



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-2

УДК 631.41

**АГРОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ  
В СЕВЕРНОМ ЗАУРАЛЬЕ****Д.И. ЕРЕМИН<sup>1</sup>, доктор биологических наук, профессор,  
Н.А. ГРУЗДЕВА<sup>2</sup>, ведущий агрохимик**<sup>1</sup> Государственный аграрный университет Северного Зауралья  
625003, Россия, Тюмень, ул. Республики, 7  
e-mail: soil-tyumen@yandex.ru<sup>2</sup> Государственная станция агрохимической службы «Тюменская»  
625041, Россия, Тюмень, ул. Роцинское шоссе, 2, корпус 10  
e-mail: g.nessi@mail.ru

Рассмотрены результаты многолетних (1994–2016) исследований влияния вовлечения целинных почв в сельскохозяйственный оборот на процессы почвообразования. Исследования проведены на трех подтипах серых лесных почв (светло-серых, серых и темно-серых) в подтаежной зоне в Ярко-ковском, Нижнетавдинском и Тюменском районах Тюменской области. Показано, как под действием ежегодных механических обработок изменяются физические показатели, химические и водные свойства пахотных почв, что влияет на питательный режим культурных растений и процесс гумусообразования. Исследования плотности твердой фазы, сложения и агрегатов серых лесных почв проведены в сравнении с образцами с целинных участков. Установлено, что плотность сложения гумусового горизонта светло-серых и серых лесных почв находится в пределах верхней границы оптимальных значений – 1,24 и 1,31 г/см<sup>3</sup>; в темно-серых лесных почвах – 1,10 г/см<sup>3</sup>. Длительное использование этих почв в пашне привело к увеличению плотности твердой фазы до 2,62–2,80 г/см<sup>3</sup>. Плотность сложения пахотного горизонта серых лесных почв имеет более широкий диапазон варьирования в течение вегетации. Ежегодные механические обработки поддерживают ее в пределах 1,14–1,20 г/см<sup>3</sup>. Выявлена тенденция постепенного уплотнения пахотного горизонта. Антропогенные изменения плотности твердой фазы и сложения прослеживаются до 40 см вглубь. Ежегодные механические обработки почвы и дефицит растительных остатков привели к формированию на пашне почвенных агрегатов с плотностью 1,36–1,40 г/см<sup>3</sup>, тогда как на целине этот показатель составляет – 1,19–1,28 г/см<sup>3</sup>. Показано, что антропогенное переуплотнение может негативно отразиться на водном режиме пахотных серых лесных почв и снизить продуктивность пашни.

**Ключевые слова:** серые лесные почвы, целина, пашня, твердая фаза почвы, плотность сложения, почвенные агрегаты, коэффициент интенсивности уплотнения.

Северное Зауралье – активно развивающийся в сельскохозяйственном направлении регион. Увеличение числа поголовья крупного рогатого скота, свиней и птицы требует повышения валовых сборов зерна и других кормов. Решение проблемы возможно путем внедрения новых сортов зерновых культур местной селекции, способных фор-

мировать высокие урожаи зерна [1–3], и за счет вовлечения новых земель в пахотный фонд. В Тюменской области активно используют серые лесные почвы, причем не только темно-серые, но и другие, менее гумусированные – светло-серые и серые лесные. Хозяйства, расположенные в южной подтайге Северного Зауралья, вынуждены

размещать поля только на них, поскольку более плодородных почв практически нет. Для повышения сборов зерна приходится увеличивать антропогенную нагрузку на почву. Серые лесные почвы, как отмечает Л.Н. Каретин [4], потенциально плодородны, но при вовлечении их в сельскохозяйственный оборот резко ухудшают свои свойства и для их рационального использования требуется разработка индивидуальных мероприятий по расширенному воспроизводству плодородия.

Изменения различных видов плотности серых лесных почв под действием длительного сельскохозяйственного использования изучены недостаточно. Для выявления роли антропогенного фактора необходимы многолетние стационарные исследования пашни и целины.

Цель исследования – изучить плотность твердой фазы, сложения и агрегатов серых лесных почв, вовлеченных в сельскохозяйственный оборот.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Стационарные участки заложены в 1994 г. агрохимической станцией «Тюменская» в различных административных районах Тюменской области. Стационар № 28 расположен в Ярковском районе, в подтаежной зоне (57°18'24", 66°56'25"). Почва светло-серая лесная среднесуглинистая на лёссовидном суглинке, распаханна в 30-е годы XX в. С момента закладки стационара и по настоящее время используется зернопропашной севооборот (картофель – яровая пшеница – яровая пшеница – ячмень – овес) с отвальной системой основной обработки почвы. Мощность пахотного горизонта за годы многолетнего использования светло-серой лесной почвы в пашне достигла 22 см. Содержание гумуса в нем составляет 3,2 %, что соответствует запасам 92 т/га. Для сравнительного анализа влияния антропогенного фактора на динамику гумусного состояния светло-серой лесной почвы использовался целинный участок, находящийся на расстоянии 200 м от стационара, поэтому

факторы почвообразования, за исключением антропогенного, идентичны.

