

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА МИКРОАГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

**Д.И. ЕРЕМИН¹, доктор биологических наук, профессор,
Н.А. ГРУЗДЕВА², ведущий агрохимик**

*¹Государственный аграрный университет Северного Зауралья
625003, Россия, Тюмень, ул. Республики, 7
e-mail: soil-tyumen@yandex.ru*

*²Государственная станция агрохимической службы «Тюменская»
625041, Россия, Тюмень, ул. Роцинское шоссе, 2, корпус 10
e-mail: g.nessi@mail.ru*

Представлены результаты анализа микроагрегатного состава целинных и пахотных серых лесных почв и причины его изменения в результате многолетней отвальной обработки. Исследования проведены в подтаежной зоне в Нижнетавдинском и Ярковском районах Тюменской области на различных подтипах серой лесной почвы: светло-серых, серых и темно-серых. Для выявления генетических особенностей микроагрегатного состава серых лесных почв проведены сравнительные анализы с целинных участков. Установлено, что светло-серые и серые лесные почвы обладают благоприятным микроагрегатным составом, несмотря на дефицит гумусовых веществ и проявление процесса иллювиования. Целинные темно-серые лесные почвы по первичному структурообразованию схожи с черноземами лесостепной зоны Зауралья, однако различаются низкой агрегатной устойчивостью. Коэффициент дисперсности гумусово-элювиального горизонта серых лесных почв изменяется от 4,6–5,0 % в темно-серых до 15,5–16,4 % в подтипе светло-серых лесных почв. Пахотные аналоги серой лесной почвы характеризуются следующими значениями коэффициента дисперсности: светло-серые лесные – 34,5–40,1 %; серые лесные – 19,8–24,3 и темно-серые лесные – 15,9–16,6 %. Степень агрегированности по Бейверу в пахотных серых лесных почвах в 2 раза и более меньше значений целинных участков, что указывает на резкое снижение микроагрегатной устойчивости и ухудшение условий первичного структурообразования. Серьезные негативные изменения проявляются не только в светло-серой и серой, но и в темно-серой почве, в которой содержание гумусовых веществ выше. Установлено антропогенное изменение микроагрегатного состава серых лесных почв до глубины в 1 м, что обусловлено процессом перемещения илстых элементарных почвенных частиц из верхних слоев в глубь профиля.

Ключевые слова: серые лесные почвы, целина, пашня, микроагрегатный состав, структурообразование, коэффициент дисперсности, степень агрегированности, илстая фракция.

Структурное состояние наряду с гранулометрическим составом считается основополагающим показателем плодородия почв. Формирование почвенных агрегатов, их размер и форма определяют другие физические показатели: плотность сложения, водопроницаемость, аэрацию, которые оказывают непосредственное влияние на произрастание растений как в естественных условиях, так и в агрофитоценозах [1–3]. Общеизвестно, что лучшие структуры – зернистая и мелкокомковатая обычно присутствуют в целинных черноземах. Однако их распашка и длительное использование в пашне приводят к формированию глыбистой макроструктуры, негативно влияю-

щей на все агрофизические свойства почвы [4, 5]. Чтобы разобраться с причинами ухудшения макроструктуры и разработать систему эффективных мероприятий по сохранению или восстановлению оптимальных физических показателей, необходимо изучить первичное структурообразование – процесс формирования микроагрегатов путем «склеивания» элементарных почвенных (гранулометрических) частиц. Обычно размер микроагрегатов не превышает 0,25 мм, но, соединяясь друг с другом, микроагрегаты образуют макроагрегаты, почвенные комки и крупные фрагменты почвы, размеры которых более 0,25 мм, достигая 10 см и более в диаметре. Этот процесс называ-

ется вторичным структурообразованием. С агрофизической точки зрения устойчивость микро- и макроагрегатов крайне важна. Именно от этой способности агрегатов зависит противоэрозионная устойчивость почв, способность выдерживать внешние механические нагрузки, гумусообразование и многие другие почвенные показатели. Особенно это касается серых лесных почв, которые изначально не обладают высокой устойчивостью почвенных агрегатов и при длительной распашке относительно быстро становятся неблагоприятными с агрофизической точки зрения [6].

На юге Тюменской области, где сосредоточено сельскохозяйственное производство, серые лесные почвы активно используются человеком. Подтип темно-серых лесных почв, площадь которого, по данным Л.Н. Каретина [7], 357 тыс. га, преимущественно распространен в лесостепной зоне и практически полностью распахан. Светло-серые (161 тыс. га) и серые лесные почвы (370 тыс. га) сформировались в подтаежной зоне и являются наиболее плодородными в структуре почвенного покрова [8]. Поэтому в целинном состоянии они остались только в лесостепной зоне, поскольку изначально проигрывают по эффективному и потенциальному плодородию черноземным почвам. Длительное использование серых лесных почв в пашне привело к ухудшению элементов плодородия, в том числе агрофизических свойств.

Цель исследований – изучить особенности изменения микроагрегатного состава серой лесной почвы Тюменской области и оценить негативную роль антропогенного фактора на формирование почвенных микроагрегатов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Серые лесные почвы *Luvic Retic Greyzemic Phaeozems* (WRB, 2014) в Западной Сибири занимают повышенные элементы рельефа, которые хорошо обеспечены поверхностным стоком и имеют глубокий уровень залегания грунтовых

вод. Серые лесные почвы формируются под мелколиственными березовыми и осиновыми лесами при одновременном действии двух современных процессов почвообразования – гумусово-аккумулятивного и оподзоливания [9]. На Зауральском плато темно-серые лесные почвы залегают крупными массивами среди выщелоченных и оподзоленных черноземов. На приречных участках плоских водоразделов они примыкают к луговым или черноземно-луговым почвам. В подтаежной зоне сочетаются или граничат с луговыми или дерново-подзолистыми почвами [7].

Исследования микроагрегатного состава проводили на всех подтипах серой лесной почвы. Стационарные участки заложены на пашне в 1994 г. агрохимической станцией «Тюменская» в различных административных районах Тюменской области. Для выявления классификационной принадлежности почв [10] и определения влияния антропогенного фактора на первичное структурообразование на стационарах и целинных участках заложены полнопрофильные разрезы глубиной до 300 см, расположенные на расстоянии не более 200 м друг от друга.

Стационар № 28 расположен в подтаежной зоне Ярковского района (57°18'24"; 66°56'25"). Почва светло-серая лесная среднесуглинистая на лёссовидном суглинке. В целинном состоянии состоит из следующих генетических горизонтов: $A0_{(0-1\text{ см})} - A1_{(1-12)} - A1A2_{(12-22)} - B1_{(22-50)} - B2_{(50-100)} - BC_{(100-160)} - C_{(>160)}$.

Стационар № 19 расположен в Нижнетавдинском районе Тюменской области, в подтаежной зоне (57°29'35"; 65°44'05") на расстоянии 70 км от стационара № 28. Почва серая лесная среднесуглинистая на лёссовидном суглинке: $A0_{(0-3\text{ см})} - A1_{(3-20)} - A1A2_{(20-28)} - B1_{(28-60)} - B2_{(60-120)} - Bk_{(120-160)} - C_{(>160)}$.

Стационар № 30 расположен в 120 км от стационара № 28 в северной лесостепи Тюменского района (57°05'30"; 65°03'00"). Почва темно-серая лесная среднесуглинистая с чередованием следующих генетических горизонтов: $A0_{(0-5\text{ см})} - A1_{(5-30)} - B1_{(30-65)} - B2_{(65-120)} - Bk_{(120-170)} - C_{(>170)}$.

На стационарах с момента закладки (1994 г.) и по настоящее время применяют полевые севообороты с пропашными культурами (картофель, кукуруза на силос). На стационаре № 30 в составе севооборота выращивали клевер на сено. Система основной обработки почвы на всех стационарах отвальная разноглубинная.

Почвенные образцы отбирали послойно с интервалом 10 см на глубину до 120 см из почвенных разрезов. Для получения достоверных результатов образцы взяты в 6-кратной повторности бурением в наиболее типичных местах на ту же глубину. Определение микроагрегатного и гранулометрического состава проводили по Качинскому [11].

Коэффициент дисперсности рассчитывали по формуле

$$K_d = \frac{I_m}{I_r} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где K_d – коэффициент дисперсности, %; I_m – содержание ила при микроагрегатном составе; I_r – содержание ила при гранулометрическом составе.

Степень агрегированности по Бейверу рассчитывали по формуле

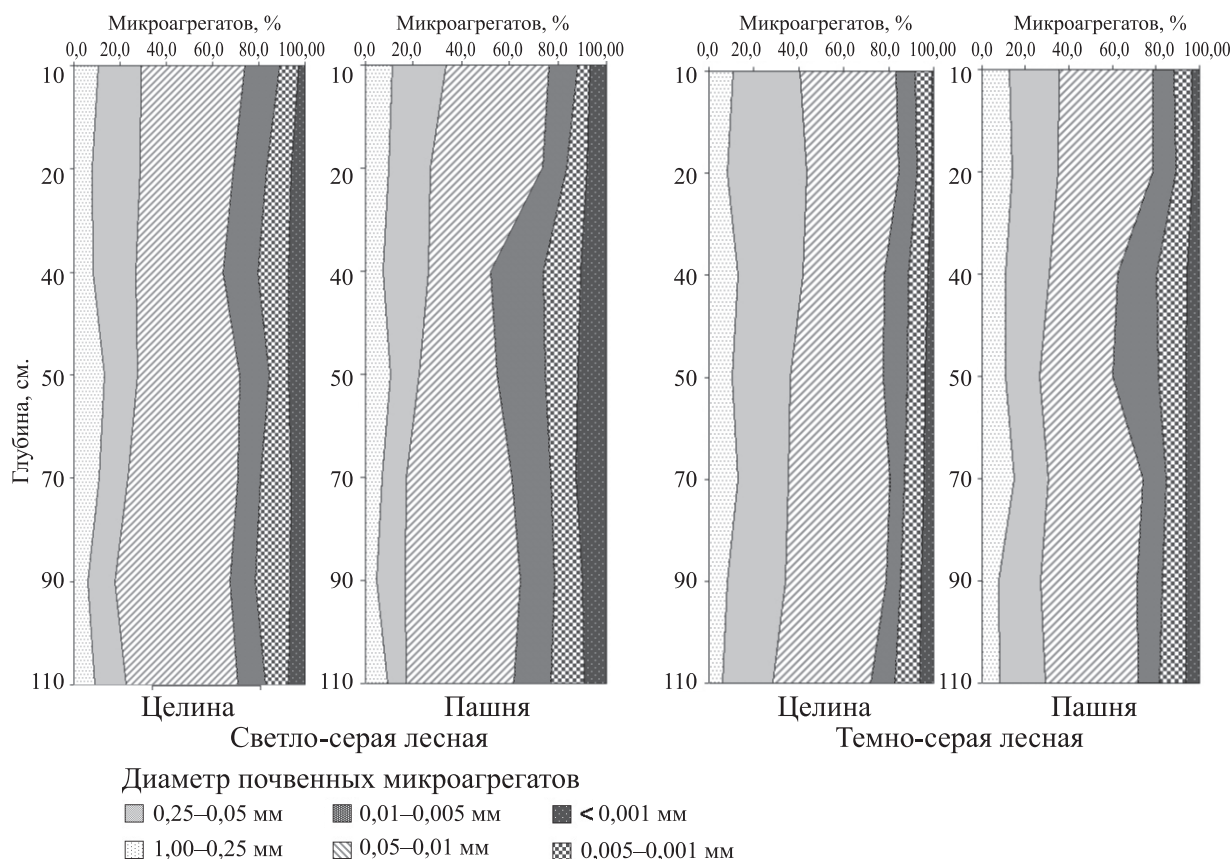
$$A_r = \frac{P_m - P_r}{P_m} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где A_r – степень агрегированности, %; P_m – содержание частиц диаметром $> 0,05$ мм при микроагрегатном анализе; P_r – содержание частиц диаметром $> 0,05$ мм при гранулометрическом анализе.

Статистическую обработку результатов исследований проводили по Б.А. Доспехову [12] с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В гумусово-элювиальном горизонте целинной светло-серой лесной почвы содержание частиц, размеры которых более 0,05 мм, при микроагрегатном анализе составляли не более 30 % от общего количества агрегатов (см. рисунок). На долю настоящих микроагрегатов, содержание которых определяется как разница между содержанием



Микроагрегатный состав целинных и пахотных серых лесных почв Северного Зауралья
Microaggregate composition of virgin and arable gray forest soils of Northern Trans-Ural

почвенных частиц, определенных при гранулометрическом и микроагрегатном анализе, приходится не более 13,0 %, остальная часть – фракция песка. С глубины 70 см содержание микроагрегатов с размерами более 0,05 мм постепенно уменьшается, достигая минимальных значений 5,3 % в слое 90–100 см. Фракцию 0,05–0,01 мм при анализе микроагрегатного состава можно считать доминирующей, поскольку на ее долю приходится 37,7–49,7 % частиц. Отмечено, что настоящих микроагрегатов этого размера было минимальное количество, так как в светло-серой лесной почве доля крупной пыли достигает 50 %. В изучаемом профиле большое число микроагрегатов размерами от 0,005 до 0,001 мм, что может служить хорошей предпосылкой для первичного структурообразования светло-серых лесных почв. Содержание неагрегированного ила ($< 0,001$ мм) в гумусово-элювиальном горизонте целинной светло-серой лесной почвы варьирует в пределах 2,8–6,3 %, что в 6 раз меньше значений при гранулометрическом анализе. По мере углубления содержание илистой фракции постепенно увеличивается, поскольку в серых лесных почвах присутствует процесс иллювиирования. Однако вымытые частицы не вовлекаются в процесс первичного структурообразования, формируя долю неагрегированного ила.

Распашка и длительное использование светло-серой лесной почвы в пашне привели к изменению ее микроагрегатного состава. На долю микроагрегатов, размеры которых более 0,05 мм, приходилось в пахотном слое не более 4,5 %, тогда как на целине их было в 3 раза больше. Процесс усиления вымывания частиц с диаметром менее 0,001 мм в глубь почвенного профиля привел к ухудшению условий для первичного структурообразования и, как следствие, негативно отразился на других агрофизических свойствах пахотной светло-серой лесной почвы. Сокращение доли микроагрегатов в подпахотных слоях доказывает, что вымытый ил не участвует в структурообразовании и может отрицательно повлиять на процесс водопроницаемости пахотных почв. В усло-

виях Северного Зауралья это может привести к переувлажнению и снижению продуктивности пашни.

Аналогичные изменения микроагрегатного состава обнаружены и в других подтипах серой лесной почвы. Установлена тенденция снижения влияния антропогенного фактора на первичное структурообразование при увеличении запасов гумуса. Поэтому для восстановления (улучшения) структурно-агрегатного состава пахотных почв Северного Зауралья необходимо создать условия для гумусообразования и разработать систему земледелия, предотвращающую процесс иллювиирования.

Для комплексного анализа первичного структурообразования использован метод расчета коэффициента дисперсности, предложенный Н.А. Качинским. Показано, что гумусово-элювиальный горизонт целинной светло-серой лесной почвы характеризуется хорошей микрооструктуренностью, несмотря на низкое содержание гумуса и проявление процесса вымывания илстых частиц. В слое 20–40 см коэффициент увеличился до 16,4 %, но остался в пределах категории хорошей микрооструктуренности (табл. 1). На глубине 50 см коэффициент дисперсности возрастает до 20,5 %, что обусловлено естественной аккумуляцией илстых частиц, вымытых из лежащего выше слоя.

Старопахотные светло-серые лесные почвы, как отмечают исследователи, обычно характеризуются неблагоприятными агрофизическими показателями, в том числе структурно-агрегатным составом. Причиной этого считают нарушение условий первичного структурообразования. Исследования показали, что под действием многолетней отвальной обработки коэффициент дисперсности пахотного слоя возрастает до 34,5–40,1 %, что соответствует удовлетворительной микрооструктуренности. Изменения отмечены вплоть до глубины 110 см. В условиях Северного Зауралья это может привести к формированию слоев с низкой водопроницаемостью и появлению локальных переувлажненных участков.

Таблица 1. Коэффициент дисперсности целинных и пахотных серых лесных почв по Качинскому, %

Table 1. Dispersion coefficient of virgin and arable gray forest soils by Kachinsky, %

Глубина отбора, см	Подтипы серой лесной почвы					
	светло-серая		серая		темно-серая	
	Целина	Пашня	Целина	Пашня	Целина	Пашня
10	15,5	40,1	6,5	24,3	5,0	15,9
20	16,4	34,5	6,0	19,8	4,6	16,6
40	15,0	20,4	9,5	15,5	7,1	14,2
50	20,5	26,6	15,2	22,6	10,5	13,6
70	17,9	28,8	18,3	27,7	14,7	16,9
90	18,8	27,0	18,5	25,2	17,1	17,1
110	22,4	27,1	19,5	21,5	17,6	18,8

Подтип серой лесной почвы характеризуется более высокой способностью первичного структурообразования относительно светло-серых лесных почв. Коэффициент дисперсности в гумусово-элювиальном горизонте составляет 6,0–6,5 %, что соответствует высокой микроструктурности. По мере углубления данный показатель постепенно возрастает, достигая максимальных значений 19,5 %, что по классификационной градации характеризует почвенный профиль хорошей микроагрегированностью.

В пахотной серой лесной почве коэффициент дисперсности достигает 19,8–24,3 %, что соответствует хорошей микроструктурности. В более глубоких слоях анализируемый показатель возрастает, достигая максимума на глубине 70 см. Однако снижение микроструктурности выражено в подтипе серой лесной почвы не столь сильно, как в светло-серой. Коэффициент дисперсности на пашне серой лесной почвы выше, чем на целине, на 50 %, а в светло-серых лесных почвах – на 61 %. Глубже 70 см антропогенные изменения в структурообразовании, вызванные длительным использованием подтипа серой лесной почвы в пашне, снижаются, достигая минимума на глубине 110 см. Разница коэффициента дисперсности между целиной и пашней серой лесной почвы составляет 10 %, тогда как в светло-серой лесной почве – 21 %.

Темно-серая лесная почва в отличие от других подтипов характеризуется высо-

ким содержанием гумуса и минимальным проявлением процесса иллювиирования. Поэтому коэффициент дисперсности в гумусово-элювиальном горизонте целинных участков минимален и сопоставим с черноземами лесостепной зоны Зауралья [13]. В метровом профиле анализируемый показатель не превышает 20 %, что соответствует хорошей микроагрегированности. Это дает возможность сформировать благоприятный структурно-агрегатный состав, и тем самым обеспечить высокую водопроницаемость и хорошую аэрацию почвенного профиля вплоть до глубины 1 м. Пахотные темно-серые лесные почвы характеризуются ухудшением микроагрегатного состава – коэффициент дисперсности в 3–4 раза выше значений целины и достигает 16,6 %. По классификационной градации пахотный горизонт темно-серой лесной почвы характеризуется хорошей микроструктурностью, тогда как на целине – высокой. Однако глубина антропогенных изменений в темно-серой лесной почве значительно меньше – серьезные отклонения проявляются лишь до 50 см, на глубине 70 см различия между значениями пашни и целины становятся недостоверными.

Для анализа микроагрегатной устойчивости конкретной почвы и ее горизонтов лучше подходит степень агрегированности, учитывающая содержание элементарных почвенных частиц и микроагрегатов диаметром более 0,05 мм. Чем больше этот

показатель, тем лучше агрегирована почва и выше ее способность формировать водопрочную макроструктуру. В целинных черноземах он достигает более 90 %.

Гумусово-элювиальный горизонт целинной светло-серой лесной почвы характеризуется слабой и весьма слабой степенью агрегированности, которая варьирует в пределах 21,9–45,3 % (табл. 2). Распашка и длительное использование в пашне приводят к тому, что верхний слой почти полностью теряет способность к формированию полноценной макроструктуры – степень агрегированности достигает 13,4–14,4 %. В наших исследованиях это минимальная величина как по подтипам, так и по генетическим горизонтам. В слое 40–70 см целинной светло-серой лесной почвы степень агрегированности увеличивается до 40,2–59,0 % с максимумом на глубине 40 см. В светло-серых лесных почвах на такой глубине гумусовые вещества почти полностью отсутствуют, за исключением вымытых с лежащего выше горизонта. Можно предположить, что за микроагрегатную устойчивость отвечают илистые частицы, размеры которых менее 0,001 мм. Именно в этом слое формируется иллювиальный горизонт, более тяжелый по гранулометрическому составу. На глубине 40 см пахотной светло-серой лесной почвы степень агрегированности возрастает до максимальных величин – 65,5 %, что соответствует удовлетворительной степени устойчивости микроагрегатов к деструкции. Глубже данный показатель начинает

варьировать от 20,5 до 40,1 %, формируя слои, отличающиеся по микроструктуре и гранулометрическому составу. Это является результатом процесса проникновения элементарных почвенных частиц на разную глубину путем их вымывания из верхнего слоя [14].

Гумусово-элювиальный горизонт подтипа серой лесной почвы характеризуется более высокой степенью агрегированности относительно светло-серой лесной и достигает 38,4–53,5 %. Верхняя часть иллювиального горизонта на глубине 40 см также характеризуется максимальным значением – 69,0 %, что соответствует хорошей степени микроагрегированности. С глубиной изучаемый показатель постепенно снижается, достигая минимальных значений – 23,4 %.

Микроагрегаты пахотного горизонта серой лесной почвы обладают более высокой степенью устойчивости относительно предыдущего подтипа, но существенно проигрывают целинному аналогу. Степень агрегированности по Бейверу весьма слабая и формирование водопрочной первичной структуры практически невозможно, если не проводить дополнительных мероприятий по улучшению структурно-агрегатного состава. Снижение изучаемого показателя указывает на то, что вымытые частицы не оказывают положительного влияния на агрегацию почвы. Следует отметить повышение степени агрегированности на глубине 90 см до 30,6 %, тогда как на целине этот показатель 23,4 %, что обусловлено накоп-

Таблица 2. Степень агрегированности целинных и пахотных серых лесных почв по Бейверу, %

Table 2. Aggregation degree of virgin and arable gray forest soils by Beaver, %

Глубина отбора, см	Подтипы серой лесной почвы					
	светло-серая		серая		темно-серая	
	Целина	Пашня	Целина	Пашня	Целина	Пашня
10	21,9	13,4	38,4	20,4	45,5	24,4
20	45,3	14,4	53,5	20,8	55,1	21,4
40	59,0	65,5	69,0	62,1	63,9	64,3
50	44,0	29,3	57,3	55,6	73,9	60,7
70	40,2	40,1	44,4	33,5	61,7	56,1
90	29,8	36,1	23,4	30,6	50,3	46,8

лением илистой и коллоидной фракции, обеспечивающей коагуляцию и формирование первичных агрегатов. В верхних слоях идет накопление более крупных частиц (фракции мелкой и средней пыли), которые только ухудшают первичное структурообразование [15].

Агрегатная устойчивость темно-серой лесной почвы изначально выше предыдущих подтипов – микроструктурность гумусово-элювиального горизонта достигает 55,1 %. В слое 40–50 см она достигает 73,9 %, что соответствует высокой микроагрегированности. Столь высокие значения обусловлены минимальным процессом иллювиирования и частичным проникновением гумусовых веществ в глубь профиля. Однако длительное использование темно-серых лесных почв в пашне также негативно влияет на процессы первичного структурообразования. Устойчивость микроагрегатов снижается более чем в 2 раза, что различает темно-серую лесную почву от черноземов Зауралья, которые обладают более прочной структурой [5]. Антропогенные изменения отмечены до глубины 50 см, что существенно меньше, чем в светло-серых и серых лесных почвах. Данный факт показывает, что серые лесные почвы Северного Зауралья не могут считаться устойчивыми к антропогенному воздействию и очень быстро теряют агрофизические и физико-химические свойства, что негативно может сказаться на продуктивности пашни.

Для выявления причин ухудшения микроагрегатного состояния серых лесных почв проанализировано распределение илистой фракции, определенной при гранулометрическом анализе (табл. 3). Профиль серых лесных почв по гранулометрическому составу четко дифференцирован на элювиально-иллювиальные горизонты. Верхняя часть профиля существенно обеднена фракцией ила. Содержание физической глины в иллювиальном горизонте светло-серых лесных почв достигает почти 60 %. В более глубоких слоях содержание илистых частиц вновь уменьшается до 31–35 % и до глубины 250 см варьирует незначительно. В темно-серой лесной почве процесс иллювиирования не столь выражен по сравнению со светло-серой и серой – содержание илистых частиц в иллювиальном горизонте составил 38–40%, прирост содержания ила – 82 % относительно пахотного слоя.

Расчет корреляции показал, что между коэффициентом дисперсности и содержанием илистых частиц связь очень слабая. Причиной этого является то, что для первичного структурообразования необходима совокупность определенных факторов, в частности запасы гумуса и его качественный состав. Установлена тесная связь между содержанием ила и степенью агрегированности ($k = 0,80$), что обусловлено использованием элементарных почвенных частиц, размеры которых менее 0,001 мм в первичном структурообразовании как одного из компонен-

Таблица 3. Распределение илистых гранулометрических частиц по профилю целинных и пахотных серых лесных почв, %

Table 3. Distribution of soil silty particles through the profile of virgin and arable gray forest soils, %

Глубина отбора, см	Подтип серой лесной почвы					
	светло-серая		серая		темно-серая	
	целина	пашня	целина	пашня	целина	пашня
10	18,2	16,2	20,0	18,9	22,0	20,7
20	38,4	22,6	38,4	26,8	24,0	19,3
40	48,6	52,4	44,2	45,3	38,0	39,4
50	34,1	44,7	37,5	46,8	40,0	45,5
70	35,0	43,8	30,0	34,7	30,0	37,8
90	34,6	36,6	31,4	32,5	32,2	36,3
110	31,3	34,3	31,3	31,6	36,3	35,7

Примечание. НСР₀₅: для светло-серых лесных – 1,8, серых лесных – 2,1, темно-серых лесных – 2,7 %.

тов. Илистая фракция выступает в качестве сырья для формирования микроагрегатов, но склеивание их происходит под действием других компонентов, органических коллоидов – гуминовых кислот или минеральных комплексных соединений железа, алюминия и кремния [14]. Потеря этих соединений из пахотного слоя на фоне дефицита гумусовых веществ неминуемо приводит к ухудшению первичного структурообразования и снижению главных свойств почвы в целом. Вымывание илистых частиц, куда входят и минеральные коллоиды, по сути является необратимым процессом и восстановить их с минимальными затратами практически невозможно. Это можно сделать, например, внося на серые лесные почвы сапропель. Однако в условиях рыночной экономики хозяйства этого делать не будут. Проблему стабилизации гумусового состояния решить можно, для этого необходимо оптимизировать систему удобрений и основной обработки почвы, что вполне под силу многим агропромышленным предприятиям Северного Зауралья [16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Серые лесные почвы Северного Зауралья обладают благоприятным микроагрегатным составом. Коэффициент дисперсности в гумусово-элювиальном горизонте варьирует от 16,4% в светло-серых лесных почвах, до 4,6% в подтипе темно-серых лесных. Однако микроагрегатная устойчивость светло-серых и серых лесных почв слабая. При вовлечении этих подтипов в пахотный фонд происходит резкое ухудшение микроагрегатного состава как в количественном, так и в качественном выражении. Коэффициент дисперсности пахотных светло-серых и серых лесных почв увеличивается до 34,5–40,1 и 19,8–24,3 % соответственно. Темно-серая лесная почва среди изучаемых подтипов характеризуется высокой способностью первичного структурообразования – коэффициент дисперсности не превышает 5 %, а степень агрегированности гумусово-элювиального горизонта достигает 55 %, что является максимальным среди изучаемых подтипов. Длительное использование тем-

но-серых лесных почв в пашне приводит к резкому ухудшению микроагрегатного состава, что негативно отражается на остальных свойствах почвы. Первичное структурообразование пахотных темно-серых лесных почв Северного Зауралья существенно уступает черноземам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Абрамов Н.В., Еремин Д.И.** Агрофизические свойства старопахотных выщелоченных черноземов Тобол-Ишимского междуречья Зауральского плато // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2007. – № 2. – С. 11–17.
2. **Кураченко Н.Л.** Морфология структурной организации черноземов и серых лесных почв Красноярской лесостепи // Вестн. Красноярского ГАУ. – 2009. – № 2. – С. 28–33.
3. **Кураченко Н.Л., Хижняк С.В.** Пространственное варьирование структурно-агрегатного состава черноземов и серых лесных почв Красноярской лесостепи в предельно однородных условиях почвообразования // Вестн. Алтайского ГАУ. – 2010. – № 1 (63). – С. 35–40.
4. **Рзаева В.В., Еремин Д.И.** Динамика плотности сложения и общей порозности чернозема выщелоченного при длительном сельскохозяйственном использовании в Северном Зауралье // Аграрный вестн. Урала. – 2010. – № 4(70). – С. 62–65.
5. **Еремин Д.И.** Особенности динамики структурно-агрегатного состояния и плотности сложения выщелоченного чернозема в северной лесостепи Тюменской области // Аграрный вестн. Урала. – 2008. – № 3. – С. 62–64.
6. **Еремин Д.И., Груздева Н.А.** Агрогенные изменения плотности серых лесных почв в Северном Зауралье // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2017. – № 5(47). – С. 13–22. DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-2
7. **Каретин Л.Н.** Почвы Тюменской области – Новосибирск: Наука, 1990. – 286 с.
8. **Ренев Е.П., Еремин Д.И., Еремина Д.В.** Оценка основных показателей плодородия почв, наиболее пригодных для расширения пахотных угодий в Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 4. – С. 27–31.
9. **Кулясова О.А.** Хозяйственно ценные растения травяно-кустарничкового покрова березняков разнотравных северной лесостепи

- Тюменской области // Вестн. Красноярского ГАУ. – 2017. – № 8 (131). – С. 88–94.
10. **Еремин Д.И.** Особенности морфогенетических свойств серых лесных почв юга Тюменской области // Вестн. Курганской ГСХА. – 2017. – № 3 (23). – С. 8–11.
 11. **Шейн Е.В., Гончаров В.М.** Агрофизика. – Р н/Д: Феникс, 2006. – 400 с.
 12. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования): учебник. – 6-е изд., стер. – М.: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
 13. **Еремин Д.И.** Агрогенное изменение гранулометрического состава при распашке чернозема выщелоченного в лесостепной зоне Зауралья // Вестн. Красноярского ГАУ. – 2014. – № 8. – С. 34–36.
 14. **Татаринцев В.Л.** Гранулометрия агропочв юга Западной Сибири и их физическое состояние – Барнаул: АГАУ, 2008. – 261 с.
 15. **Eremin D.I., Eremina D.V.** Influence of granulometric composition structure of anthropogenic-reformed soil on ecology of infrastructure // Procedia Engineering. 2016. – N 165. – P. 788–793. DOI: 10.1016/j.proeng.-2016.11.776.
 16. **Груздева Н.А., Котченко С.Г., Еремин Д.И.** Динамика содержания и запасов гумуса в агросерых лесных почвах Северного Зауралья // Плодородие. – 2017. – № 3 (96). – С. 16–19.
 5. **Eremin D.I.** Osobennosti dinamiki strukturno-agregatnogo sostoyaniya i plotnosti slozheniya vyshchelochennogo chernozema v severnoi lesostepi Tyumenskoi oblasti // Agrarnyi vestn. Urala. – 2008. – № 3. – С. 62–64.
 6. **Eremin D.I., Gruzdeva N.A.** Agrogennyye izmeneniya plotnosti serykh lesnykh pochv v Severnom Zaural'e // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2017. – № 5(47). – С. 13–22. DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-2
 7. **Karetin L.N.** Pochvy Tyumenskoi oblasti – Novosibirsk: Nauka, 1990. – 286 s.
 8. **Renev E.P., Eremin D.I., Eremina D.V.** Otsenka osnovnykh pokazatelei plodorodiya pochv, naibolee prigodnykh dlya rasshireniya pakhotnykh ugodii v Tyumenskoi oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2017. – T. 31, № 4. – С. 27–31.
 9. **Kulyasova O.A.** Khozyaistvenno tsennyye rasteniya travyano-kustarnichkovogo pokrova bereznyakov raznotravnykh severnoi lesostepi Tyumenskoi oblasti // Vestn. Krasnoyarskogo GAU. – 2017. – № 8 (131). – С. 88–94.
 10. **Eremin D.I.** Osobennosti morfogeneticheskikh svoystv serykh lesnykh pochv yuga Tyumenskoi oblasti // Vestn. Kurganskoi GSKhA. – 2017. – № 3 (23). – С. 8–11.
 11. **Shein E.V., Goncharov V.M.** Agrofizika. – R n/D: Feniks, 2006. – 400 s.
 12. **Dospikhov B.A.** Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniya): uchebnik. – 6-e izd., ster. – M.: ID Al'yans, 2011. – 352 s.
 13. **Eremin D.I.** Agrogennoe izmenenie granulometricheskogo sostava pri raspashke chernozema vyshchelochennogo v lesostepnoi zone Zaural'ya // Vestn. Krasnoyarskogo GAU. – 2014. – № 8. – С. 34–36.
 14. **Tatarintsev V. L.** Granulometriya agropochv yuga Zapadnoi Sibiri i ikh fizicheskoe sostoyanie – Barnaul: AGAU, 2008. – 261 s.
 15. **Eremin D.I., Eremina D.V.** Influence of granulometric composition structure of anthropogenic-reformed soil on ecology of infrastructure // Procedia Engineering. 2016. – N 165. – P.788–793. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.776.
 16. **Gruzdeva N.A., Kotchenko S.G., Eremin D. I.** Dinamika soderzhaniya i zapasov gumusa v agroserykh lesnykh pochvakh Severnogo Zaural'ya // Plodorodie. – 2017. – № 3 (96). – С. 16–19.

REFERENCES

1. **Abramov N.V., Eremin D.I.** Agrofizicheskie svoystva staropakhotnykh vyshchelochennykh chernozemov Tobol-Ishimskogo mezhdurech'ya Zaural'skogo plato // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2007. – № 2. – С. 11–17.
2. **Kurachenko N.L.** Morfologiya strukturnoi organizatsii chernozemov i serykh lesnykh pochv Krasnoyarskoi lesostepi // Vestn. Krasnoyarskogo GAU. – 2009. – № 2. – С. 28–33.
3. **Kurachenko N.L., Khizhnyak S.V.** Prostranstvennoe var'irovanie strukturno-agregatnogo sostava chernozemov i serykh lesnykh pochv Krasnoyarskoi lesostepi v predel'no odnorodnykh usloviyakh pochvoobrazovaniya // Vestn. Altaiskogo GAU. – 2010. – № 1 (63). – С. 35–40.
4. **Rzaeva V.V., Eremin D.I.** Dinamika plotnosti slozheniya i obshchei porozhnosti chernozema vyshchelochennogo pri dlitel'nom sel'skokhozyaistvennom ispol'zovanii v

INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTOR ON MICROAGGREGATE COMPOSITION OF GRAY FOREST SOILS

**D.I. EREMIN¹, Doctor in Biology, Professor,
N.A. GRUZDEVA², Leading Agrochemist**

¹ *Northern Trans-Ural State Agricultural University
7 Respubliki St, Tyumen, 625003, Russia*

² *Tyumen State Agrochemical Service Station
2 Roshchinskoye Shosse St, Building 10, Tyumen, 625041, Russia
e-mail: soil-tyumen@yandex.ru
e-mail: g.nessi@mail.ru*

Results are given from analysis of microaggregate composition of virgin and arable gray forest soils and the reasons for its change due to long-term plucking are reported. The researches were conducted on different subtypes of gray forest soil (light gray, gray and dark grey ones) in the subtaiga zone of Nizhnetavdinskyi and Yarkovskiy districts, Tyumen Region. To identify the genetic features of microaggregate composition of gray forest soils, comparative analyses from virgin lands were carried out. It was found that light gray and gray forest soils initially had a favorable microaggregate composition, despite the humus substances deficiency and illuviation process. Virgin dark gray forest soils on the primary structure are similar to chernozem of the Urals forest-steppe zone, though they differ with low aggregate resistance. Dispersion coefficient of humus-eluvial horizon of gray forest soils varies from 4.6–5.0 % in dark gray soils to 15.5–16.4 % in light gray forest ones. Arable analogues of grey forest soils are characterized with the following values of dispersion coefficient: light gray forest – 34.5–40.1 %; gray forest – 19.8–24.3 % and dark gray forest – 15.9–16.6 %. The aggregation degree by Beaver in arable gray forest soils is 2 and more times less than that of virgin lands, which indicates a sharp decrease in microaggregate stability and deterioration of primary structure formation. Dramatic negative changes are observed not only in light gray and gray soil, but also in dark gray one with higher content of humus substances. It has been established that anthropogenic change of microaggregate composition of gray forest soils up to 1 meter depth was caused by moving elementary soil silty particles from the upper layers into the profile.

Keywords: gray forest soils, virgin land, arable soil, microaggregate composition, structure formation, dispersion coefficient.

Поступила в редакцию 19.01.2018