

УДК 631.4

EDN QVVYJW

Филина Я. А.¹, Дунаева Е. А.¹, Рассказова А. С.², Смагин А. В.², Джапарова А. М.¹
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЧЕРНОЗЁМОВ
ЮЖНЫХ И АГРОЧЕРНОЗЁМОВ СЕГРЕГАЦИОННЫХ КРЫМА МЕТОДОМ
РАВНОВЕСНОГО ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ**

¹ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»

Реферат. Актуальность оценки водного режима почв обусловлена возрастающим интересом к вопросу рационального использования почв. Широкое распространение в различных областях почвоведения и смежных дисциплинах получила основная гидрофизическая характеристика. С ее помощью можно прогнозировать водный режим почв и влагообеспеченность растений. Изменения основной гидрофизической характеристики (ОГХ) позволяют количественно охарактеризовать эффективность мелиорации. Гипотезой исследований было утверждение, что полученные почвенно-гидрологические константы при использовании метода равновесного центрифугирования можно применять для целей сельского хозяйства при пересчёте запасов влаги в почвенных горизонтах и моделировании продукционного процесса роста сельскохозяйственных культур для корректировки исходных данных почвенной гидрологической группы. Цель работы – определить водно-физические свойства южных чернозёмных и сегрегационных агрочернозёмных почв в лабораторных условиях с использованием метода равновесного центрифугирования. Отбор проб осуществляли на полях Клепининского сельского поселения Красногвардейского района Республики Крым (центральный степной район Крыма). Объект исследования – чернозёмы южные мицелярно-карбонатные и мицелярно-высококарбонатные и агрочерноземы сегрегационные маломощные тяжелосуглинистые на лёссовидных суглинках. В работе использовали метод равновесного центрифугирования с последующим определением почвенно-гидрологических констант. Аппроксимацию экспериментальных данных проводили с использованием функции ван Генухтена (программа RETC). В результате проведенных исследований впервые получены параметры кривой водоудерживающей способности и уточнены значения почвенно-гидрологических констант чернозёмов южных и агрочернозёмов сегрегационных маломощных тяжелосуглинистых на лёссовидных суглинках. Результаты исследований могут быть использованы для корректировки информации о почвенных влагозапасах, при разработке режимов орошения для чернозёмных и агрочернозёмных почв Крыма, а также при агрогидрологическом моделировании потенциальной урожайности.

Ключевые слова: водный режим, основная гидрофизическая характеристика, влажность, давление влаги, вертикальный перенос влаги, чернозёмы южные, агрочернозёмы сегрегационные.

Для цитирования: Филина Я. А., Дунаева Е. А., Рассказова А. С., Смагин А. В., Джапарова А. М. Определение водоудерживающей способности чернозёмов южных и агрочернозёмов сегрегационных Крыма методом равновесного центрифугирования // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 1(29). С. 166–180. EDN: QVVYJW.

For citation: Filina Ya. A., Dunaieva Ie. A., Rasskazova A. S., Smagin A. V., Dzharparova A. M. Determination of the water retention capacity of chernozems southern and agrochernozems segregated in the Crimea by the method of equilibrium centrifugation // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 1(29). P. 166–180. EDN: QVVYJW.

Введение

Почвенный покров Крымского полуострова впервые был описан В. В. Докучаевым в работе по результатам экспедиции по европейской части России [1]. Изучением почв Крыма занимались Н. М. Сибирцев, Г. И. Танфильев, А. Р. Ферхмин [2], Н. Н. Клепинин [3], И. Н. Антипов-Каратаев, Л. И. Прасолов [4], Н. Н. Дзенс-Литовская [5] и др.

Изучением взаимодействия системы «растение – почва – климат» горного Крыма занимался М. А. Кочкин [6], исследованием почвенного покрова Крыма – Н. А. Драган [7], вопросами рационального использования земель, повышения плодородия почв – И. Я. Половицкий и П. Г. Гусев [8] и другие.

Несмотря на многолетние исследования, почвенный покров и его свойства изучены не полностью. Рациональное использование почв и управление ими заслуживают особого внимания, как основа использования сельскохозяйственных угодий. От свойств почвы зависит выбор типа возделываемых культур, севообороты, агротехника, вид и количество применяемых удобрений, а также получение высоких урожаев.

Информация о почвенном покрове Крыма представлена на почвенных картах. Одними из первых почвенных карт, включающих территорию Крымского полуострова, является «Карта ґрунтів Української РСР» (1967 г.) [9] и «Почвенная карта Украинской ССР» [10] (1977 г.). Масштаб карт 1:200000 и 1:2500000 соответственно. На карте Украинской ССР 1977 г. почвы Крымского полуострова представлены 12 почвами. «Карта ґрунтів Української РСР» содержит контуры 45 почв, описание материнской породы и прочее, однако, на карте отсутствует информация по почвенному обследованию на территориях, занятых лесом и населёнными пунктами. Более детально информация о почвенном покрове представлена в справочном издании «Почвы Крыма и повышение их плодородия» И. Я. Половицкого и П. Г. Гусева (1987 г.) [8] и в пособии Н. А. Драган (2004 г.) «Карта почвенного покрова Крымского полуострова» [7], которая составлена согласно Классификации почв СССР 1977 г.

Проведенный анализ имеющихся данных о почвенном покрове Крыма, в том числе картографического материала, показал, что для почв полуострова есть только укрупненная информация о механическом и гранулометрическом составе почв, данные о влагоемкости и др. Кроме того, при проведении моделирования продукционного процесса роста сельскохозяйственных культур в большинстве моделей необходимо указывать либо параметры кривой водоудерживающей способности почвы, либо почвенно-гидрологические константы, либо наименование почвы в соответствии с международной классификацией почвенного покрова. В связи с этим исследования по изучению водно-физических свойств почв Крыма имеют особую актуальность.

Обработка почвы, внесение удобрений, применение гербицидов, мелиорация и другие способы воздействия на почву для получения высокого урожая привели к изменению естественных процессов экосистем, благодаря чему происходят изменения свойств почв, сформированных в процессе естественного почвообразования. Важным аспектом исследования почвы является полнота их описания, что служит основой для дальнейшей классификации почв по морфологическим и другим свойствам.

В настоящее время на территории полуострова согласно номенклатуре почв Крымской области, можно выделить 19 типов и 37 подтипов, а также более 440 видов почв [11]. Однако в других источниках количество типов почв отличается: по И. Я. Половицкому и П. Г. Гусеву насчитывается 22 типа почв, по Н. А. Драган – 21. На долю чернозёмов южных приходится 29,5 %, что составляет 568,1 тыс. га, в том числе 23,7 % – чернозёмы южные мицелярно-карбонатные или 457,3 тыс. га [8].

