

УДК 631.481: 551.579.5
DOI: 10.7868/S25000640210105

ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ГЕНЕЗИС СТЕПНЫХ И СУХОСТЕПНЫХ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

©2021 г. Е.Н. Минаева¹, О.С. Безуглова¹, И.В. Морозов¹

Аннотация. С учетом почвенного и агроклиматического районирования даны сравнительные характеристики распределения глубин промачивания почв Ростовской области атмосферными осадками, проанализировано их влияние на глубину залегания карбонатных новообразований.

Объектами исследования были все зональные типы почв, распространенные на территории Ростовской области: черноземы обыкновенные карбонатные, черноземы южные, темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые почвы. Анализ частоты встречаемости наиболее распространенной глубины промачивания проводили в пределах различных объектов районирования: агроклиматические районы, климатические подрайоны, почвенные районы. Для определения средней многолетней глубины промачивания профиля исследуемых почв и расчета частоты встречаемости наиболее распространенной глубины промачивания за 33-летний период использовали открытые источники информации. Проведена интерполяция глубин промачивания по методу обратно взвешенных расстояний с использованием программного обеспечения ArcMap 10.4.1.

Гидротермические условия формирования почв определяют среднюю многолетнюю глубину промачивания, которая в пределах Ростовской области уменьшается в направлении с запада на восток, коррелируя с глубинами появления миграционных форм карбонатов и формирования горизонта белоглазки. Этот показатель свидетельствует о четких географических закономерностях: наибольшая глубина промачивания характерна для почв юго-западной части Ростовской области и приурочена к приморским районам региона – Северному Приазовью. Почвы восточных территорий области характеризуются меньшей глубиной промачивания, и чем южнее находятся, тем этот показатель меньше. Анализ распределения глубин промачивания с учетом почвенного районирования дает более подробную картину, что позволяет отследить динамику процессов миграции карбонатов в зависимости от влагообеспеченности и почвенных условий.

Ключевые слова: Ростовская область, черноземы, каштановые почвы, карбонатный профиль, глубины промачивания, почвенное и агроклиматическое районирование

INFLUENCE OF LONG-TERM DYNAMICS OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION ON THE GENESIS OF STEPPE AND DRY-STEPPE SOILS OF ROSTOV REGION

E.N. Minaeva¹, O.S. Bezuglova¹, I.V. Morozov¹

Abstract. Taking into account the soil and agroclimatic zoning, comparative characteristics of the distribution by depth of soil soaking in the Rostov Region by atmospheric precipitation and their influence on the depth of occurrence of carbonate new formations were studied.

The objects of the study were all zonal soil types widespread in the Rostov Region: ordinary carbonate chernozems, southern chernozems, dark chestnut, chestnut and light chestnut soils. The analysis of the frequency of occurrence of the most common soaking depth was carried out within various zoning objects: agroclimatic regions, climatic subregions, and soil regions. Open sources of information were used to determine the average

¹Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Иванковского, Южный федеральный университет (Academy of Biology and Biotechnology of D.I. Ivanovsky, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194/1, e-mail: daftbio@mail.ru

long-term soaking depth of the profile of the studied soils and to calculate the frequency of occurrence of the most common wetting depth over a 33-year period. Interpolation of soaking depths was carried out using the method of inverse distance weighting using the ArcMap 10.4.1 software.

It was revealed that the hydrothermal conditions of soil formation determine the average long-term soaking depth, which decreases from the west to the east within the Rostov Region, correlating with the depths of the appearance of micellar forms of carbonates and the formation of the white-eye horizon. This indicator testifies to clear geographical patterns: the greatest depth of soaking is characteristic of the soils of the south-western part of the Rostov Region and belongs to the seaside regions of the Northern Azov Sea. The soils of the eastern territories of the region are characterized by a less soaking depth, and the further south they are formed, the lower is the indicator. The distribution of soaking depths, taking into account the soil zoning, gives a more detailed picture, which makes it possible to track the dynamics of carbonate migration processes depending on the moisture availability and soil conditions.

Keywords: Rostov Region, chernozems, chestnut soils, carbonate profile, soaking depths, soil and agroclimatic zoning.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все более актуальными становятся исследования, посвященные изучению явлений, в той или иной степени обусловленных уже очевидными изменениями климатических условий. Причем эти изменения в разных регионах проявляются различными трендами (от нарастания засушливости до переувлажнения), и это в еще большей степени обязывает ученых изучать процессы, вызванные аридизацией климата, с целью прогнозирования и по возможности предотвращения негативных последствий.

Карбонаты в почвах – их содержание, глубина залегания, формы выделения – являются важным диагностическим признаком. Например, в черноземах глубина, на которой формируется карбонатный горизонт, учитывается при выделении подтипов. Появление в почвенном профиле карбонатного мицелия в сочетании с ясно локализованным горизонтом карбонатных конкреций (белоглазки) стало обоснованием выделения миграционно-сегрегационного подтипа в типе черноземов в новой классификации и диагностике почв России [1]. В то же время карбонаты значительно влияют на экологические свойства почв. Участвуя в формировании реакции почвенной среды, ограничивая доступность растениям многих элементов питания, они имеют в ряде случаев решающее значение в развитии растений. В частности, для ацидофильных растений наличие карбонатов в почвенном профиле неблагоприятно, в то же время известна группа растений – облигатных кальцефилов, для которых высокое содержание карбонатов в почве – обязательное условие произрастания [2]. Важную эко-

логическую роль играют педогенные карбонаты; их концентрация сильно варьирует в зависимости от типа землепользования: если в целинном черноземе карбонаты были обнаружены на глубинах 140–150 см, то на залежном участке – на глубинах 90–100 см, а на пашне – на глубинах 30–40 см [3].

