

Агромелиоративная характеристика черноземов южных в связи с орошением

Л. А. Сенькова¹, Л. В. Гринец^{2, 3}✉

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

³ Уральский Федеральный университет имени первого Президента Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: grinez.larisa@mail.ru

Аннотация. Актуальность орошения усиливается в связи с деградацией почв, геополитическим и ресурсным потенциалом территорий и фундаментальным изменением стратегии развития России. **Цель** исследований – решение актуальных научных и практических задач агрогидрофизики черноземов Кулунды в связи с разработкой почвосберегающей технологии орошения на основе знаний о процессах передвижения, удержания влаги в профиле и пределах ее доступности растениям. **Методы.** Использованы полевые и лабораторные методы исследований почв: морфологическое исследование, определение физических и водных свойств почвы по общепринятым методикам. **Результаты.** Мелиоративные свойства черноземов южных легкосуглинистых Северной Кулунды имеют особенности в гранулометрическом составе, где преобладают песчаные фракции размером 0,25–1 и 0,05–0,25 мм и составляющие 46–77 % всех частиц, обеспечивающих слабую водоудерживающую способность, хорошую промытость от легкорастворимых солей. Хорошая дренированность почв обеспечена подстилающими их супесями, суглинками, песками. Высокая плотность сложения почвообразующих и подстилающих пород обеспечивает беспросадочное орошение этих почв. Слабая оструктуренность наряду с благоприятной микроагрегированностью создает благоприятные водно-физические свойства. Значительная часть пор по профилю при состоянии наименьшей влагоемкости (НВ) свободна от воды. Водопроницаемость и фильтрация с поверхности повышенные. Запасы влаги при влажности завядания (ВЗ) в слоях 0–50 см и 0–100 см составляют соответственно 45 мм и 90,82 мм. НВ на пашне в слое 0–50 см составляет 114,7 мм (15,5 %), в слое 0–100 см достигает 218,7 мм (14,2 %). Диапазон активной влаги (ДАВ) узкий, что необходимо учитывать при расчете режимов орошения почвы. **Научная новизна.** Представлены все необходимые параметры для разработки современной почво-водосберегающей технологии орошения черноземов южных легкосуглинистых, нуждающихся в оптимизации водного режима: морфология, полная характеристика физических и гидрологических свойств, состав порового пространства. Исследованные почвенно-гидрологические константы этих почв могут быть использованы для глубокого изучения особенностей поведения влаги в их профиле, пределов ее доступности растениям и в итоге разработки современной технологии выборочного и локального орошения почв. Познание солевого состава почвы и ее почвообразующих пород позволит при разработке режимов орошения избежать вторичного засоления.

Ключевые слова: почва, чернозем южный, орошение, почвозащитная технология, гидрологические свойства почв, водопроницаемость, водоудерживающая способность почвы, почвенно-гидрологические константы.

Для цитирования: Сенькова Л. А., Гринец Л. В. Агромелиоративная характеристика черноземов южных в связи с орошением // Аграрный вестник Урала. 2023. № 02 (231). С. 14–29. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-14-29.

Дата поступления статьи: 30.12.2022, **дата рецензирования:** 18.01.2023, **дата принятия:** 27.01.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Степной пояс является основным регионом в производстве сельскохозяйственной продукции. Его роль все более возрастает в связи с геополитическим и ресурсным потенциалом территорий, со-

временным состоянием почвенного покрова и связанного с ним сельскохозяйственного производства, а также фундаментальным изменением стратегии развития России. Также для решения принципиальной проблемы оптимизации взаимодействия приоро-

ды и общества в условиях глобального изменения природной среды необходимо оценить текущее и прогнозируемое изменение климата [1; 2, с. 96–99].

При этом выявлена необходимость системного подхода к анализу технологических рисков в мелиоративном земледелии России [3, с. 221].

Глобальное изменение климата требует углубленного изучения и понимания региональных особенностей изменения водного режима почв агро-степи. Длительное применение различных видов основной обработки почвы лишь снижало количество сорной растительности, но не решало эту проблему [4, с. 22].

Экстенсивный характер использования почв в земледелии Кулундинской степи привели к процессам засух и ветровой эрозии [5; 6], а ненормированное орошение негативно повлияло на физические и водные свойства агропочв [7, с. 50].

Принципы и методы комплексных агрофизических исследований известны [8, с. 2–7]. Однако устойчивое высокопродуктивное земледелие в степной засушливой зоне Кулундинской степи осуществляли за счет ненормированного орошения. Для этого в конце XX века в Западной Кулунде построено более 80 искусственных водоемов-накопителей, оборудованных на дне противофильтрационной защитой из полиэтиленовой пленки. Вблизи водохранилищ, прудов и водоемов-накопителей, созданных без учета важнейших мелиоративных характеристик почв и почвогрунтов, происходило увеличение запасов подземных вод. По состоянию на конец 1995 г. ненормированное орошение 77 690 га приводило к повсеместному повышению уровня грунтовых вод и, как следствие, вторичному засолению почв [6; 9].

Проект «Кулунда», рассчитанный на период 2011–2016 гг., предусматривал экологические и экономические стратегии устойчивого землепользования в аридных степях России. Он включал в основном анализ состояния природной среды и создание консультационной и управленческой платформы для реализации и внедрения в практику эколого-экономических стратегий устойчивого развития сельского хозяйства [6].

Анализ работ многих авторов показал, что до настоящего времени разработка теоретических и практических вопросов обоснования повышения эффективности использования орошаемых земель недостаточны. Многие научные изыскания были направлены на выявление закономерностей формирования режима грунтовых вод под влиянием орошения в условиях глубокого промерзания почвогрунтов и изменения их свойств, а также разработку комплекса мероприятий по предотвращению подъема уровня грунтовых вод и предупреждению вторичного засоления почв [10; 11].

Такой подход и применяемые методы расчетов режимов орошения массивов конкретных почв не сдерживал негативные процессы в почвах. Позднее широкое применение нашло капельное орошение сельскохозяйственных культур [12, с. 16; 13]. Однако для возделывания основных культур в степных районах этот способ не всегда возможен.

В связи с современными агро-мелиоративными задачами требуется более глубокое и комплексное исследование агро-мелиоративных свойств почв, пригодных для орошаемого земледелия.

В настоящее время в РФ и других странах развиваются разнообразные системы орошения. Их соотношение в зависимости от условий отличается. Интенсивность орошения наиболее высока в южно-европейских странах. Самые высокие значения наблюдаются в южной Румынии, в северной Италии (Падано-Венецианская равнина и долина реки По), в Испании, а также в ряде областей Турции и Греции [14; 15].

Но разработка почвосберегающей технологии орошения нуждается в корректировке научного обоснования и остается весьма актуальной.

Зональные пахотные почвы легкого гранулометрического состава являются первоочередным объектом орошения в центральных и северных районах Кулунды. Однако эти почвы имеют малую водоудерживающую способность, весьма неустойчивый, неудовлетворительный для сельскохозяйственных культур водный режим и ограниченные возможности его регулирования агротехническими приемами.

Наиболее пригодными и перспективными для орошаемого земледелия в Кулунде являются черноземы южные легкосуглинистые [16, с. 24–34]. Для обоснования высокоэффективной и, что не менее важно, водо- и почвосберегающей технологии орошения в этом специфичном по природно-мелиоративным условиям регионе необходимо знание закономерностей передвижения и удержания влаги в почве и ее доступности растениям в зависимости от степени и глубины увлажнения почвенного профиля. Для этого прежде всего необходима их полная агро-мелиоративная характеристика. Поэтому целью данной работы является глубокое изучение физических и водных свойств, почвенно-гидрологических констант, солевого состава, степени засоления чернозема южного легкосуглинистого и его почвообразующей породы. В задачи входило проведение полевых и лабораторных исследований этих показателей почв и почвообразующей породы, а также изучение влияния глубины залегания грунтовых вод и их капиллярной каймы на свойства почвы.

Северо-Кулундинская озерно-аллювиальная равнина, или Северная Кулунда, составляет северную и северо-западную окраины обширной Кулундинской степи и располагается в южной равнинной

части Обь-Иртышского междуречья [17, с. 314]. Она представляет собой недренированную, бессточную территорию с положительными (гривы и плоские гривообразные повышения) и отрицательными (межгривные понижения) формами рельефа. Своеобразный гривно-лощинный рельеф, осложненный озерными котловинами, накладывает отпечаток на почвенный покров, являясь одной из главных причин его комплексности, неоднородного мелиоративного состояния и негативных последствий орошения черноземов дождеванием [18].

Орошение не только сказывается на водном режиме почв, но и отражается на гранулометрическом составе почв и почвообразующих пород [19, с. 52].

На развитие корневой системы естественной и культурной растительности влияет малая зона активного тепловлагооборота, обусловленная резкой континентальностью, засушливостью климата, что нашло отражение в генетических и агрометрических свойствах почв.

Методология и методы исследования (Methods)

Для изучения морфологии и свойств почв, почвообразующих пород и грунтовых вод использованы полевые методы исследований с заложением почвенных разрезов с добурированием до грунтовых вод, из которых по генетическим горизонтам в 6-кратной повторности определяли естественную влажность термостатно-весовым методом, плотность сложения режущим кольцом. Для определения водопроницаемости использовали прибор ПВН. Лабораторными методами определены гранулометрический и микроагрегатный составы почв по Н. А. Качинскому, плотность твердой фазы – пикнометрическим методом, порозность – расчетным методом, состав легкорастворимых солей и оценка засоления почв – методом водной вытяжки [20].

