



УДК 631.412

DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-3-11

Диана Васильевна Еремина

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, доцент кафедры математики и информатики, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Тюмень

E-mail: diana-eremina@mail.ru

Сергей Григорьевич Котченко

ФГБУ Государственная станция агрохимической службы «Тюменская», директор, Россия, Тюмень

E-mail: agroingener@yandex.ru

**ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ВСПАШКИ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ТЕМНО-СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАУРАЛЬЯ**

Изучены изменения свойств темно-серой лесной почвы (Luvic Retic Greyzemic Phaeozems (WRB, 2014)) на территории лесостепной зоны Зауралья под влиянием многолетнего сельскохозяйственного использования при ежегодной отвальной обработке. На основе полевых и лабораторных исследований были выделены антропогенно обусловленные изменения агрофизических свойств в почвенном профиле пахотных темно-серых лесных почв. Проведен анализ динамики агрофизических свойств пахотной и целинной темно-серой лесной почвы, охватывающий 50-летний период (1964–2018 гг.). Установлено, что в естественном состоянии темно-серые лесные почвы лесостепной зоны Зауралья характеризуются постепенным улучшением агрофизических свойств. Ежегодная отвальная система основной обработки способствовала увеличению процесса иллювирирования. Миграции оказались подвержены средняя и мелкая пыль, а также илистая фракция. Выявлено, что в пахотном горизонте темно-серых лесных почв содержание физической глины за 54 года уменьшилось на 6,5–7,6 %, а илистых частиц – на 5,1–17,0 %. Зафиксирована аккумуляция средней и мелкой пыли непосредственно под пахотным горизонтом. Элементарные почвенные частицы с размером менее 0,001 мм мигрируют до глубины 60–80 см. Обеднение пахотного слоя илистой фракцией привело к снижению водопрочности почвенных агрегатов и повышению плотности сложения в слое 30–50 см до 1,45 г/см³. В результате многолетнего использования системы отвальной обработки наименьшая влагоемкость в слое 0–50 см соответствовала 162 мм, тогда как на пашне – 186 мм.

Ключевые слова: *Luvic Retic Greyzemic Phaeozems, темно-серые лесные почвы, сельскохозяйственное использование, гранулометрический состав, средняя и мелкая пыль, иллювирирование, наименьшая влагоемкость, структурно-агрегатный состав.*

Diana V. Eremina

Northern Trans-Urals State Agrarian University, associate professor of the chair of mathematics and informatics, candidate of agricultural sciences, Russia, Tyumen

E-mail: diana-eremina@mail.ru

Sergey G. Kotchenko

FSBI State Station of Agrochemical Service "Tyumenskaya", director, Russia, Tyumen

E-mail: agroingener@yandex.ru

THE INFLUENCE OF LONG-TERM TILLAGE ON AGROPHYSICAL PROPERTIES OF DARK GRAY FOREST SOILS OF FOREST-STEPPE ZONE OF TRANS-URALS

The changes in the properties of dark gray forest soil (Luvic Retic Greyzemic Phaeozems (WRB, 2014)) on the territory of the forest-steppe zone of the Trans-Urals under the influence of long-term agricultural use during annual dump processing were studied. On the basis of field and laboratory studies, anthropogenic changes in agrophysical properties in the soil profile of arable dark gray forest soils were identified. The dynamics of agrophysical properties of arable and virgin dark gray forest soil covering a 50-year period (1964–2018) was analyzed. It was established that in natural state, dark gray forest soils of the forest-steppe zone of the Trans-Urals were characterized by gradual improvement of agrophysical properties. The annual dump system of main processing contributed to the increase in the process of illuviation. Medium and fine dusts, as well as the silty fraction were subject to migration. It was found that in arable horizon of dark gray forest soils, the content of physical clay decreased by 6.5–7.6 % over 54 years, and silty particles – by 5.1–17.0 %. The accumulation of medium and fine dust was recorded directly under the arable horizon. Elementary soil particles with a size less than 0.001 mm migrate to the depth of 60–80 cm. Impoverishment of the arable layer by the silty fraction led to the decrease in the water strength of soil aggregates and the increase in the density of addition in the layer of 30–50 cm to 1.45 g/cm³. As a result of long-term use of the dump processing system, the lowest water capacity in the 0–50 cm layer corresponded to 162 mm, while on arable land – 186 mm.