Стационар № 19 расположен в Нижнетавдинском районе, в подтаежной зоне (57°29'35", 65°44'05"). Почва серая лесная среднесуглинистая на лёссовидном суглинке, распаханна в 30-е годы XX в. На стационаре используется зернопропашной севооборот (картофель – яровая пшеница – яровая пшеница – овес) с отвальной системой обработки почвы. Содержание гумуса и его запасы в пахотном горизонте, мощность которого 22 см, соответствуют 3,7 % и 106 т/га. Участок целинной серой лесной почвы находится в 300 м от стационара. Почва относится к среднесуглинистой разновидности.

Стационар № 30 в Тюменском районе (координаты 57°05'30", 65°03'00"). Почва темно-серая среднесуглинистая, сформировавшаяся на лёссовидном суглинке. На стационаре используется зернотравяно-пропашной севооборот с отвальной системой основной обработки почвы. Чередование сельскохозяйственных культур: кукуруза на силос – яровая пшеница – яровая пшеница – ячмень – клевер – клевер – яровая пшеница – яровая пшеница – овес – овес. Мощность пахотного горизонта составляет 30 см. Содержание гумуса в нем достигает 5,3 %, что соответствует 140 т/га почвенного органического вещества. Целинный участок темно-серых лесных почв непосредственно примыкает к полю – находится в 200 м от места отбора почвенных образцов, и представляет сильно изреженный березовый лес с хорошо развитым разнотравно-бобово-злаковым травянистым покровом.

Почвенные образцы отбирали в течение вегетации сельскохозяйственных культур. Отбор проводили послойно с интервалом 10 см с последующим усреднением в 12-кратной повторности. Определение плотности проводили на агрохимической станции «Тюменская» и на кафедре почвоведения и агрохимии Государственного аграрного университета Северного Зауралья в соответствии с нормативной документацией на методы анализов. Плотность твердой фазы – пикнометрическим способом, плот-

ность сложения – по Качинскому, плотность агрегатов – методом парафинирования [5]. Коэффициент интенсивности уплотнения определяли расчетным способом, как отношение плотности сложения за определенный промежуток времени [6]

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Плотность твердой фазы гумусового слоя целинных серых лесных почв не имеет существенных различий по подтипам. Несмотря на то, что содержание органического вещества в светло-серых и темно-серых лесных почвах различается, плотность твердой фазы в слое 0–20 см варьирует в очень узких пределах – 2,45–2,54 г/см<sup>3</sup> (табл. 1). Глубже данный показатель увеличивается в светло-серых лесных почвах до 2,68–2,71 г/см<sup>3</sup>, в темно-серых – до 2,61–2,62 г/см<sup>3</sup>. Это доказывает, что в серых лесных почвах на плотность твердой фазы преимущественно влияет гранулометрический состав. Поскольку тип серых лесных почв в Северном Зауралье формируется в условиях промывного типа водного режима, в нем проявляется процесс иллювиирования (перемещения илистой фракции вглубь профиля). В светло-серых лесных почвах этот процесс проявляется в максимальной степени, поэтому плотность твердой фазы в слое 20–40 см достигает 2,71 г/см<sup>3</sup>. Темно-серые лесные почвы развиваются при периодически-промывном типе водного режима. Иллювиирование на целине практически отсутству-

ет, а формирование иллювиального горизонта проходило в далеком прошлом [7].

Данные 2012 и 2015 гг. показывают, что плотность твердой фазы не меняется с годами – отклонения находятся в пределах ошибки измерения. Поэтому наличие значительных отклонений между целиной и пашней служит доказательством антропогенного влияния на почвообразовательный процесс. Исследования пашни, проводимые в 1994, 2012 и 2015 гг., показали, что плотность твердой фазы не меняется относительно первоначальных значений. В слое 0–20 см закономерность уменьшения плотности твердой фазы от светло-серой к темно-серой лесной почве остается, минимальные значения составляют 2,54–2,62 г/см<sup>3</sup>.