Глубокое изучение агрометрических характеристик почв позволяет пополнять банк почв, который можно использовать в целях рационального экологически направленного использования земельных ресурсов [21].

Результаты (Results)

Своеобразие биоклиматических и геоморфологических условий Северо-Кулиндинской озерно-аллювиальной равнины определило ряд особенностей мелиоративных свойств черноземов южных, широко распространенных в пределах данной равнины.

Строение профиля южных черноземов следующее. Горизонт А мощностью 12–25 см, темно-серый, рыхлый или слабо уплотненный, непрочный-комковатый. Горизонт В₁ мощностью 15–25 см, светлее предыдущего, уплотненный, комковатый или ореховато-комковатый. Горизонт В₂ мощностью около 20 см, бурый с затеками гумусовых веществ, уплотнен, комковатый. Горизонт С находится на глубине 60–150 см, плотный, с выделениями карбонатов.

Эти почвы имеют малую мощность гумусового горизонта. Содержание гумуса низкое, в пахотном слое 1,73 %, в горизонте В₂ снижается до 0,61 %. Эти особенности обусловлены биологическим круговоротом веществ в условиях напряженного водного режима почв. При этом корневая система растений не проникает в глубокие горизонты почвы, и микробиологическая деятельность затухает.

Легкий гранулометрический состав почвообразующих пород южных черноземов обеспечивают хорошую промытость их профиля от легкорастворимых солей (таблица 1).

Плотный остаток по профилю почвы не превышает 0,18 %, и только на глубине около 6 м обнаруживается небольшое количество растворимых солей и гипса. Средние запасы солей в слое 0–50 см составляют 7–8 т/га, в слое 0–10 см – около 20 т/га, в толще 0–200 см содержится 50–60 т/га. Многочисленные исследования солевого состава орошаемых почв свидетельствуют о локальном засолении почв в условиях локального орошения [22, с. 1557].

Реакция среды благоприятная, в верхних горизонтах почвы нейтральная или близкая к ней, в карбонатных – щелочная (таблица 1).

А. В. Мартынов считает, что понижение рН почвы изменяет биологическую активность и оказывает негативное воздействие на наземные экосистемы [23].

Грунтовые воды залегают на глубине более 3 м, и капиллярная кайма невелика (80–100 см) в связи с легким гранулометрическим составом почвообразующих пород, поэтому они не влияют на водный режим черноземов, это является хорошей предпосылкой ведения научно-обоснованного нормированного орошаемого земледелия на этих почвах.

На территории Северной Кулунды гранулометрический состав черноземов различен, в значительной степени меняется в широком направлении от тяжелых суглинков на севере до легких суглинков и супеси на юге. Однако тяжелосуглинистых черноземов немного, они встречаются в северной части равнин на плоских повышениях. Солонцеватые южные черноземы, залегающие на склонах грив, чаще всего суглинистые. Преобладающими являются легкосуглинистые южные черноземы, расположенные на относительно высоких гривах. Эти почвы оцениваются как остро нуждающиеся в орошении и как наилучший в Северной Кулунде объект для орошения.

Для гранулометрического состава легкосуглинистых южных черноземов характерно абсолютное преобладание песчаных фракций размером 0,25–1 и 0,05–0,25 мм, которые составляют до 46–77 % всех частиц (таблица 2).

Наименьшее количество частиц приходится на пыль среднюю (0,1–6,6 %).

Состав водной вытяжки чернозема южного

Глубина, см	Плотный остаток, %	Мг-экв. на 100 г абсолютно сухой почвы							CaCO ₃	pH _B
		ионы								
		CO ₃ ²⁺	HCO ₃ ⁺	Cl ⁺	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺		
Чернозем южный легкосуглинистый. Пашня. Карасукский район										
0–10	0,080	нет	0,16	0,10	1,06	0,26	0,08	0,98	нет	не опр.
10–20	0,045	нет	0,20	0,08	0,53	0,36	0,10	0,35	нет	не опр.
45–55	0,050	нет	0,24	0,10	0,37	0,12	0,06	0,54	0,57	не опр.
80–90	0,181	нет	0,52	0,12	2,33	0,38	0,12	2,57	1,71	не опр.
115–125	0,078	нет	0,48	0,12	0,58	0,34	0,12	0,72	1,14	не опр.
250–260	0,110	нет	0,56	0,18	0,85	0,24	0,22	1,13	0,71	не опр.
380–390	0,079	нет	0,56	0,26	0,37	0,30	0,30	0,59	1,43	не опр.
Чернозем южный легкосуглинистый. Пашня. Карасукский район										
0–20	0,010	нет	0,70	0,14	0,41	0,21	0,21	0,83	не опр.	6,9
20–50	0,070	нет	0,44	0,14	0,23	0,15	0,15	0,71	не опр.	7,8
50–70	0,100	нет	0,88	0,12	0,67	0,27	0,10	1,13	не опр.	8,2
70–90	0,110	нет	0,52	0,15	1,54	0,20	0,20	1,81	не опр.	8,4
90–140	0,090	нет	0,46	0,20	0,73	0,20	0,28	0,91	не опр.	8,7
140–200	0,100	нет	0,84	0,32	0,34	0,17	0,19	1,14	не опр.	9,2

Table 1
The composition of the aqueous extract of southern chernozem

Depth, cm	Dense residue, %	Mg-eq. per 100 g of absolutely dry soil							CaCO ₃	pH _B
		ions								
		CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na+K		
The southern chernozem is light loamy. Arable land. Karasuk district										
0–10	0.080	no	0.16	0.10	1.06	0.26	0.08	0.98	no	undefined
10–20	0.045	no	0.20	0.08	0.53	0.36	0.10	0.35	no	undefined
45–55	0.050	no	0.24	0.10	0.37	0.12	0.06	0.54	0.57	undefined
80–90	0.181	no	0.52	0.12	2.33	0.38	0.12	2.57	1.71	undefined
115–125	0.078	no	0.48	0.12	0.58	0.34	0.12	0.72	1.14	undefined
250–260	0.110	no	0.56	0.18	0.85	0.24	0.22	1.13	0.71	undefined
380–390	0.079	no	0.56	0.26	0.37	0.30	0.30	0.59	1.43	undefined
The southern chernozem is light loamy. Arable land. Karasuk district										
0–20	0.010	no	0.70	0.14	0.41	0.21	0.21	0.83	undefined	6.9
20–50	0.070	no	0.44	0.14	0.23	0.15	0.15	0.71	undefined	7.8
50–70	0.100	no	0.88	0.12	0.67	0.27	0.10	1.13	undefined	8.2
70–90	0.110	no	0.52	0.15	1.54	0.20	0.20	1.81	undefined	8.4
90–140	0.090	no	0.46	0.20	0.73	0.20	0.28	0.91	undefined	8.7
140–200	0.100	no	0.84	0.32	0.34	0.17	0.19	1.14	undefined	9.2

При сравнении целинных и пахотных черноземов видно, что в верхних слоях пашни они обременены пылевыми частицами, а в слое 0–10 см – и илистыми, что связывается с процессами ветровой эрозии. В некоторых случаях более низкое содержание илистых частиц в горизонте А по отношению к горизонту В объясняется наличием в почве солонцового процесса (таблица 2). Почвообразующие и подстилающие породы черноземов слоистые по гранулометрическому составу, что является наиболее характерной их особенностью, указывающей на иллювиальное происхождение. Гранулометрический состав профиля черноземов и их подстилающих пород имеет большое значение при орошении

(особенно крупных районов) в связи с возможными инфильтрационными потерями поливных вод и их оттоком. Наиболее пригодными для орошения будут те почвы, которые имеют либо однородное, либо не резко отличное и легкое по гранулометрическому составу слоистое строение.

В этом отношении черноземы южные солонцеватые, занимающие склоны грив, имеют более тяжелый гранулометрический состав не только в верхней части профиля, но и в подстилающих породах. Причем более тяжелые породы, как правило, засолены. Поэтому при орошении, особенно ненормированном, массивов южных черноземов, включающих участки почв с глубинным засолением и

чередующихся с понижениями, занятыми солонцеватыми и засоленными почвами, может произойти подъем грунтовых вод с последующим засолением и заболачиванием почв, расположенных на склонах грив и повышениях.

Хорошую дренированность профиля южных черноземов обеспечивают подстилающие их толщи супесей, суглинков, иногда песков (таблица 2), мощность которых достигает на ярко выраженных гривах 3–8 м.

Микроагрегатный состав легкосуглинистых южных черноземов в слое 0–60 см удовлетворительный, фактор дисперсности составляет 5,8–12,5. Начиная с карбонатного горизонта и ниже по профилю микроструктурность ухудшается, о чем свидетельствует фактор дисперсности, возрастающей породе до 32,7 у пониженно-вскипающих и до 83,5 – у солонцеватых черноземов, что связано в основном с уменьшением количества тонких частиц в гранулометрическом составе этого слоя почвы (таблица 3).