Одним из важнейших показателей, по которому можно определить свойства

(физические, химические, биологические, физико-химические и др.) и режимы (водный, воздушный, тепловой и питательный) почвы, является гранулометрический состав почв. В настоящее время методы определения гранулометрического состава делятся на прямые (ситовой и пипеточный) и косвенные (ареометрический). Как в отечественном почвоведении, так и в других странах традиционно используют прямые методы. Среди других методов, используемых в почвенных лабораториях, получили распространение оптическая микроскопия и лазерная дифрактометрия [12]. При помощи первого метода можно определить форму, размер частиц грунта, а также их количество. Но данный метод имеет свои недостатки: высокую стоимость оборудования, длительную подготовку проб, сложность в интерпретации результатов измерений. Второй метод определения гранулометрического состава основан на принципе отклонения лазерного луча на разные углы от частиц разного размера. На сегодняшний день этот метод является перспективным благодаря скорости получения результатов и широкой линейке приборов на рынке.

От гранулометрического и минерального состава, структуры, содержания гумуса и обработки почвы зависят плотность почвы, её влагоёмкость, водопроницаемость, воздушный и тепловой режим. Поэтому при одинаковых природно-климатических условиях и при равной влажности почвы могут содержать разное количество доступной для растений воды [13].

Для почв Крыма накоплен фактический материал по изучению физических характеристик почв [7, 8]. Однако использование данной информации для конкретных практических случаев имеет свои ограничения, обусловленные тем, что почва является динамической системой, в которой проходят различные процессы, в том числе увлажнения-иссушения [14, 15].

В настоящее время существует достаточное количество почвенно-гидрологических констант, с помощью которых можно определить показатели почвенной влаги в зависимости от её подвижности и доступности для растений (данные константы имеют практическую значимость). Согласно Н. А. Качинскому [20], состояние почвы, при котором поры достигают максимального возможного заполнения (насыщения) влагой, называется полной влагоёмкостью (ПВ) (полной вместимостью влаги). Наименьшая влагоёмкость (НВ) – это максимальное количество влаги, которую может удержать почва после стекания избытка влаги при глубоком залегании грунтовых вод [16]. При небольшом уровне залегания грунтовых вод происходит дополнительное насыщение почвы под действием капиллярных сил и в таком случае образуется капиллярно подпёртая влага [17] (капиллярная влагоёмкость). Критическая величина влажности, характеризующаяся потерей способности восходящего передвижения влаги к испаряющей поверхности при снижении влажности, называется влажностью разрыва капилляров (ВРК). Продуктивная влага – это часть почвенной влаги, доступной растениям. Минимальное значение влажности почвы, которое характеризует порог доступности воды растениям, называется влажностью устойчивого завядания (ВЗ). Запас продуктивной влаги (доступной растениям) определяется разностью НВ и ВЗ. Запас легкодоступной влаги: НВ-ВРК, запас труднодоступной влаги: ВРК-ВЗ.

Плодородие является важнейшим для сельского хозяйства свойством почвы. Непосредственное влияние на рост и развитие растений оказывает влагообеспеченность почвы, которая является комплексной характеристикой и включает в себя наименьшую влагоёмкость и диапазон активной влаги. В данной работе для изучения водно-физических свойств и получения почвенно-гидрологических констант будет использован косвенный метод равновесного центрифугирования, который показал свою результативность [18].

По Е. В. Шеину «ОГХ – это количественная характеристика водоудерживающей способности почв. Водоудерживание можно определить, как способность почвы удерживать влагу в основном капиллярно-сорбционными силами; это влажность почвы при определённом давлении. Чем выше влажность почвы при одном и том же давлении, тем выше водоудерживающая способность или водоудерживание почвы» [19]. Водоудерживающая способность исследована в работах И. И. Судницына [20], Ю. И. Крылова [21], А. П. Шварова [22], А. В. Человечковой [23], А. Г. Болотова [24], С. В. Бабошкиной [25] и др. С помощью ОГХ выявлена зависимость состояния почв от концентрации органического углерода в них [26], от вида угодий [27] и др. Также установлено, что при неблагоприятных гидрофизических свойствах почв возможно проявление опустынивания территорий [28, 29]. Терлеев В.В. и соавторы [30, 31] предложили функцию водоудерживающей способности и функцию гидравлической проводимости почвы. Эти функции имеют общие физически интерпретированные параметры. Благодаря этому возможно прогнозировать значения функции гидравлической проводимости почвы по данным о коэффициенте фильтрации влаги с использованием параметров функции водоудерживающей способности почвы. Верификация этих функций в отношении прогнозных оценок значений функции гидравлической проводимости почвы показала их достоверные преимущества перед функциями в методе Муалема-Ван Генухтена и методе Муалема-Косуги для почв различного гранулометрического состава. Вместе с тем, в отношении погрешности точечной аппроксимации опытных данных о водоудерживающей способности почв достаточно однородного гранулометрического состава достоверных отличий функции водоудерживающей способности почвы, предложенной Терлеевым В. В. и соавторами, не выявлено. Тем не менее, для почв неоднородного гранулометрического состава преимущество ОГХ, предложенной Терлеевым В. В. и соавторами, несомненно.

Исследование водоудерживающей способности почв возможно в полевых и лабораторных условиях. В полевых условиях исследуют ненарушенные образцы почв: непосредственно измеряют и регистрируют влажность и водоудерживающую способность, например, с помощью тензиометров. В лабораторных условиях используют нарушенные образцы почвы, прошедшие предварительную обработку, например, по методу равновесного центрифугирования – иссушение, дробление и просеивание. Так, Москера Д. М. с соавторами [32] в своей работе рассматривают соответствие экспериментальных (лабораторных) результатов с полевыми условиями. Отмечено, что искажение лабораторных ОГХ происходит независимо от землепользования и/или управления почвами, при этом данные хорошо согласуются с полевыми условиями, но в определенном влажном диапазоне (от насыщения до матричного потенциала).

В своей работе Шеин и др. [33] проводят сравнение методов расчета: метода Гупты и Ларсона, метода Ролса, модели ван Генухтена (UNSODA, HYPRES, расчет по формулам) с экспериментальными данными (ОГХ, полученные в полевых условиях синхронным измерением влажности и давления влаги, а также данные лабораторных определений на капилляриметре и над насыщенными растворами стандартных солей) и делают вывод, что в каждом конкретном случае выбор метода остается за исследователем.

Цель исследований – определить водно-физические свойства южных чернозёмных и сегрегационных агрочернозёмных почв с использованием метода равновесного центрифугирования.

Материалы и методы исследований

Объект исследований – почва Клепининского сельского поселения Красногвардейского района Республики Крым (центральный степной район Крыма) –

чернозёмы южные мицелярно-карбонатные и мицелярно-высококарбонатные и агрочерноземы сегрегационные маломощные тяжелосуглинистые на лёссовидных суглинках (рисунок 1).

Поле № 1: площадь – 28 га, технология возделывания – no-till (существует пять лет). Преобладающая почва согласно почвенной карте 1967 г. [9] – чернозёмы южные слабогумусированные мицелярно-высококарбонатные на лёссовидных отложениях; согласно почвенной карте 1977 г. [10] – чернозёмы южные мицелярно-карбонатные и мицелярно-высококарбонатные. Отбор проб почвы проводили на глубину 100 см по 10-сантиметровым слоям по методике [34].