Сравнение плотности твердой фазы на целине и пашне показало наличие достоверного отклонения значений во всех подтипах серой лесной почвы. Максимальные изменения отмечены у пахотной темно-серой лесной почвы – отклонение в слое 0–40 см относительно целины составило 6,9 %. Это объясняется увеличением глубины промачивания пашни, что вызывает процесс иллювиирования. Данный факт является региональной особенностью почвообразования Северного Зауралья [8, 9]. В результате нисходящего движения воды в глубь темно-серой лесной почвы происходит перемещение не только минеральных частиц, размеры которых менее 0,01 мм, но и гумусовых веществ. Аналогичный эффект зарегистри-

Таблица 1

Плотность твердой фазы целинных и пахотных подтипов серых лесных почв, г/см<sup>3</sup>

Подтип почвы	Глубина отбора, см	Целина		Пашня			НСР <sub>05</sub>
		2012 г.	2015 г.	1994 г.	2012 г.	2015 г.	
Светло-серая лесная	0–20	2,52	2,54	2,64	2,68	2,68	0,10
	20–40	2,68	2,71	2,78	2,78	2,77	0,08
Серая лесная	0–20	2,50	2,48	2,57	2,58	2,56	0,12
	20–40	2,67	2,66	2,70	2,72	2,75	0,10
Темно-серая лесная	0–20	2,48	2,45	2,54	2,60	2,62	0,12
	20–40	2,61	2,62	2,71	2,75	2,80	0,14

рован в пахотных черноземах лесостепной зоны Зауралья [10].

В светло-серых лесных почвах антропогенное изменение плотности твердой фазы отмечено в слое 0–20 см – отклонение относительно целины составило 5,5 %. В слое 20–40 см изменения в пределах ошибки измерения ( $НСР_{05} = 0,08 \text{ г/см}^3$ ). Данный факт объясняется тем, что именно в этом слое на целине происходит максимальный процесс вымывания частиц, тем самым формируется полноценный элювиальный горизонт, обедненный илестыми частицами. При вовлечении светло-серых лесных почв в пахотный оборот миграция частиц не увеличивается. В подтипе серой лесной почвы не установлено антропогенного изменения плотности твердой фазы – отклонения в пределах ошибки ( $НСР_{05} = 0,10\text{--}0,12 \text{ г/см}^3$ ).

Плотность сложения имеет огромное агрофизическое значение. Уплотненная почва препятствует росту и развитию корневой системы, а чрезмерно рыхлая не обеспечивает хорошего контакта корней с поверхностью почвенных агрегатов. Плотность сложения является динамическим показателем, меняющим свои значения не только в разрезе лет, но и в течение вегетационного периода. И в этом случае очень важна скорость уплотнения и возможность естественного разрыхления. Последнее особенно касается подпахотных слоев, которые нельзя разрыхлить искусственно.

Плотность сложения определяли после уборочных работ, до проведения вспашки.

Это дало возможность исключить влияние поверхностных обработок. Светло-серые лесные почвы характеризуются незначительной амплитудой плотности сложения пахотного слоя (0–20 см). На протяжении 21 года она варьировала от 1,17 до 1,27 г/см<sup>3</sup>, что находится в пределах верхней границы оптимальных для развития зерновых культур значений (табл. 2). В слое 20–40 см плотность закономерно возрастает – в 1994 г. она составила 1,34 г/см<sup>3</sup> и до 2002 г. оставалась на одном уровне. С 2008 г. подпахотный горизонт начал постепенно уплотняться и к 2015 г. плотность сложения достигла 1,45 г/см<sup>3</sup>. В условиях Северного Зауралья наличие переуплотненного горизонта может привести к резкому ухудшению аэрации, особенно при заполнении пустот водой в период осенних дождей и весеннего снеготаяния. По данным Л.Н. Каретина, в целинных светло-серых лесных почвах проявляются признаки формирования уплотненных горизонтов вследствие естественных элювиально-иллювиальных процессов. Однако плотность сложения на глубине 20–40 см на целине не превышала 1,35 г/см<sup>3</sup> [4]. Уплотнение с 2008 по 2015 г. обусловлено усилением механического давления рабочих органов почвообрабатывающих орудий и частичной миграцией илестых частиц из пахотного горизонта.

Плотность сложения серой лесной почвы, вовлеченной в пахотный фонд, не отли-

Таблица 2

Динамика плотности сложения подтипов пахотной серой лесной почвы, г/см<sup>3</sup>

Подтип почвы	Глубина отбора, см	Год					
		1994	1997	2002	2008	2011	2015
Светло-серая лесная	0–20	1,20	1,18	1,17	1,25	1,25	1,27
	20–40	1,34	1,35	1,32	1,38	1,40	1,45
Серая лесная	0–20	1,18	1,20	1,20	1,24	1,24	1,23
	20–40	1,36	1,34	1,35	1,45	1,45	1,46
Темно-серая лесная	0–20	1,14	1,15	1,15	1,20	1,22	1,20
	20–40	1,30	1,27	1,28	1,37	1,40	1,37

Примечание.  $НСР_{05}$  для слоя 0–20 см – 0,08 г/см<sup>3</sup>, для 20–40 – 0,07 г/см<sup>3</sup>



чается от значений предыдущего подтипа. В слое 0–20 см она варьировала по годам от 1,18 до 1,24 г/см<sup>3</sup>, в слое 20–40 см от 1,36 до 1,46 г/см<sup>3</sup>. Прослеживается та же тенденция, что и у светло-серых лесных почв, – с 2008 г. слой 20–40 см постепенно уплотняется.

