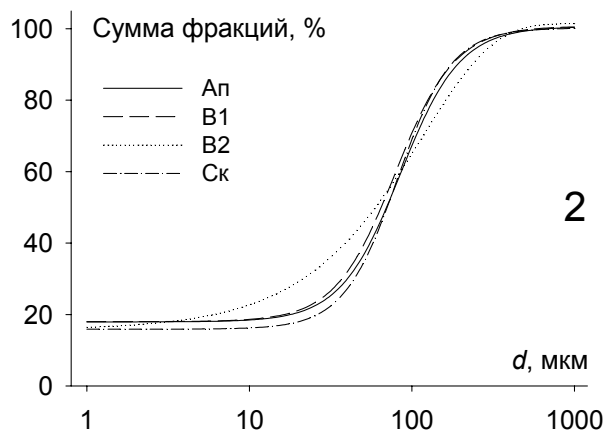
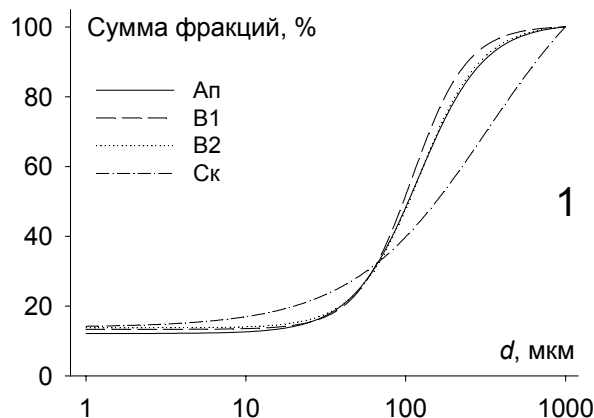


Рис. 1. Интегральное распределение фракций по размерам каштановых почв: 1 – супесчаных; 2 – легкосуглинистых; 3 – среднесуглинистых

Полученные экспериментальные ОГХ (кривые водоудерживания) $P(\kappa\Pi a) = f(\theta)$ для основных диагностических горизонтов почв сухой степи Алтайского края сгруппированы по разновидностям от песчаной до среднесуглинистой, аппроксимированы функцией ван-Генухтена (сплошная линия) и представлены в полулогарифмическом масштабе (рис. 4-6). Аппроксимация проведена в программном пакете RETC [5].

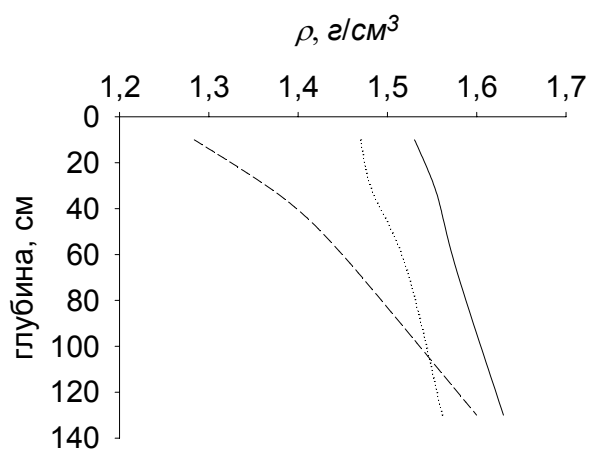


Рис. 2. Профильное распределение плотности сложения каштановых почв

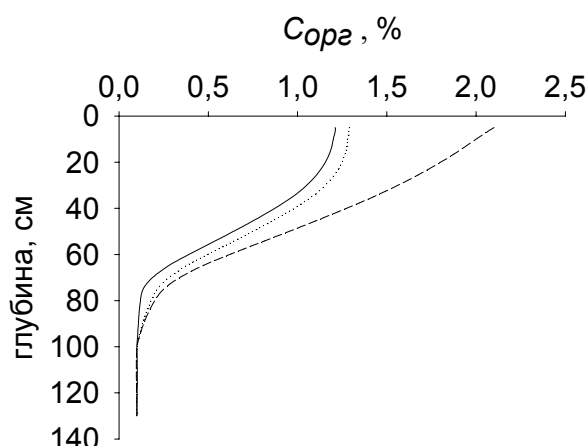


Рис. 3. Профильное распределение содержания орг. в-ва в каштановых почвах

— Супесчаные
 Легкосуглинистые
 - - - - Среднесуглинистые

Области перехода воды из одной категории в другую (по А.Д. Воронину) зависят от гранулометрического состава почв. Величины соответствующих им капиллярно-сорбционных давлений, расположенных на пересечении ОГХ и секущих, по мере утяжеления гранулометрического состава от супесчаного до среднесуглинистого, закономерно смещаются в сторону увеличения, при этом происходит смещение кривых ОГХ вправо, в область больших влажностей, т.к. при этом уменьшается количество крупных и средних пор при одновременном увеличении доли мелких пор.