Рисунок 1 – Пилот-поля для определения ОГХ

Поле № 2: площадь – 50 га, пар (почвенный разрез представлен на рисунке 2). Преобладающая почва согласно почвенной карте 1967 г. [9] – чернозёмы южные слабогумусированные мицелярно-высококарбонатные на лёссовидных отложениях и слабо- и среднесмытые чернозёмы южные слабогумусированные; согласно почвенной карте 1977 г. [10] – чернозёмы южные мицелярно-карбонатные и мицелярно-высококарбонатные. Согласно исследованиям 2015–2016 гг. преобладающая почва – агрочерноземы сегрегационные маломощные тяжелосуглинистые на лёссовидных суглинках с формулой профиля PU- AU_bBCA- BCAnс- BCca,nc- Cca- Cca,nc,cs- Cca,nc,cs,q (по классификации почв России); Naplic Chernozem (Siltic, Aric) (согласно WRB-2014) [35]. Отбор проб почвы проводился на глубину 100 см по 10-сантиметровым слоям по методике [34].



Рисунок 2 – Почвенный разрез, представленный агрочерноземом сегрегационным маломощным тяжелосуглинистым на лёссовидных суглинках

Водоудерживающую способность почвы принято описывать в виде зависимости между объёмной влажностью почвы и капиллярно-сорбционным потенциалом почвенной влаги [37].

Определение ОГХ проводили методом равновесного центрифугирования [19]. Метод реализован на центрифуге ОПН-12 (главные характеристики представлены на рисунке 3), на скоростях от 100 об./мин до 7000 об./мин, проводили в четырехкратной повторности с последующей статистической обработкой результатов. Ошибка не превышала 5% при 95%-ном уровне значимости.

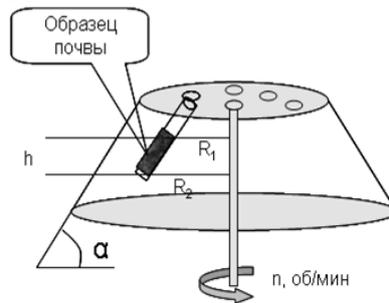


Рисунок 3 – Параметры центрифуги ОПН-12: R_1 – 6,4-6,8 см, R_2 – 10 см, α – 35°

Давление при равновесном центрифугировании считали по формуле (1):

$$P = 0,0055 n^2 (R_2^2 - R_1^2) \cos \alpha + gh \sin \alpha \text{ (кПа)}, \quad (1)$$

где n – обороты/мин; $R_{1,2}$ – расстояния от оси вращения до начала образца и до свободной поверхности удаляемой жидкости соответственно, см; α – угол наклона центрифуги, $^\circ$; g – ускорение свободного падения, внесистемная единица ускорения, м/с^2 ; h – высота образца, см.

Образцы почвы воздушно-сухого состояния измельчали с помощью мельницы, пропускали через сито. Далее почву насыщали до состояния полной влагоемкости и затем проводили центрифугирование. По окончании эксперимента почву высушивали при 105°C и определяли влажность по формуле (2):

$$W = (m_2 - m_3) \div (m_3 - m_1) \times 100 (\%), \quad (2)$$

где m_1 – масса бюкса, г; m_2 – масса бюкса с почвой после центрифугирования на максимальной скорости, г; m_3 – масса бюкса с абсолютно сухой почвой, г.

Экспериментальные данные были аппроксимированы функцией модели ван Генухтена и ван Генухтена-Муалема [38] (формулы 3–5), (уровень значимости – 0,05).

$$W = \frac{W_s - W_r}{(1 + (\alpha P)^n)^m} + W_r, \quad (3)$$

$$K = K_s \left(\frac{W - W_r}{W_s - W_r} \right)^{\frac{1}{2}} \left[1 - \left[1 - \left(\frac{W - W_r}{W_s - W_r} \right)^{\frac{1}{m}} \right]^{m^2} \right], \quad (4)$$

$$m = 1 - \frac{1}{n}, \quad (5)$$

где W – объёмная влажность почвы, $\text{см}^3/\text{см}^3$; W_r – параметр минимальной влажности, соответствующий прочно связанной, неподвижной для вязкого течения влаге, $\text{см}^3/\text{см}^3$; W_s – объёмная влажность почвы, соответствующая полному влагонасыщению, $\text{см}^3/\text{см}^3$; α – величина, обратно пропорциональная давлению входа

воздуха (давлению барботирования), l/cm^3 ; n – индекс распределения пор по размерам, характеризующий наклон ОГХ; K_s – коэффициент фильтрации, см/сут.

В своих работах Терлеев В. В. с соавторами [38] интерпретировали параметр α как величину, прямо пропорциональную наиболее вероятному эффективному радиусу пор и зависящую от капиллярных свойств почвы и параметр n – величину, обратно пропорциональную стандартному отклонению логарифмов эффективных радиусов пор.

Для аппроксимации экспериментальных данных ОГХ нелинейной функцией ван Генухтена отечественных и зарубежных авторов, можно выделить такое программное обеспечение как RETC (доступно по [39]), HYPROP (доступно по [40]), SWRC fit (доступно по [41]), Rosetta (доступно по [42]). Следует отметить, что программа HYPROP является приложением для передачи и обработки данных во время эксперимента непосредственно с прибора HYPROP–2 компании METEER Group. Rosetta – программа, написанная для Windows 95/98, запустить данную программу на Windows 7 и старшего поколения невозможно. Аппроксимацию экспериментальных данных в программе SWRC fit проводят с использованием данных о высоте всасывания и объёмного содержания воды. Также вместо высоты всасывания можно использовать, например, как и в RETC, почвенное давление влаги.

Аппроксимацию экспериментальных данных в данной работе проводили с использованием функции ван Генухтена (программа RETC).

В ходе работы извлечение образцов было затруднено, что обусловлено особенностями гранулометрического состава почвы (тяжелосуглинистая почва), и тем, что она спрессовалась под силовым полем центрифуги. Статистическую обработку результатов и расчет почвенных констант проводили в программе RETC.

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 приведены результаты, полученные при построении кривой ОГХ (данные «Справочник» [4], для НВ использован метод залива площадок).

Таблица 1 – Результаты определения значений НВ, ВРК и ВЗ методом равновесного центрифугирования почвы

Поле	Слой, см	Определение (по ван Генухтену), %			Справочник, %		
		НВ	ВРК	ВЗ ¹	НВ	ВРК ²	ВЗ
1	0–10	45,93	35,22	8,09	32,74	22,92	12,92
	10–20	43,13	34,14	8,46			
	20–30	44,21	34,20	8,50	28,34	19,84	14,08
	30–40	42,19	34,10	8,70			
	40–50	41,38	32,49	9,17	22,84	15,99	12,64
	50–60	40,29	31,70	9,63			
	60–70	37,07	29,32	10,56	20,81	14,57	9,75
	70–80	36,32	28,90	10,57			
	80–90	35,84	28,63	10,83	19,55	13,69	10,47
90–100	35,17	28,51	10,90				
2	0–10	42,01	34,07	8,78	32,74	22,92	12,92
	10–20	42,83	33,93	8,52			
	20–30	42,03	33,67	8,76	28,34	19,84	14,08
	30–40	42,70	33,64	8,61			
	40–50	40,37	32,04	9,25	22,84	15,99	12,64
	50–60	39,93	31,43	9,54			
	60–70	37,62	30,04	10,16	20,81	14,57	9,75
	70–80	40,35	31,34	9,29			
	80–90	37,22	29,59	10,22	19,55	13,69	10,47
90–100	38,52	30,11	10,22				

Примечание. ¹ВЗ определено по ОГХ методом Ричардса-Уивера [43] при абсолютном значении давления воды $|P|=1500$ кПа с корректировкой по эмпирическому уравнению [44]: $VZ = 0,857 + 0,96 \times VZ_{1500}$. ² Влажность разрыва капилляров составила 70 % от наименьшей влагоемкости почв.