Темно-серая лесная почва характеризуется более высоким содержанием органического вещества по сравнению с другими подтипами, поэтому она должна быть относительно рыхлой. За годы исследований плотность сложения пахотного горизонта варьировала от 1,14 до 1,22 г/см<sup>3</sup>. В слое 20–40 см данный показатель не имел существенных различий от предыдущих подтипов: с 1994 по 2002 г. плотность сложения была в пределах 1,27–1,30 г/см<sup>3</sup>. С 2008 по 2015 г. слой 20–40 см начал постепенно уплотняться, достигая 1,40 г/см<sup>3</sup>.

Процесс уплотнения слоя 20–40 см связан с использованием отвальной системы обработки почвы, и степень уплотнения зависит от гумусового состояния серых лесных почв. На светло-серой лесной почве отклонение плотности сложения в слое 20–40 см за 21 год составило 8,2 % от исходной величины, в серых и темно-серых – 7,7 и 5,4 %. Данный факт объясняется улучшением качественного состава гумуса от светло-серых к темно-серым почвам, что благоприятно сказывается на микроагрегатном составе пахотного горизонта. Формирование водопрочных микроагрегатов предотвращает миграцию илестых минеральных частиц вглубь, тем самым оказывает положительное действие на агрофизические свойства почв [11].

Наличие ежегодных механических обработок и резкие колебания влажности почвы являются причиной серьезных изменений плотности сложения почв, вовлеченных в пашню, что оказывает влияние на рост и урожайность сельскохозяйственных культур.

В мае плотность сложения в слое 0–20 см различалась по подтипам. В светло-серой лесной почве данный показатель составил 1,17 г/см<sup>3</sup>, в темно-серых лесных почвах – 0,98 г/см<sup>3</sup>. К июню слой 0–20 см уплотнился

до 1,15–1,20 г/см<sup>3</sup>, что является оптимальным для зерновых культур. Коэффициент интенсивности уплотнения пахотной темно-серой лесной почвы составил 1,22 ед., тогда как у светло-серой и серой лесных почв он был гораздо ниже – 1,01 и 1,06 ед. Данный факт указывает на то, что процесс уплотнения после осенней вспашки у этих подтипов почв к весне следующего года заканчивается и для разрыхления приходится применять дополнительные механические обработки. На целине, где механическое воздействие отсутствует, процесс разрыхления–уплотнения главным образом обусловлен изменением влажности, влияющей на объем пустот внутри почвы. К маю плотность сложения в слое 0–20 см варьировала по подтипам в пределах 0,81–1,14 г/см<sup>3</sup>. Скорость уплотнения была различна, о чем свидетельствует соответствующий коэффициент. В светло-серой лесной почве он составил 1,03 ед, у темно-серой – 1,16 ед.

Плотность сложения подпахотного слоя оказывает серьезное влияние на движение воды в почве. В пахотной светло-серой лесной почве плотность сложения в слое 20–40 см в мае достигала 1,35 г/см<sup>3</sup>, что соответствовало значениям целины (табл. 3). Однако в дальнейшем слой 20–30 см начал постепенно уплотняться, достигая максимальной величины 1,42 г/см<sup>3</sup>, что на 8 % выше значений целины. Поскольку в течение лета глубокая механическая обработка не проводилась, то уплотнение является результатом циклического процесса набухания–высыхания почвенных агрегатов под действием резкого изменения влажности пахотной светло-серой лесной почвы. На целине этого не происходит благодаря наличию естественной растительности, препятствующей сильному иссушению. В слое 30–40 см изменения плотности сложения в течение летнего периода не столь выражены – отклонения составили 0,03 г/см<sup>3</sup>.

В слое 20–30 см пахотных серых лесных почв плотность сложения в мае составила 1,27 г/см<sup>3</sup>, что на 3 % меньше значений целины. Однако к июню слой уплотнился

**Динамика плотности сложения серых лесных почв  
в течение вегетационного периода, г/см<sup>3</sup> (2010–2016 гг.)**

Подтип почвы	Глубина отбора, см	Пашня			Целина		
		Май	Июнь	Август	Май	Июнь	Август
Светло-серая лесная	0–20	1,17	1,18	1,24	0,98	1,01	1,08
	20–30	1,35	1,40	1,42	1,33	1,35	1,32
	30–40	1,35	1,38	1,38	1,35	1,35	1,36
Серая лесная	0–20	1,09	1,15	1,16	1,14	1,15	1,25
	20–30	1,27	1,35	1,40	1,31	1,32	1,35
	30–40	1,44	1,42	1,46	1,41	1,42	1,44
Темно-серая лесная	0–20	0,98	1,20	1,22	0,81	0,94	1,02
	20–30	1,20	1,28	1,35	0,98	1,10	1,14
	30–40	1,27	1,32	1,34	1,25	1,28	1,28