Keywords: *Luvic Retic Greyzemic Phaeozems, dark gray forest soils, agricultural use, granulometric composition, medium and fine dust, illuviation, lowest moisture capacity, structural and aggregate composition.*

Введение. Сельское хозяйство Западной Сибири начало активно развиваться в середине XX века, несмотря на то, что о плодородии земель было известно задолго до этого. Во время Великой Отечественной войны (1941–1945 гг.) и в послевоенные годы возник вопрос о необходимости расширения пашни [1]. В этот период были освоены основные площади черноземных почв Западной Сибири. С появлением плановой экономики было принято решение об изыскании дополнительных плодородных земель для создания индустриального сельского хозяйства за Уралом [2]. Этот период характеризовался проведением экспедиций и созданием детальных почвенных карт сибирских областей. Крупные массивы темно-серых лесных почв были определены как наиболее перспективные для сельскохозяйственного освоения, и после раскорчевки лесные земли были распаханы.

Активному расширению объемов сельского хозяйства в Западной Сибири способствовали достижения аграрной науки, которая создала новые сорта, способные давать устойчивые

урожаи в условиях сурового сибирского климата [3, 4]. Появление новых технологий обработки почвы и научно обоснованное применение минеральных удобрений позволили успешно выращивать сельскохозяйственные культуры на низкоплодородных почвах [5–7]. С развитием компьютерных технологий появилась возможность математического моделирования почвенных процессов, что дало возможность установить роль антропогенного фактора в формировании элементов плодородия [8, 9].

В последние десятилетия нагрузка на почвы, вовлеченные в сельскохозяйственный оборот, существенно возросла, что негативно отразилось на их агрофизических свойствах [10, 11]. Наиболее серьезные изменения произошли в пахотных серых лесных почвах, которые менее устойчивы к антропогенному воздействию, чем черноземы.

Среди основных типов почв Тюменской области серые лесные почвы занимают пятое место. Их общая площадь составляет почти 1 млн га, или около 6,3 % сельскохозяйственной зоны

Тюменской области. В настоящее время более 80 % общей площади серых лесных почв освоено под сельскохозяйственные угодья; 63 % из них находятся под пашней. Темно-серые лесные почвы сформировались рядом с основными массивами черноземов и поэтому были распашаны существенно раньше, чем другие подтипы. Близкое сочетание темно-серых лесных почв с черноземами в пахотном фонде Западной Сибири обусловило для них такую же высокую антропогенную нагрузку. Обладая меньшей природной устойчивостью к неблагоприятным факторам, темно-серые лесные почвы сильнее реагируют на увеличение антропогенной нагрузки, чем черноземы.

Цель работы. Изучение влияния многолетней сельскохозяйственной деятельности на агрофизические свойства темно-серых лесных почв лесостепной зоны Зауралья.

Материалы и методы. Исследования проводили на территории юга Тюменской области. Изучаемые почвы – темно-серые лесные осолоделые тяжелосуглинистые (Luvic Retic Greyzemic Phaeozems (WRB, 2014)), сформировавшиеся на карбонатных покровных суглинках и глинах [2, 12]. По своим морфогенетическим признакам и основным свойствам они типичны для северной лесостепи Западной Сибири [13]. Темно-серые лесные почвы формируются на повышенных элементах рельефа с глубоким залеганием уровня грунтовых вод под разреженными березовыми лесами. В лесостепной зоне Зауралья эти почвы залегают крупными массивами среди выщелоченных и оподзоленных черноземов.

Исследования охватили 4 административных района южной части Тюменской области: Голышмановский, Викуловский, Бердюжский, Аромашевский. Основные почвенные разрезы были заложены под естественной растительностью, представленной разреженным березовым лесом с хорошо развитой разнотравно-злаковой травянистой группировкой с примесью бобовых трав. Видовой состав включает в себя около 90 видов растений. Из злаковых широко представлены вейник (*Calamagrostis* L.), полевица (*Agrostis* L.), тимopheевка (*Phleum* L.), мятлик (*Poa* L.); разнотравья – лабазник (*Filipendula* Mill.), тысячелистник (*Achillea* L.), девясил (*Inula* L.); из бобовых – клевер (*Trifolium* L.), мышиный горошек (*Vicia cracca* L.) и чина луговая

(*Lathyrus pratensis* L.). Дополнительно были заложены полнопрофильные разрезы на пашне, примыкающей к основным целинным площадкам. Расстояние между целинными и пахотными участками не превышало 1 км. Степень однородности целинной почвы и на пашне определяли по гранулометрическому составу и основным свойствам почвообразующих пород, поскольку гумусовый горизонт претерпел существенное изменение под действием антропогенного фактора. Первоначальной точкой были почвенные исследования, проводимые в рамках государственной программы по созданию Почвенной карты юга Тюменской области масштаба 1:300000 под руководством профессора Л.Н. Каретина. В 1964 г. кафедрой почвоведения и агрохимии Тюменского СХИ было заложено на целине и пашне 4 и 12 основных разрезов соответственно. В 2018 г. на этих же площадках вновь были выкопаны разрезы. Общее количество разрезов составило по 24 на каждый вид угодий. Одновременно с морфологическим описанием из разрезов послойно были отобраны почвенные образцы для лабораторного анализа, который был проведен в аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ Государственной станции агрохимической службы «Тюменская» и на кафедре почвоведения и агрохимии Государственного аграрного университета Северного Зауралья.

В период с 1964 по 2018 г. на пашне исследуемых участков применялась разноглубинная отвальная система обработки: под предшественники первой группы (занятый пар, кукуруза) – 28–30 см; второй группы (зерновые и рапс) – 20–22 см. В период с 1964 по 1995 г. повсеместно использовались зернопаропропашные севообороты; с 1996 по 2015 г. – зернопаровые севообороты. В последние годы в хозяйствах вновь стали выращивать кукурузу на силос. Ежегодное внесение минеральных удобрений осуществлялось только до 1995 г. в дозах до 80 кг д.в. на гектар. В последующие годы и до настоящего времени хозяйства вносили только азотные удобрения под яровую пшеницу и рапс в дозах не более 30 кг д.в. В качестве органических удобрений на изучаемых участках вносили торфо-навозные компосты в дозах не более 40 т/га согласно схеме севооборота под однолетние травы (горохо-овсяная смесь).

Агрофизические исследования проводили следующими методами: гранулометрический состав – по Качинскому. Отбор образцов из полнопрофильных разрезов почв. Плотность сложения определяли почвенным буром Качинского в ненарушенном состоянии до глубины 50 см в 12-кратной повторности. Водопрочность почвенных агрегатов определяли на приборе Бакшеева методом мокрого рассева через колонку сит в 6-кратной повторности. Отбор почвенных проб на плотность сложения и структурно-агрегатный состав проводили в середине июля, чтобы исключить серьезные искажения, вызванные механическими обработками в период весенних работ. Наименьшую влагоемкость определяли в полевых условиях методом заливных площадок.

Полученные результаты подверглись математической и статистической обработке согласно методике Б.А. Доспехова с применением па-

кета «Описательная статистика» программного продукта Microsoft Excel. Достоверность изменения агрофизических свойств пахотной и целинной темно-серой лесной почвы проводили путем расчета наименьшей существенной разницы между значениями 1964 и 2018 гг.

Результаты и их обсуждение. Изучаемые нами темно-серые лесные почвы относятся к тяжелосуглинистой разновидности. Процесс иллювиирования в данном подтипе серых лесных почв выражен в минимальной степени, что дает возможность установить роль сельскохозяйственной деятельности на основные элементы плодородия, связанные с гранулометрическим составом [14, 15]. В таблице 1 приводится распределение физической глины и илистой фракции, поскольку именно они являются ключевыми для формирования агрофизических и физико-химических свойств почв [16].

Таблица 1

Распределение физической глины (<0,01 мм) и ила (<0,001 мм) в темной серой лесной почве (над чертой среднее значение; под чертой – интервал изменения величины)

| Глубина отбора, см | Содержание гранулометрических фракций | | | | Отклонение, % от 1964 г. | |
|--------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------|
| | 1964 г. | | 2018 г. | | <0,01 мм | <0,001 мм |
| | <0,01 мм | <0,001 мм | <0,01 мм | <0,001 мм | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Целина | | | | | | |
| 10 | <u>35,4±2,7</u> 32,7-38,1 | <u>23,1±1,8</u> 20,4-24,9 | <u>37,2±2,1</u> 34,6-40,2 | <u>23,5±2,1</u> 21,2-25,6 | 4,8±0,3 | 1,7±0,1 |
| 20 | <u>41,0±3,3</u> 37,5-42,6 | <u>25,7±1,4</u> 23,4-28,6 | <u>42,8±2,6</u> 40,7-45,0 | <u>26,6±2,4</u> 25,3-30,1 | 4,2±0,5 | 3,4±0,3 |
| 30 | <u>47,3±4,1</u> 35,7-51,6 | <u>35,7±3,1</u> 32,2-37,4 | <u>45,1±1,8</u> 42,3-48,8 | <u>36,8±3,0</u> 33,5-38,8 | -4,9±0,5 | 3,0±0,2 |
| 40 | <u>51,1±4,8</u> 45,8-54,9 | <u>37,6±2,7</u> 34,6-40,8 | <u>52,8±4,3</u> 47,2-55,7 | <u>38,4±3,1</u> 34,3-40,0 | 3,2±0,3 | 2,1±0,1 |
| 60 | <u>49,7±4,4</u> 43,9-56,0 | <u>36,6±3,5</u> 34,3-42,0 | <u>48,3±1,6</u> 44,7-50,3 | <u>37,7±2,7</u> 34,6-40,4 | -2,8±0,2 | 3,0±0,2 |
| 80 | <u>42,0±5,2</u> 38,9-50,1 | <u>33,2±3,7</u> 28,8-37,4 | <u>45,7±3,8</u> 41,4-46,0 | <u>34,8±2,5</u> 30,5-38,6 | 8,2±0,2 | 4,6±0,2 |
| 100 | <u>46,1±3,5</u> 44,8-48,3 | <u>34,2±2,8</u> 32,1-37,7 | <u>47,2±2,2</u> 45,0-50,7 | <u>35,3±2,6</u> 30,1-36,8 | 2,4±0,3 | 3,2±0,3 |
| Пашня | | | | | | |
| 10 | <u>33,8±2,8</u> 30,8-36,7 | <u>21,3±2,4</u> 18,5-25,5 | <u>31,4±3,8</u> 25,1-35,3 | <u>18,2±2,1</u> 16,9-21,0 | -7,6±0,1 | -17,0±0,8 |
| 20 | <u>32,6±3,4</u> 28,7-35,0 | <u>18,5±1,8</u> 17,7-21,3 | <u>30,3±4,2</u> 24,7-35,4 | <u>17,6±3,4</u> 14,7-21,5 | -7,6±0,2 | -5,1±0,2 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------|----------|
| 30 | $\frac{34,5 \pm 3,2}{30,4-38,6}$ | $\frac{22,2 \pm 2,0}{20,0-26,1}$ | $\frac{32,4 \pm 4,4}{27,2-37,0}$ | $\frac{23,8 \pm 4,7}{19,4-30,2}$ | -6,5±0,1 | 6,7±0,3 |
| 40 | $\frac{58,2 \pm 3,3}{54,0-61,2}$ | $\frac{43,2 \pm 2,7}{40,4-46,1}$ | $\frac{63,6 \pm 6,0}{58,1-69,5}$ | $\frac{45,3 \pm 5,2}{40,2-50,6}$ | 8,5±0,3 | 4,6±0,3 |
| 60 | $\frac{54,0 \pm 3,8}{50,3-58,3}$ | $\frac{42,3 \pm 2,2}{40,0-45,3}$ | $\frac{57,7 \pm 6,5}{50,4-64,9}$ | $\frac{47,0 \pm 3,4}{44,1-51,6}$ | 6,4±0,2 | 10,0±0,2 |
| 80 | $\frac{45,2 \pm 4,1}{40,7-50,4}$ | $\frac{36,3 \pm 2,9}{33,1-40,2}$ | $\frac{47,5 \pm 5,4}{39,7-51,0}$ | $\frac{38,5 \pm 3,0}{35,0-41,3}$ | 4,8±0,5 | 5,7±0,3 |
| 100 | $\frac{47,4 \pm 3,8}{43,3-51,4}$ | $\frac{36,1 \pm 3,4}{32,7-41,1}$ | $\frac{48,3 \pm 3,7}{44,8-51,6}$ | $\frac{35,4 \pm 3,8}{31,1-38,5}$ | 1,9±0,1 | -2,0±0,1 |

В 1964 г. целинная темно-серая лесная почва характеризовалась постепенным повышением содержания элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) размером более 0,01 мм от 35,4 % в слое 0–10 см до 51,1 % на глубине 40 см. Сравнение с содержанием данной фракции на глубине 80 см (42 %) подтверждает наличие процесса иллювиирования в целинных темно-серых лесных почвах Зауральской лесостепи. По распределению илистой фракции (<0,001 мм) иллювиальный горизонт выделяется более четко в границах 30–60 см – содержание ила здесь варьировало от 35,7 до 37,6 %. На пашне, вследствие ежегодных механических обработок, верхний слой стал гомогенным – содержание физической глины варьировало от 33,8 до 34,5 %. Однако было установлено, что подпахотный слой характеризовался достоверной аккумуляцией элементарных почвенных частиц с размерами менее 0,01 мм до 58,2 %, а ила (<0,001 мм) – 43,2 %. Выявленная особенность указывает на усиление иллювиирования в пашне, возникшее в результате повышения водопроницаемости пахотного слоя [17, 18].

К 2018 г. гранулометрический состав гумусового горизонта целинного участка незначительно изменился – отклонения по содержанию физической глины составили +4,8 %, что обусловлено постепенным накоплением гумусовых веществ. С глубины 30 см отмечено незначительное уменьшение содержания ЭПЧ с размерами менее 0,01 мм с 47,3 до 45,1 %, что указывает на проявление современного процесса иллювиирования в темно-серых лесных почвах Западной Сибири. На глубине 80 см также установлен факт аккумуляции частиц физической глины с 42,0 до 45,7 %.

За 54 года пахотный слой (0–30 см) потерял 6,5–7,6 % частиц физической глины, общее содержание которой в 2018 г. варьировало от 30,3 до 32,4 %. Нужно отметить, что коэффициент вариации составил 18 %, тогда как на целине он был существенно ниже – 12 %. Это объясняется разной интенсивностью сельскохозяйственной деятельности на участках исследований. Была выявлена миграция илистых частиц (<0,001 мм) на глубину до 60 см. Разница относительно 1964 г. составила +10,0 %, тогда как на целине она была +3,0 %.

Таким образом, большой временной промежуток позволил нам установить усиление процесса иллювиирования в пахотных агросерых почвах, что влечет за собой изменение их агрофизических свойств.

На целине в 1964 г. плотность сложения гумусового горизонта варьировала в пределах 1,10–0,85 г/см³, что соответствовало рыхлому сложению. Слой 30–40 см, благодаря развитию корневой системы многолетней травянистой растительности и наличию почвенной биоты, был незначительно уплотнен, но оставался в пределах оптимума (1,00–1,30 г/см³). Верхняя часть иллювиального горизонта (ELBt) характеризовалась более высоким значением плотности сложения по отношению к вышележащему слою (табл. 2). На пашне в этот же год характер уплотнения почвенного профиля отличался от целины. Ежегодные механические обработки способствовали уплотнению слоя 20–30 см, где плотность сложения в первой половине вегетации составила 1,26 г/см³, что приближается к верхней границе оптимума для тяжелосуглинистых разновидностей почв. Плотность сложения подпахотного слоя (30–40 см) была на 15 %

выше значений целинной почвы. Необходимо отметить, что этот слой не обрабатывается, но испытывает существенное давление от рабочих органов сельскохозяйственных орудий. Однако, кроме физического воздействия, приводящего к уплотнению почвенных агрегатов, существует и еще один механизм – перемещение в этот слой подвижных элементарных почвенных частиц и их аккумуляция в крупных пустотах [19]. В ранее

проведенных нами исследованиях было установлено, что в пахотных почвах активно идет дифференциация профиля по размерам почвенных частиц. В слое 30–50 см накапливаются частицы средней (0,005–0,01) и мелкой пыли (0,001–0,005 мм), а илистые элементарные почвенные частицы проникают существенно глубже [5].

Таблица 2

Влияние длительного сельскохозяйственного использования на агрофизические свойства темно-серой лесной почвы

| Показатель | Слой, см | 1964 г. | | 2018 г. | | НСР ₀₅ |
|--------------------------------------|----------|---------|-------|---------|-------|-------------------|
| | | Целина | Пашня | Целина | Пашня | |
| Плотность, г/см ³ | 0-10 | 0,85 | 0,94 | 1,03 | 1,06 | 0,07 |
| | 10-20 | 1,02 | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 0,10 |
| | 20-30 | 1,10 | 1,26 | 1,18 | 1,28 | 0,10 |
| | 30-40 | 1,20 | 1,38 | 1,22 | 1,44 | 0,14 |
| | 40-50 | 1,37 | 1,44 | 1,28 | 1,45 | 0,15 |
| Водопрочность агрегатов, % | 0-10 | 78 | 67 | 75 | 48 | 3 |
| | 10-20 | 75 | 68 | 74 | 46 | 2 |
| | 20-30 | 62 | 65 | 66 | 55 | 4 |
| | 30-40 | 60 | 63 | 70 | 47 | 4 |
| | 40-50 | 73 | 70 | 68 | 55 | 5 |
| Наименьшая влагоемкость, % от объема | 0-10 | 40 | 38 | 42 | 35 | 2 |
| | 10-20 | 40 | 40 | 45 | 35 | 2 |
| | 20-30 | 35 | 35 | 37 | 40 | 4 |
| | 30-40 | 35 | 30 | 32 | 27 | 4 |
| | 40-50 | 32 | 30 | 30 | 25 | 3 |

К 2018 г. плотность сложения на целине не имела существенных отличий относительно 1964 г., что указывает на стабильность почвенной системы. Однако изменения были на пашне – пахотный слой, благодаря ежегодным механическим обработкам, оставался в пределах оптимума (1,06–1,28 г/см³). Слой 30–40 см продолжал постепенно уплотняться, достигнув 1,44 г/см³. В условиях лесостепной зоны Зауралья это может привести к нарушению водопроницаемости пахотной темно-серой лесной почвы и поверхностному переувлажнению во влажные годы.

Скорость движения воды в почве определяется также и водоустойчивостью структурных агрегатов. Исследования 1964 г. показали, что верхняя половина метрового профиля целинного участка характеризовалась отличной водо-

прочностью – содержание водоустойчивых агрегатов находилось в пределах 60–80 %. Это создает благоприятные условия для движения воды вглубь по профилю и его аэрации. За период с 1964 по 2018 г. на целине достоверные изменения были выявлены только в слое 30–40 см, где количество водоустойчивых агрегатов возросло с 60 до 70 %

Пахотные темно-серые лесные почвы в 1964 г. характеризовались меньшей водоустойчивостью структурных агрегатов пахотного слоя по сравнению с целиной. Сопротивление разрывающему действию воды в слое 0–30 см варьировало от 65 до 68 %, но все же находилось в пределах отличной водопрочности, характерной для черноземов [9].

В слое 30–50 см достоверных различий между целиной и пашней обнаружено не было. За

54 года водоустойчивость агросерой почвы существенно изменилась. В слое 0–20 см водопрочность агрегатов была ниже целины и пашни 1964 г., но находилась в диапазоне, соответствующем хорошей оструктуренности. Коэффициент вариации по изучаемым 24 участкам составил 12 %, что соответствовало средней степени изменчивости. Причиной ухудшения водоустойчивости агрегатов пахотного слоя является изменение качественного состава гумуса на пашне и потеря катионов щелочноземельных металлов из почвенно-поглощительного комплекса.

В подпахотном слое (30–50 см) водопрочность агрегатов составила 47–55 %, тогда как на целине она была значительно выше – 68–70 %. Таким образом, становится очевидной тенденция постепенного ухудшения структурно-агрегатного состава под действием многолетней сельскохозяйственной деятельности. Антропогенные изменения затрагивают толщу почвы до глубины 50 см, а не ограничиваются только пахотным слоем.

Тяжелосуглинистые темно-серые лесные почвы лесостепной зоны Зауралья характеризуются достаточно высокой водоудерживающей способностью – суммарные запасы влаги, соответствующие наименьшей влагоемкости (НВ), в слое 50 см составляют 182 мм. Наименьшая влагоемкость гумусово-элювиального горизонта (0–30 см) варьировала в пределах 35–40 % от объема почвы. За исследуемый промежуток времени на целине достоверное изменение было обнаружено только в слое 10–20 см, где наименьшая влагоемкость возросла с 40 до 45 % от объема почвы. На пашне данный показатель не имел существенных отличий по сравнению с целиной. Ретроспективный анализ показал, что под действием многолетнего использования почвы в пашне наименьшая влагоемкость уменьшилась, что свидетельствует об ухудшении водно-физических свойств. Наиболее серьезные изменения произошли в пахотном слое (0–30 см) – к 2018 году он мог удерживать 110 мм капиллярно-подвешенной влаги, тогда как на целине – 124 мм. Причиной ухудшения одного из главных показателей водно-физических свойств является уменьшение порового пространства, вызванное изменением структурно-агрегатного состава почвы.

Заключение. Сравнительный анализ показал, что в пахотных агросерых почвах происходит перемещение элементарных почвенных

частиц размером менее 0,01 мм вглубь по профилю, с формированием плотных слоев на глубинах 30 и 80 см. Анализ агрофизических свойств темно-серой лесной почвы показал формирование на глубине 30–50 см слоя с плотностью сложения до 1,45 г/см³, тогда как на целине – 1,22–1,28 г/см³ (НСР₀₅ – 0,08). Водопрочность агрегатов снизилась с 65–68 до 46–48 % (НСР₀₅ – 4). Уменьшение порового пространства негативно отразилось на влагоемкости. Запасы почвенной влаги, соответствующие ей в слое 50 см пахотной темно-серой лесной почвы, составили 162 мм, что на 15 % ниже значений целины.

Таким образом, используемая в Западной Сибири система земледелия привела к ухудшению агрофизических свойств пахотных агросерых лесных почв.

Литература

1. Горшенин К.П. Почвы южной части Сибири. М.: Академия наук, 1955. 590 с.
2. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука, 1990. 285 с.
3. Логинов Ю.П., Казак А.А., Плотников Д.В. Урожайность и качество зерна пшеницы сорта Ирень в зависимости от минерального питания в Тюменской области // Вестник Оренбургского ГАУ. 2019. № 4(78). С. 51–54.
4. Остапенко А.В., Тоболова Г.В. Создание базы данных сортов рода *Avena L.* на основе изменчивости компонентного состава проламинов // Агропродовольственная политика России. 2015. № 4. С. 44–46.
5. Демин Е.А., Барабанщикова Л.Н. Вынос элементов питания кукурузой, выращиваемой на зеленую массу по зерновой технологии в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник Мичуринского ГАУ. 2020. № 2(61). С. 90–94.
6. Демина О.Н., Еремин Д.И. Влияние удобрений на микрофлору пахотного чернозема лесостепной зоны Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2020. № 2 (155). С. 63–71. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-2-63-71.
7. Kühling I., Trautz D., Broll G., Redozubov D. Impact of tillage, seeding rate and seeding depth on soil moisture and dryland spring wheat yield in Western Siberia Soil & Tillage Research, 2017. 170. pp. 43–52.

8. *Chelovechkova A.V., Komissarova I.V., Eremin D.I.* Forecasting water saturation of fill grounds in urban infrastructure conditions by mathematical modeling based on the main hydrophysical characteristic // *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2018. Т. 9. № 3 (27). P. 485–490. DOI: 10.14505/jemt.v9.3(27).08
9. *Еремина Д.В.* Агроэкономическая оценка применяемых в Тюменской области минеральных удобрений // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018. № 4 (72). С. 26–30.
10. *Кураченко Н.Л., Лозневая Е.В.* Влияние сельскохозяйственного использования земель на изменение свойств чернозема выщелоченного Красноярской лесостепи // *Агрохимический вестник*. 2013. № 6. С. 4–7.
11. *Сорокина О.А.* Трансформация плодородия почв под лесными насаждениями на сопряженных элементах рельефа в степях Хакасии // *Лесоведение*. 2017. № 1. С. 60–72.
12. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO. Rome, 2014.
13. *Еремин Д.И.* Особенности морфогенетических свойств серых лесных почв юга Тюменской области // *Вестник Курганской ГСХА*. 2017. № 3 (23).
14. *Еремин Д.И.* Гранулометрия пахотных серых лесных почв Северного Зауралья // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018. №1 (69). С. 18–22.
15. *Kuznetsova I.V.* Changes in the physical status of the typical and leached chernozems of Kursk oblast within 40 years // *Eurasian Soil Science*. 2013. Т. 46. № 4. P. 393-400. DOI: 10.7868/S0032180X13040084.
16. *Татаринцев В.Л.* Гранулометрия агропочв юга Западной Сибири и их физическое состояние. Барнаул: Изд-во Алтайского ГАУ, 2008. 261 с.
17. *Саинчук А.М., Стекольников К.Е.* Эволюционная трансформация гранулометрического состава и органо профиля черноземов в Каменной степи // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2019. Т.12. № 4(63). С. 123–131.
18. *Самофалова И.А.* Диагностика эродированности почв с использованием современных подходов к интерпретации параметров гранулометрического состава // *Земледелие*. 2020. №1. С. 14–19. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10104.
19. *Еремин Д.И.* Агрогенное изменение гранулометрического состава чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья // *Агропродовольственная политика России*. 2013. № 7(19). С. 43–45.

Literatura

1. *Gorshenin K.P.* Pochvy juzhnoj chasti Sibiri. M.: Akademija nauk, 1955. 590 s.
2. *Karetin L.N.* Pochvy Tjumenskoj oblasti. Novosibirsk: Nauka, 1990. 285 s.
3. *Loginov Ju.P., Kazak A.A., Plotnikov D.V.* Urozhajnost' i kachestvo zerna pshenicy sorta Iren' v zavisimosti ot mineral'nogo pitaniya v Tjumenskoj oblasti // *Vestnik Orenburgskogo GAU*. 2019. № 4(78). S. 51–54.
4. *Ostapenko A.V., Tobolova G.V.* Sozdanie bazy dannyh sortov roda Avena L. na osnove izmenchivosti komponentnogo sostava prolaminov // *Agroprodovol'stvennaja politika Rossii*. 2015. № 4. S. 44–46.
5. *Demin E.A., Barabanshnikova L.N.* Vynos jelementov pitaniya kukuruzoj, vyrashhivaemoj na zelenuju massu po zernovoj tehnologii v uslovijah lesostepnoj zony Zaural'ja // *Vestnik Michurinskogo GAU*. 2020. № 2(61). S. 90–94.
6. *Demina O.N., Eremin D.I.* Vlijanie udobrenij na mikrofluoru pahotnogo chernozema lesostepnoj zony Zaural'ja // *Vestnik KrasGAU*. 2020. № 2 (155). S. 63–71. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-2-63-71.
7. *Kühling I., Trautz D., Broll G., Redozubov D.* Impact of tillage, seeding rate and seeding depth on soil moisture and dryland spring wheat yield in Western Siberia *Soil & Tillage Research*, 2017. 170. pp. 43–52.
8. *Chelovechkova A.V., Komissarova I.V., Eremin D.I.* Forecasting water saturation of fill grounds in urban infrastructure conditions by mathematical modeling based on the main hydrophysical characteristic // *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2018. Т. 9. № 3 (27). P. 485–490. DOI: 10.14505/jemt.v9.3(27).08

9. *Eremina D.V.* Agrojekonomicheskaja ocenka primenjaemyh v Tjumenskoj oblasti mineral'nyh udobrenij // *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. № 4 (72). S. 26–30.
10. *Kurachenko N.L., Loznevaja E.V.* Vlijanie sel'skohozjajstvennogo ispol'zovanija zemel' na izmenenie svojstv chernozema vyshhelochennogo Krasnojarskoj lesostepi // *Agrohicheskij vestnik*. 2013. № 6. S. 4–7.
11. *Sorokina O.A.* Transformacija plodorodija pochv pod lesnymi nasazhdenijami na soprijazhennyh jelementah rel'efa v stepjah Hakasii // *Lesovedenie*. 2017. № 1. S. 60–72.
12. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO. Rome, 2014.
13. *Eremin D.I.* Osobennosti morfogeneticheskikh svojstv seryh lesnyh pochv juga Tjumenskoj oblasti // *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2017. № 3 (23).
14. *Eremin D.I.* Granulometrija pahotnyh seryh lesnyh pochv Severnogo Zaural'ja // *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. №1 (69). S. 18–22.
15. *Kuznetsova I.V.* Changes in the physical status of the typical and leached chernozems of Kursk oblast within 40 years // *Eurasian Soil Science*. 2013. T. 46. № 4. P. 393-400. DOI: 10.7868/S0032180X13040084.
16. *Tatarincev V.L.* Granulometrija agropochv juga Zapadnoj Sibiri i ih fizicheskoe sostojanie. Barnaul: Izd-vo Altajskogo GAU, 2008. 261 s.
17. *Sainchuk A.M., Stekol'nikov K.E.* Jevoljucionnaja transformacija granulometricheskogo sostava i organoprofilja chernozemov v Kamennoj stepi // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. T.12. № 4(63). S. 123–131.
18. *Samofalova I.A.* Diagnostika jerodirovannosti pochv s ispol'zovaniem sovremennyh podhodov k interpretacii parametrov granulometricheskogo sostava // *Zemledelie*. 2020. №1. S. 14–19. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10104.
19. *Eremin D.I.* Agrogennoe izmenenie granulometricheskogo sostava chernozema vyshhelochennogo lesostepnoj zony Zaural'ja // *Agroprodovol'stvennaja politika Rossii*. 2013. № 7(19). S. 43–45.