Водоудерживающая способность почв представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Запас воды, удерживаемый чернозёмами южными мицелярно-карбонатными и мицелярно-высококарбонатными (поле 1) и агрочерноземами сегрегационными маломощными тяжелосуглинистыми на лёссовидных суглинках (поле 2) Клепининского сельского поселения Красногвардейского района Республики Крым

Поле	Слой, см	Определение (по ван Генухтену), мм			Справочник, мм		
		НВ	ВРК	ВЗ	НВ	ВРК	ВЗ
1	0–10	95,45	73,19	16,81	86,17	60,32	34,21
	10–20	94,14	74,52	18,47			
	20–30	91,24	70,58	17,54	74,82	52,37	37,25
	30–40	89,44	72,29	18,44			
	40–50	86,45	67,88	19,16	65,08	45,56	29,43
	50–60	83,58	65,76	19,98			
	60–70	78,35	61,97	22,32	60,76	42,53	28,48
	70–80	77,73	61,85	22,62			
	80–90	75,28	60,14	22,75	58,64	41,05	31,34
90–100	68,60	55,61	21,26				
2	0–10	85,08	69,00	17,78	86,17	60,32	34,21
	10–20	89,99	71,29	17,90			
	20–30	83,38	66,80	17,38	74,82	52,37	37,25
	30–40	85,97	67,73	17,34			
	40–50	83,28	66,09	19,08	65,08	45,56	29,43
	50–60	75,56	59,48	18,05			
	60–70	78,37	62,58	21,17	60,76	42,53	28,48
	70–80	86,90	67,50	20,01			
	80–90	80,48	63,98	22,10	58,64	41,05	31,34
90–100	83,30	65,11	22,10				

Наиболее благоприятными для роста и развития растений водно-физическими свойствами обладали верхние слои. Так, показатель НВ в метровом слое первого и второго полей составил 68,60–95,45 мм и 75,56–89,99 мм соответственно. В целом содержание воды для первого поля достигло уровня 840,26 мм, для второго – 832,31 мм. Критическая влажность (показатель ВРК) для первого поля составила 55,61–74,52 мм, для второго – 59,48–71,29 мм. Стоит отметить, что с увеличением глубины значения показателей НВ и ВРК заметно снижаются, а ВЗ увеличивается, что говорит о благоприятных условиях в корнеобитаемом слое.

В таблице 3 представлены зональные параметры аппроксимации для чернозёмов южных мицелярно-карбонатных и мицелярно-высококарбонатных и агрочерноземов сегрегационных маломощных тяжелосуглинистых на лёссовидных суглинках.

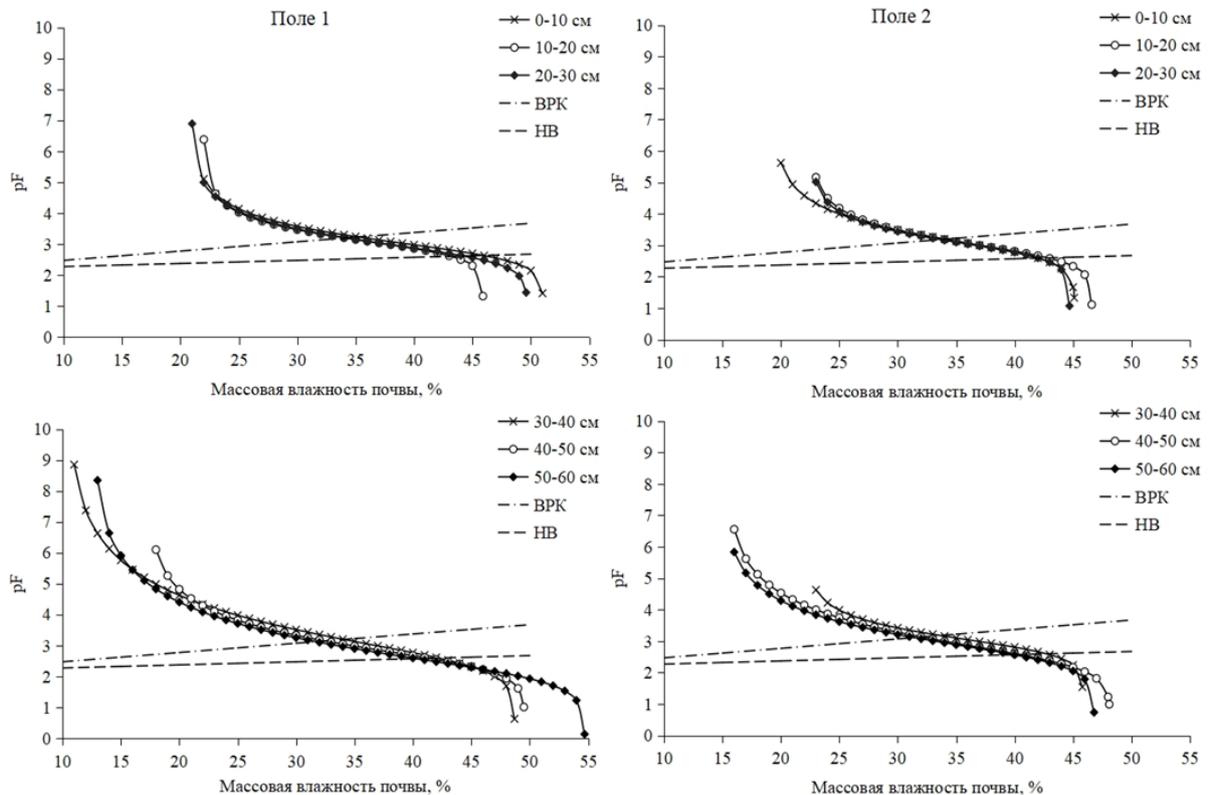
С применением способа Ричардса-Уивера проведено уточнение значения величины ВЗ, полученного методом равновесного центрифугирования с корректировкой ВЗ по эмпирическому уравнению: $VZ = 0,857 + 0,96 \times VZ_{1500}$ [44]. Значения давления для НВ и ВРК: $\lg |P_{MAV}| = 4,2 + 3W$; $\lg |P_{MMB}|$ или ВРК = $2,17 + 3W$; $\lg |P_{MKCB}|$ или НВ = $2,17 + W$ [45].

В дальнейших исследованиях запланировано дополнительно использовать метод пресса (пневматический пресс ФГБНУ «Агрофизический НИИ»), для чего в 2021 г. отобраны образцы ненарушенного сложения.

Результаты построения кривых влагоудержания для чернозёмов южных мицелярно-карбонатных и мицелярно-высококарбонатных и агрочерноземов сегрегационных маломощных тяжелосуглинистых на лёссовидных суглинках представлены на рисунке 3.