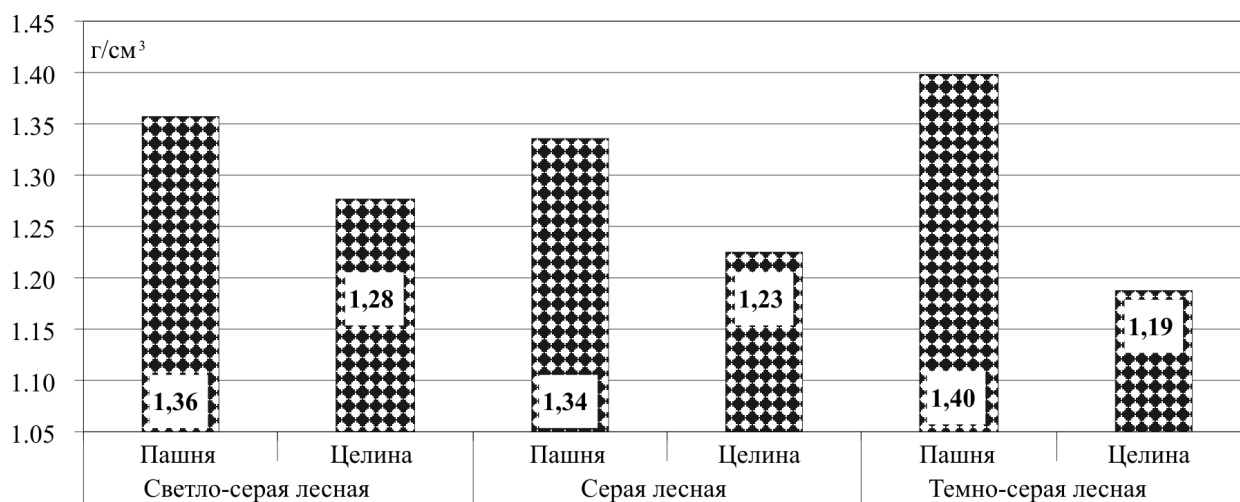
до 1,35 г/см<sup>3</sup>, тогда как на целине никаких изменений не было. В августе плотность слоя 20–30 см возросла на 10 % и достигла 1,40 г/см<sup>3</sup>. Слой 30–40 см пахотной серой лесной почвы характеризовался минимальным изменением плотности сложения в течение вегетационного периода и не отличался от целины.

Поскольку подтип темно-серых лесных почв выделяется среди других более высоким содержанием гумуса и мощным гумусовым слоем, то часто его сравнивают с черноземами. Однако в темно-серых лесных почвах процесс иллювиирования, в отличие от черноземов, является естественным. Это накладывает определенный отпечаток на распределение физической глины по профилю и соответствующие агрофизические свойства.

Плотность сложения слоя 20–30 см перед началом весенних работ составила 1,20 г/см<sup>3</sup>, тогда как на целине она была значительно ниже – 0,98 г/см<sup>3</sup>. На протяжении летнего периода слой уплотнился более чем на 10 % относительно мая, достигнув 1,35 г/см<sup>3</sup>. Интенсивность уплотнения слоя 20–30 см в пахотных темно-серых лесных почвах значительно выше, чем в черноземах, длительно используемых в пашне [12–14].

Процесс уплотнения в течение вегетации наблюдается в слое 30–40 см, что характерно и для черноземов. В мае плотность сложения составляла 1,27 г/см<sup>3</sup>, что соответствовало целине. Однако к августу данный показатель увеличился до 1,34 г/см<sup>3</sup> – уплотнение составило 6 % относительно мая. На целинном участке в этом же слое варьирование плотности сложения было в пределах ошибки измерения.

Плотность почвенных агрегатов выражает качественную характеристику агрофизических свойств. Ее изменение в сильной степени влияет на питательный и водный режимы почвы. При чрезмерно высокой плотности почвенных агрегатов их водопрочность будет излишне высокой, что может ухудшить условия гумусообразования, питания растений, а также негативно повлияет на водоподъемную способность почвы [15–17]. Рыхлые структурные отдельности обладают низкой водопрочностью, что в условиях затяжных дождей или в период активного снеготаяния приведет к резкому снижению водопроницаемости гумусового горизонта, а в отдельных случаях – формированию водонепроницаемого слоя. Для условий Северного Зауралья это грозит поверхностным переувлажнением и развитием водной эрозии в будущем [18–20].



Плотность агрегатов гумусового слоя целинных и пахотных серых лесных почв г/см<sup>3</sup>, 2012–2015 гг.