Вид кривых водоудерживания супесчаных почв имеет выраженную S-образность с очень слабой дифференциацией по горизонтам в области выше капиллярной влаги (рис. 4), что объясняется небольшим изменением содержания гранулометрических фракций по профилю. В области капиллярной и гравитационной влаги кривые водоудерживания наиболее дифференцированы по горизонтам для среднесуглинистых почв, при этом наибольшие значения давления влаги соответствуют верхнему гумусово-аккумулятивному горизонту, а наименьшее – гор. Ск.

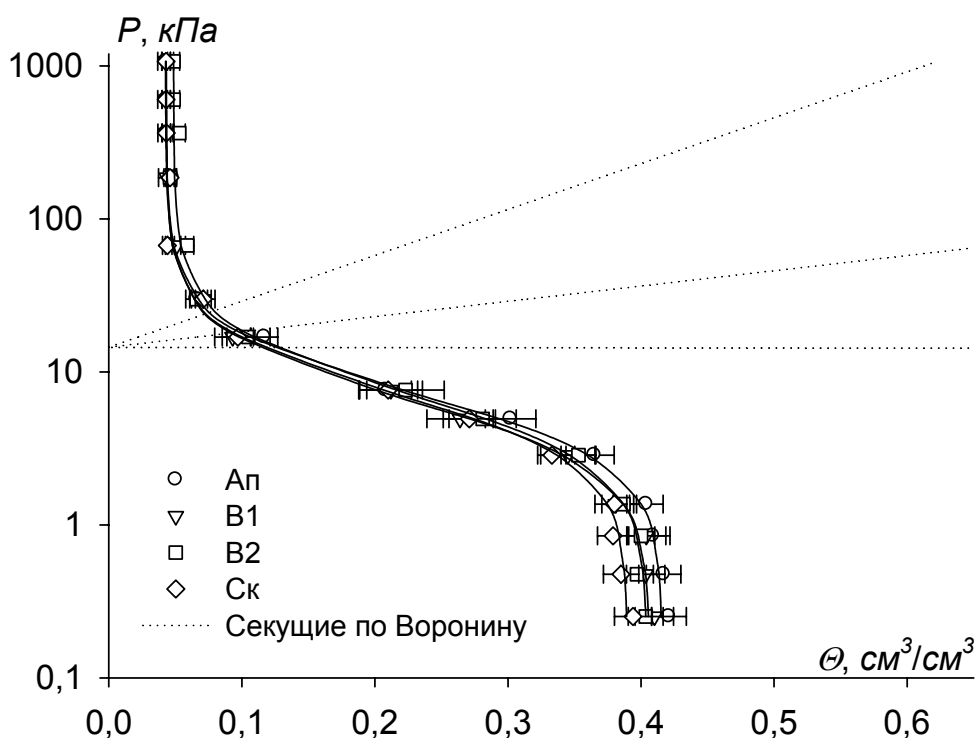


Рис. 4. Основная гидрофизическая характеристика каштановых почв, супесчаных. Сухая степь