Макроагрегированность легкосуглинистых южных черноземов слабая (таблица 4). В их пахотном слое содержится более 60 % агрегатов фракции размером менее 1 мм, указывающих на слабую противэрозионную устойчивость. Содержание водо-

прочных агрегатов размером более 1 мм на пашне не превышает 6,3 %

Водопрочные фракции размером 0,25–1 мм представлены в основном элементарными механическими частицами.

Слабая оструктуренность легкосуглинистых черноземов сглаживается благоприятной микроагрегированностью и легким гранулометрическим составом с преобладающей песчаной фракцией, что обеспечивает благоприятные водно-физические свойства (таблица 5).

Плотность твердой фазы увеличивается вниз по профилю от 2,60 г/см³ в горизонте А до 2,78 г/см³ в горизонте С в соответствии с падением гумуса. В профиле легкосуглинистых южных черноземов отмечаются колебания плотности сложения и плотности твердой фазы, что связано со слоистостью гранулометрического состава.

Легкосуглинистые южные черноземы характеризуются высокими значениями плотности сложения, что обусловлено низким содержанием гумуса и плотной упаковкой почвенных частиц. Так, в пахотном слое 0–20 см она составляет 1,31–1,54 г/см³. Широкий интервал плотности сложения в этом слое свидетельствует о возможности этих почв к самоуплотнению.

Таблица 2
Гранулометрический состав черноземов южных

Глубина, см	Количество частиц, %, диаметр, мм						
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01
Чернозем южный. Целина. Карасукский район							
0–10	3,7	58,9	9,4	2,6	5,1	19,3	27,0
10–20	11,5	52,4	9,1	3,4	5,9	17,0	26,3
20–30	13,4	51,6	7,8	3,6	4,3	18,3	26,2
30–40	14,1	47,6	8,4	3,5	4,6	21,2	29,3
40–50	16,6	48,2	9,2	1,6	3,6	18,5	23,7
50–60	12,1	43,3	10,2	3,2	2,9	18,1	24,2
60–70	15,5	45,2	7,4	2,6	6,0	10,4	19,7
70–80	13,2	46,7	8,6	2,2	2,1	15,1	19,7
80–90	19,4	55,7	5,7	0,8	3,0	10,4	14,2
90–100	19,3	59,9	3,5	1,1	2,9	9,5	13,2
120–130	13,1	66,0	4,2	0,3	2,3	11,2	13,8
160–170	30,2	53,7	1,5	1,1	5,8	5,5	12,4
190–200	9,2	71,7	3,8	0,8	1,7	10,4	12,9
Чернозем южный. Пашня. Карасукский район							
0–10	24,8	45,1	5,6	1,4	6,3	16,0	23,7
10–20	18,0	44,2	11,9	2,8	3,8	18,2	24,8
20–30	24,2	41,5	7,4	6,6	2,3	18,4	27,8
30–40	23,7	47,1	5,6	1,2	5,8	16,3	23,3
40–50	25,2	47,5	6,4	0,8	4,4	15,2	20,4
50–60	27,4	48,9	5,5	0,4	3,1	14,2	17,7
60–70	13,7	27,4	13,8	3,8	6,0	20,3	30,1
70–80	17,3	35,0	9,3	2,2	6,9	16,8	25,9
80–90	19,6	46,2	6,4	1,4	1,7	13,9	17,0
90–100	18,7	66,7	1,6	0,1	0,8	9,7	10,6
140–150	14,0	46,9	11,4	0,8	4,9	16,2	21,9
310–320	13,2	61,5	5,4	4,2	0,3	12,4	16,9
560–570	13,1	66,6	3,9	0,1	0,7	13,0	13,8

Table 2

Granulometric composition of southern chernozems

Depth, cm	Number of particles, %, diameter, mm						
	1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	< 0.001	< 0.01
Southern Chernozem. Virgin soil. Karasuk district							
0-10	3.7	58.9	9.4	2.6	5.1	19.3	27.0
10-20	11.5	52.4	9.1	3.4	5.9	17.0	26.3
20-30	13.4	51.6	7.8	3.6	4.3	18.3	26.2
30-40	14.1	47.6	8.4	3.5	4.6	21.2	29.3
40-50	16.6	48.2	9.2	1.6	3.6	18.5	23.7
50-60	12.1	43.3	10.2	3.2	2.9	18.1	24.2
60-70	15.5	45.2	7.4	2.6	6.0	10.4	19.7
70-80	13.2	46.7	8.6	2.2	2.1	15.1	19.7
80-90	19.4	55.7	5.7	0.8	3.0	10.4	14.2
90-100	19.3	59.9	3.5	1.1	2.9	9.5	13.2
120-130	13.1	66.0	4.2	0.3	2.3	11.2	13.8
160-170	30.2	53.7	1.5	1.1	5.8	5.5	12.4
190-200	9.2	71.7	3.8	0.8	1.7	10.4	12.9
Southern Chernozem. Arable land. Karasuk district							
0-10	24.8	45.1	5.6	1.4	6.3	16.0	23.7
10-20	18.0	44.2	11.9	2.8	3.8	18.2	24.8
20-30	24.2	41.5	7.4	6.6	2.3	18.4	27.8
30-40	23.7	47.1	5.6	1.2	5.8	16.3	23.3
40-50	25.2	47.5	6.4	0.8	4.4	15.2	20.4
50-60	27.4	48.9	5.5	0.4	3.1	14.2	17.7
60-70	13.7	27.4	13.8	3.8	6.0	20.3	30.1
70-80	17.3	35.0	9.3	2.2	6.9	16.8	25.9
80-90	19.6	46.2	6.4	1.4	1.7	13.9	17.0
90-100	18.7	66.7	1.6	0.1	0.8	9.7	10.6
140-150	14.0	46.9	11.4	0.8	4.9	16.2	21.9
310-320	13.2	61.5	5.4	4.2	0.3	12.4	16.9
560-570	13.1	66.6	3.9	0.1	0.7	13.0	13.8

Таблица 3

Микроагрегатный состав черноземов южных

Глубина, см	Количество частиц, %, диаметр, мм						Фактор дисперсности
	1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	< 0.001	
Чернозем южный. Пашня. Карасукский район							
0-10	26,6	43,2	14,2	9,6	4,8	1,6	10,1
10-20	22,4	51,4	14,6	4,5	5,3	1,8	12,0
25-35	17,2	61,1	12,9	2,7	4,2	1,9	10,4
45-55	12,3	60,0	18,9	2,1	4,1	2,6	12,5
70-80	22,2	54,4	11,6	6,8	1,3	3,7	25,0
110-120	11,7	54,5	20,0	7,8	2,8	3,2	17,4
140-150	22,7	58,8	6,0	2,6	6,2	3,7	32,7
Чернозем южный. Пашня. Карасукский район							
0-10	9,5	43,6	30,2	8,0	7,0	1,7	7,8
10-20	11,5	40,5	26,4	6,6	3,7	1,3	5,8
25-35	12,6	50,0	24,2	4,9	5,3	3,0	10,6
80-90	15,3	47,5	16,9	7,8	8,4	4,3	20,2
125-135	2,0	26,5	42,2	9,1	14,0	6,2	83,5
Чернозем южный. Пашня. Карасукский район							
0-10	26,5	39,3	27,8	2,7	2,4	1,3	6,7
10-20	22,4	44,5	27,5	2,5	1,9	1,2	6,6
20-30	23,8	41,1	30,7	1,6	1,1	1,7	7,7
60-70	21,2	50,6	23,7	1,2	1,3	2,0	14,7
90-100	16,6	53,9	24,5	0,8	1,8	2,4	17,3
130-140	21,6	53,0	21,0	0,9	1,1	2,4	22,0
140-150	11,0	64,1	20,0	1,2	1,5	2,2	17,9
160-170	19,2	51,1	24,3	1,5	1,4	2,5	18,2
190-200	22,3	61,4	11,6	0,8	1,7	2,2	19,3

Table 3

Microaggregate composition of southern chernozems

Агротехнологии

Depth, cm	Number of particles, %, diameter, mm						Dispersity factor
	1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	< 0.001	
<i>Chernozem. Arable land. Karasuk district</i>							
0–10	26.6	43.2	14.2	9.6	4.8	1.6	10.1
10–20	22.4	51.4	14.6	4.5	5.3	1.8	12.0
25–35	17.2	61.1	12.9	2.7	4.2	1.9	10.4
45–55	12.3	60.0	18.9	2.1	4.1	2.6	12.5
70–80	22.2	54.4	11.6	6.8	1.3	3.7	25.0
110–120	11.7	54.5	20.0	7.8	2.8	3.2	17.4
140–150	22.7	58.8	6.0	2.6	6.2	3.7	32.7
<i>Chernozem. Arable land. Karasuk district</i>							
0–10	9.5	43.6	30.2	8.0	7.0	1.7	7.8
10–20	11.5	40.5	26.4	6.6	3.7	1.3	5.8
25–35	12.6	50.0	24.2	4.9	5.3	3.0	10.6
80–90	15.3	47.5	16.9	7.8	8.4	4.3	20.2
125–135	2.0	26.5	42.2	9.1	14.0	6.2	83.5
<i>Chernozem. Arable land. Karasuk district</i>							
0–10	26.5	39.3	27.8	2.7	2.4	1.3	6.7
10–20	22.4	44.5	27.5	2.5	1.9	1.2	6.6
20–30	23.8	41.1	30.7	1.6	1.1	1.7	7.7
60–70	21.2	50.6	23.7	1.2	1.3	2.0	14.7
90–100	16.6	53.9	24.5	0.8	1.8	2.4	17.3
130–140	21.6	53.0	21.0	0.9	1.1	2.4	22.0
140–150	11.0	64.1	20.0	1.2	1.5	2.2	17.9
160–170	19.2	51.1	24.3	1.5	1.4	2.5	18.2
190–200	22.3	61.4	11.6	0.8	1.7	2.2	19.3