Таблица 3 – Зональные параметры ван Генухтена для чернозёмов южных мицелярно-карбонатных и мицелярно-высококарбонатных (поле 1) и агрочерноземов сегрегационных маломощных тяжелосуглинистых на лёссовидных суглинках (поле 2) Клепининского сельского поселения Красногвардейского района Республики Крым

Поле	Слой, см	$\Theta_r, \text{см}^3/\text{см}^3$	$\Theta_s, \text{см}^3/\text{см}^3$	$\alpha, 1/\text{см}$	$n, (-)$
1	0–10	$21,029 \pm 3,2$	$51,072 \pm 0,5$	$0,018 \pm 0,003$	$1,636 \pm 0,20$
	10–20	$21,956 \pm 1,8$	$45,917 \pm 0,3$	$0,014 \pm 0,002$	$1,780 \pm 0,18$
	20–30	$20,930 \pm 2,2$	$49,698 \pm 0,4$	$0,021 \pm 0,003$	$1,623 \pm 0,14$
	30–40	$0,000 \pm 0,0$	$48,762 \pm 0,4$	$0,030 \pm 0,006$	$1,215 \pm 0,02$
	40–50	$17,294 \pm 4,3$	$49,579 \pm 0,6$	$0,036 \pm 0,009$	$1,455 \pm 0,16$
	50–60	$12,614 \pm 4,9$	$54,727 \pm 0,8$	$0,085 \pm 0,021$	$1,325 \pm 0,09$
	60–70	$15,591 \pm 4,6$	$48,292 \pm 1,0$	$0,062 \pm 0,021$	$1,443 \pm 0,18$
	70–80	$15,031 \pm 2,8$	$44,671 \pm 0,5$	$0,045 \pm 0,009$	$1,461 \pm 0,12$
	80–90	$15,252 \pm 5,0$	$47,394 \pm 1,1$	$0,072 \pm 0,028$	$1,427 \pm 0,19$
2	0–10	$19,285 \pm 5,1$	$45,144 \pm 0,5$	$0,015 \pm 0,004$	$1,557 \pm 0,27$
	10–20	$22,471 \pm 1,2$	$46,616 \pm 0,2$	$0,017 \pm 0,001$	$1,693 \pm 0,10$
	20–30	$22,544 \pm 1,8$	$44,707 \pm 0,3$	$0,014 \pm 0,002$	$1,780 \pm 0,20$
	30–40	$22,080 \pm 1,1$	$45,851 \pm 0,2$	$0,015 \pm 0,001$	$1,787 \pm 0,11$
	40–50	$15,274 \pm 3,3$	$48,190 \pm 0,4$	$0,038 \pm 0,006$	$1,402 \pm 0,09$
	50–60	$15,007 \pm 2,9$	$46,825 \pm 0,4$	$0,031 \pm 0,005$	$1,454 \pm 0,10$
	60–70	$19,332 \pm 5,9$	$47,700 \pm 1,5$	$0,055 \pm 0,030$	$1,517 \pm 0,34$
	70–80	$17,274 \pm 1,9$	$45,539 \pm 0,3$	$0,022 \pm 0,003$	$1,624 \pm 0,12$
	80–90	$10,080 \pm 7,4$	$50,589 \pm 1,0$	$0,092 \pm 0,034$	$1,308 \pm 0,13$
	90–100	$13,514 \pm 4,0$	$50,194 \pm 0,7$	$0,059 \pm 0,014$	$1,400 \pm 0,12$



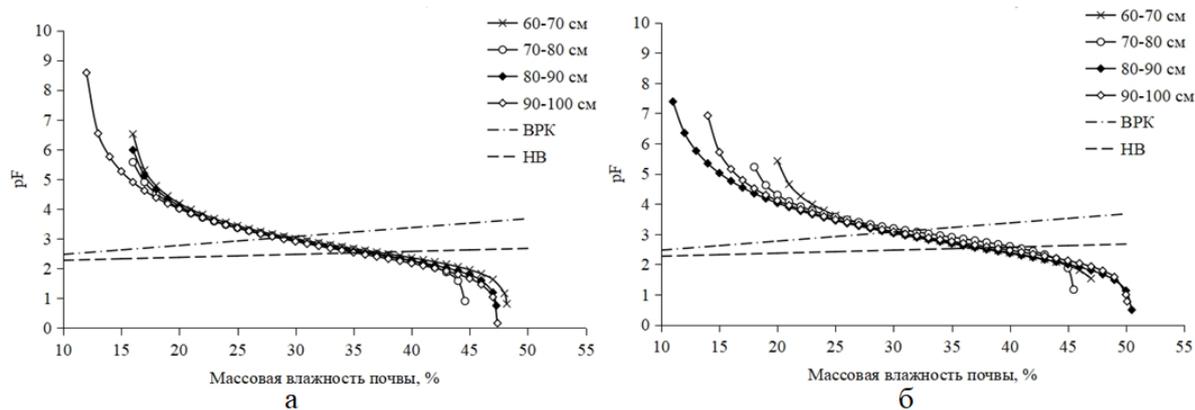


Рисунок 3 – Кривые связи капиллярно-сорбционного давления влаги (pF) от влажности (θ , в объёмных %) чернозёмов южных мицелярно-карбонатных и мицелярно-высококарбонатных (а) и агрочернозёмов сегрегационных маломощных тяжелосуглинистых на лёссовидных суглинках (б), полученные расчётным методом, 2021 гг.

Водоудерживающая способность чернозёмов южных мицелярно-карбонатных и мицелярно-высококарбонатных выше для слоя 0–10 см, для агрочернозёмов сегрегационных маломощных тяжелосуглинистых на лёссовидных суглинках – для слоя 10–20 см. Меньшей водоудерживающей способностью обладают слои 90–100 см и 80–90 см для первого и второго полей соответственно. Со снижением давления кривые ОГХ отклоняются вправо, в сторону больших значений влажности. Для главных ветвей гистерезисной петли ОГХ рассчитан коэффициент прямолинейной корреляции $R^2 = 0,997 \pm 0,002$, что свидетельствует о высокой точечной аппроксимации опытных данных о главных ветвях гистерезиса водоудерживающей способности чернозёмных и агрочернозёмных почв.

Выводы

Проведённый анализ ОГХ исследованных чернозёмов южных мицелярно-карбонатных и мицелярно-высококарбонатных и агрочернозёмов сегрегационных маломощных тяжелосуглинистых на лёссовидных суглинках показал, что полученные экспериментальные данные достаточно точно отражают водоудерживающую способность почв. Гранулометрический состав почв (тяжелосуглинистая почва) затруднял процесс равновесного центрифугирования и извлечения образцов. Восстановление ОГХ с использованием математического моделирования (программа RETC) даёт информацию для моделирования процессов перетока влаги. Рассматриваемые образцы носят демонстрационный характер. Экспериментальные данные, аппроксимированные по функции ван Генухтена, достоверны (уровень значимости – 0,05). Полученные данные могут быть использованы для пересчёта запасов почвенной влаги и корректировки исходных данных почвенной гидрологической группы при моделировании продукционного процесса роста сельскохозяйственных культур при разработке режимов орошения для чернозёмных и агрочернозёмных почв Крыма.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-016-00148 А.

