

ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕЛИННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ

В. А. Королев

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 6 апреля 2011 г.

Аннотация: Изучены особенности основных физических свойств целинных черноземов типичных и обыкновенных центра Русской равнины. Впервые на основе многолетних исследований рассчитаны средние значения и доверительные границы (при вероятности 0,95) основных физических показателей изучаемых подтипов черноземов.

Ключевые слова: целинные черноземы, структурное состояние, плотность, дифференциальная пористость, средние значения, доверительные границы.

Abstract: The features of the basic physical properties of virgin chernozem typical and ordinary central Russian Plain. For the first time, based on years of research averages and confidence limits (at a probability of 0.95) of the basic physical characteristics of the studied subtypes of chernozem have been calculated.

Key words: virgin black soil, structural condition, density, differential porosity, average values, confidence limits.

Черноземы издавна были интересным объектом изучения в генетическом почвоведении и одновременно основным «кормильцем» России. Обладая мощным гумусовым горизонтом с водопрочной зернисто-комковатой структурой, они в естественных условиях представляют собой эталонный образец устойчивого и самовоспроизводимого плодородия. Редкое в природе сочетание базовых морфогенетических свойств, физических режимов и биохимических процессов черноземов заслуженно сделало их символом не только российского, но и мирового почвоведения [1].

В Центральном Черноземье главным природным богатством являются почвенные ресурсы, более чем на 80% представленные черноземами. Пашня занимает 66% всей территории и 82,2% площади сельскохозяйственных угодий [5]. Длительная распашка черноземов и связанные с ней потери гумуса и обменных оснований, активизация эрозии и другие деградиционные явления обусловили существенные изменения, нередко негативные, их физических свойств, которые, по мнению Л. И. Прасолова [11], характеризуют природу чернозема более ярко, чем его химизм.

Достоверная количественная оценка изменения основных показателей физических свойств и режимов пахотных черноземов возможна только на

основе углубленных и всесторонних исследований этих почв в естественных условиях залегания.

Объектами исследований были наиболее распространенные подтипы целинных и залежных черноземов региона, представленные типичными (Стрелецкая степь, залежь многолетняя в Панинском районе Воронежской области и Тамбовской областной опытной станции) и обыкновенными (Каменная и Хрипунская степи, участок многолетней залежи в Богучарском районе Воронежской области). Почвенные образцы отбирались в трехкратной повторности десятисантиметровыми слоями с поверхности до глубины 150 см через каждые 10 см. Отдельно отбирались образцы для структурного анализа в пятикратной повторности с глубины 0-20 и 40-50 см.

Непосредственно в полевых условиях и в отобранных почвенных образцах определяли плотность сложения буровым методом с использованием цилиндров объемом 50 см³ при «стандартной» влажности почв, соответствующей наибольшей (в общепринятой терминологии – наименьшей или предельной полевой) влагоемкости (НВ), плотность твердой фазы пикнометрическим методом, гранулометрический состав методом пипетки с обработкой почвы пиррофосфатом натрия, микроагрегатный состав методом Н. А. Качинского, структурный состав – по Н. И. Саввинову, НВ – ме-

тодом заливаемых площадок с отбором почвенных проб на влажность через трое суток. Расчетными методами определялись фактор структурности, показатель противоэрозионной стойкости почвы (ППС), индекс нестабильности агрегатов (ИН) – отношение процентного содержания гумуса умноженного на 100 к количеству «физической глины» (при этом, если $ИН < 7$, то гумус в незначительной степени определяет агрегирование почвы), коэффициент структурности и критерий водопрочности агрегатов, общая и дифференциальная пористости [6, 7, 13, 18].

Экспериментальный цифровой материал был статистически обработан [8]. Основные статистические характеристики, используемые нами, были следующие: n – число определений; M – среднее арифметическое; s – среднее квадратическое отклонение; m – ошибка среднего арифметического; V – коэффициент вариации, %; $V_{0,95}$ – показатель относительного вероятного разнообразия для вероятности 0,95, %; $P_{0,95}$ – показатель относительной вероятной погрешности, %; M_{min} и M_{max} ($\bar{M}_{d.o.}$) – возможные минимальные и максимальные значения (доверительные границы) генерального среднего арифметического при вероятности 0,95.

