

Гранулометрия пахотных серых лесных почв Северного Зауралья

Д.И. Ерёмин, д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья; Н.А. Груздева, вед. агрохимик, ФГБУ ГСАС «Тюменская»

Гранулометрический состав оказывает большое влияние на почвообразовательный процесс,

от которого зависят все современные свойства и плодородие почвы в целом [1, 2]. Как важнейший признак гранулометрический состав лежит в основе таксономической классификации почв, по которой выделяют её разновидности. Совокупность распределения элементарных почвенных частиц (ЭПЧ),

отношение между отдельными фракциями передаётся современным почвам от почвообразующих пород, на которых они сформировались. Однако этот показатель может частично изменяться при современном почвообразовании. Ярким примером этого служит процесс иллювирирования — миграции почвенных частиц, размеры которых менее 0,01 мм, в глубь профиля без их деструкции. Главной причиной перемещения является промывной или периодически промывной тип водного режима.

Вовлечение почв в сельскохозяйственный оборот и длительное их использование приводят к серьёзным изменениям факторов почвообразования, прежде всего из-за смены естественной растительности на агрофитоценозы [3, 4]. Ежегодные механические обработки на пашне формируют пахотный горизонт с крупными межагрегатными пустотами, по которым вода во время дождей или снеготаяния быстро проникает в подпахотные слои [5–7]. Как показали исследования кафедры почвоведения и агрохимии ГАУ Северного Зауралья, водопроницаемость пахотного горизонта чернозёмных почв существенно выше относительно целинных участков [8]. Увеличение скорости инфильтрации в пахотном горизонте приводит к усилению процесса иллювирирования и, как следствие, изменению гранулометрического состава.

Процесс вымывания наиболее сильно затрагивает илстые частицы и коллоиды, размеры которых менее 0,001 мм. Эта фракция — одна из главных в почве, несмотря на незначительное её содержание [9, 10]. Она отвечает за поглощательную и буферную способности почвы, поэтому агрохимические и физико-химические свойства полностью зависят от содержания илстых частиц.

В серых лесных почвах Северного Зауралья процесс иллювирирования выражен в полной мере. При морфологическом описании светло-серых лесных почв всегда выделяется хорошо развитый иллювиальный горизонт и обеднённый илстыми веществами элювиальный горизонт. В тёмно-серых лесных почвах этот процесс менее выражен и виден только по результатам лабораторного анализа. Вовлечение в пашню этого типа почв и использование отвальной системы обработки приводит к усилению иллювирирования и ухудшению основных показателей плодородия.

Цель исследования — изучение антропогенного изменения гранулометрического состава серых лесных почв в условиях Северного Зауралья.

Материал и методы исследования. Исследование проводили на стационарах агрохимической станции «Тюменская», расположенных в восточной окраине Зауральского Плато. Поверхность территории почти ровная, местами всхолмленная, слабо наклонена к долине р. Тобола. Климат резко континентальный: зима холодная и малоснежная, лето жаркое и умеренно влажное. Среднее годовое количество осадков колеблется от 216 до 350 мм. Основная

часть осадков (70–80% годовой суммы) выпадает в тёплый период: с апреля по октябрь.

Серые лесные почвы Luvisc Retic Greyzemic Phaeozems (WRB, 2014) занимают повышенные элементы рельефа, которые хорошо обеспечены поверхностным стоком и имеют глубокий уровень залегания грунтовых вод. Они формируются под мелколиственными берёзовыми и осиновыми лесами при одновременном действии двух современных процессов почвообразования — гумусово-аккумулятивного и оподзоливания. На Зауральском Плато тёмно-серые лесные почвы залегают крупными массивами среди выщелоченных и оподзоленных чернозёмов. На приречных участках плоских водоразделов они примыкают к луговым или чернозёмно-луговым почвам. В подтаёжной зоне сочетаются или граничат с луговыми или дерново-подзолистыми почвами [11].

Исследование гранулометрического состава проводили на всех подтипах серой лесной почвы. Стационарные участки были заложены на пашне в 1994 г. агрохимической станцией «Тюменская» в различных административных районах Тюменской области.