Литература

1. Докучаев В. В. Русский чернозем. Санкт-Петербург: Императорское вольное экономическое общество, 1883. С. 270–275.
2. Почвенная карта Европейской России Н.М. Сибирцева, Г.И. Танфильева, А.Р. Ферхмина. М-б 1:2520000 // Под ред. В. В. Докучаева, 1900. 1 л. (1 карта).

3. Клепинин Н. Н. К изучению крымских почв. Симферополь: Крымдздат, 1914.
4. Антипов-Каратаев И. Н., Прасолов Л. И. Почвы Крымского государственного лесного заповедника и прилегающих местностей // Труды Почвенного отдела Комиссии по изучению естественных производительных сил Академии наук СССР. 1932. № 7. С. 7–273.
5. Дзенс-Литовская Н. Н. Почвы и растительность степного Крыма. Л.: Наука, 1970. 157 с.
6. Кочкин М. А. Почвы, леса и климат Горного Крыма и пути их рационального использования // Труды Никитского ботанического сада. 1967. Т. 38. 260 с.
7. Драган Н. А. Почвы Крыма. Симферополь: СГУ, 1983. 95 с.
8. Половицкий И. Я. Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: Таврия, 1987. 152 с.
9. Карта ґрунтів Української РСР. М-б 1:200000 // Под ред. Крупського М. К., 1967. 5 л. (5 карт).
10. Почвенная карта Украинской ССР. М-б 1:2500000 // Под ред. Крупского Н. К., 1977. 1 л. (1 карта).
11. Кочкин М. А., Важов В. И., Иванов В. Ф., Молчанов Е. Ф., Донюшкин В. И. Основы рационального использования почвенно-климатических условий в земледелии. М.: Колос, 1972. 303 с.
12. Буданова Т. Е., Озмидов О. Р., Озмидов И. О. Современные методы изучения гранулометрического состава грунтов // Инженерные изыскания. 2013. № 8. С. 66–70.
13. Тагиров Р. М., Кулагина В. И., Сунгатуллина Л. М., Рязанов С. С., Хисамова А. М. Оценка водно-физических свойств и содержание гумуса серых лесных почв на примере фермерского хозяйства Пестречинского района РТ // Сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции «Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России». Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. С. 111–115.
14. Зубкова Т. А., Манучаров А. С., Черноморченко Н. И., Шваров А. П., Костарев И. А. Гидросорбционный гистерезис в почвах, минералах и породах // Почвоведение. 2005. № 92. С. 1122–1129.
15. Судницын И. И., Шваров А. П., Коренева Е. А. Зависимость влажности почв от полного давления почвенной влаги // Грунтознавство. 2009. Т. 10. № 1–2(14). С. 38–43.
16. Качинский Н. А. Физика почвы. Ч. 2. М.: Высшая школа, 1970. 358 с.
17. Шакиров А. Ш., Хисматуллин М. М. Мелиорация земель (основные термины и понятия). Учебное пособие для студентов агрономических факультетов вузов. Казань: Б.и., 2006. 190 с.
18. Смагин А. В., Садовникова Н. Б., Мизури М. Б. А. Определение основной гидрофизической характеристики почв методом центрифугирования // Почвоведение. 1998. № 11. С. 1237–1244.
19. Шеин Е. В. Курс физики почв. М.: Изд-во МГУ, 2005. 432 с.
20. Судницын И. И. Гидрофизические свойства почв южного берега Крыма // Почвоведение. 2016. № 7. С. 831–836. DOI: 10.7868/S0032180X1607011X.
21. Крылова И. Ю., Терлеев В. В. Оценка ОГХ почвы по агрофизическим показателям и эмпирической зависимости Воронина // Сборник трудов международной научно-практической конференции «XXXIX НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбГПУ». Санкт-Петербург: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2010. С. 295–297.
22. Шваров А. П., Кубарева А. В. Водоудерживающая способность и физические свойства почв степной зоны // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 6(181). С. 146–150.
23. Человечкова А. В. Построение кривых водоудерживающей способности выщелоченных черноземов Зауралья инструментальным и расчетным методами // Аграрный вестник Урала. 2014. № 3(121). С. 13–18.
24. Болотов А. Г., Шеин Е. В., Макарычев С. В. Водоудерживающая способность почв Алтайского края // Почвоведение. 2019. № 2. С. 212–219. DOI: 10.1134/S0032180X19020035.
25. Бабошкина С. В., Пузанов А. В., Ельчининова О. А., Рождественская Т. А. Водно-физические свойства и моделирование процесса движения влаги в черноземах южных Канской межгорной котловины (бассейн р. Чарыш, Северо-Западный Алтай) // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 3(137). С. 47–54.
26. Смагин А. В., Садовникова Н. Б., Назарова Т. В., Кирюшова А. Б., Машика А. В., Еремина А. М. Влияние органического вещества на водоудерживающую способность почв // Почвоведение. 2004. № 3. С. 312–321.
27. Асгари Ш., Ахмаднежад С., Кейван-Бежу Ф. Влияние вырубки леса на основную гидрофизическую характеристику и качество почв на востоке Ардабила, Иран // Почвоведение. 2016. № 3. С. 368–376. DOI: 10.7868/S0032180X16030023.
28. Щерба Т. Э. Диагностика опустынивания почв при осолонцевании // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 3(35). С. 21–25.
29. Щерба Т. Э., Куст Г. С., Смагин А. В., Андреева О. В., Славко В. Д. Диагностика опустынивания с использованием основной гидрофизической характеристики почв // Аридные экосистемы. 2016. Т. 22. № 4(69). С. 30–42.