Изучаемые черноземы характеризуются высоким содержанием гумуса (7,8-10,0% в слое 0-10 см) и тяжелым гранулометрическим составом. В глинистых разновидностях преобладающими фракциями являются илистая и крупнопылеватая. В тяжелосуглинистых черноземах содержится больше крупной пыли по сравнению с илом. На третьем месте по содержанию обычно находится мелкая пыль, затем следуют фракции средней пыли и песка (мелкого, среднего и крупного). Физические свойства черноземов определяются в основном тремя фракциями: илистой, крупнопылеватой и пылеватой и их соотношением, тогда как роль песчаной фракции из-за ее малого количества незначительна.

В пределах изучаемой территории гранулометрический состав черноземов закономерно изменяется, что является следствием как особенностей черноземообразовательного процесса, так и исходной литологической неоднородности почвообразующих пород. В ряду от типичных к обыкновенным черноземам наблюдается утяжеление гранулометрического состава. Вместе с этим им свойственно также постепенное нарастание глинистости при движении с запада на восток [2, 5, 15].

Что касается внутрипрофильного распределения тонкодисперсных гранулометрических фрак-

ций в целинных и залежных черноземах, то оно близко к равномерному или слабоэлювиальному. Обобщая имеющиеся литературные данные микроморфологических, аналитических и минералогических исследований черноземов региона, можно заключить, что черноземообразованию свойственно сочетание различных по интенсивности процессов внутрпочвенного выветривания (оглинивания) и вертикального перераспределения илистой фракции. Количественное проявление этих процессов в значительной степени определяется подтиповыми особенностями черноземов, обусловленных прежде всего различиями водного режима, качественного состава поглощенных катионов, соотношения между деградационными и аградационными трансформациями глинистых минералов и условиями промерзания – оттаивания почв [4, 5, 9, 10, 12, 14-17].

Изучаемые черноземы имеют высокую микроагрегированность по всему профилю. В составе почвенной массы преобладает фракция размером 0,25-0,01 мм, количество которой достигает 62-85% в верхней части гумусового горизонта и 55-82% в почвообразующей породе. Содержание «микроагрегированного» ила очень невелико и изменяется обычно в пределах 1-4%, лишь иногда достигая 6-8%. В его распределении по почвенному профилю наблюдаются следующие закономерности: в черноземах типичных – постепенное увеличение, в черноземах обыкновенных – хорошо выраженное уменьшение. Можно предположить, что в лесостепных черноземах микросложение в основном определяется скоагулированной гумусно-глинистой плазмой, в степных же черноземах заметно возрастает микроагрегирующая роль карбонатного материала.

Соответственно содержанию «микроагрегированного» ила в почвах ведут себя фактор структурности и показатель противоэрозионной стойкости (ППС), который предлагается также для оценки потенциальной водоустойчивости структуры почв [7]. Эти важные показатели максимальных значений достигают в верхней части гумусового горизонта черноземов типичных (92-97% и 8-17) и вниз по профилю постепенно уменьшаются, оставаясь в своем абсолютном выражении весьма значительными (84-88% и 4-5). В черноземах обыкновенных рассматриваемые показатели, являясь в целом оптимальными, наоборот находятся в минимуме в гумусовом горизонте (78-94% и 3-11) и заметно возрастают в карбонатной части профиля (90-97% и 12-29). Попутно отметим, что

отмеченные особенности микроагрегатного состава черноземов могут быть использованы для их генетической характеристики на подтиповом уровне.

Одним из оценочных показателей потенциальной способности почв к оструктурированию является индекс нестабильности агрегатов (ИН). В слое 0-10 см целинных черноземов ИН весьма значительный и изменяется в пределах 11-18. В верхней полуметровой почвенной толще он обычно не опускается ниже 7 и затем с глубиной уменьшается до 0,7-1,6 в слое 140-150 см.

Целинные и залежные черноземы характеризуются водопрочной зернисто-комковатой структурой. Данные структурного анализа (сухое просеивание) свидетельствуют о весьма значительном содержании агрономически ценных агрегатов размером 10-0,25 мм, количество которых в первом полуметре колеблется в пределах 81-94 %, но большая часть приходится на долю агрегатов с диаметром от 5 до 1 мм (39-68 %) (рис. 1). Вследствие невысокого содержания неценных в агрономическом отношении структурных отдельностей более 10 мм (2-14 %) и микроагрегатов (1-9 %), коэффициент структурности достигает значительной величины и изменяется в среднем от 6,4 до 8,6. Структурные отдельности отличаются высокой водопрочностью. Количество агрономически ценных водопрочных агрегатов в верхней полуметровой почвенной толще составляет 70-85 %, из которых на долю агрегатов крупнее 1 мм приходится от 40 до 69 % (рис. 2). Критерий водопрочности

агрегатов очень высокий и равен в среднем 77-87 % (при доверительных границах 72-89 %).

Максимальной степенью водопрочности структуры обладают черноземы типичные. Однако статистически достоверные различия в структурном составе черноземов типичных и обыкновенных не установлены. При этом выявлено, что основные статистические показатели, характеризующие вариабельность коэффициента структурности и критерия водопрочности агрегатов, гораздо выше в черноземах обыкновенных по сравнению с типичными.

Изучаемые подтипы целинных и залежных черноземов обладают весьма благоприятными основными физическими свойствами, обусловленными поистине уникальной зернистой водопрочной структурой гумусового горизонта. Плотность их твердой фазы практически одинакова и изменяется от 2,50 г/см³ (при доверительных границах 2,47-2,52 г/см³) в слое 0-10 см до 2,71 г/см³ (при доверительных границах 2,69-2,72 г/см³) в почвообразующей породе. По профилю чернозема типичного увеличение этого показателя происходит более плавно, что определяется не только особенностями распределения гумуса с глубиной, но и установленными закономерностями профильного содержания преобладающих первичных и вторичных минералов [3, 14].

Плотность сложения в верхней части гумусового горизонта черноземов близка к 1,0 г/см³, нередко снижаясь до 0,9 г/см³ в слое 0-10 см. Вниз

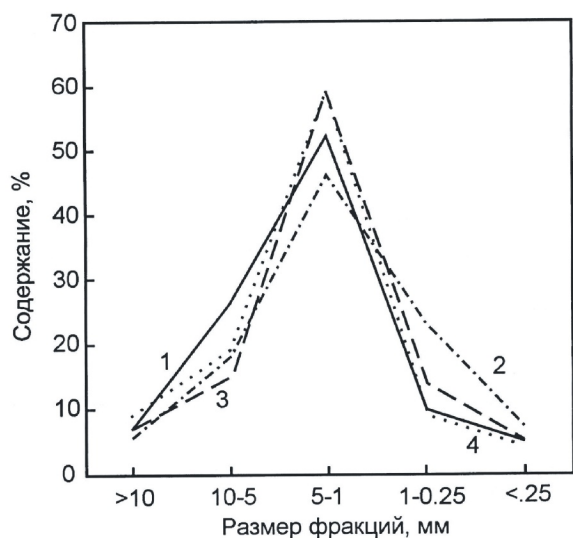


Рис. 1. Структурный состав (сухое фракционирование) целинных и залежных черноземов типичных (1 – слой 0-20 см, 2 – слой 40-50 см) и обыкновенных (3 – слой 0-20 см, 4 – слой 40-50 см)

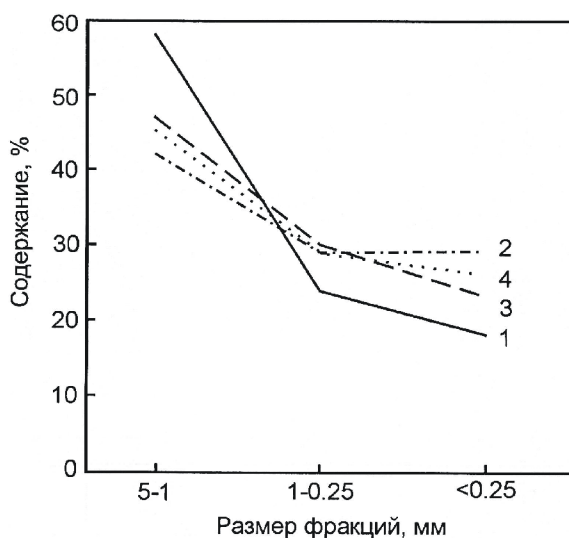


Рис. 2. Структурный состав (мокрое фракционирование) целинных и залежных черноземов (условные обозначения см. на рис. 1)

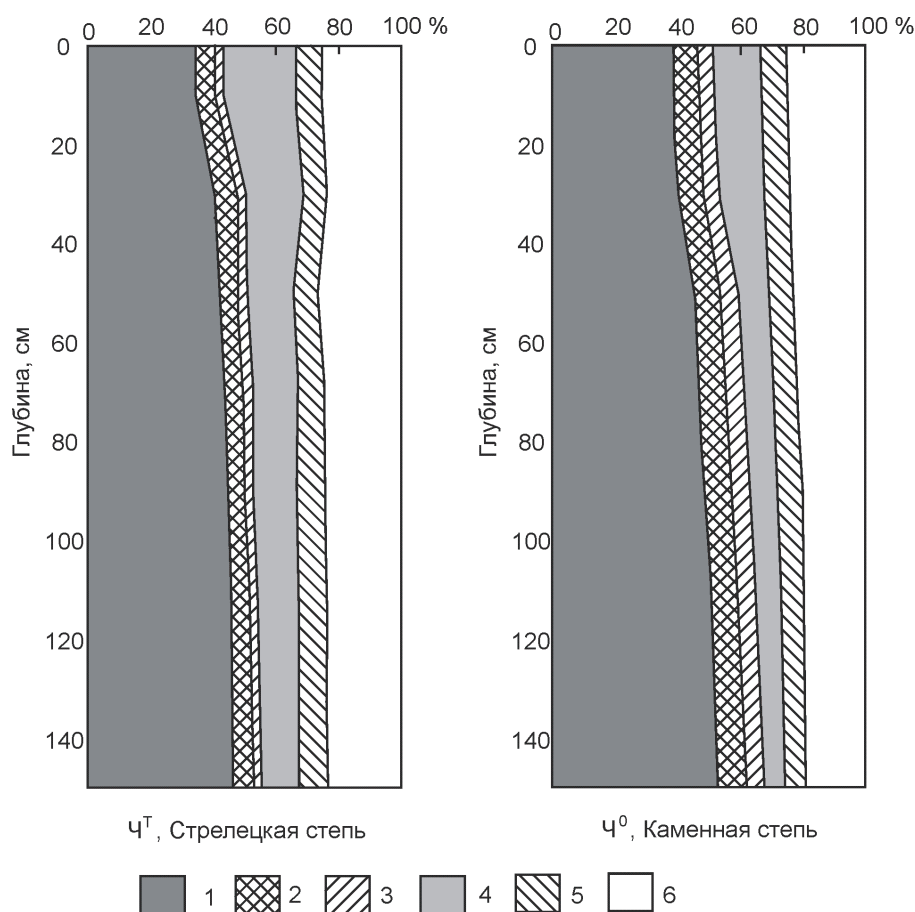


Рис. 3. Соотношение объема твердой фазы (1) и пор, занятых водой: прочносвязанной (2), рыхлосвязанной (3), капиллярноразобщенной (4), капиллярносвязанной (5) и воздухом при насыщенности почвы водой до НВ (6) в целинных черноземах типичных (Ч^Т) и обыкновенных (Ч^О)

по профилю черноземов плотность сложения закономерно возрастает до 1,34-1,43 г/см³ (при доверительных границах 1,28-1,48 г/см³). При этом более существенное ее увеличение наблюдается в черноземах обыкновенных, в связи с чем с глубины 80-90 см и ниже различия изучаемых почв по этому показателю статистически достоверны.

В тесной зависимости от плотности твердой фазы и особенно плотности сложения черноземов находится их общая пористость, величина которой в слое 0-10 см достигает 61,7-62,9% (при доверительных границах 59,5-65,6%) и постепенно уменьшается с глубиной в почвообразующей породе до 47,3-50,2% (при доверительных границах 45,4-52,6%).

Основные показатели дифференциальной пористости изучаемых почв свидетельствуют о весьма оптимальных соотношениях воздухоносных пор и пор, занятых различными формами почвенной влаги, что является следствием высокой гумусированности, агрегированности и микроост-

руктурности целинных черноземов. Так, неактивная пористость в пределах почвенного профиля не превышает 12-15%, в то время как активная пористость в верхней части гумусового горизонта равна 45-51% (при доверительных границах 41,5-56,4%) и снижается до 32-38% (при доверительных границах 30,2-43,1%) в слое 140-150 см. При этом весьма значительная доля активной пористости приходится на воздухоносные поры при влажности почвы, соответствующей НВ: 18-21% в черноземах типичных и 12-17% в черноземах обыкновенных (рис. 3). Важной особенностью порового пространства целинных черноземов является его относительно стабильное состояние, что обусловлено достаточно устойчивыми во времени оптимальными параметрами плотности сложения и структурного состояния [1, 12].

Наиболее благоприятными показателями общей и дифференциальной пористости обладают черноземы типичные. В то же время достоверность различий в изучаемых почвах установлена по по-

ристости общей лишь только с глубины 80-90 см и ниже, а по пористости активной и воздухоносной с глубины 40-50 см и ниже. На основании статистических показателей, характеризующих вариабельность рассмотренных нами основных физических свойств целинных и залежных черноземов, их можно расположить в таком возрастающем ряду: плотность твердой фазы, плотность сложения и общая пористость, активная пористость и, наконец, воздухоносная пористость.

Таким образом, исследуемые подтипы целинно-залежных черноземов центра Русской равнины, обладая большими запасами органического вещества и мощным гумусовым горизонтом, карбонатным субпрофилем и тяжелым гранулометрическим составом, имеют высокую микроагрегированность, агрономически ценную водопропрочную структуру и, как следствие, весьма оптимальные и достаточно стабильные показатели основных физических свойств. Прежде всего им свойственна небольшая плотность сложения, высокая общая пористость, оптимальное соотношение воздухоносных пор и пор, занятых различными формами почвенной влаги. Наиболее благоприятные физические свойства наблюдаются в черноземах типичных, при этом между ними и черноземами обыкновенными статистически достоверные различия (при вероятности 0,95) установлены только по активной и воздухоносной пористости в пределах профиля, исключая верхний полуметр, по плотности сложения и общей пористости в толще второго метра. Основные физические свойства изучаемых подтипов черноземов характеризуются различной вариабельностью: минимальной для плотности твердой фазы и максимальной для активной и воздухоносной пористости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрэкологическое состояние черноземов ЦЧО / под ред. А.П. Щербакова, И.И. Васенева. – Курск, 1996. – 326 с.
2. Адрихин П.Г. Агрохимическая характеристика почв Центрально-Черноземной полосы / П.Г. Адрихин, Е.П. Тихова // Агрохимическая характеристика почв СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 5-111.
3. Адрихин П.Г. Минералогический состав черноземных и серых лесных почв Центрально-Черноземных областей / П.Г. Адрихин, А.Б. Беляев // Почвоведение и проблемы сельского хозяйства. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1973. – С. 5-36.
4. Афанасьева Е.А. Водный и температурный режимы черноземов / Е.А. Афанасьева // Черноземы СССР. – М.: Колос, 1974. – Т. 1. – С. 187-198.
5. Ахтырцев Б.П. Почвенный покров Среднерусского Черноземья / Б.П. Ахтырцев, А.Б. Ахтырцев. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1993. – 216 с.
6. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
7. Воронин А.Д. Опыт оценки противоэрозионной стойкости почв / А.Д. Воронин, М.С. Кузнецов // Эрозия почв и русловые процессы. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – Вып. 1. – С. 99-115.
8. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении / Е.А. Дмитриев. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 292 с.
9. Лебедева И.И. Генетический профиль черноземов и его изменение в зависимости от биоклиматических условий / И.И. Лебедева // Черноземы СССР. – М.: Колос, 1974. – Т. 1. – С. 84-109.
10. Пономарева В.В. Гумусовый профиль / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова // Черноземы СССР. – М.: Колос, 1974. – Т. 1. – С. 122-145.
11. Прасолов Л.И. Чернозем как тип почвообразования / Л.И. Прасолов // Почвы СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1939. – Т. 1. – С. 225-229.
12. Проценко А.А. Изменение структурно-функциональных и гидрофизических свойств типичных черноземов при интенсивном земледелии / А.А. Проценко, Е.П. Проценко // Агрэкологические принципы земледелия. – М.: Колос, 1993. – С. 237-255.
13. Растворова О.Г. Физика почв (практическое руководство) / О.Г. Растворова. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. – 196 с.
14. Чижикова Н.П. Минералогический состав илистых фракций черноземов / Н.П. Чижикова // Черноземы СССР. – М.: Колос, 1974. – Т. 1. – С. 173-187.
15. Щеглов Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – М.: Наука, 1999. – 214 с.
16. Ярилова Е.А. Микроморфология черноземов / Е.А. Ярилова // Черноземы СССР. – М.: Колос, 1974. – Т. 1. – С. 156-173.
17. Drees L.R. Micromorphic Record and Interpretations of Carbonate Forms in the Rolling Plains of Texas / L.R. Drees, L.P. Willding // Geoderma. – 1987. – V. 40, № 1/2. – P. 157-175.
18. Monnier G. La Composition Granulométrique Des Sols: un Moyen de Prevoir Leur Fertilité Physique / G. Monnier, P. Stengel // Bull. Techn. Inf. Min. Agr. – 1982. – № 370-372. – P. 503-512.

Королев Валерий Анатольевич
доктор биологических наук, профессор кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. (4732) 208577, E-mail: v.a.korolev@mail.ru

Korolev Valeriy Anatol'yevitch
Doctor Biology, Professor of the chair of soil science and land management, Voronezh State University, Voronezh, tel. (4732) 208577, E-mail: v.a.korolev@mail.ru