Таблица 4

Агрегатный состав легкосуглинистых южных черноземов

Угодье	Глубина, см	Содержание агрегатов (мм), %					
		> 1	1–0,25	< 0,25	> 1	1–0,25	< 0,25
		Сухое просо			Мокрое просеивание		
Пашня	0–10	41,0	21,0	38,0	2,1	14,0	83,9
	20–40	49,0	21,0	30,0	0,8	20,9	78,3
Целина	0–10	54,9	21,1	24,0	20,4	30,0	49,6
	10–20	59,6	17,9	22,5	15,0	26,9	58,1
	20–30	59,5	19,3	21,2	17,5	36,0	54,5
Пашня	1–10	37,2	30,2	32,6	6,3	35,2	58,5
	10–20	37,2	30,2	32,1	3,6	37,0	59,4
	20–30	62,2	15,7	22,1	3,3	38,4	58,3

Table 4

Aggregate composition of light loamy southern chernozems

Land	Depth, cm	Content of aggregates (mm), %					
		> 1	1–0.25	< 0.25	> 1	1–0.25	< 0.25
		Dry screening			Wet screening		
Arable land	0–10	41.0	21.0	38.0	2.1	14.0	83.9
	20–40	49.0	21.0	30.0	0.8	20.9	78.3
Virgin soil	0–10	54.9	21.1	24.0	20.4	30.0	49.6
	10–20	59.6	17.9	22.5	15.0	26.9	58.1
	20–30	59.5	19.3	21.2	17.5	36.0	54.5
Arable land	1–10	37.2	30.2	32.6	6.3	35.2	58.5
	10–20	37.2	30.2	32.1	3.6	37.0	59.4
	20–30	62.2	15.7	22.1	3.3	38.4	58.3

В нижележащих горизонтах плотность сложения закономерно увеличивается и в почвообразующей породе составляет 1,60–1,73 г/см³. При сравнении величин плотности сложения почвы на пашне и целине видно, что в результате постоянной обработки на глубину 0–20 см в пахотном слое отчетливо выявляется плужная подошва с плотностью сложения 1,58–1,61 г/см³, в то время как на целине на этой глубине этот показатель значительно ниже (1,49 г/см³).

Исследованиями установлено, что после вывoda почвы из сельскохозяйственного оборота ее структурно-агрегатные характеристики могут восстанавливаться [24].

Изменения плотности сложения и плотности твердой фазы отражаются на общей пористости и пористости аэрации, которые в подпахотных горизонтах имеют тенденцию к падению ниже 40 и 20 % от объема почвы соответственно (таблица 5). Так, в пахотном, наиболее обогащенном гумусом слое общая пористость составляет 42,8–50,0 %, а с глубиной уменьшается до 35,4–40,1 %.

Пониженная пористость почвообразующих и подстилающих пород наряду с высокой плотностью сложения обеспечивает беспросадочное орoшение черноземов южных легкосуглинистых.

Таблица 5
Водные и физические свойства черноземов южных

Глубина, см	Плотность, г/см ³		Общая пористость, % от объема почвы	НВ		МГ	ВЗ	ДАВ	Пористость аэрации, % от объема
	сложения	твердой фазы		от массы почвы	от объема почвы				
Разрез 1. Чернозем южный легкосуглинистый. Пашня. Карасукский район									
0–10	1,31	2,63	50,0	14,4	18,9	3,8	4,9	9,6	31,1
10–20	1,46	2,63	42,8	13,6	19,9	3,6	3,6	10,0	22,9
20–30	1,62	2,64	38,6	11,3	18,3				20,3
30–40	1,58	2,66	39,2	10,3	16,3	3,9	5,1	5,2	22,9
40–50	1,58	2,66	39,2	11,3	17,8				21,4
50–60	1,60	2,66	38,7	12,6	20,2	4,3	5,6	7,0	18,5
60–70	1,60	2,66	38,7	12,7	20,3				18,4
70–80	1,60	2,66	38,7	13,1	19,4				19,3
80–90	1,60	2,66	38,7	11,4	18,3	4,8	6,3	5,1	20,4
90–100	1,60	2,68		11,7	18,8				19,9
100–150	1,70	2,70	37,0			3,4	4,4		
150–200	1,71	2,68	36,1			3,8	4,9		
Разрез 2. Чернозем южный легкосуглинистый. Целина. Карасукский район									
0–10	1,42	2,65	46,4	18,0	25,6	5,8	7,5	10,5	30,8
10–20	1,51	2,62	42,4	16,4	24,7	4,6	6,0	10,4	17,7
20–30	1,49	2,69	44,6	15,9	23,7	4,6	6,0	9,9	20,9
30–40	1,51	2,70	44,1	15,0	22,6	5,3	6,9	8,1	21,5
40–50	1,49	2,69	44,6	13,9	20,1	4,5	5,8	8,1	24,5
50–60	1,49	2,70	44,8	14,1	21,0	5,1	6,6	7,5	23,8
60–70	1,55	2,70	42,6	14,5	22,5	4,1	5,3	9,2	20,1
70–80	1,60	2,70	40,7	14,2	22,1	4,3	5,6	8,6	18,6
80–90	1,63	2,70	39,6	15,9	25,9	2,9	3,8	12,1	13,7
90–100	1,72	2,68	35,8	16,9	29,1	2,6	3,4	13,5	6,7
160–170	1,70	2,70	36,9	15,7	26,7	2,4	3,1	12,6	10,2
190–200	1,73	2,71	36,2	15,9	27,5	2,4	3,1	12,8	8,7
Разрез 3. Чернозем южный легкосуглинистый. Пашня. Карасукский р-н									
0–10	1,33	2,59	49,0	17,5	23,3	4,8	6,2	11,3	25,7
10–20	1,54	2,60	40,7	17,9	27,6	4,9	6,4	11,5	13,1
20–30	1,61	2,62	40,0	14,4	23,2	5,0	6,5	7,9	16,8
30–40	1,67	2,63	36,5	12,8	21,4	4,0	5,3	7,5	15,1
40–50	1,65	2,65	37,7	11,9	19,5	3,5	4,6	7,3	18,2
50–60	1,48	2,61	43,2	11,9	17,6	3,5	4,6	7,3	25,6
60–70	1,51	2,64	42,8	12,2	18,4	6,8	8,8	3,4	24,4
70–80	1,60	2,67	40,1	12,9	20,6	5,5	7,2	5,7	19,5
80–90	1,64	2,64	37,9	13,0	21,3	3,7	4,8	8,2	16,6
90–100	1,60	2,64	39,4	8,5	13,6	2,3	3,0	5,3	25,8
100–110	1,69	2,64	36,0	8,5	14,0	3,0	3,9	4,4	22,0
190–200	1,70	2,63	35,4	11,9	20,2	4,8	6,2	5,7	15,2

Table 5

Water and physical properties of southern chernozems

Агротехнологии

Depth, cm	Density, g/cm ³		General porosity, % from soil volume	Lowest moisture capacity, %		Maximum absorbability, %	Wilt moisture, %	Active moisture range, %	Porosity aeration, % from volume
	of the additions	of the solid phase		from the mass soil	from volume soil				
Section 1. The southern chernozem is light loamy. Arable land. Karasuk district									
0–10	1.31	2.63	50.0	14.4	18.9	3.8	4.9	9.6	31.1
10–20	1.46	2.63	42.8	13.6	19.9	3.6	3.6	10.0	22.9
20–30	1.62	2.64	38.6	11.3	18.3				20.3
30–40	1.58	2.66	39.2	10.3	16.3	3.9	5.1	5.2	22.9
40–50	1.58	2.66	39.2	11.3	17.8				21.4
50–60	1.60	2.66	38.7	12.6	20.2	4.3	5.6	7.0	18.5
60–70	1.60	2.66	38.7	12.7	20.3				18.4
70–80	1.60	2.66	38.7	13.1	19.4				19.3
80–90	1.60	2.66	38.7	11.4	18.3	4.8	6.3	5.1	20.4
90–100	1.60	2.68		11.7	18.8				19.9
100–150	1.70	2.70	37.0			3.4	4.4		
150–200	1.71	2.68	36.1			3.8	4.9		
Section 2. The southern chernozem is light loamy. Virgin soil. Karasuk district									
0–10	1.42	2.65	46.4	18.0	25.6	5.8	7.5	10.5	30.8
10–20	1.51	2.62	42.4	16.4	24.7	4.6	6.0	10.4	17.7
20–30	1.49	2.69	44.6	15.9	23.7	4.6	6.0	9.9	20.9
30–40	1.51	2.70	44.1	15.0	22.6	5.3	6.9	8.1	21.5
40–50	1.49	2.69	44.6	13.9	20.1	4.5	5.8	8.1	24.5
50–60	1.49	2.70	44.8	14.1	21.0	5.1	6.6	7.5	23.8
60–70	1.55	2.70	42.6	14.5	22.5	4.1	5.3	9.2	20.1
70–80	1.60	2.70	40.7	14.2	22.1	4.3	5.6	8.6	18.6
80–90	1.63	2.70	39.6	15.9	25.9	2.9	3.8	12.1	13.7
90–100	1.72	2.68	35.8	16.9	29.1	2.6	3.4	13.5	6.7
160–170	1.70	2.70	36.9	15.7	26.7	2.4	3.1	12.6	10.2
190–200	1.73	2.71	36.2	15.9	27.5	2.4	3.1	12.8	8.7
Section 3. The southern chernozem is light loamy. Arable land. Karasuk district									
0–10	1.33	2.59	49.0	17.5	23.3	4.8	6.2	11.3	25.7
10–20	1.54	2.60	40.7	17.9	27.6	4.9	6.4	11.5	13.1
20–30	1.61	2.62	40.0	14.4	23.2	5.0	6.5	7.9	16.8
30–40	1.67	2.63	36.5	12.8	21.4	4.0	5.3	7.5	15.1
40–50	1.65	2.65	37.7	11.9	19.5	3.5	4.6	7.3	18.2
50–60	1.48	2.61	43.2	11.9	17.6	3.5	4.6	7.3	25.6
60–70	1.51	2.64	42.8	12.2	18.4	6.8	8.8	3.4	24.4
70–80	1.60	2.67	40.1	12.9	20.6	5.5	7.2	5.7	19.5
80–90	1.64	2.64	37.9	13.0	21.3	3.7	4.8	8.2	16.6
90–100	1.60	2.64	39.4	8.5	13.6	2.3	3.0	5.3	25.8
100–110	1.69	2.64	36.0	8.5	14.0	3.0	3.9	4.4	22.0
190–200	1.70	2.63	35.4	11.9	20.2	4.8	6.2	5.7	15.2