30. Терлеев В. В., Дунаева Е. А., Гиневский Р. С., Лазарев В. А., Топаж А. Г. Почвенно-гидрофизическое информационное обеспечение прецизионного ирригационного земледелия // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 2(26). С. 244–260. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-244-260.
31. Терлеев В. В., Дунаева Е. А., Гиневский Р. С., Лазарев В. А., Топаж А. Г. Гистерезис водоудерживающей способности почвы: сравнение моделей на примере пылеватого суглинка // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 3(23). С. 152–167. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-3-23-152-167.
32. Mosquera G. M., Franklin M., Jan F., Rolando C., Lutz B., David W., Patricio C. A field, laboratory, and literature review evaluation of the water retention curve of volcanic ash soils: how well do standard laboratory methods reflect field conditions? // Hydrological Processes. 2021. Vol. 35. No. 1. Art. No. e14011. DOI: 10.1002/hyp.14011.
33. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв: Методическое руководство // Под ред. Е. В. Шеина. М.: Изд-во МГУ, 2001. 200 с.
34. Гилёв В. Ю. Физика почв: учебное-методические указания по полевой практике. Пермь: Изд-во Пермская ГСХА, 2012. 37 с.
35. Хитров Н. Б., Роговнева Л. В., Дунаева Е. А., Попович В. Ф., Паштецкий В. С., Клименко О. Е. Постирригационное состояние пахотных почв степного Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 1(5). С. 91–110.
36. Глобус А. М. Экспериментальная гидрофизика почв. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 355 с.
37. Van Genuchten M. T., Leij F. J., Yates S. R. The RETC code for quantifying hydraulic functions of unsaturated soils. 1991. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.pc-progress.com> (дата обращения 10.07.2020).
38. Терлеев В. В., Mirschel W., Баденко В. Л., Гусева И. Ю., Гурин П. Д. Физико-статистическая интерпретация параметров функции водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2012. № 4. С. 1–8.
39. HYPROP® 2 automated measuring and evaluation system to determine the hydraulic properties of soil samples [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.metergroup.com/environment/> (дата обращения 25.01.2021).
40. SWRC fit – a nonlinear fitting program with a water retention curve for soils having unimodal and bimodal pore structure [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://swrcfit.sourceforge.net/> (дата обращения 18.10.2021).
41. Mathematical model Rosetta. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ars.usda.gov/pacific-west-area/riverside-ca/agricultural-water-efficiency-and-salinity-research-unit/docs/model/rosetta-model/> (дата обращения 20.10.2021).
42. Richards L. A., Weaver L. R. Moisture retention by some irrigated soils as related to soil-moisture retention // J. Agr. Research. 1944. Vol. 69. P. 215–235.
43. Смагин А. В. Физическое качество почв: подходы, модели, показатели, основные проблемы // Экологический вестник Северного Кавказа. 2020. Т. 16. № 3. С. 12–32.
44. Воронин А. Д. Основы физики почв. М.: Изд-во МГУ, 1986. 244 с.

References

1. Dokuchaev V. V. Russian chernozem. Saint-Petersburg: Imperatorskoe volnoe ekonomicheskoe obshchestvo, 1883. P. 270–275.
2. Soil map of the European Russia compiled by N. M. Sibirtsev, G. I. Tanfiliev, A. R. Ferkhmin. Scale 1:2520000 // Ed. by Dokuchaev V. V., 1900. 1 sheet. (1 map).
3. Klepinin N. N. On the study of Crimean soils. Simferopol: Krymdzdat, 1914.
4. Antipov-Karataev I. N., Prasolov L. I. Soils of the Crimean State Forest Reserve and adjacent areas // Trudy Pochvennogo otdela Komissii po izucheniyu estestvennyh proizvoditelnyh sil Akademii nauk SSSR. 1932. No. 7. P. 7–273.
5. Dzens-Litovskaya N. N. Soils and flora of the steppe Crimea. Leningrad: Nauka, 1970. 157 p.
6. Kochkin M. A. Soils, forests and climate of the Crimean Mountains and ways of their rational use // Proceedings of the Nikitsky Botanical Garden. 1967. Vol. 38. 260 p.
7. Dragan N. A. Soils of Crimea. Simferopol: Simferopol State University, 1983. 95 p.
8. Polovitsky I. Ya. Soils of the Crimea and increasing their fertility. Simferopol: Tavria, 1987. 152 p.
9. Soil map of the Ukrainian SSR. Scale 1:200000 // Ed. by Krupsky M. K., 1967. 5 sheets. (5 maps).
10. Soil map of the Ukrainian SSR. Scale 1:2500000 // Ed. by Krupskiy N. K., 1977. 1 sheet. (1 map).
11. Kochkin M. A., Vazhov V. I., Ivanov V. F., Molchanov E. F., Donyushkin V. I. Fundamentals of rational use of soil and climatic conditions in agriculture. Moscow: Kolos, 1972. 303 p.
12. Budanova T. E., Ozmidov O. R., Ozmidov I. O. Modern methods of granulometric analysis of soils // Engineering survey. 2013. No. 8. P. 66–70.

13. Tagirov R. M., Kulagina V. I., Sungatullina L. M., Ryazanov S. S., Khisamova A. M. Assessment of water-physical properties and humus content of gray forest soils on the example of the farming of the Pestrechinsky district of RT // Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference “Natural resource potential, ecology and sustainable development of Russian regions”. Penza: Penza State Agrarian University, 2020. P. 111–115.
14. Zubkova T. A., Manucharov A. S., Chernomorchenko N. I., Shvarov A. P., Kostarev I. A. Hydrosorptive hysteresis in soils, minerals, and rocks // Eurasian Soil Science. 2005. Vol. 38. No. 9. P. 993-1000.
15. Sudnitsyn I. I., Shvarov A. P., Koreneva E. A. Dependence of soil moisture on the total pressure of soil moisture // Gruntoznavstvo. 2009. Vol. 10. No. 1–2(14). P. 38–43.
16. Kachinsky N. A. Soil Physics. Part 2. Moscow: Vysshaya shkola, 1970. 358 p.
17. Shakirov A. Sh., Khismatullin M. M. Land reclamation (basic terms and concepts). Textbook for students of agronomic faculties of universities. Kazan: N.p., 2006. 190 p.
18. Smagin A. V., Sadovnikova N. B., Ali M.M.B. The determination of the primary hydrophysical function of soil by the centrifuge method // Eurasian Soil Science. 1998. Vol. 31. No. 11. P. 1237–1244.
19. Shein E. V. Course of Soil Physics. Moscow: Moscow State University Publ., 2005. 432 p.
20. Sudnitsyn I. I. Hydrophysical properties of soils on the southern coast of Crimea // Pochvovedenie. 2016. No. 7. P. 831–836. DOI: 10.7868/S0032180X1607011X.
21. Krylova I. Yu., Terleev V. V. Estimation of soil WRC by agrophysical indicators and empirical dependence of Voronin // Proceedings of the international scientific-practical conference “XXXIX WEEK OF SCIENCE SPbSPU”. Saint-Petersburg: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University”, 2010. P. 295–297.
22. Shvarov A. P., Kubareva A. V. Water-retaining capacity and physical properties of steppe zone soils // Vestnik of the Orenburg State University. 2015. No. 6(181). P. 146–150.
23. Chelovechkova A. V. Plotting of water-retaining curves of lixivious_chnozems of the Trans Urals by instrumental and estimated methods // Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. No. 3(121). P. 13–18.
24. Bolotov A. G., Shein E. V., Makarychev S. V. Water retention capacity of soils in the Altai Region // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 2. P. 187-192. DOI: 10.1134/S1064229319020030.
25. Baboshkina S. V., Puzanov A. V., Yelchinina O. A., Rozhdestvenskaya T. A. Water-physical properties and modeling of moisture transfer in the southern chernozems of the Kansk intermontane depression (the Charysh basin, North-West Altai) // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2016. No. 3(137). P. 47–54.
26. Smagin A. V., Sadovnikova N. B., Nazarova T. V., Kiryushova A. B., Mashika A. V., Eremina A. M. The effect of organic matter on the water-retention capacity of soils // Eurasian Soil Science. 2004. Vol. 37. No. 3. P. 267–275.
27. Asgari Sh., Ahmadnejad S., Keivan-Behjou F. Deforestation effect on soil quality and water retention curve parameters in eastern Ardabil, Iran // Eurasian Soil Science. 2016. Vol. 49. No. 3. P. 338–346. DOI: 10.1134/S1064229316030029.
28. Shcherba T. E. Desertification due to soil alkalization: diagnostics // Vestnik Bashkir State Agrarian University. 2015. No. 3(35). P. 21–25.
29. Shcherba T. E., Kust G. S., Andreeva O. V., Slavko V. D., Smagin A. V. Diagnostics of desertification with the use of water retention curve of soils // Arid Ecosystems. 2016. Vol. 6. No. 4. P. 249–259. DOI: 10.1134/S2079096116040090.
30. Terleev V. V., Dunaeva Ie. A., Ginevsky R. S., Lazarev V. A., Topaj A. G. Soil-hydrophysical information support of precise irrigation farming // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 2(26). P. 244–260. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-244-260.
31. Terleev V. V., Dunaeva E. A., Ginevsky R. S., Lazarev V. A., Topazh A. G. Hysteresis of soil water-retention capacity: comparison of models on the example of silt loam // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2020. No. 3(23). P. 152–167. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-3-23-152-167.
32. Mosquera G. M., Franklin M., Jan F., Rolando C., Lutz B., David W., Patricio C. A field, laboratory, and literature review evaluation of the water retention curve of volcanic ash soils: how well do standard laboratory methods reflect field conditions? // Hydrological Processes. 2021. Vol. 35. No. 1. Art. No. e14011. DOI: 10.1002/hyp.14011.
33. Field and laboratory methods for studying the physical properties and regimes of soils: Methodological guide // Ed. by E. V. Shein. Moscow: Moscow State University Publ., 2001. 200 p.
34. Gilev V. Yu. Soil physics: educational and methodological guidelines for field practice. Perm: Perm State Agricultural Academy Publ., 2012. 37 p.
35. Khitrov N. B., Rogovneva L. V., Dunaeva Ie. A., Popovych V. F., Pashtetskiy V. S., Klimenko O. E. Post-irrigated state of arable soils of steppe Crimea // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2016. No. 1(5). P. 91–110.
36. Globus A. M. Experimental hydrophysics of soils. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1969. 355 p.