На процесс формирования в почвах карбонатного горизонта влияет множество условий [4–8]. В нашей работе был исследован один из главных факторов – влага, а точнее распределение атмосферных осадков по почвенному профилю.

Цель исследования – с учетом почвенного и агроклиматического районирования дать сравнительную характеристику распределения глубин промачивания почв Ростовской области атмосферными осадками и их влияния на глубину залегания карбонатных новообразований.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на черноземах обыкновенных карбонатных, черноземах южных, темно-каштановых, каштановых и светло-каштановых почвах в Ростовской области с 2015 по 2019 г. В классификации почв России черноземы обыкновенные карбонатные получили название черноземы миграционно-сегрегационные [1], они формируются преимущественно на лёссовидных легких глинах и тяжелых суглинках. Черноземы южные и темно-каштановые почвы в «Классификации и диагностике почв России» [1] были объединены в единый таксон, который получил название черноземы текстурно-карбонатные. И те, и другие почвы в соответствии с мировой реферативной базой почв [9] относятся к группе карбонатных (Calcic

Таблица 1. Характеристика климатических условий агроклиматических подрайонов Ростовской области
Table 1. Description of climatic conditions of agroclimatic subareas of Rostov Region

Агроклиматический подрайон Agroclimatic subarea	Средние многолетние климатические показатели / Long-term average climate indicators			Преобладающие почвы Predominant soils		
	Гидротермический коэффициент Hydrothermal coefficient	Сумма активных температур, °C Sum of active temperatures, °C	Сумма осадков за год, мм Precipitation for the year, mm	Классификация по [17] Classification by [17]	Классификация по [1] Classification by [1]	Классификация по [9] Classification by [9]
ПзБ	0,7–0,8	2800–3000	400	черноземы южные и обыкновенные / southern and ordinary chernozems	черноземы текстурно-карбонатные, черноземы сегрегационные / textural-carbonate chernozems, segregation chernozems	Haplic Chernozems
ПвБ	0,66–0,72	3000–3200	400–450	черноземы южные и обыкновенные / southern and ordinary chernozems	черноземы текстурно-карбонатные / textural-carbonate chernozems	Calcic Chernozems, Haplic Chernozems
ПбА	0,63–0,86	3200–3400	450–500	черноземы обыкновенные карбонатные / ordinary carbonate chernozems	черноземы миграционно-сегрегационные / migration-segregation chernozems	Calcic Chernozems
ІвБ	0,62–0,70	3000–3200	400	черноземы южные, темно-каштановые почвы / southern chernozems and dark chestnut soils	черноземы текстурно-карбонатные / textural-carbonate chernozems	Calcic Chernozems, Calcic Kastanozems (Pachic)
ІбБ	0,7–0,4	3200–3400	350–400	черноземы южные, темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые почвы / southern chernozems, dark chestnut, chestnut and light chestnut soils	черноземы текстурно-карбонатные, каштановые типичные почвы, каштановые солонцеватые почвы / textural-carbonate chernozems, chestnut typical soils, chestnut solonetzic soils	Calcic Chernozems, Calcic Kastanozems (Pachic), Calcic Kastanozems (Sodic)
ІаА	0,57–0,70	>3400	350–600	черноземы южные, темно-каштановые почвы, каштановые почвы, черноземы обыкновенные карбонатные / southern chernozems, dark chestnut soils, chestnut soils, ordinary carbonate chernozems	черноземы текстурно-карбонатные, каштановые типичные почвы, черноземы миграционно-сегрегационные / textural-carbonate chernozems, chestnut typical soils, migration-segregation chernozems	Calcic Chernozems, Calcic Kastanozems (Pachic), Calcic kastanozems

Chernozem). Эти почвы в пределах Ростовской области формируются преимущественно на желто-бурых глинах и суглинках, реже на красно-бурых глинах и суглинках. Каштановые почвы и светло-каштановые (по «Классификации и диагностике почв России» каштановые типичные и каштановые солонцеватые почвы соответственно) также чаще залегают на лёссовидных легких глинах и тяжелых суглинках.

Согласно агроклиматическому районированию Ростовской области [10] регион делится на 6 агроклиматических подрайонов. Характеристика гидро-термических условий приведена в таблице 1. Для более подробного анализа глубины промачивания (ГП) использовали почвенное районирование по Ф.Я. Гаврилюку [11]. Распределение атмосферных осадков на этой территории весьма изменчиво, по-

этому были сформированы средние графические изображения для каждого почвенного района.

Для определения средней многолетней ГП профиля исследуемых почв и расчета частоты встречаемости наиболее распространенной ГП за 33-летний период (1948–1980 гг.) взята информация из работ [12; 13]. Для построения графиков распределения осадков по почвенному профилю был использован кластерный анализ данных [14].

Проведена пространственная интерполяция глубин промачивания по методу обратно взвешенных расстояний [15] с применением программного обеспечения ArcMap 10.4.1. Данный метод базируется на допущении, что объекты, расположенные ближе друг к другу, в большей степени похожи, чем удаленные. Чтобы найти значение в какой-либо точке, метод использует опорные точки, находя-

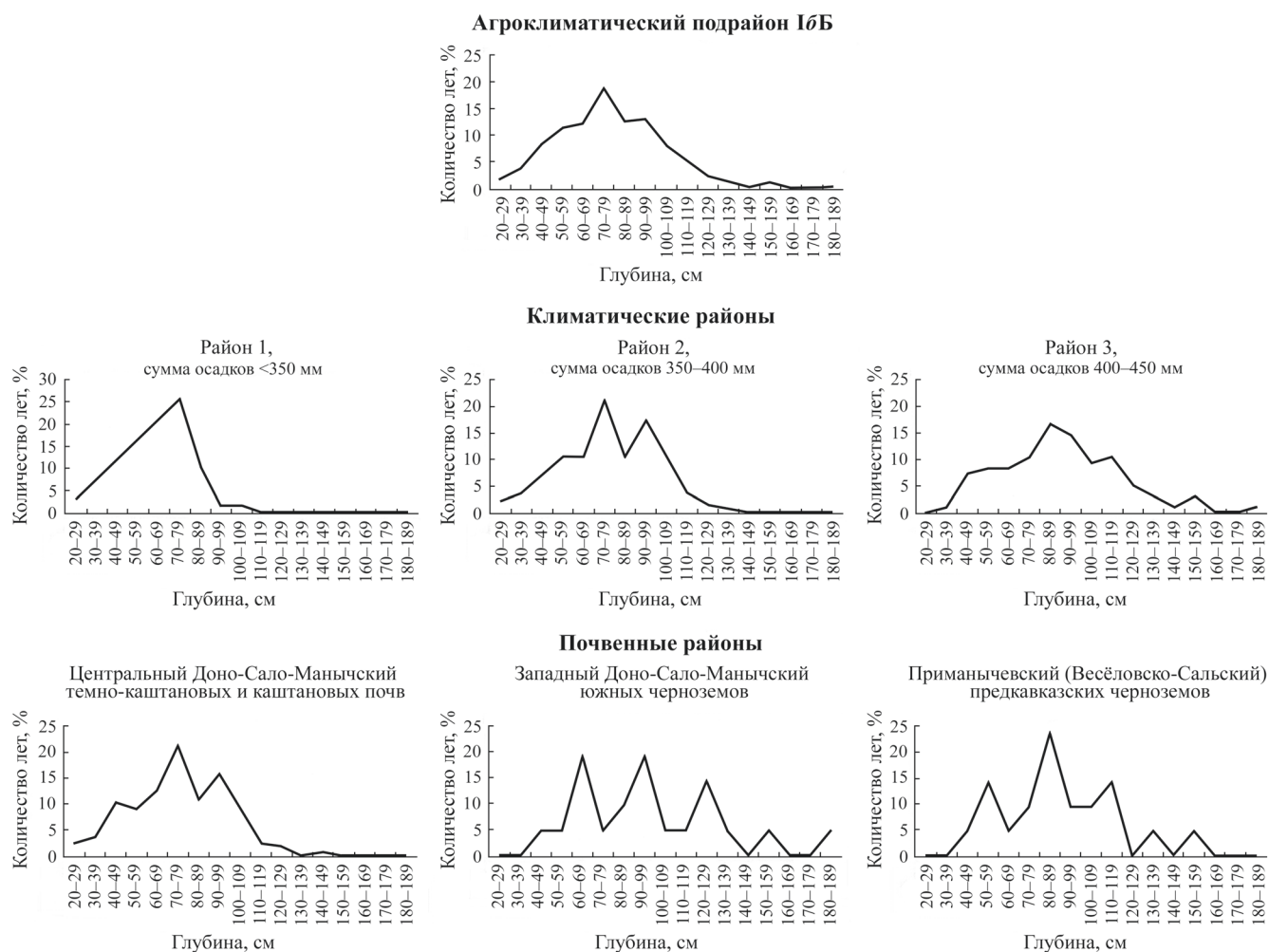


Рис. 1. Распределение частоты глубин промачивания почвы в пределах различных объектов районирования на примере агроклиматического района I6B.

Fig. 1. Distribution of the frequency of the depths of soil wetting within various zoning objects using the example of the I6B agroclimatic region.

щиеся в окрестностях искомой. Эти опорные точки будут оказывать большее влияние на интерполируемое значение, чем те, которые от нее удалены на значительное расстояние. Таким образом, метод предполагает, что каждая опорная точка оказывает локальное влияние, которое уменьшается с расстоянием. Точкам, находящимся в окрестностях искомой, присваиваются большие весовые значения, чем удаленным от нее точкам. В нашем случае роль опорных точек играют средние глубины промачивания по районам Ростовской области.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ частоты встречаемости наиболее распространенной ГП проводили в пределах различных районов. На примере одного агроклиматического района видно, как различается информация в зависимости от степени обобщения (рис. 1). Агроклиматический подрайон IбБ, расположенный в юго-восточной и центральной частях области, характеризуется весьма разнообразными климатическими условиями, на его территории выделяется три климатических района, и графики частоты встречаемости различаются очень четко. Если в первом климатическом районе примерно в 25 % случаев за весь 33-летний период исследования почва промачивалась до глубины 70–80 см, во все остальные годы на меньшую глубину, а глубже 100 см почва практически не промачивалась, то во втором картина более сложная. Не менее чем в 15 % лет глубина промачивания доходила до 90–100 см, в около 5 % достигала глубины 120 см. В третьем климатическом районе глубина промачивания больше, но распределение ГП по годам более плавное, кривая ближе к нормальному распределению. Таким образом, анализ распределения ГП с учетом почвенного районирования дает более подробную картину, что позволяет отследить динамику процессов миграции карбонатов в зависимости от влагообеспеченности и почвенных условий.

В таблице 2 приведена сравнительная характеристика глубин промачивания почвенного слоя в 43 административных районах Ростовской области, входящих в 6 агроклиматических подрайонов [10] и 13 почвенных районов [11], за 33-летний период. Террасовый (Азово-Весёловский) и Нижне-Донской районы не представлены в таблице, так как в данном исследовании террасовые почвы не рассматриваются. Результаты, представленные в табли-

це 2, также свидетельствуют о том, что агроклиматические подрайоны в данном случае недостаточно отражают характер распределения ГП, особенно это заметно в Северо-Задонском (IIзБ) и Центральном Доно-Сало-Манычском (IбБ) подрайонах.

Почвенные районы более четко характеризуют распределение ГП, кроме Доно-Донецкого района, где, используя метод интерполяции и опираясь на данные агроклиматического и климатического районирования, можно выделить еще несколько подрайонов (рис. 2). Например, подрайоны IIзБ, IIвБ, IбБ можно разделить еще на две подзоны, а подрайон IaA совсем исключить. Порайонные графики показывают, что эта характеристика весьма различается в зависимости от свойств преобладающих в районе почв, а также от климатических особенностей. Сравним для примера три почвенных района, расположенных на севере, западе и востоке области. Северо-Задонский почвенный район (IIзБ) занимает самую холодную, северную часть Ростовской области. Почвенный покров и почвообразующие породы отличаются высоким разнообразием, что связано со сложным рельефом почвенного района. На севере его южные отроги Калачской возвышенности, а на юге Донская меловая гряда составляют области устойчивого новейшего поднятия. Левобережье Дона занято пойменными лесами и террасовыми песками. Преобладают в почвенном покрове южные черноземы, в том числе черноземы неполноразвитые, формирующиеся на меловых и известковых отложениях. Это заметно на построенных графиках (рис. 2а), где кривая частоты встречаемости ГП укорочена и нижняя граница составляет 130 см. Почти в 10 % случаев за весь 33-летний период исследования глубина промачивания находится в интервале 90–99 см.

Иная ситуация складывается в Северо-Западном Приазовском районе слабокарбонатных и реже слабобромытых (североприазовских) черноземов тяжелосуглинистых или глинистых на карбонатных буровато-палевых лёссовидных породах. Этот район охватывает Приазовскую наклонную равнину между нижним течением р. Дон и северо-западной границей с Украиной. Глубина промачивания здесь больше по сравнению с другими районами, в среднем доходит до 155 см (рис. 2б), – сказывается влияние Таганрогского залива.

Еще более контрастно выглядит график для Восточного Верхне-Сальского (Заветинского) района светло-каштановых сильносолонцеватых почв

Таблица 2. Сравнительная характеристика промачивания почвенного слоя по Ростовской области

Table 2. Comparative characteristics of soil wetting in Rostov Region

Почвенный район Soil area	Климатический подрайон / Agroclimatic Subarea	Административные районы Administrative districts	Преобладающие почвы Predominant soils	Глубина промачивания, см / Soaking depth, cm
Северо-Задонский Severo-Zadonskiy	ПзБ	Верхнедонской / Verkhnedonskoy Шолоховский / Sholohovskiy	черноземы южные и обыкновенные / calcic chernozems, haplic chernozems	133 128
Доно-Донецкий Dono-Donetskiy	ПзБ	Чертковский / Chertkovo Миллеровский / Millerovo Боковский / Bokovskaya Кашарский / Kashary Милютинский / Milyutinskaya	черноземы южные calcic chernozems	145 150 130 140 130
	ПзБ	Тарасовский / Tarasovskiy Милютинский / Milyutinskaya	черноземы южные calcic chernozem	135 130
Шахто-Донецкий Shahto-Donetskiy	ПзБ, ИзБ	Каменский / Kamenskiy Красносулинский / Krasny Sulin Белокалитвенский / Belaya Kalitva Константиновский / Konstantinovsk	черноземы южные, обыкновенные и обыкновенные карбонатные / calcic chernozem, haplic chernozems	135 130 127 140
Северо-Западный Приазовский / Severo-Zapadny Priazovskiy	ПзБ	Матвеево-Курганский / Matveev Kurgan Куйбышевский / Kuybyshevo Неклиновский / Neklinovskiy Родионово-Несветайский / Rodionovo-Nesvetayskaya Мясниковский / Myasnikovskiy Аксайский / Aksay Октябрьский / Oktyabr'skiy	черноземы обыкновенные карбонатные (северо-приазовские) / calcic chernozem	151 150 165 145 170 180 150
Южный Yuzhny	ПзА	Азовский / Azov Зерноградский / Zernograd Егорлыкский / Egorlykskaya Целинский / Tselina Сальский / Salsk Песчанокопский / Peschanokopskoe	черноземы обыкновенные карбонатные (предкавказские) / calcic chernozems	187 182 176 176 162 156
Приманычский Primanychskiy	ПзБ	Весёловский / Vesyolovskiy Багаевский / Bagaevskaya	черноземы обыкновенные карбонатные (предкавказские) / calcic chernozem	150 150
Западный Доно- Сало-Маньчский / Western Dono-Salo- Manychskiy	ИзБ	Семикаракорский / Semikarakorsk	черноземы южные calcic chernozems	184
Донской Donskoy	ИзБ	Милютинский / Milyutinskaya Тацинский / Tatsinskaya Морозовский / Morozovsk Константиновский / Konstantinovsk Цимлянский / Tsimlyansk	черноземы южные и темно-каштановые / calcic chernozem, calcic kastanozem (pachic)	128 140 123 140 135

Почвенный район Soil area	Климатический подрайон / Agroclimatic Subarea	Административные районы Administrative districts	Преобладающие почвы Predominant soils	Глубина промачивания, см / Soaking depth, cm
Левочирский Levochirskiy	I ₆ B	Обливский / Oblivskaya Советский / Sovetskaya	темно-каштановые и черноземовидные песчаные / calcic kastanozem (pachic), haplic chernozems (arenic)	133 133
Центральный Доно- Сало-Манычский / Central Dono-Salo- Manychskiy	I ₆ B	Пролетарский / Proletarsk Орловский / Orlovskiy Зимовниковский / Zimovniki Ремонтненский / Remontnoe Дубовский / Dubovskoe	темно-каштановые и каштановые / calcic kastanozem (pachic), calcic kastanozems	140 120 106 105 100
Восточный Верхне- Сальский / Eastern Verkhne- Sal'skiy	I ₆ B	Заветинский / Zavetnoe	светло-каштановые / calcic kastanozems (sodic)	86

(рис. 2в). Район охватывает наиболее засушливую восточную часть Ростовской области (верховья р. Сал) и граничит с Волгоградской и Астраханской областями. Здесь самый низкий для области гидротермический коэффициент, по границе района проходит зона осадков 350 мм в год. Повсеместная солонцеватость обеспечивает неудовлетворительные физические свойства. Поэтому глубина промачивания составляет всего 86 см, а в течение большинства лет за 33-летний период изучения глубина промачивания лежит в интервале 60–70 см. Как следствие, в этом районе небольшая мощность гумусовых горизонтов ($A + B = 35\text{--}40$ см).

Благодаря подробному анализу статистических данных можно проследить закономерные изменения ГП вследствие изменения почвообразующих пород и гранулометрического состава почв. Так, на почвах с легким гранулометрическим составом глубина промачивания обычно больше по сравнению с таковой на более тяжелых почвах. Также заметны изменения ГП с постепенной сменой климата от степного к сухостепному. Более подробно изменения глубины промачивания почв отражаются при почвенном районировании.

Таким образом, с помощью проведенных исследований установлено, что для качественного анализа распределения глубины промачивания почв на территории Ростовской области оказалось недоста-

точно группировки только по агроклиматическому районированию, более точной оказалось почвенное районирование по Ф.Я. Гаврилюку [11].

Нами составлена картограмма интерполяции ГП с учетом агроклиматического, климатического и административного районирования (рис. 3). Она отражает четкие географические закономерности: наибольшая глубина промачивания характерна для почв юго-западной части Ростовской области и приурочена к приморским районам региона – Северному Приазовью. Почвы восточных территорий области характеризуются меньшей глубиной промачивания, и чем южнее, тем этот показатель меньше. В полном соответствии с этим в Северном Приазовье сформировались своеобразные почвы, впервые описанные Л.И. Прасоловым, который назвал их приазовскими черноземами [16]. Позже за ними закрепилось название североприазовские черноземы, отличительной чертой которых является слабая выщелоченность от карбонатов. Вскипание от 10%-й HCl в этих почвах обычно наблюдается в нижней части горизонта А, где появляется карбонатный мицелий, в то время как черноземы агроклиматического подрайона П₆А вскипают с поверхности и в силу этого отличия ранее назывались предкавказскими. Позднее эти два подтипа черноземов были объединены в один подтип черноземов обыкновенных, а так как вскипание в них

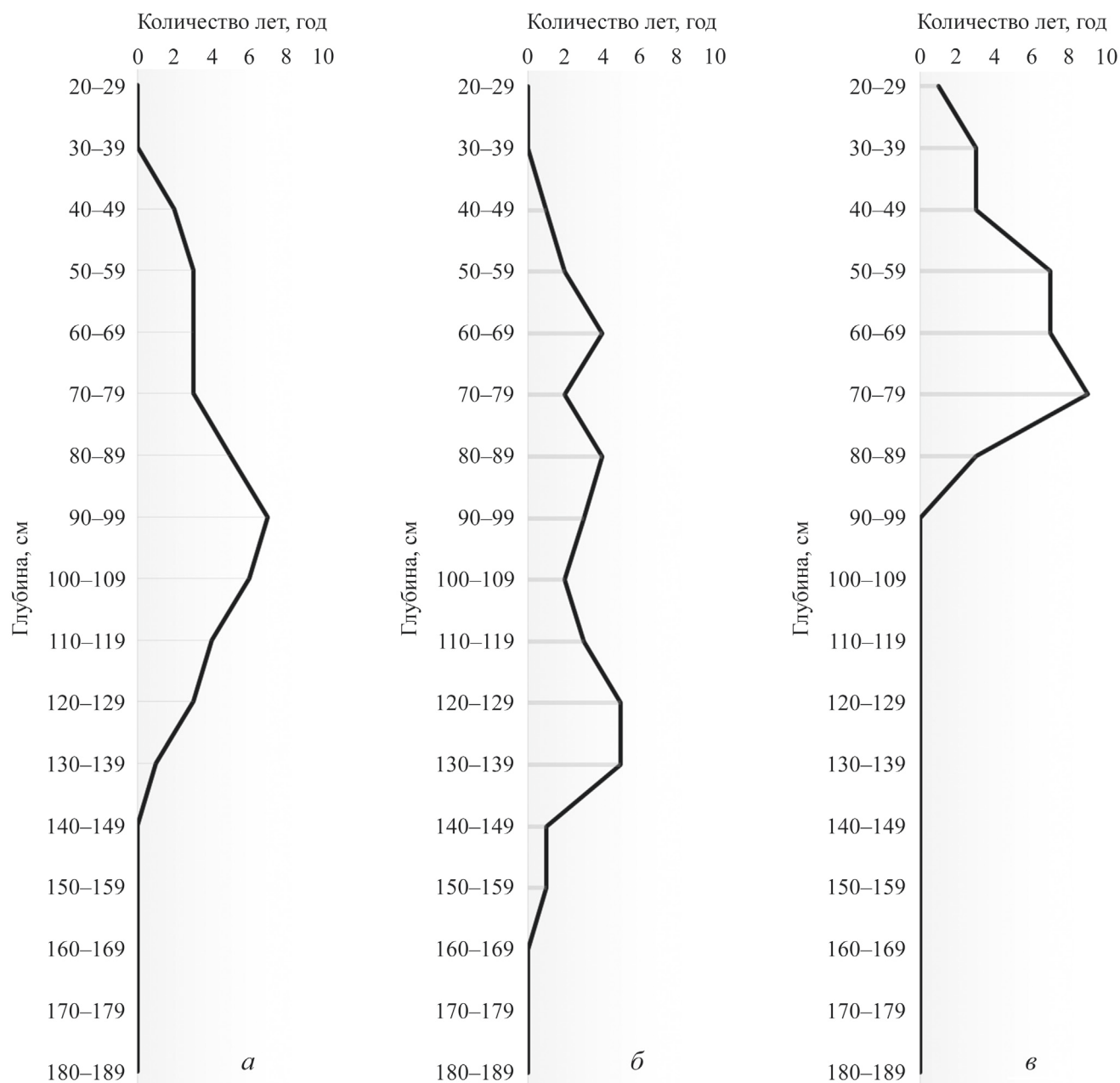


Рис. 2. Частота встречаемости признака (глубина промачивания почвенного профиля) для почвенных районов Ростовской области: *а* – Северо-Задонский почвенный; *б* – Северо-Западный Приазовский район; *в* – Восточный Верхне-Сальский (Заветинский) район.

Fig. 2. Graphs of the distribution of precipitation by soil profile for soil regions of the Rostov Region: *a* – Severo-Zadonskiy soil region; *б* – Severo-Zapadny Priazovskiyy soil region; *в* – Eastern Verhne-Sal'skiy soil region (Zavetnoe administrative district).

наблюдается в горизонте А, выделены в карбонатный род [17]. Гидротермические условия формирования почв определяют среднюю многолетнюю глубину промачивания почвенного профиля, которая в пределах Ростовской области уменьшается в направлении с запада на восток, коррелируя с глубинами, на которых появляются мицеллярные формы карбонатов и формируется горизонт белоглазки.

В таблице 3 представлены значения многолетних ГП, свидетельствующие о том, что средняя многолетняя глубина промачивания приходится на глубину залегания горизонта максимальных аккумуляций карбонатной белоглазки [18; 19]. Средние максимумы характеризуют предположительную нижнюю границу карбонатного горизонта. Максимальные значения свидетельствуют о вероятном отклонении от средних значений. Обращает на

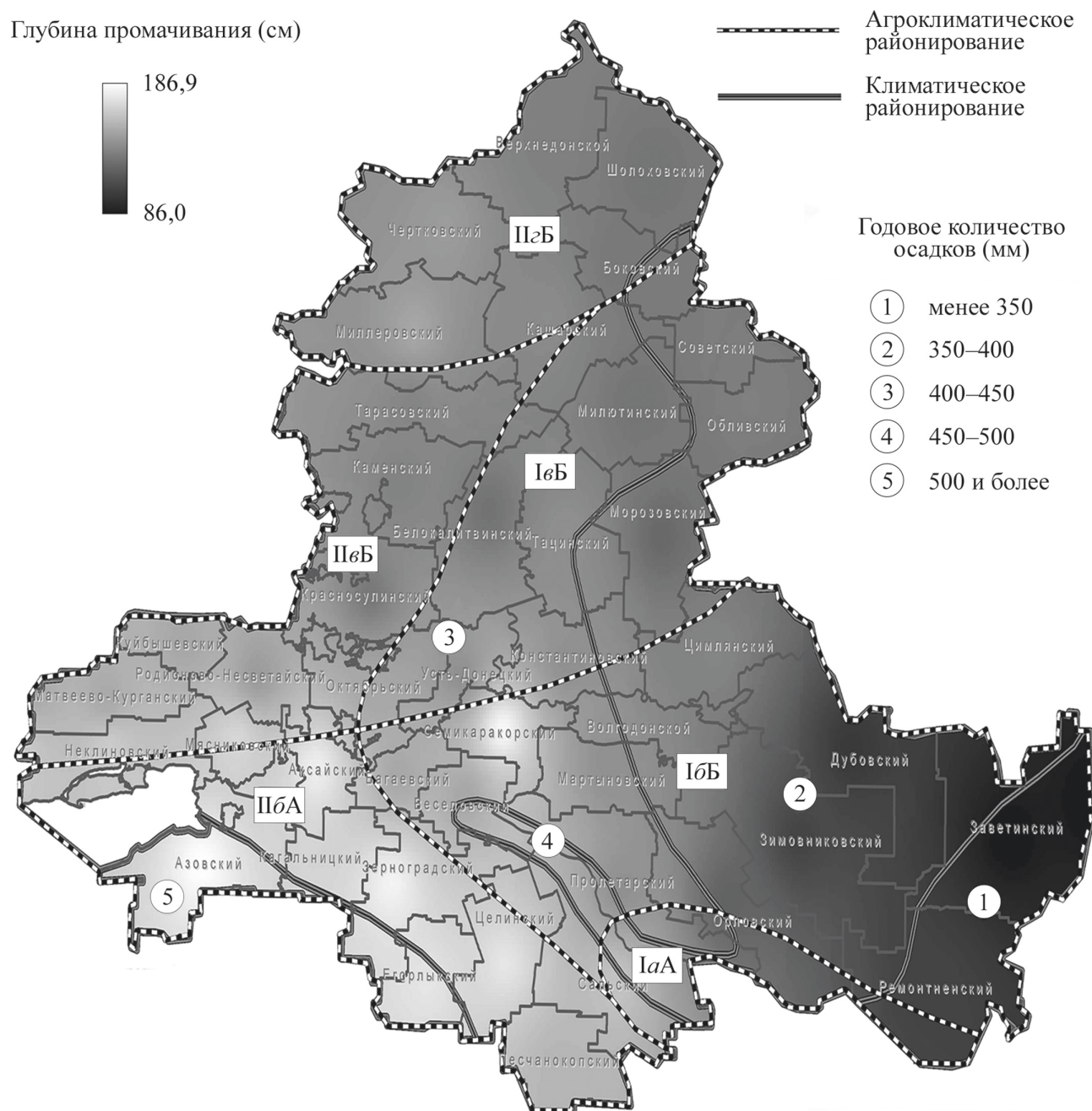


Рис. 3. Картограмма интерполяции глубин промачивания с учетом агроклиматического, климатического и административного районирования.

Fig. 3. Cartogram of interpolation of wetting depths taking into account agroclimatic, climatic and administrative zoning.

себя внимание тот факт, что в черноземах средние многолетние ГП четко соответствуют диапазону глубин залегания горизонта аккумуляции карбонатов в форме белоглазки, занимая в них примерно срединные позиции. Для каштановых почв картина иная: средние многолетние глубины промачивания почвы атмосферными осадками находятся глубже горизонта аккумуляции белоглазки. Возможно, это обусловлено более жарким климатом, что может

способствовать формированию более интенсивных восходящих токов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование мицеллярных форм карбонатов и горизонта белоглазки определяются гидротермическими условиями и коррелируют со средней многолетней глубиной промачивания. В пределах Ростов-

Таблица 3. Многолетние значения глубин промачивания для степных и сухостепных почв Ростовской области
Table 3. Long-term wetting depths for steppe and dry steppe soils

Почвы Soils	Глубина залегания горизонта аккумуляции белоглазки, см / Depth of the white-eye accumulation horizon, cm	Глубины промачивания, см Depth of soaking, cm		
		Средние многолетние / Long-term average annual	Средние максимумы / Average highs	Максимальные значения (лимиты) / Maximum values (limits)
Черноземы южные Calcic Chernozems	70–90	87	163	184
Черноземы обыкновенные карбонатные / Calcic Chernozems	90–120	100	135	187
Темно-каштановые Calcic Kastanozems (Pachic)	60–65	80	130	140
Каштановые Calcic Kastanozems	54–56	64	103	106
Светло-каштановые Calcic Kastanozems (Sodic)	40–45	60	84	84

ской области этот показатель уменьшается в направлении с запада на восток, что свидетельствует о четких географических закономерностях: в черноземах Северного Приазовья наибольшая глубина промачивания, соответственно, и залегание горизонта белоглазки глубже. Для почв юго-восточных территорий области характерна меньшая глубина промачивания, причем более жаркий климат способствует преобладанию интенсивных восходящих токов в профиле каштановых почв, вследствие чего горизонт аккумуляции белоглазки залегает выше

средних многолетних глубин промачивая почвы атмосферными осадками.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках госзадания (Южный федеральный университет, проект № 0852-2020-0029) с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. 2004. *Классификация и диагностика почв России*. Смоленск, Ойкумена: 342 с.
2. Гуларьянц Г.М. 2010. Кальцефильные растения известково-го комплекса «Партизанская падь» (Дальнегорский район). *Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН*. 7: 94–120.
3. Mikhailova E.A., Bryant R.B., Galbraith J.M., Wang Y., Post Ch.J., Khokhlova O.S., Schlautman M.A., Cope M.P., Shen Zh. 2018. Pedogenic carbonates and radiocarbon isotopes of organic carbon at depth in the Russian chernozem. *Geosciences*. 8(12): 1–16. doi: 10.3390/geosciences8120458
4. Хохлова О.С., Ковда И.В. 2012. Глава 5. Педогенные карбонаты как индикаторы условий среды голоцена и плейстоцена. В кн.: *Палеопочвы, природная среда и методы их диагностики*. Новосибирск, ОФСЕТ: 49–60.
5. Zamanian K., Pustovoytov K., Kuzyakov Ya. 2016. Pedogenic carbonates: Forms and formation processes. *Earth-Science Reviews*. 157: 1–17. doi: 10.1016/j.earscirev.2016.03.003
6. Голубцов В.А. 2017. Карбонатные новообразования в почвах Байкальского региона: процессы формирования и значение для палеопочвенных исследований. *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 39: 6–28. doi: 10.17223/19988591/39/1
7. Khokhlova O., Myakshina T. 2018. Dynamics of carbonates in soils under different land use in forest-steppe area of Russia using stable and radiogenic carbon isotope data. *Geosciences*. 8(4): 1–12. doi: 10.3390/geosciences8040144
8. Голубцов В.А., Черкашина А.А., Хохлова О.С. 2019. Карбонатный профиль почв байкальского региона: строение, возраст и условия формирования. *Почвоведение*. 12: 1471–1491. doi: 10.1134/S0032180X19120050
9. *World Soil Resources Reports 106. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015*. 2015. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations: 192 p.
10. *Агроклиматические ресурсы Ростовской области*. 1972. Л., Гидрометеиздат: 251 с.
11. Гаврилюк Ф.Я. 1960. Почвенные районы Нижнего Дона. В кн.: *Почвенное районирование СССР. Вып. 1*. М., изд-во МГУ: 49–91.

12. Свисюк И.В., Русеева З.М., Федотова Л.В. 1992. *Погода и урожай зерновых культур*. СПб., Гидрометеиздат: 223 с.
13. Безуглова О.С., Хырхырова М.М. 2008. *Почвы Ростовской области*. Ростов н/Д, изд-во ЮФУ: 352 с.
14. Дмитриев Е.А. 2009. *Математическая статистика в почвоведении*. М., Книжный дом «ЛИБРОКОМ»: 328 с.
15. Красильников П.В. 2007. *Геостатистика и география почв*. М., Наука: 177 с.
16. Прасолов Л.И. 1916. О черноземе Приазовских степей. *Почвоведение*. 1: 23–46.
17. Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н., Розов Н.Н. 1977. *Классификация и диагностика почв СССР*. М., Колос: 221 с.
18. Морозов И.В., Безуглова О.С., Минаева Е.Н. 2017. О формировании карбонатного горизонта черноземов обыкновенных карбонатных Нижнего Дона. *Живые и биокосные системы*. 22: 1–15. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-22/article-10/>
19. Безуглова О.С., Минаева Е.Н., Морозов И.В. 2019. Генезис карбонатного и гипсоносного горизонтов в черноземах обыкновенных карбонатных. *Наука Юга России*. 15(4): 55–62. doi: 10.7868/S25001640190407
20. gosudarstvennogo universiteta. *Biologiya*. 39: 6–28. (In Russian). doi: 10.17223/19988591/39/1
21. Khokhlova O., Myakshina T. 2018. Dynamics of carbonates in soils under different land use in forest-steppe area of Russia using stable and radiogenic carbon isotope data. *Geosciences*. 8(4): 1–12. doi: 10.3390/geosciences8040144
22. Golubtsov V.A., Cherkashina A.A., Khokhlova O.S. 2019. Carbonate profile of soils in the Baikal Region: structure, age, and formation conditions. *Eurasian Soil Science*. 52(12): 1515–1532. doi: 10.1134/S1064229319120056
23. *World Soil Resources Reports 106. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015*. 2015. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations: 192 p.
24. *Agroklimaticheskie resursy Rostovskoy oblasti. [Agro-climatic resources of Rostov Region]*. 1972. Leningrad, Gidrometeoizdat: 251 p. (In Russian).
25. Gavriluk F.Ya. 1960. [Soil regions of the Lower Don]. In: *Pochvennoe rayonirovanie SSSR. Vyp. 1. [Soil zoning of the USSR. Issue 1]*. Moscow, Moscow State University: 49–91. (In Russian).
26. Svisyuk I.V., Ruseeva Z.M., Fedotova L.V. 1992. *Pogoda i urozhay zernovykh kul'tur. [Weather and grain crop yield]*. St Petersburg, Gidrometeoizdat: 223 p. (In Russian).
27. Bezuglova O.S., Khyrkhyrova M.M. 2008. *Pochvy Rostovskoy oblasti. [Soils of Rostov Region]*. Rostov-on-Don, Southern Federal University: 352 p. (In Russian).
28. Dmitriev E.A. 2009. *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii. [Mathematical statistics in soil science]*. Moscow, Book House “LIBROKOM”: 328 p. (In Russian).
29. Krasil'nikov P.V. 2007. *Geostatistika i geografiya pochv. [Geostatistics and soil geography]*. Moscow, Nauka: 177 p. (In Russian).
30. Prasolov L.I. 1916. [About the black soil of the Azov steppes]. *Pochvovedenie*. 1: 23–46. (In Russian).
31. Egorov V.V., Fridland V.M., Ivanova E.N., Rozov N.N. 1977. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR. [Classification and diagnostics of soils of the USSR]*. Moscow, Kolos: 221 p. (In Russian).
32. Morozov I.V., Bezuglova O.S., Minaeva E.N. 2017. [About the formation of carbonate horizon of ordinary calcareous chernozems]. *Zhivye i biokosnye sistemy*. 22: 1–15. (In Russian). URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-22/article-10/>
33. Bezuglova O.S., Minaeva E.N., Morozov I.V. 2019. The genesis of carbonate and gypsum horizons in ordinary carbonate chernozem. *Nauka Yuga Rossii*. 15(4): 55–62. (In Russian). doi: 10.7868/S25001640190407

REFERENCES

1. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. 2004. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii. [Classification and diagnostics of soils in Russia]*. Smolensk, Oykumena: 342 p. (in Russian).
2. Gularyantz G.M. 2010. [The calciphilous plants of limestone complex 'Partizanskaya Pad', Dalnegorsk, Primorskii Krai]. *Byulleten' Botanicheskogo sada-instituta DVO RAN*. 7: 94–120. (In Russian).
3. Mikhailova E.A., Bryant R.B., Galbraith J.M., Wang Y., Post Ch.J., Khokhlova O.S., Schlautman M.A., Cope M.P., Shen Zh. 2018. Pedogenic carbonates and radiocarbon isotopes of organic carbon at depth in the Russian chernozem. *Geosciences*. 8(12): 1–16. doi: 10.3390/geosciences8120458
4. Khokhlova O.S., Kovda I.V. 2012. [Chapter 5. Pedogenic carbonates as indicators of environment in Pleistocene and Holocene]. In: *Paleopochvy, prirodnaya sreda i metody ikh diagnostiki. [Paleosols, environment and their diagnosis methods]*. Novosibirsk, OFSET: 49–60. (In Russian).
5. Zamanian K., Pustovoytov K., Kuzyakov Ya. 2016. Pedogenic carbonates: Forms and formation processes. *Earth-Science Reviews*. 157: 1–17. doi: 10.1016/j.earscirev.2016.03.003
6. Golubtsov V.A. 2017. [Secondary carbonate accumulations in soils of the Baikal region: formation processes and significance for paleosol investigations]. *Vestnik Tomskogo*

Поступила 01.12.2020