Высокие значения пористости при состоянии наименьшей влагоемкости показывают, что в легкосуглинистых южных черноземах значительная часть пор по профилю (11,9–37,3 %) остается свободной от воды (таблица 5). Однако в солонцеватых черноземах в горизонте В воздухосодержание падает до низких значений (7–9,4 %), указывающих на возможность ухудшения воздушного режима и протекания в этих почвах анаэробных процессов при

орошении. Черноземы обычные и с пониженным вскипанием этому процессу при строго нормированном орошении не будут подвержены.

Отмеченные особенности гранулометрического состава, характера пористости, а также содержания гумуса обуславливают слабую гидросорбционную и водоудерживающую способность черноземов южных легкосуглинистых Северной Кулунды. Максимальная гигроскопичность (МГ) изменяется по

профилю почвы в зависимости от содержания илистой фракции и гумуса (таблицы 2, 5). Наибольшие значения МГ характерны для верхнего горизонта (4,8–3,8 %) и особенно для солонцеватых черноземов (8,3 %), с глубиной уменьшается, но слоистость по гранулометрическому составу обуславливает колебания МГ.

Аналогично меняется и влажность устойчивого завядания (ВЗ). В верхних горизонтах она составляет 6,2–4,9 % от массы почвы, в нижних – в зависимости от гранулометрического состава прослоек от 7,1 до 3,1 %. Эта влажность определяет нижний предел доступности влаги для растений. Запасы влаги при ВЗ в слоях 0–50 см, 0–100, 0–200 см легкосуглинистого южного чернозема составляют соответственно 45 мм и 91 мм.

Верхней границей оптимального для растения увлажнения автоморфных почв является влажность, соответствующая их наименьшей влагоемкости (НВ), которая характеризует водоудерживающую способность почвы. Исследования показали, что черноземы южные легкосуглинистые обладают малой водоудерживающей способностью. НВ устанавливается на третий день после обильного увлажнения и составляет на пашне в слое 0–50 см 15,5 % (114,7 мм), а в 0–100 см слое 14,2 % (218,7 мм). Пониженная водоудерживающая способность этих почв, обусловленная генетическими свойствами, существенно определяет важные агрометеорологические особенности современного водного баланса этих почв. Характерно, например, что в естественных условиях влажность черноземов южных легкосуглинистых даже весной не достигает значения НВ, что связано с потерями влаги на испарения, сдуванием снега в зимний период в пониженные элементы рельефа, нерегулярностью выпадения

атмосферных осадков и в целом их небольшим количеством. Это указывает на необходимость оптимизации водного режима легкосуглинистых южных черноземов путем регулярного орошения. В то же время их слабая водоудерживающая способность определяет необходимость строгого соблюдения объемов и норм гидромелиоративного воздействия и не дает оснований, в частности, для проведения на них поливов большими поливными нормами и на больших площадях. Несоблюдение на практике этих принципов на массивах южных черноземов с легким гранулометрическим составом почвообразующих и подстилающих пород приводило к большим потерям поливной воды, процессам вторичного засоления и деградации водно-физических свойств [7; 9].

Вместе с тем положительно то, что при малой водоудерживающей способности диапазон активной влаги (ДАВ) в черноземах южных легкосуглинистых достаточно широкий. В гумусовом горизонте ДАВ достигает 10–12 %, в нижележащих уменьшается до 4,4–7,0 % от массы почвы. Это обуславливает легкую доступность растениям влаги в широком диапазоне увлажнения и допустимость снижения предполивного порога влажности в этих почвах до более низкого предела относительно НВ, чем в тяжелых по гранулометрическому составу почвах.

В составе пор пахотного слоя 22,8–40,7 % объема пористости приходится на крупные поры с диаметром более 60 мк, 23,1–27,8 – на средние поры (3–60 мк) и 31,5–54,1 % – на мелкие поры (таблица 6). Причем 40,9 % мелких пор приходится на долю капиллярно мало активных очень тонких пор (менее 0,2 мк).

Таблица 6
Состав пор в черноземе южном

Горизонт	Глубина, см	Содержание пор диаметром (мк), % к порозности почвы								
		> 600	60–600	30–60	10–30	3–10	< 3	> 60	3–60	< 0,2
Чернозем южный легкосуглинистый. Пашня. Карасукский район										
Ап	0–20	17,6	5,2	8,8	10,3	4,0	54,1	22,8	23,1	40,9
АВ	21–57	20,5	2,4	2,0	23,2	7,4	44,2	22,9	32,6	30,6
В _{1к}	57–73	12,5	8,4	8,3	17,9	11,5	41,7	20,6	37,7	33,0
В _{2к}	90–100	14,3	2,6	0,3	13,2	23,8	45,8	16,9	37,3	31,3
С	100–190	13,0	5,4	10,2	16,2	10,9	44,3	18,4	37,3	23,5
Чернозем южный солонцеватый легкосуглинистый. Пашня. Баганский район										
А	0–20	39,2	1,5	2,5	22,0	3,3	31,6	40,7	27,8	не определено
АВ	20–41	18,5	3,5	9,5	14,6	4,1	49,6	22,0	28,4	не определено
В	41–63	23,7	12,5	27,4	7,9	1,5	27,0	36,2	36,4	не определено
С ₁	63–106	19,6	1,9	9,4	26,2	5,9	35,0	21,7	43,5	не определено
С ₂	108–125	24,0	13,7	22,6	11,4	0,5	27,8	37,7	34,5	не определено

Table 6

Composition of pores in southern chernozem

Horizon	Depth, cm	Content of pore diameter (mk), % to soil porosity								
		> 600	60–600	30–60	10–30	3–10	< 3	> 60	3–60	< 0.2
<i>The southern chernozem is light loamy. Arable land. Karasuk district</i>										
<i>An</i>	<i>0–20</i>	<i>17.6</i>	<i>5.2</i>	<i>8.8</i>	<i>10.3</i>	<i>4.0</i>	<i>54.1</i>	<i>22.8</i>	<i>23.1</i>	<i>40.9</i>
<i>AB</i>	<i>21–57</i>	<i>20.5</i>	<i>2.4</i>	<i>2.0</i>	<i>23.2</i>	<i>7.4</i>	<i>44.2</i>	<i>22.9</i>	<i>32.6</i>	<i>30.6</i>
<i>B_к</i>	<i>57–73</i>	<i>12.5</i>	<i>8.4</i>	<i>8.3</i>	<i>17.9</i>	<i>11.5</i>	<i>41.7</i>	<i>20.6</i>	<i>37.7</i>	<i>33.0</i>
<i>B_к</i>	<i>90–100</i>	<i>14.3</i>	<i>2.6</i>	<i>0.3</i>	<i>13.2</i>	<i>23.8</i>	<i>45.8</i>	<i>16.9</i>	<i>37.3</i>	<i>31.3</i>
<i>C</i>	<i>100–190</i>	<i>13.0</i>	<i>5.4</i>	<i>10.2</i>	<i>16.2</i>	<i>10.9</i>	<i>44.3</i>	<i>18.4</i>	<i>37.3</i>	<i>23.5</i>
<i>Southern solonchic light loamy chernozem. Arable land. Baganskiy district</i>										
<i>A</i>	<i>0–20</i>	<i>39.2</i>	<i>1.5</i>	<i>2.5</i>	<i>22.0</i>	<i>3.3</i>	<i>31.6</i>	<i>40.7</i>	<i>27.8</i>	<i>undefined</i>
<i>AB</i>	<i>20–41</i>	<i>18.5</i>	<i>3.5</i>	<i>9.5</i>	<i>14.6</i>	<i>4.1</i>	<i>49.6</i>	<i>22.0</i>	<i>28.4</i>	<i>undefined</i>
<i>B</i>	<i>41–63</i>	<i>23.7</i>	<i>12.5</i>	<i>27.4</i>	<i>7.9</i>	<i>1.5</i>	<i>27.0</i>	<i>36.2</i>	<i>36.4</i>	<i>undefined</i>
<i>C₁</i>	<i>63–106</i>	<i>19.6</i>	<i>1.9</i>	<i>9.4</i>	<i>26.2</i>	<i>5.9</i>	<i>35.0</i>	<i>21.7</i>	<i>43.5</i>	<i>undefined</i>
<i>C₂</i>	<i>108–125</i>	<i>24.0</i>	<i>13.7</i>	<i>22.6</i>	<i>11.4</i>	<i>0.5</i>	<i>27.8</i>	<i>37.7</i>	<i>34.5</i>	<i>undefined</i>