37. Van Genuchten M. T., Leij F. J., Yates S. R. The RETC code for quantifying hydraulic functions of unsaturated soils. 1991. [Electronic resource]. Access point: <https://www.pc-progress.com> (reference's date 10.07.2020).
38. Terleev V. V., Mirschel W., Badenko V. L., Guseva I. Yu., Gurin P. D. Physico-statistical interpretation of the soil water retention function's parameters // *Agrophysica*. 2012. No. 4. P. 1–8.
39. HYPROP® 2 automated measuring and evaluation system to determine the hydraulic properties of soil samples. [Electronic resource]. Access point: <https://www.metergroup.com/environment/> (reference's date 25.01.2021).
40. SWRC fit – a nonlinear fitting program with a water retention curve for soils having unimodal and bimodal pore structure. [Electronic resource]. Access point: <http://swrcfit.sourceforge.net/> (reference's date 18.10.2021).
41. Mathematical model Rosetta. [Electronic resource]. Access point: <https://www.ars.usda.gov/pacific-west-area/riverside-ca/agricultural-water-efficiency-and-salinity-research-unit/docs/model/rosetta-model/> (reference's date 20.10.2021).
42. Richards L. A., Weaver L. R. Moisture retention by some irrigated soils as related to soil-moisture retention // *J. Agr. Research*. 1944. Vol. 69. P. 215–235.
43. Smagin A. V. Physical quality of soils: approaches, models, indicators, key problems // *The North Caucasus Ecological Herald*. 2020. Vol. 16. No. 3. P. 12–32.
44. Voronin A. D. Fundamentals of soil physics. Moscow: Moscow State University Publ., 1986. 244 p.

UDC 631.4

Filina Ya. A., Dunaieva Ie. A., Rasskazova A. S., Smagin A. V., Dzhaparova A. M.

**DETERMINATION OF THE WATER RETENTION CAPACITY OF
CHERNOZEMS SOUTHERN AND AGROCHERNOZEMS SEGREGATED IN THE
CRIMEA BY THE METHOD OF EQUILIBRIUM CENTRIFUGATION**

Summary. The necessity of soil water regime assessment is based on the increased interest in the issue of sustainable land use. The main hydrophysical characteristic has become widely spread in various fields of soil science and related disciplines. With its help, it is possible to predict the water regime of soils and the moisture supply of plants. Changes in the main hydrophysical characteristic (water retention curve – WRC) make it possible to quantitatively characterize the efficiency of land reclamation. The research hypothesis was the assertion that the obtained soil-hydrological constants using the method of equilibrium centrifugation can be used for agricultural purposes when recalculating soil moisture reserves in soil horizons and modeling the production process of crop growth to correct the initial data of the soil hydrological group. The purpose of the work is to determine the water-physical properties of chernozems southern and agrochernozems segregated in laboratory conditions using the equilibrium centrifugation method. Sampling was carried out in the fields of the Klepininsky rural settlement of the Krasnogvardeisky district of the Republic of Crimea (central steppe region of Crimea). Chernozems southern mycelial-calcareous and mycelial-highly calcareous, as well as agrochernozems segregated thin heavy loam formed on loess-like loams, were the object of study. Equilibrium centrifugation followed by the determination of soil-hydrological constants was the main research method. The experimental data were approximated using the van Genuchten function (RETC program). As a result of the research, the parameters of the water retention capacity curve were obtained for the first time; the values of the soil-hydrological constants of chernozems southern and agrochernozems segregated thin heavy loam formed on loess-like loams were refined. The research results can be used to correct information on soil moisture reserves, to develop irrigation regimes for chernozems and agrochernozems in the Crimea, as well as for agrohydrological modeling of potential yields.

Keywords: water regime, water retention curve, humidity, moisture pressure, vertical moisture transfer, chernozems southern, agrochernozems segregated.

Филина Яна Александровна, младший научный сотрудник отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: mrs.filina@gmail.com.

Дунаева Елизавета Андреевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: water_crimea@hotmail.com.

Рассказова Алевтина Сергеевна, техник лаборатории физики и технологии почв ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; e-mail: a.bashina@yandex.ru.

Смагин Андрей Валентинович, доктор биологических наук, профессор по кафедре физики и мелиорации почв ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; e-mail: smagin@list.ru.

Джапарова Айше Музафаровна, специалист отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: mtpiv@bk.ru.

Filina Yana Aleksandrovna, junior researcher of digital monitoring and agroecosystems modeling Department, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: mrs.filina@gmail.com.

Dunaieva Ielizaveta Andreevna, Cand. Sc. (Techn.), leading researcher of digital monitoring and agroecosystems modeling Department, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: water_crimea@hotmail.com.

Rasskazova Alevtina Sergeevna, technician of the Laboratory of physics and technology of soils, Lomonosov Moscow State University; GSP-1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia; e-mail: a.bashina@yandex.ru.

Smagin Andrey Valentinovich, Dr. Sc. (Biol.), Professor at the Department of physics and land reclamation, Lomonosov Moscow State University; GSP-1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia; e-mail: smagin@list.ru.

Dzhaparova Aishe Muzafarovna, specialist of digital monitoring and agroecosystems modeling Department, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: mtpiv@bk.ru.

Дата поступления в редакцию – 10.02.2022.

Дата принятия к печати – 06.04.2022.