Целинные темно-серые лесные почвы Северного Зауралья характеризуются оптимальной плотностью агрегатов гумусового слоя, близкой по своему значению к черноземам. В среднем за годы исследований она составляет 1,19 г/см<sup>3</sup> (см. рисунок). С уменьшением гумусированности почвенные агрегаты становятся плотнее и достигают 1,28 г/см<sup>3</sup> в светло-серых лесных почвах. Учитывая тот факт, что оптимум находится в диапазоне 1,00–1,20 г/см<sup>3</sup>, можно отметить, что светло-серые лесные почвы изначально обладают повышенной плотностью агрегатов.

Старопахотные аналоги серой лесной почвы характеризуются излишне высокой плотностью агрегатов. Максимальная плотность структурных отдельностей среди изучаемых подтипов характерна для темно-серой лесной почвы, у которой данный показатель достигает 1,40 г/см<sup>3</sup>, что на 18 % выше верхней границы оптимума. Это происходит в результате изменения качественного состава гумуса и резких перепадов влажности пахотного горизонта. В подтипах светло-серой и серой лесной почв в составе гумуса на долю гуматов кальция приходится незначительная часть, а структурообразование более выражено по отношению к высокогумусным почвам. Поэтому на пашне формируются почвенные агрегаты с меньшей плотностью – 1,36 и 1,34 г/см<sup>3</sup>. Однако они также выходят за пределы оптимума.

## ВЫВОДЫ

1. Плотность твердой фазы в слое 0–40 см целинных серых лесных почв варьирует от 2,48 до 2,71 г/см<sup>3</sup>, постепенно уменьшаясь от светло-серых к темно-серым. Длительная распашка приводит к увеличению плотности твердой фазы до 2,68–2,77 г/см<sup>3</sup> в светло-серой и 2,62–2,80 г/см<sup>3</sup> в темно-серой лесной почве. Антропогенные изменения плотности твердой фазы проявляются до глубины 40 см.

2. Плотность сложения пахотного слоя (0–20 см) светло-серой лесной почвы за 21 год варьировала от 1,17 до 1,27 г/см<sup>3</sup>, в подпахотном горизонте – от 1,32 до 1,45 г/см<sup>3</sup>. Прослеживается тенденция постепенного уплотнения, несмотря на ежегодные механические обработки. В пахотных темно-серых лесных почвах пределы варьирования меньше – от 1,14 до 1,20 г/см<sup>3</sup> в слое 0–20 см и от 1,27 до 1,40 г/см<sup>3</sup> в слое 20–40 см.

3. В период проведения посевных работ плотность сложения пахотного горизонта находится в диапазоне оптимума и варьирует от 1,17 г/см<sup>3</sup> в светло-серой лесной почве до 0,98 г/см<sup>3</sup> в темно-серой. К июню пахотный слой уплотняется только в серой и темно-серой лесной почве, достигая 1,15 и 1,20 г/см<sup>3</sup>. На этих подтипах также выражен процесс уплотнения в слое 20–30 см. К августу плотность сложения в слое 0–20 см пахотной светло-серой лесной почвы увеличивается до 1,24 г/см<sup>3</sup>, что на 15 % выше

значений целины. В серой и темно-серой лесной почве процесс уплотнения слоя 0–20 см с июня по август отсутствует. Динамика плотности сложения в слое 30–40 см пахотных серых лесных почв минимальна и не имеет существенных отклонений по отношению к целине.

4. Плотность структурных агрегатов целинных серых лесных почв снижается от 1,28 до 1,19 г/см<sup>3</sup> по мере увеличения гумусированности. Длительное использование почв в пашне привело к формированию структурных отдельностей в пахотном горизонте с плотностью 1,36–1,40 г/см<sup>3</sup> с максимальным уплотнением в темно-серой лесной почве.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Власенко А.Н., Шарков И.Н., Шоба В.Н., Иодко Л.Н.** Экономические аспекты интенсификации технологий возделывания зерновых культур в лесостепи Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2014. – № 5. – С. 20–28.
2. **Казак А.А., Логинов Л.Ю.** Сортовые ресурсы яровой мягкой пшеницы Западной Сибири в решении продовольственной безопасности региона // Зерновое хозяйство. – 2016. – № 3. – С. 44–47.
3. **Фомина М.Н., Тоболова Г.В., Остапенко А.В.** Использование метода электрофреза проламинов в первичном семеноводстве на примере сорта овса Отрада // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 12. – С. 14–16.
4. **Каретин Л.Н.** Почвы Тюменской области. – Новосибирск: Наука, 1990. – 285 с.
5. **Шеин Е.В.** Агрофизика. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 400 с.
6. **Абрамов Н.В.** Совершенствование основных элементов систем земледелия в лесостепи Западной Сибири: дис. ... докт. с.-х. наук. – Омск, 1992. – 313 с.
7. **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.
8. **Фисунов Н.В., Еремин Д.И.** Влияние обработки почвы и посева на водопотребление озимой пшеницы в Зауралье // Земледелие. – 2013. – № 3. – С. 24–25.
9. **Моисеев А.Н., Еремин Д.И.** Оценка севооборотов по влагообеспеченности культур в условиях лесостепной зоны Зауралья // Аграрный вестн. Урала. – 2012. – № 1–11 (103). – С. 18–20.
10. **Рзаева В.В., Еремин Д.И.** Изменение агрофизических свойств чернозема выщелоченного при длительном использовании различных систем основной обработки и минеральных удобрений в Северном Зауралье // Вестн. Красноярского ГАУ. – 2010. – № 6. – С. 36–42.
11. **Мамонтов В.Г., Кузелев М.М., Шевченко А.А., Кончиц В.А.** Характеристика фракций гуминовых кислот обыкновенных черноземов по данным термического анализа // Плодородие. – 2010. – № 2. – С. 36–37.
12. **Кураченко Н.Л., Ульянова О.А., Чупрова В.В.** Влияние систем удобрения на изменение агрофизических свойств темно-серой лесной почвы // Агрохимия. – 2011. – № 4. – С. 22–29.
13. **Ульянова О.А., Бутенко М.С., Петрова Е.В.** Изменение показателей потенциального и эффективного плодородия агросерой почвы под действием удобрений // Вестн. Красноярского ГАУ. – 2014. – № 5. – С. 77–82.
14. **Еремин Д.И., Моисеев А.Н.** Влияние севооборотов на агрофизические свойства чернозема выщелоченного // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2012. – № 6. – С. 26–32.
15. **Еремин Д.И., Абрамова С.В.** Биологическая активность и нитратный режим выщелоченных черноземов и луговых почв Тобол-Ишимского междуречья // Вестн. Красноярского ГАУ. – 2008. – № 2. – С. 67–71.
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.
17. **Котченко С.Г., Груздева Н.А., Еремин Д.И.** Динамика содержания различных форм азота в пахотных серых лесных почвах Северного Зауралья // Плодородие. – 2017. – № 4. – С. 39–43.



18. **Савич В.И., Гукалов В.Н., Мансуров Б.А.** Агроэкологическая оценка развития эрозии во времени и в пространстве // Плодородие. – 2015. – № 3. – С. 40–42.
19. **Танасиенко А.А.** Специфика эрозии почв в Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – 176 с.
20. **Komissarov M.A., Gabbasova I.M.** Erosion of agrochernozems under sprinkler irrigation and rainfall simulation in the southern forest-steppe of Bashkir Cis-Ural region // Eurasian Soil Science. – 2017. – Vol. 50, N 2. – С. 253–261.

#### REFERENCES

1. **Vlasenko A.N., Sharkov I.N., Shoba V.N., Iodko L.N.** Ekonomicheskie aspekty intensifikatsii tekhnologii vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur v lesostepi Sibiri // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2014. – № 5. – С. 20–28.
2. **Kazak A.A., Loginov L.Yu.** Sortovye resursy yarovoi myagkoi pshenitsy Zapadnoi Sibiri v reshenii prodovol'stvennoi bezopasnosti regiona // Zernovoe khozyaistvo. – 2016. – № 3. – С. 44–47.
3. **Fomina M.N., Tobolova G.V., Ostapenko A.V.** Ispol'zovanie metoda elektrofor-eza prolaminov v pervichnom semenovodstve na primere sorta ovsa Otrada // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2016. – Т. 30, № 12. – С. 14–16.
4. **Karetin L.N.** Pochvy Tyumenskoi oblasti. – Novosibirsk: Nauka, 1990. – 285 s.
5. **Shein E.V.** Agrofizika. – Rostov-na-Donu: Feniks, 2006. – 400 s.
6. **Abramov N.V.** Sovershenstvovanie osnovnykh elementov sistem zemledeliya v lesostepi Zapadnoi Sibiri: dis. ... dokt. s.-kh. nauk. – Omsk, 1992. – 313 s.
7. **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.
8. **Fisunov N.V., Eremin D.I.** Vliyanie obrabotki pochvy i poseva na vodopotreblenie ozimoi pshenitsy v Zaural'e // Zemledelie. – 2013. – № 3. – С. 24–25.
9. **Moiseev A.N., Eremin D.I.** Otsenka sevooborotov po vlagoobespechennosti kul'tur v usloviyakh lesostepnoi zony Zaural'ya // Agrarnyi vestn. Urala. – 2012. – № 1–11 (103). – С. 18–20.
10. **Rzaeva V.V., Eremin D.I.** Izmenenie agrofizicheskikh svoystv chernozema vyshchelochennogo pri dlitel'nom ispol'zovanii razlichnykh sistem osnovnoi obrabotki i mineral'nykh udobrenii v Severnom Zaural'e // Vestn. Krasnoyarskogo GAU. – 2010. – № 6. – С. 36–42.
11. **Mamontov V.G., Kuzelev M.M., Shevchenko A.A., Konchits V.A.** Kharakteristika fraktsii guminovykh kislot obyknovennykh chernozemov po dannym termicheskogo analiza // Plodorodie. – 2010. – № 2. – С. 36–37.
12. **Kurachenko N.L., Ul'yanova O.A., Chuprova V.V.** Vliyanie sistem udobreniya na izmenenie agrofizicheskikh svoystv temno-seroi lesnoi pochvy // Agrokhimiya. – 2011. – № 4. – С. 22–29.
13. **Ul'yanova O.A., Butenko M.S., Petrova E.V.** Izmenenie pokazatelei potentsial'nogo i effektivnogo plodorodiya agroseroi pochvy pod deistviem udobrenii // Vestn. Krasnoyarskogo GAU. – 2014. – № 5. – С. 77–82.
14. **Eremin D.I., Moiseev A.N.** Vliyanie sevooborotov na agrofizicheskie svoystva chernozema vyshchelochennogo // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2012. – № 6. – С. 26–32.
15. **Eremin D.I., Abramova S.V.** Biologicheskaya aktivnost' i nitratnyi rezhim vyshchelochennykh chernozemov i lugovykh pochv Tobol-Ishimskogo mezhdurech'ya // Vestn. Krasnoyarskogo GAU. – 2008. – № 2. – С. 67–71.
16. **Gruzdeva N.A., Kotchenko S.G., Eremin D.I.** Dinamika sodержaniya i zapasov gumusa v agroserykh lesnykh pochvakh Severnogo Zaural'ya // Plodorodie. – 2017. – № 3 (96). – С. 16–19.
17. **Kotchenko S.G., Gruzdeva N.A., Eremin D.I.** Dinamika sodержaniya razlichnykh form azota v pakhotnykh serykh lesnykh pochvakh Severnogo Zaural'ya // Plodorodie. – 2017. – № 4. – С. 39–43.
18. **Savich V.I., Gukalov V.N., Mansurov B.A.** Agroekologicheskaya otsenka razvitiya erozii vo vremeni i v prostranstve // Plodorodie. – 2015. – № 3. – С. 40–42.
19. **Tanasienko A.A.** Spetsifika erozii pochv v Sibiri. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2003. – 176 s.
20. **Komissarov M.A., Gabbasova I.M.** Erosion of agrochernozems under sprinkler irrigation and rainfall simulation in the southern forest-steppe of Bashkir Cis-Ural region // Eurasian Soil Science. – 2017. – Vol. 50, N 2. – С. 253–261.

**AGROGENIC CHANGES IN DENSITY OF GRAY FOREST SOILS  
IN NORTHERN TRANS-URAL REGION**

**D.I. EREMIN<sup>1</sup>, Doctor of Science in Biology, Professor,  
N.A. GRUZDEVA<sup>2</sup>, Lead Agrochemist**

*<sup>1</sup>Northern Trans-Ural State Agricultural University  
7, Respubliki St, Tyumen, 625003, Russia  
e-mail: soil-tyumen@yandex.ru*

*<sup>2</sup>Tyumen State Agrochemical Service Station  
2, building 10, Roshchinskoye Shosse St, Tyumen, 625041, Russia  
e-mail: g.nessi@mail.ru*

Results are given from long-term (1994–2016) studies on the effect of involving virgin soils in agricultural use on soil formation processes. The studies were carried out on three subtypes of gray forest soils (light-gray, gray and dark-gray) in the subtaiga zone of Tyumen Region. It is shown how physical parameters and chemical and water properties of arable lands change as influenced by annual tillage that consequently affect the nutrient status of cultivated plants and humification processes. The studies on changes in solid soil phase density, soil formation and aggregation of gray forest soils were carried out in comparison with virgin soil samples. It has been established that the soil bulk density of humus horizon of light-gray and gray forest soils is within the upper bounds of the optimums of 1.24 and 1.31 g/cm<sup>3</sup>; dark-gray forest soils are characterized by the optimum density of 1.10 g/cm<sup>3</sup>. The prolonged use of these soils in tillage resulted in increasing the solid soil phase density up to 2.62–2.80 g/cm<sup>3</sup>. The soil bulk density of arable horizon of gray forest soils has a wider range of variation during the growing season. Annual tillage keeps it within 1.14–1.20 g/cm<sup>3</sup>. A tendency towards gradual compaction of the arable layer has been identified. Anthropogenic changes in solid soil phase and soil bulk densities can be traced to 40 cm deep. Annual tillage and reduced plant residues have resulted in forming soil aggregates with density of 1.36–1.40 g/cm<sup>3</sup>, while on virgin soils this parameter is 1.19–1.28 g/cm<sup>3</sup>. It has been shown that anthropogenic over-compaction could negatively affect the water regime of arable gray forest soils and reduce their productivity.

**Keywords:** gray forest soils, virgin soils, arable land, solid soil phase density, soil bulk density, soil aggregates, coefficient of compaction intensity.

*Поступила в редакцию 04.10.2017*