Агротехнологии

Таблица 7

Водопроницаемость черноземов южных (мм/ч)

Разрез	Коэффициент фильтрации за часы			Разрез	Коэффициент фильтрации за часы		
	1-й	2-й	3-й		1-й	2-й	3-й
7	82,6	48,4	48,0	10	57,9	43,1	43,1
8	95,5	34,0	31,4	11	38,6	51,4	49,9

Table 7

Water permeability of southern chernozems (mm/h)

Incision	Filtration coefficient per hour			Incision	Filtration coefficient per hour		
	1 st	2 nd	3 rd		1 st	2 nd	3 rd
7	82.6	48.4	48.0	10	57.9	43.1	43.1
8	95.5	34.0	31.4	11	38.6	51.4	49.9

Различия в количестве крупных и мелких пор в пахотном слое связаны, видимо, с особенностями агротехники и прошедшего после обработки времени. В нижележащих горизонтах содержание крупных пор понижается, но незначительно, а средних возрастает почти в два раза. Что же касается солонцеватого горизонта, то здесь количество крупных пор уменьшается до 22 %, а тонких – возрастает до 49,6 % пористости.

Следует отметить, что значительный объем пористости легкосуглинистых южных черноземов составляют наиболее ценный для жизни растений поры размером 10–30 мк. Так, в пахотном слое солонцеватого чернозема они занимают 22 %, вниз по профилю их количество уменьшается до 7,9 %.

Накопление и сохранение влаги в почве, особенно в условиях орошения, зависят от ее водопроницаемости. Особенности гранулометрического состава, строения порового пространства и слабая водоудерживающая способность черноземов южных легкосуглинистых обусловили их повышенную водопроницаемость и фильтрацию, которая с поверхности в 1, 2, 3 часа составляет соответственно 38,6–95,5 мм; 34,0–51,4 и 31,1–49,9 мм (таблица 7).

Пониженной водопроницаемостью, особенно во второй и третий часы (34,0 мм и 31,4 мм), обладают солонцеватые черноземы, расположенные на склонах гриф. Поэтому на этих участках при орошении прежде всего возможно формирование поверхностного стока и появление ирригационной эрозии. Подстилающие черноземы породы имеют среднюю водопроницаемость, однако отмечаются резкие колебания в величинах, что связано с гранулометрическим составом подпочвенной толщи. Преобладание в гранулометрическом составе легкосуглинистых южных черноземов песчаных фракций (46–77 %), высокая доля в составе общей пористости крупных и средних пор (45,9–68,5 %), высокая воздухоемкость при НВ и высокая фильтрационная способность обеспечивают малую водоудерживающую способность в этих почвах, повышенную аэрацию и водоотдачу профилю. Инфильтрация воды при повышенных нормах полива способствует большим потерям поливной воды на поле из оросительной сети, нарушая тем самым водный баланс огромной территории, а при близком залегании плотных засоленных пород вызывает засоление и заболачивание почв пониженных участков. Поэтому особенности

водных и физических свойств как черноземов южных, так и сопутствующих им почв должны учитываться при разработке режимов орошения конкретных сельскохозяйственных культур.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Северо-Кулундинская озерно-аллювиальная равнина расположена в пределах типичной колючей степи с резко континентальным засушливым климатом и представляет собой не дренированную, бессточную территорию с гривно-лощинным рельефом, осложненным озерными котловинами. Поэтому преобладающий фон почвенного покрова здесь составляют почвы полугидроморфного, гидроморфного и засоленного рядов развития, сформированные на породах разного гранулометрического состава с близким залеганием минерализованных грунтовых вод и в большинстве своем характеризуются плохими мелиоративными свойствами. Наиболее пригодные для орошения автоморфные зональные почвы – черноземы южные – в Северной Кулунде развиты только на гривах, плоских увалистых понижениях, сложенных породами легкого гранулометрического состава.

Черноземы южные легкосуглинистые характеризуются преобладанием в их гранулометрическом составе песчаных фракций (46–77 %), высокой долей в составе общей пористости крупных и средних

пор (46–49 %), что создает условия для повышенной аэрации и водоотдачи почвенно-грунтовой толщи и обуславливает их малую водоудерживающую способность (218,7 мм в слое 0–100 см).

Вследствие засушливости климата территории и отмеченных свойств легкосуглинистых черноземов их водный режим неустойчивый и неудовлетворительный для сельскохозяйственных культур, поэтому остро нуждается в оптимизации путем регулярного орошения на основе глубокого изучения особенностей поведения влаги в профиле почвы и пределов ее доступности растениям.

Сложные почвенно-мелиоративные условия Северной Кулунды, в частности слабая насыщенность массивами черноземов, значительная разобщенность их понижениями с засоленными почвами и грунтовыми водами определяют возможность развития в этом районе только выборочного и локального орошения. Представленные в работе данные имеют прикладное значение в связи с возможной оптимизацией регулярного орошения при строгом соблюдении научно обоснованных норм и сроков поливов, что минимизирует возможную при орошении деградацию свойств и агро-мелиоративного состояния орошаемых почв, а также будет способствовать улучшению экологической обстановки территории.

Библиографический список

1. Бондаренко Л. В., Маслова О. В., Белкина А. В., Сухарева К. В. Глобальное изменение климата и его последствия [Электронный ресурс] // Вестник РЭА им. Г. В. Плеханова. 2018. № 2 (98). С. 84–93. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnoe-izmenenie-klimata-i-ego-posledstviya> (дата обращения: 29.12.2022).
2. Kalinin E. P. On the role of atmospheric methane in the Earth's global climate // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2018. № 2 (34). С. 96–99. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/on-the-role-of-atmospheric-methane-in-the-earth-s-global-climate> (дата обращения: 29.12.2022).
3. Угрюмова А. А., Замаховский М. П., Капустина Т. А. Технологическая безопасность сельского хозяйства в регионах с мелиоративным земледелием // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. Т. 14, № 2. С. 221–235. DOI: 10.24891/ni.14.2.221.
4. Назаренко П. Н., Пургин Д. В. Влияние длительного применения различных видов основной обработки почвы на плодородие каштановой почвы Западно-Кулундинской степи Алтайского края // Вестник АГАУ. 2017. № 12 (158). С. 21–26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dlitelnogo-primeneniya-razlichnyh-vidov-osnovnoy-obrabotki-pochvy-na-plodorodie-kashtanovoy-pochvy-zapadno-kulundinskoy-stepi> (дата обращения: 29.12.2022).
5. Meinel T. Die geoökologischen Folgewirkungen der Steppenumbrüche in den 50er Jahren in Westsibirien. Ein Beitrag für zukünftige Nutzungskonzepte unter besonderer Berücksichtigung der Winderosion: Dissertation. Martin Luther University of Halle-Wittenberg. 2002. P. 129. URL: <https://docplayer.org/53831486-Die-geoekologischen-folgewirkungen-der-steppenumbrueche-in-den-50er-jahren-in-westsibirien-dissertation.html> (date of reference: 29.12.2022).
6. Кулунда: сельское хозяйство и низкоэмиссионные технологии устойчивого землепользования: коллективная монография / Под науч. ред. В. И. Беляева, М. М. Силантьевой, А. М. Никулина, А. А. Бондаровича. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2021. 619 с. URL: http://www.kulunda.eu/sites/default/files/kulunda%20broschuere_juli2012_0_0.pdf (дата обращения: 29.12.2022).
7. Ещенко Е. Г., Ещенко С. И., Татаринцев В. Л., Татаринцев Л. М. Влияние орошения на физические и водно-физические свойства агропочв // Вестник АГАУ. 2018. № 7 (165). С. 50–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-orosheniya-na-fizicheskie-i-vodno-fizicheskie-svoystva-agropochv> (дата обращения: 29.12.2022).