Стационар № 28 расположен в 3 км от д. Усалки Ярковского района, в подтаёжной зоне (57°18'24"; 66°56'25"). Почва светло-серая лесная, среднесуглинистая на лёссовидном суглинке. Для выявления действия антропогенного фактора на гранулометрический состав пахотных серых лесных почв использовали целинный участок, находящийся на расстоянии 200 м от стационара.

Стационар № 19 расположен вблизи д. Малые Велижаны Нижнетавдинского района Тюменской области, в подтаёжной зоне (57°29'35"; 65°44'05") на расстоянии 70 км от стационара № 28. Почва — серая лесная среднесуглинистая на лёссовидном суглинке. Участок целинной серой лесной почвы находится в 300 м от стационара и характеризуется среднесуглинистым гранулометрическим составом.

Стационар № 30 расположен в 120 км от стационара № 28, вблизи д. Успенки Тюменского района. Территория относится к северной лесостепи, координаты — 57°05'30"; 65°03'00". Почва тёмно-серая лесная среднесуглинистая. Целинный участок непосредственно примыкает к полю — находится в 200 м от места отбора почвенных образцов и представляет собой сильно изреженный берёзовый лес с хорошо развитым разнотравно-бобово-злаковым травяным покровом.

С момента закладки стационаров (1994 г.) использовались полевые севообороты с применением пропашных культур. На стационаре № 30 в составе севооборота был клевер, выращиваемый на сено. Система основной обработки почвы на всех стационарах — отвальная, разноглубинная.

Профиль серых лесных почв по гранулометрическому составу чётко дифференцирован на

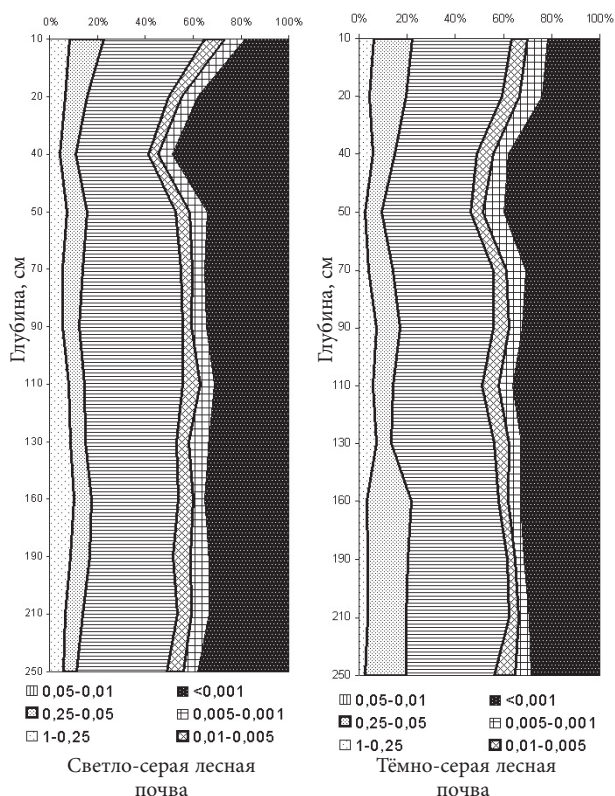


Рис. – Гранулометрический состав целинных серых лесных почв

элювиально-иллювиальные горизонты (рис.). 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 илстых частиц вновь уменьшается до 31–35% и до глубины 250 см варьирует незначительно. В тёмно-серой лесной почве процесс иллювиирования не столь выражен по сравнению со светло-серой и серой – содержание илстых частиц в иллювиальном горизонте составляет 38–40%; прирост содержания ила составил 82% относительно пахотного слоя. В гранулометрическом составе всех трёх подтипов серых лесных почв преобладающей фракцией является крупная пыль (0,05–0,01 мм), содержание которой по профилю почти не меняется. Содержание крупного песка (1,00–0,25 мм) в профилях изучаемых почв не превышает 10%.

Почвенные образцы отбирали послойно с интервалом 10 см на глубину до 200 см из почвенных разрезов, глубже – бурением. Для получения достоверных результатов были взяты образцы в 6-кратной повторности бурением в наиболее типичных местах на ту же глубину. Определение гранулометрического состава проводили методом Качинского с использованием пирофосфата натрия [12]. Статистическую обработку проводили по Б.А. Доспехову [13] с использованием программного продукта Microsoft Excel.

Результаты исследования. Гранулометрический состав пахотной светло-серой лесной почвы отличается от целины. Содержание физической глины в слое 0–20 см составляет 29,8–33,2%, тогда как на целине: в слое 0–10 см – 35; 10–20 см – 50,2% (табл. 1). В результате ежегодной вспашки сформировался антропогенно-преобразованный горизонт мощностью 20–22 см с однородным гранулометрическим составом.

При ежегодных механических обработках гумусово-элювиальный, элювиальный и верхняя часть иллювиального горизонта перемешиваются и становятся однородными по гранулометрическому составу. Отклонение содержания физической глины в пахотном слое (0–20 см) составило 15–34% относительно целины.

При длительном использовании светло-серых лесных почв в пашне её верхний слой теряет наиболее ценную в агрономическом отношении илстую фракцию (<math><0,001</math> мм), что приводит к ухудшению основных агрофизических и водно-физических свойств почвы. На целине содержание этой фракции составляет 18,2, что на 11% больше значения в пашне. На глубине 20 см пахотной светло-серой лесной почвы содержание илстых частиц на 16% меньше по сравнению с целиной, где на их долю приходится 38,4% от общего содержания элементарных почвенных частиц. Глубже 20 см в пахотной светло-серой лесной почве накапливается дополнительное количество частиц, размеры которых менее 0,01 мм – отклонение варьирует в пределах 19–24% относительно целины. Максимальное утяжеление гранулометрического состава отмечено на глубине 40–50 см – содержание физической глины достигает 70,9%, тогда как на целине – 58,7%.

1. Содержание физической глины (<math><0,01</math> мм) и ила (<math><0,001</math> мм) в целинной и пахотной светло-серой лесной почве, %

Глубина отбора пробы, см	Целина		Пашня		Отклонение, % относительно целины		НСР ₀₅	
	физ. глина	ил	физ. глина	ил	физ. глина	ил	физ. глина	ил
10	35,0	18,2	29,8	16,2	-15	-11	1,8	1,5
20	50,2	38,4	33,2	22,6	-34	-16	1,6	1,3
40	58,7	48,6	70,9	52,4	21	4	3,7	3,0
50	47,2	34,1	58,7	44,7	24	11	2,8	2,6
70	45,0	35,0	53,7	43,8	19	9	2,5	2,0
90	44,3	34,6	46,6	36,6	5	2	2,4	2,7
110	44,4	31,3	46,2	34,3	4	3	2,0	1,8

Элементарные почвенные частицы, размеры которых менее 0,001 мм (илистая фракция), в процессе иллювирирования проникают глубже, также формируя уплотнённые слои. На глубине 70 см пахотной светло-серой лесной почвы превышение содержания илистых частиц составляет 9% относительно целины. Глубже антропогенных изменений в гранулометрическом составе светло-серой лесной почвы не обнаружено, отклонения были в пределах ошибки ($НСР_{05} = 1,8-2,7$).

В естественных условиях иллювиальный горизонт светло-серых лесных почв характеризуется низкой водопроницаемостью вследствие заполнения пустот мелкими почвенными частицами. В пахотных почвах процесс иллювирирования более выражен, поскольку содержание ила в горизонте В по отношению к пахотному слою повышено в 3,2 раза, тогда как на целине – в 2,7 раза. Поэтому существует очень высокая вероятность формирования горизонтов, препятствующих нисходящему току воды. В Северном Зауралье это может привести к поверхностному переувлажнению и снижению плодородия пашни, расположенной на светло-серых лесных почвах.

Профиль целинной серой лесной почвы также чётко дифференцирован по гранулометрическому составу. В слое 0–10 см содержание физической глины составляет 35,0%, но уже на глубине 20 см – 50,2% (табл. 2). Максимальное количество частиц, размер которых менее 0,01 мм (58,7%), отмечено на глубине 40 см, что соответствует тяжёлому суглинку. Глубже гранулометрический состав постепенно становится легче, достигая минимальных значений физической глины в слое 90–110 см – 44,3%. По содержанию илистых частиц отмечается та же закономерность – формирование слоя с максимальной величиной 38,4–48,6% на глубине 20–40 см. Глубже 50 см содержание илистой фракции в профиле серой лесной почвы не изменяется и находится в пределах 30–31,4% от общего содержания элементарных почвенных частиц.

Верхний слой (0–20 см) пахотной серой лесной почвы характеризуется обеднением физической глиной относительно целинного участка. Помимо смешивания разных слоёв при распашке отмечается процесс вымывания из пахотного слоя

физической глины, накопление которой происходит на глубине 50 см, что несколько глубже, чем в светло-серой лесной почве. Содержание частиц менее 0,01 мм в зоне максимальной аккумуляции превосходит пахотный слой в 1,85 раза, тогда как в светло-серых – в 1,68 раза. Данный факт указывает на усиление процесса иллювирирования при использовании подтипа серых лесных почв в пашне. Причиной этого, на наш взгляд, является изначально большее содержание илистых частиц в гумусово-элювиальном горизонте по сравнению со светло-серыми лесными почвами.

Содержание илистых частиц в пахотном горизонте в среднем на 9% ниже значений гумусового слоя целинного участка. Зона аккумуляции этой фракции находится в слое 50–70 см, где превышение составляет 5–9% относительно целины. Антропогенные изменения гранулометрического состава подтипа серых лесных почв отмечаются также до глубины 70 см.

Тёмно-серые лесные почвы изначально обладают большим гумусово-элювиальным горизонтом, чем предыдущие подтипы. По данным Л.Н. Каретина, его средняя мощность на юге Тюменской области составляет 26 см, а в других регионах может превышать 30–35 см [11]. Поэтому при распашке обычно не затрагиваются слои с высоким содержанием физической глины. Анализ целинного участка показал, что содержание физической глины в слое 0–20 см варьирует от 36,5 до 40,7% (табл. 3). Размах вариации по илистой фракции ещё меньше – 22,0–24,0% от содержания элементарных почвенных частиц.

С глубины 40 см формируется иллювиальный горизонт, в котором на долю физической глины приходится до 53,7%, что характерно для тяжёлых суглинков. В иллювиальном горизонте содержание частиц с размерами менее 0,01 мм в 1,4 раза превышает значение вышележащего слоя и является минимальным среди анализируемых подтипов серой лесной почвы. Максимум содержания илистых частиц совпадает с глубиной аккумуляции физической глины.

Гранулометрический состав вовлечённой в пахотный фонд тёмно-серой лесной почвы также имеет антропогенные изменения. Содержание

2. Содержание физической глины (<0,01 мм) и ила (<0,001 мм) в целинной и пахотной серой лесной почве, %

Глубина отбора пробы, см	Целина		Пашня		Отклонение, % относительно целины		НСР ₀₅	
	физ. глина	ил	физ. глина	ил	физ. глина	ил	физ. глина	ил
10	37,7	20,0	34,1	18,9	-10	-6	1,5	1,8
20	48,0	38,4	36,7	26,8	-24	-12	1,8	1,5
40	57,7	44,2	63,2	45,3	10	1	3,4	3,4
50	50,2	37,5	63,3	46,8	26	9	3,2	2,8
70	43,0	30,0	49,1	34,7	14	5	3,0	2,5
90	41,6	31,4	42,9	32,5	3	1	2,5	2,4
110	45,0	31,3	45,1	31,6	0	0	2,3	1,9

3. Содержание физической глины (<0,01 мм) и ила (<0,001 мм) в целинной и пахотной тёмно-серой лесной почве, %

Глубина отбора пробы, см	Целина		Пашня		Отклонение, % относительно целины		НСР ₀₅	
	физ. глина	ил	физ. глина	ил	физ. глина	ил	физ. глина	ил
10	36,5	22,0	31,4	20,7	-14	-6	2,1	2,4
20	40,7	24,0	30,3	19,3	-26	-5	2,3	1,7
40	51,1	38,0	61,4	39,4	20	1	4,1	3,5
50	53,7	40,0	60,5	45,5	13	6	3,0	2,6
70	43,1	30,0	47,6	37,8	10	8	2,7	2,7
90	44,0	32,2	45,8	36,3	4	4	3,2	2,0
110	49,2	36,3	48,9	35,7	-1	-1	2,8	2,6

физической глины в слое 0–20 см составляет 30,0–31,4% от общего количества ЭПЧ, что на 14–26% меньше относительно целинного участка. Мигрирующие почвенные частицы постепенно аккумулируются в слое 40–70 см с максимумом содержания на глубине 40 см. Доля илестых частиц, вымытых из пахотного горизонта, составляет не более 6,0% относительно целины, при НСР₀₅, равной 1,7–2,4%. Ил аккумулируется несколько ниже, чем другие фракции, входящие в состав физической глины. В слое 50–90 см отмечено превышение содержания ила на 4–8% относительно целины, при наименьшей существенной разнице в анализе 2,0–2,7%. Как показал анализ распределения фракций элементарных почвенных частиц, физическую глину, накапливающуюся на глубине 40 см, представляют средняя и мелкая пыль. Глубже происходит накопление более мелкого материала – ила и коллоидов. Аналогичная закономерность была определена в выщелоченных чернозёмах лесостепной зоны Зауралья [14]. Поэтому проявление процесса иллювиирования пахотных почв в зоне достаточного увлажнения нельзя назвать типовой особенностью конкретно какой-либо почвы. Это, скорее всего, региональная закономерность для всех типов почв, вовлечённых в пахотный фонд Северного Зауралья.

Вывод. Сравнительный анализ гранулометрического состава всех подтипов серой лесной почвы, вовлечённых в пашню, показал, что в светло-серой и серой лесной почвах наиболее активно вымываются фракции средней и мелкой пыли, а также ила. Пахотный горизонт в этих почвах на 15–34 и 10–24% обеднён физической глиной, которая мигрирует вглубь по профилю и аккумулируется в слое 40–70 см. Коэффициент иллювиирования в светло-серой и серой лесной почвах составляет 2,4 и 1,9 ед., тогда как на целине 1,7 и 1,5 ед. соответственно. В тёмно-серой лесной почве частицы с размерами менее 0,01 мм, вымывающиеся из

пахотного горизонта, накапливаются на глубине 40 см и состоят из фракций средней и мелкой пыли. Илестые частицы мигрируют глубже, достигая глубины 90 см. Коэффициент иллювиирования в этом подтипе минимален и составляет 1,4 ед.

Литература

1. Татаринцев В.Л. Гранулометрия агропочв юга Западной Сибири и их физическое состояние. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. 261 с.
2. Мамонтов В.Г., Панов Н.П., Игнатъев Н.Н. Общее почвоведение. М.: Изд-во «КноРус», 2017. 538 с.
3. Ерёмин Д.И. Агрогенная трансформация чернозёма выщелоченного Северного Зауралья: дисс. докт. биол. наук. Тюмень, 2012. 452 с.
4. Синявский И.В. Культурная растительность агрофитоценоза как фактор почвообразования // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. 2007. Т. 49. С. 90–94.
5. Рзаева В.В., Ерёмин Д.И. Динамика плотности сложения и общей порозности чернозёма выщелоченного при длительном сельскохозяйственном использовании в Северном Зауралье // Аграрный вестник Урала. 2010. № 4. С. 62–65.
6. Моисеев А.Н., Ерёмин Д.И. Роль севооборотов в формировании порового пространства пахотного горизонта чернозёма выщелоченного лесостепной зоны Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2013. № 1 (107). С. 14–16.
7. Ерёмин Д.И., Шахова О.А. Динамика влажности чернозёма выщелоченного при различных системах обработки под яровую пшеницу в условиях Северного Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2010. № 1. С. 38–40.
8. Ерёмин Д.И., Отекина Н.Е. Влияние длительного сельскохозяйственного использования на структурно-агрегатный состав и водопроницаемость выщелоченного чернозёма Северного Зауралья // Вестник Тюменской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. № 1. С. 44–49.
9. Якобчук Л.И., Ерёмин Д.В., Ерёмин М.Д. Создание искусственного почвогрунта с использованием оптимизационной модели плодородия чернозёмных почв // АПК России. 2017. № 2. Т. 24. С. 360–365.
10. Eremin D.I., Eremina D.V. Influence of granulometric composition structure of anthropogenic-reformed soil on ecology of infrastructure // Procedia Engineering. 2016. No. 165. P. 788–793. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.776.
11. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. 286 с.
12. Шейн Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика. Ростов-на-Дону: Изд-во «Феникс», 2006. 400 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования): учебник. 6-е изд., стер. М.: ИД Альянс, 2011. 352 с.
14. Eremin D.I., Eremina D.V. Influence of transport infrastructure on water permeability of soil of Western Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. V. 90. conf. 1. doi.org/10.1088/1755-1315/90/1/012111.