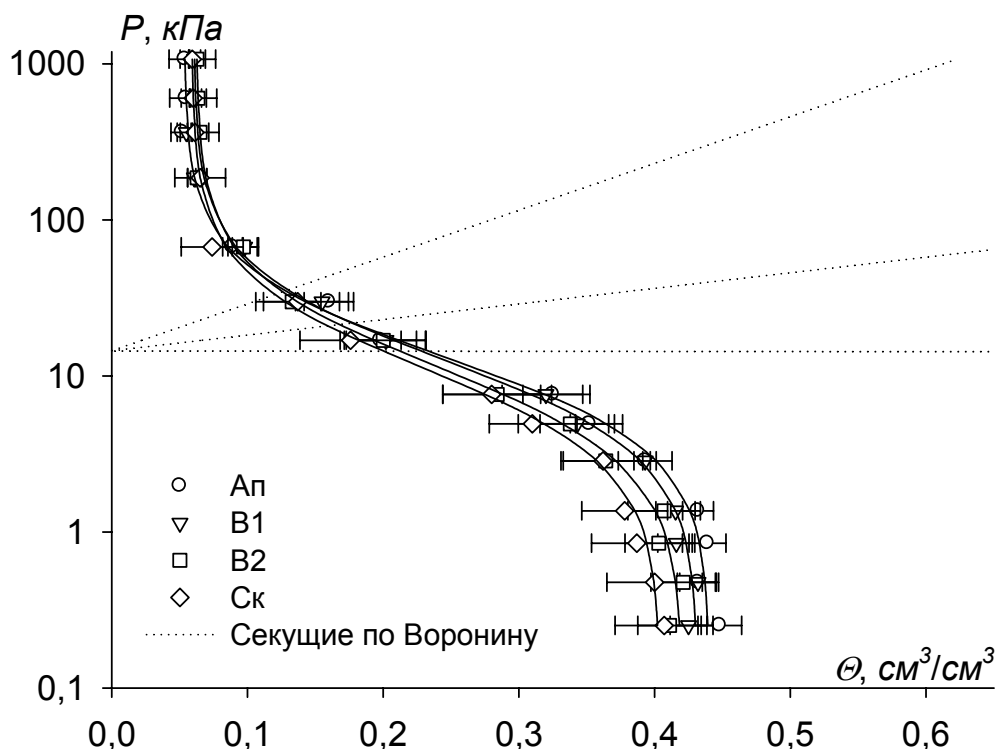


Рис. 5. Основная гидрофизическая характеристика каштановых почв, легкосуглинистых. Сухая степь

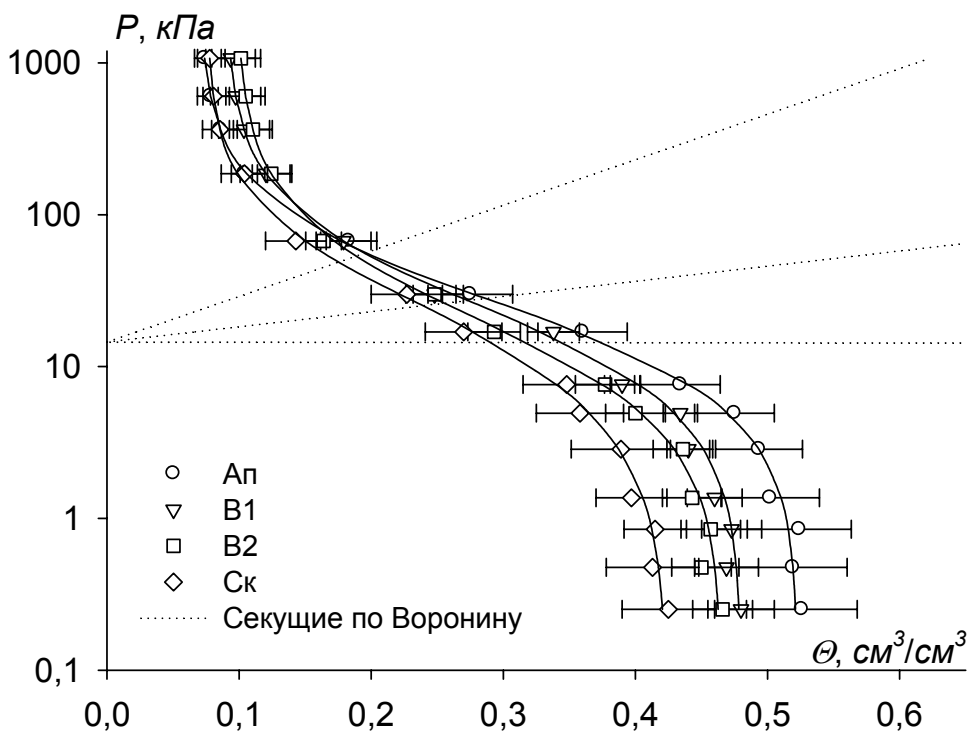


Рис. 6. Основная гидрофизическая характеристика каштановых почв, среднесуглинистых. Сухая степь

Из рисунков видно, что максимальная водоудерживающая способность характерна для пахотного горизонта, а кривые водоудерживания супесчаных и легкосуглинистых почв расположены достаточно близко к горизонту АВ, что объясняется деградацией этих почв.

Следует отметить, что подход А.Д. Воронина по выявлению критических предельно равновесных состояний для грубодисперсных почв дает заниженные значения содержания влаги, что было отмечено А.В. Смагиным [6, 7]. Поэтому для почв песчаного и супесчаного гранулометрического состава для

оценки переходов влаги из одной в категории в другую нужно применять иные подходы.

Выводы

1. Для супесчаных и легкосуглинистых каштановых почв сухой степи характерен распыленный, уплотненный пахотный горизонт с низким содержанием органического вещества.

2. В области капиллярной и гравитационной влаги кривые водоудерживания наиболее дифференцированы по горизонтам для среднесуглинистых почв, а для супесчаных и легкосуглинистых почв расположены достаточно близко к горизонту АВ, что объясняется деградацией этих почв.

3. Подход А.Д. Воронина по выявлению критических предельно равновесных состояний для грубодисперсных почв дает заниженные значения содержания влаги. Поэтому для почв песчаного и супесчаного гранулометрического состава для оценки переходов влаги из одной в категории в другую нужно применять иные подходы.

Библиографический список

1. Воронин А.Д. Структурно-функциональная гидрофизика почв. – М.: Изд-во МГУ, 1984.

2. Турусов В.И., Гармашов В.М., Сальников М.И., Нужная Н.А., Гаврилова С.А. Новые подходы к оценке биоклиматического потенциала при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 12. – С. 12-15.

3. Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Мизури Маауиа Бен-Али. Определение основной гидрофизической характеристики почв методом центрифугирования // Почвоведение. – 1998. – № 11. – С. 1362-1370.

4. Воронин А.Д. Основы физики почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та. 1986. – 244 с.

5. van Genuchten M.Th., Leij F.J., Yates S.R. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. USDA, US Salinity Laboratory, Riverside, CA, 1991.

6. Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Хайдапова Д.Д., Шевченко Е.М. Экологическая оценка биофизического состояния почв. – М.: МГУ, 1999. – 48 с.

7. Смагин А. Теория и методы оценки физического состояния почв // Почвоведение. – 2003. – № 3. – С. 328-341.

References

1. Voronin A.D. Strukturno-funktsional'naya gidrofizika pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1984.

2. Turusov V.I., Garmashov V.M., Sal'nikov M.I., Nuzhnaya N.A., Gavrilova S.A. Novyye podkhody k otsenke bioklimaticheskogo potentsiala pri proektirovaniy adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2013. – № 12. – S. 12-15.

3. Smagin A.V., Sadovnikova N.B., Mizuri Maauia Ben-Ali. Opredelenie osnovnoi gidrofizicheskoi kharakteristiki pochv metodom tsentrifugirovaniya // Pochvovedenie. – 1998. – № 11. – S. 1362-1370.

4. Voronin A.D. Osnovy fiziki pochv. – M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1986. – 244 s.

5. van Genuchten M.Th., Leij F.J., Yates S.R. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. - USDA, US Salinity Laboratory, Riverside, CA, 1991.

6. Smagin A.V., Sadovnikova N.B., Khaidapova D.D., Shevchenko E.M. Ekologicheskaya otsenka biofizicheskogo sostoyaniya pochv. – M.: MGU, 1999. – 48 s.

7. Smagin A. Teoriya i metody otsenki fizicheskogo sostoyaniya pochv // Pochvovedenie. – 2003. – № 3. – S. 328-341.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, № 12-04-90862.



УДК 631.4

О.А. Пилецкая, В.Ф. Прокопчук
O.A. Pilestkaya, V.F. Prokopchuk

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВИДНОЙ ПОЧВЫ

EVALUATION OF POTENTIAL BIOLOGICAL ACTIVITY OF CHERNOZEM-LIKE SOIL

Ключевые слова: почвенная биодинамика, потенциальное плодородие, биологическая активность почвы, эмиссия CO₂, биомасса микроорганизмов, черноземовидная почва, система удобрений, последствие удобрений, севооборот, фазы развития растения.

Keywords: soil bio-dynamics, potential soil fertility, soil biological activity, CO₂ emission, microbial biomass, chernozem-like soil, fertilizer system, fertilizer aftereffect, crop rotation, plant development stages.