8. Goncharov V. M., Lipatov D. N., Tymbaev V. G., Butylkina M. A., Faustova E. V., Mazirov M. A. Principles and methods of complex agrophysical researches // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing ([Bristol, UK], England). 2019. Vol. 368. Article number 012014. URL: <http://iopscience.iop.org/1755-1315> (date of reference: 29.12.2022).
9. Боронина Н. Ю., Мягкий П. А., Татаринцев В. Л., Татаринцев Л. М. Соленакпление в орошаемых землях Алтайской Кулунды (на примере Новотроицкого массива орошения) // Вестник АГАУ. 2018. № 7 (165). С. 41–49. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/solenakoplenie-v-oroshaemyh-zemlyah-altayskoy-kulundy-na-primere-novotroitskogo-massiva-orosheniya> (дата обращения: 29.12.2022).
10. Бивалькевич В. И. Почвенно-мелиоративное обоснование эффективного использования орошаемых земель в Западной Кулунде: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 1996. 16 с.
11. Волкова Е. В. Почвенно-мелиоративное обоснование эффективного использования подземных вод при локальном орошении земель в Западной Кулунде: дис. ... канд. с.-н. наук. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2001. 139 с.
12. Жураев Ш. Ш., Патхидинова У. С. Капельное орошение: понятие и особенности [Электронный ресурс] // Вестник науки и творчества. 2020. № 1 (49). С. 16–20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kapelnoe-oroshenie-ponyatie-i-osobennosti> (дата обращения: 29.12.2022).
13. Боровой Е. П., Ходяков Е. А., Кременской В. И., Джапарова А. М. Этапы развития капельного орошения в Крыму [Электронный ресурс] // Известия НВ АУК. 2020. № 2 (58). С. 30–38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/etapy-razvitiya-kapelного-orosheniya-v-krymu> (дата обращения: 29.12.2022).
14. Состояние водных ресурсов Европы (часть четвертая) [Электронный ресурс]. URL: <https://watermagazine.ru/novosti/za-rubezhom/24340-sostoyanie-vodnykh-resursov-evropy-chast-pervaya.html> (дата обращения: 29.12.2022).
15. Духовный В. А., Мухамеджанов Ш. Ш., Саидов Р. Р. Орошение и дренаж в странах Центральной Азии, Кавказа и Восточной Европы. Ташкент: Научно-информационный центр, 2017. 56 с.
16. Senkova L. A., Grinets L. V. Ecological features of transitional soils landscape zones of Western Siberia // Аграрный вестник Урала. 2022. № 3. С. 24–34.
17. Зверева Г. К. Структура надземной фитомассы солонцеватых степей Северной Кулунды при снижении хозяйственного использования // Степи Северной Евразии: материалы IX международного симпозиума. Оренбург, 2021. С. 313–319.
18. Макарычев С. В. Орошение черноземов колючей степи Алтайского края дождеванием и его последствия [Электронный ресурс] // Вестник АГАУ. 2019. № 3 (173). С. 65–70. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oroshenie-chnozemov-kolochnoy-stepi-altayskogo-kрая-dozhdevaniem-i-ego-posledstviya> (дата обращения: 30.12.2022).
19. Боронина Н. Ю., Мягкий П. А., Татаринцев В. Л., Татаринцев Л. М. Влияние орошения на гранулометрию агропочв // Вестник АГАУ. 2018. № 8 (166). С. 52–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-orosheniya-na-granulometriyu-agropochv> (дата обращения: 29.12.2022).
20. Принципы организации и методы стационарного изучения почв / Отв. ред. А. А. Роде. Москва: Наука, 1976. 305 с.
21. Senkova L., Grinets L., Vyatkina G., Tarbeeva D. The soil bank models for information support for the training of agrarian specialists // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Digital agriculture – development strategy”. Series: Advances in Intelligent Systems Research (ISPC 2019). Pp. 168–173. DOI: 10.2991/ispc-19.2019.38 (date of reference: 29.12.2022).
22. Клименко О. Е., Евтушенко А. П., Клименко Н. И. Изменение солевого состава почв при орошении солоноватыми водами в степном Крыму // Почвоведение. 2022. № 12. С. 1557–1570. DOI: 10.31857/S0032180X22100471. URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=pochved&y=2022&v=0&n=12&a=Pochved22100471KLIMENKO> (дата обращения: 29.12.2022).
23. Мартынов А. В. Емкость катионного обмена в пойменных почвах р. Амур: влияние органического вещества на содержание обменных катионов [Электронный ресурс] // Почвы и окружающая среда. 2019. Т. 2. № 2. URL: <https://soils-journal.ru/index.php/POS/article/view/65/96> (дата обращения: 29.12.2022). DOI: 10.31251/pos.v2i2.65.
24. Бурдуковский М. Л., Тимофеева Я. О., Голов В. И., Киселева И. В., Тимошинов Р. В. Динамика реакции почвенной среды, структурно-агрегатного состояния и запасов углерода агротемногумусовых подбелов в ходе постагрогенного развития [Электронный ресурс] // Почвоведение. 2022. № 12. С. 1505–1513. URL: <https://www.biosoil.ru/files/publications/00020895.pdf> (дата обращения: 29.12.2022). DOI: 10.31857/S0032180X22600664.

Об авторах:

Лидия Андреевна Сенькова¹, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры лесоводства, ORCID 0000-0002-2597-662X, AuthorID 433356; +7 902 500-80-74, senkova_la@mail.ru

Лариса Владимировна Гринец^{2,3}, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и селекции², старший научный сотрудник³, ORCID 0000-0003-3723-7784, AuthorID 148353; +7 964 241-96-33, grinez.larisa@mail.ru

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

³ Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

Agroreclamation characteristics of southern chernozems in connection with irrigation

L. A. Senkova¹, L. V. Grinets^{2,3}✉

¹ Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

³ Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: grinez.larisa@mail.ru

Abstract. Sustainable highly productive agriculture in the arid steppe zone of Western Siberia is possible only on the basis of optimizing the water regime of soils. The relevance of irrigation is increasing due to the degradation of the soil cover, the geopolitical and resource potential of the territories and the fundamental change in the development strategy of Russia. Light soils prevailing in the Central and Northern Kulund, widely used for crop production, are characterized by a weak water-retaining capacity and require additional in-depth study of the features of reclamation properties. **The purpose** of the research is to solve scientifically and practically relevant problems of agrohydrophysics of southern light loamy chernozems in connection with the development of soil-saving irrigation technology based on knowledge about the processes of movement, moisture retention in the profile and the limits of its availability to plants. **Methods.** Field and laboratory methods of soil research were used: morphological study, determination of physical and water properties of the soil according to generally accepted methods. **Results.** Ameliorative properties of the southern light loamy chernozems of the Northern Kulunda have peculiarities in the granulometric composition, where sandy fractions of 1–0.25 and 0.25–0.05 mm in size predominate and make up to 46–77 % of all particles, providing a weak water-retaining capacity, soluble salts. Good drainage of the soil profile is provided by the underlying layers of sandy loam, loam, sand, up to 3–8 m thick. The reduced porosity of soil-forming and underlying rocks (up to 35.4–40.1 %), along with a high density of composition, ensures non-sagging irrigation of these soils. Weak structure along with favorable microaggregation create favorable water-physical properties. A significant part of the pores (11.9–37.3 %) along the profile in the state of the lowest moisture capacity (HB) is free from water. Water permeability and filtration are increased (from the surface at 1, 2, 3 hours, respectively, 38.6–95.5 mm; 34.0–51.4 and 31.1–49.9 mm). Moisture reserves at wilting moisture (WM) in layers 0–50 cm, 0–100, 0–200 cm are 45 mm and 90.82 mm, respectively. HB on arable land in the 0–50 cm layer is 114.7 mm (15.5 %), in the 0–100 cm layer it reaches 218.7 mm (14.2 %). Under natural conditions, the moisture content of these soils does not reach the HB value even in spring. The range of active moisture (AWM) is narrow, which must be taken into account, together with the characteristics of its movement, when calculating irrigation regimes for a particular soil. **The scientific novelty.** A complete description of the physical and hydrological properties that are in dire need of optimization of the water regime of southern light loamy chernozems is presented, which is necessary for further in-depth study of the behavior of moisture in their profile, the limits of its availability to plants and the development of modern soil protection technology for selective and local irrigation.

Keywords: soil, southern chernozem, irrigation, soil protection technology, hydrological properties of soils, water permeability, water-holding capacity of soil, soil-hydrological constants.

For citation: Senkova L. A., Grinets L. V. Agromeliorativnaya kharakteristika chernozemov yuzhnykh v svyazi s orosheniem [Agroreclamation characteristics of southern chernozems in connection with irrigation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. № 02 (231). Pp. 14–29. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-14-29. (In Russian.)

Date of paper submission: 30.12.2022, **date of review:** 18.01.2023, **date of acceptance:** 27.01.2023.

References

1. Bondarenko L. V., Maslova O. V., Belkina A. V., Sukhareva K. V. Global'noe izmenenie klimata i ego posledstviya [Global climate change and its consequences] [e-resource] // Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics. 2018. No. 2 (98). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnoe-izmenenie-klimata-i-ego-posledstviya> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
2. Kalinin E. P. On the role of atmospheric methane in the Earth's global climate // Izvestiya Komi NTs UrO RAN. 2018. No. 2 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/on-the-role-of-atmospheric-methane-in-the-earth-s-global-climate> (date of reference: 29.12.2022).
3. Ugryumova A. A., Zamakhovskiy M. P., Kapustina T. A. Tekhnologicheskaya bezopasnost' sel'skogo khozyaystva v regionakh s meliorativnym zemledeliem [Technological security of agriculture in regions with reclamation agriculture] // Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'. 2018. Vol. 14. No. 2. Pp. 221–235. DOI: 10.24891/ni.14.2.221. (In Russian.)
4. Nazarenko P. N., Purgin D.V. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya razlichnykh vidov osnovnoy obrabotki pochvy na plodorodie kashtanovoy pochvy Zapadno-Kulundinskoy stepi Altayskogo kraya [Effect of long-term application of different types of main tillage on the fertility of chestnut soils of the West Kulunda Steppe in Altai Krai] [e-resource] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2017. No. 12 (158). Pp. 21–26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dlitelnogo-primeneniya-razlichnykh-vidov-osnovnoy-obrabotki-pochvy-na-plodorodie-kashtanovoy-pochvy-zapadno-kulundinskoy-stepi> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
5. Meinel T. Die geoökologischen Folgewirkungen der Steppenumbrüche in den 50er Jahren in Westsibirien. Ein Beitrag für zukünftige Nutzungskonzepte unter besonderer Berücksichtigung der Winderosion: Dissertation. Martin Luther University of Halle-Wittenberg. 2002. P. 129. URL: <https://docplayer.org/53831486-Die-geooekologischen-folgewirkungen-der-steppenumbrueche-in-den-50er-jahren-in-westsibirien-dissertation.html> (date of reference: 29.12.2022).
6. Kulunda: sel'skoe khozyaystvo i nizkoemissionnye tekhnologii ustoychivogo zemlepol'zovaniya: kolektivnaya monografiya [Kulunda: agriculture and low-emission technologies of sustainable land use: a collective monograph] / Under the scientific editorship of V. I. Belyaev, M. M. Silant'eva, A. M. Nikulin, A. A. Bondarovich. Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2021. 619 p. http://www.kulunda.eu/sites/default/files/kulunda%20broschuere_juli2012_0_0.pdf (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
7. Eshchenko E. G., Eshchenko S. I., Tatapintsev V. L., Tatarintsev L. M. Vliyanie orosheniya na fizicheskie i vodno-fizicheskie svoystva agropochv [Influence of irrigation on physical and water-physical properties of agricultural soils] [e-resource] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2018. No. 7 (165). Pp. 50–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-orosheniya-na-fizicheskie-i-vodno-fizicheskie-svoystva-agropochv> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
8. Goncharov V. M., Lipatov D. N., Tymbaev V. G., Butylkina M. A., Faustova E. V., Mazirov M. A. Principles and methods of complex agrophysical researches // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing ([Bristol, UK], England). 2019. Vol. 368. Article number 012014. URL: <http://iopscience.iop.org/1755-1315> (date of reference: 29.12.2022).
9. Boronina N. Yu., Myagkiy P. A., Tatapintsev V. L., Tatapintsev L. M. Solenakoplenie v oroshaemykh zemlyakh Altayskoy Kulundy (na primere Novotroitskogo massiva orosheniya) [Salt accumulation in the irrigated lands of Altai Kulunda (by the example of Novotroitskiy irrigation array)] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2018. No. 7 (165). Pp. 41–49. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/solenakoplenie-v-oroshaemykh-zemlyakh-altayskoy-kulundy-na-primere-novotroitskogo-massiva-orosheniya> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
10. Bival'kevich V. I. Pochvenno-meliorativnoe obosnovanie effektivnogo ispol'zovaniya oroshaemykh zemel' v Zapadnoy Kulunde: avtoref. dis. ... kand' s.-kh. nauk [Soil reclamation justification of effective use of irrigated land in Western Kulunda: abstract of the dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Barnaul: Altai State Agricultural University, 1996. 16 p. (In Russian.)
11. Volkova E. V. Pochvenno-meliorativnoe obosnovanie effektivnogo ispol'zovaniya podzemnykh vod pri lokal'nom oroshenii zemel' v Zapadnoy Kulunde: dis. ... kand. s.-kh. nauk [Soil reclamation justification of effective groundwater use in local land irrigation in Western Kulunda: dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Barnaul: Altai State Agricultural University, 2001. 139 p. (In Russian.)
12. Zhuraev Sh. Sh., Patkhidinova U. S. Kapel'noe oroshenie: ponyatie i osobennosti [Drip irrigation: the concept and features] [e-resource] // Vestnik Nauki i Tvorchestva. 2020. No. 1 (49). Pp. 16–20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kapelnoe-oroshenie-ponyatie-i-osobennosti> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
13. Borovoy E. P., Khodyakov E. A., Kremenskoj V. I., Dzhaparova A. M. Etapy razvitiya kapel'nogo orosheniya v Krymu [Stages of drip irrigation development in the Crimea] [e-resource] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2020. No. 2 (58). Pp. 30–38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/etapy-razvitiya-kapelnogo-orosheniya-v-krymu> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)

14. Sostoyanie vodnykh resursov Evropy (chast' chetvertaya) [State of Europe's water resources (part fourth)] [e-resource] URL: <https://watermagazine.ru/novosti/za-rubezhom/24340-sostoyanie-vodnykh-resursov-evropy-chast-pervaya.html> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
15. Dukhovnyy V. A., Mukhamedzhanov Sh. Sh., Saidov R. R. Oroshenie i drenazh v stranakh Tsentral'noy Azii, Kavkaza i Vostochnoy Evropy [Irrigation and drainage in Central Asia, the Caucasus and Eastern Europe]. Tashkent: Nauchno-informatsionnyy tsentr, 2017. 56 p. (In Russian.)
16. Senkova L. A., Grinets L. V. Ecological features of transitional soils landscape zones of Western Siberia // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 3. Pp. 24–34.
17. Zvereva G. K. Struktura nadzemnoy fitomassy solontsevatykh stepey Severnoy Kulundy pri snizhenii khozyaystvennogo ispol'zovaniya [Structure of aboveground phytomass of solonchek steppes of Northern Kulunda under reduction of economic use] // Stepi Severnoy Evrazii: materialy IX mezhdunarodnogo simpoziuma. Orenburg, 2021. Pp. 313–319. (In Russian.)
18. Makarychev S. V. Oroshenie chernozemov kolochnoy stepi Altayskogo kraya dozhdevaniem i ego posledstviya [Sprinkling irrigation of chernozems of the Colony Steppe of Altai Krai and its consequences] [e-resource] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2019. No. 3 (173). Pp. 65–70. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oroshenie-chernozemov-kolochnoy-stepi-altayskogo-kraya-dozhdevaniem-i-ego-posledstviya> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
19. Boronina N. Yu., Myagkiy P. A., Tatarintsev V. L., Tatarintsev L. M. Vliyanie orosheniya na granulometriyu agropochv [Influence of irrigation on granulometry of agricultural soils] [e-resource] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2018. No. 8 (166). Pp. 52–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-orosheniya-na-granulometriyu-agropochv> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
20. Printsipy organizatsii i metody statsionarnogo izucheniya pochv [Principles of organization and methods of stationary soil research] / Responsible editor A. A. Rode. Moscow: Nauka, 1976. 305 p. (In Russian.)
21. Senkova L., Grinets L., Vyatkina G., Tarbeeva D. The soil bank models for information support for the training of agrarian specialists // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Digital agriculture – development strategy”. Series: Advances in Intelligent Systems Research (ISPC 2019). Pp. 168–173. DOI: 10.2991/ispc-19.2019.38 (date of reference: 29.12.2022).
22. Klimenko O. E., Evtushenko A. P., Klimenko N. I. Izmenenie solevogo sostava pochv pri oroshenii solonovatyimi vodami v stepnom Krymu [Changes in the salt composition of soils when irrigated with brackish water in the steppe Crimea] [e-resource] // Pochvovedenie. 2022. No. 12. Pp. 1557–1570. DOI: 10.31857/S0032180X22100471. URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=pochved&y=2022&v=0&n=12&a=Pochved22100471KLIMENKO> (date of reference: 29.12.2022). (In Russian.)
23. Martynov A. V. Emkost' kationnogo obmena v poymennykh pochvakh r. Amur: vliyanie organicheskogo veshchestva na sodержanie obmennykh kationov [Capacity of cation exchange in floodplain soils of the Amur River: the influence of organic matter on the content of exchangeable cations] [e-resource] // The Journal of Soils and Environment. 2019. Vol. 2. No. 2. URL: <https://soils-journal.ru/index.php/POS/article/view/65/96>. DOI: 10.31251/pos.v2i2.65. (In Russian.)
24. Burdukovskiy M. L., Timofeeva Ya. O., Golov V. I., Kiseleva I. V., Timoshinov R. V. Dinamika reaktsii pochvennoy sredy, strukturno-agregatnogo sostoyaniya i zapasov ugljeroda agrotomnogumusovykh podbelov v khode postagrogennogo razvitiya [Dynamics of soil environment response, structural-aggregate state and carbon stocks of agro-dark-humus subbels during post-agrogenic development] [e-resource] // Pochvovedenie. 2022. No. 12. Pp. 1505–1513. URL: <https://www.biosoil.ru/files/publications/00020895.pdf> (date of reference: 29.12.2022). DOI: 10.31857/S0032180X22600664. (In Russian.)

Authors' information:

Lidiya A. Senkova¹, doctor of biological sciences, professor, ORCID 0000-0002-2597-662X, AuthorID 433356; +7 902 500-80-74, senkova_la@mail.ru

Larisa V. Grinets^{2,3}, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of plant growing and breeding², senior researcher³, ORCID 0000-0003-3723-7784, AuthorID 148353; +7 964 241-96-33, grinez.larisa@mail.ru

¹ Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

³ Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia