

УДК 631.4: 630\*114.14

DOI: 10.37482/0536-1036-2020-4-95-112

## ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ СЕГРЕГАЦИОННЫХ В АГРОЛЕСОЛАНДШАФТАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

*В.И. Турусов, д-р с.-х. наук, акад. РАН; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5853-9549>*

*Ю.И. Чевердин, д-р биол. наук, гл. науч. сотр.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9905-0547>*

*В.А. Беспалов, канд. биол. наук, ст. науч. сотр.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6787-929X>*

*Т.В. Титова, канд. биол. наук, ст. науч. сотр.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6435-5455>*

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева, д. 81, квартал V, пос. 2-го участка Института им. В.В. Докучаева, Таловский р-н, Воронежская обл., Россия, 397463; e-mail: niish1c@mail.ru

В рамках программы по тематике государственного задания на 2018–2020 гг. изучены основные физические свойства черноземов в агролесоландшафтах Центрального Черноземья. Исследования, проведенные в условиях агроценозов и ненарушенных экосистем, разделялись по влиянию агрогенного и агролесомелиоративного характера. Агрогенное влияние рассматривалось на примере залежных угодий, введенных в эксплуатацию под пашню, лесомелиоративное – на примере воздействия лесозащитной полосы на почвенный покров. Установлено, что под влиянием лесных полос и при введении в сельскохозяйственное использование залежных угодий происходит перегруппировка численности почвенных агрегатов, но по различным сценариям. При агрогенном воздействии содержание глыбистой фракции (>10 мм) в пахотном горизонте от 6 до 14 раз увеличивается по сравнению с залежью. Доля пылеватой фракции (<0,25 мм) на пашне, напротив, уменьшается в 2–4 раза, коэффициент структурности – от 8 до 13 раз. Для почв пашни отмечено минимальное значение содержания агрономически ценных агрегатов ( $\Sigma 0,25...10$  мм) по сравнению с залежью и лесополосой для всех отобранных слоев. Для пашни средние значения лежат в пределах 58...73 %, тогда как для лесной полосы и залежи доля агрегатов размером 0,25...10 мм составляет 85...95 %. На уменьшение агрономически ценной структуры на пашне повлияло снижение содержания фракций размером 0,25...0,5; 0,5...1; 1...2; 2...3 и 3...5 мм по сравнению с залежью. На структурный состав почвенного покрова агролесомелиоративное влияние осуществляется более щадяще. Доля глыбистой фракции увеличивается незначительно. Сумма агрономически ценных агрегатов в почве лесной полосы на глубине 10...20 и 20...40 см соответствует уровню чернозема залежи. При этом доля пылеватой фракции в почвах естественных ценозов выше. И как следствие этого, на этих же глубинах значения коэффициента структурности чернозема лесополосы незначительно превышают подобные значения в почве залежи. Установлены статистические особенности распределения основных почвенных агрегатов в почвах, подверженных интенсивному агрогенному и лесомелиоративному воздействию, по сравнению с залежными почвами. Рассчитаны некоторые статистические характеристики распределения основных структурных отдельностей черноземных почв. Определены показатели плотности сложения с различных глубин на участках объекта, которые увеличиваются в ряду залежь–лесополоса–пашня.

*Для цитирования:* Турусов В.И., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А., Титова Т.В. Изменения физических свойств черноземов сегрегационных в агролесоландшафтах Центрального Черноземья // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 4. С. 95–112. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-4-95-112

*Ключевые слова:* лесные полосы, залежи, чернозем, структурный состав почв, плотность сложения.

### *Введение*

Охрана, рациональное использование и улучшение свойств почв становятся важнейшими проблемами на современном этапе развития сельского хозяйства. Для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур разработаны различные приемы обработки почвы в целях максимального использования ее плодородия [4]. При механическом воздействии на почву изменяются строение пахотного слоя, воздушный и водный режимы, усиливаются микробиологические процессы [16]. По результатам многочисленных исследований, последствия агрогенного воздействия на черноземы приводят к их физической деградации: переуплотнению, распылению, расстрескиванию, глыбистости [5, 10, 11]. Показатели физического состояния имеют одно из первостепенных значений, определяющих эффективное плодородие и продуктивность агроценозов.

В ряде работ отмечается существенная деградация основных показателей физического состояния почв под влиянием сельскохозяйственного использования: укрупнение (или распыление) структуры, повышение плотности, снижение пористости и влагоемкости, падение водопрочности агрегатов [19–21, 23–25].

Повсеместное ухудшение структурного состояния и плотности сложения черноземов и других почв, которые в наибольшей степени влияют на урожай, требует организации мониторинга за этими изменениями для прогноза состояния и качества земель и определения пути оптимизации их структурного состава и плотности [7].

Важно отметить, что на состояние почвенного покрова оказывает влияние не только агрогенное, но и лесомелиоративное воздействие. Тем самым, оценка комплексного характера этого влияния на почву является приоритетным направлением современного почвоведения [1, 13, 14, 17]. Проведенные исследования в Каменной Степи указывают на положительную роль лесных насаждений в физическом состоянии черноземов [6, 15].

Для разработки эффективных мер по устранению физической деградации почв необходимы количественные показатели оценки их физического состояния. Цель исследований – оценка эволюционных изменений физических свойств черноземных почв в различных агролесоландшафтах Центрального Черноземья.

### *Объекты и методы исследования*

Для оценки эволюционных изменений физических свойств черноземных почв в агролесоландшафтах в результате длительного антропогенного и лесомелиоративного воздействия в 2018–2019 гг. отделом агропочвоведения и агролесомелиорации НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева была осуществлена закладка

опытного участка в пределах агролесоландшафта. Для отбора почвенных образцов производилось бурение по сетке с ячейкой 25×25 м на следующих объектах: залежь косимая 1882 г. заповедника № 1; лесополоса (л.п.) № 40; пашня 1952 г. распашки (рис. 1). Образцы почвы на участке площадью 1,2 га отбирались с 24 точек опробования.



Рис. 1. Космоснимок расположения опытного участка в Каменной Степи

Fig. 1. Satellite image of the location of the test area in the Kamennaya Steppe

Заповедник № 1 расположен между лесной полосой № 40 (с запада) и южным селекционным севооборотом (с востока). Косимая залежь (1882 г.) – один из трех участков заповедника площадью 10,7 га. Она представлена степной разнотравно-злаковой растительностью, подвергающейся ежегодному скашиванию. В связи с тем, что этой залежи почти 140 лет, ее можно отнести к естественным угодьям.

Лесная полоса № 40 полевозащитного назначения посажена Н.Я. Михайловым в 1903 г. Насаждение примечательно своими размерами: ширина – 106 м, длина – 750 м. Эта самая широкая лесная полоса в оазисе, заложенная как основная ветроударная и водорегулирующая на водоразделе 2 основных балок – Таловой и Озерки, является интересным опытом по изучению совместного выращивания дуба обыкновенного с другими древесно-кустарниковыми породами [12]. В качестве дополнительных вариантов изучались западная и восточная опушки лесной полосы № 40, которые представлены кленом ясенелистным.

Участок пашни, эксплуатируемый с 1952 г., находится западнее лесной полосы № 40. После введения в эксплуатацию он использовался для возделывания различных сельскохозяйственных культур, в том числе озимой пшеницы и кукурузы.

Почвенный покров объектов исследования представлен черноземом сегрегационным (обыкновенным по классификации 1977 г.). В почве объектов исследования (слои 0...10; 10...20 и 20...40 см) изучались структурно-агрегатный состав по Н.И. Саввинову (фракционирование почвы в воздушно-

сухом состоянии) и плотность ее сложения (методом взятия почвенных проб с ненарушенным сложением с помощью режущих колец) [3, 18, 22].

Экспериментальные данные подвергались статистической обработке корреляционным и дисперсионным методами с помощью программы Microsoft Excel. Для пространственного отображения результатов использовались геостатистические возможности пакета Surfer-V.9.0.

#### Результаты исследования и их обсуждение

При эволюционном развитии почвенного покрова происходит изменение его структурного состояния [2]. Анализ наших исследований свидетельствует о перегруппировке количества почвенных агрегатов верхнего слоя почвы под воздействием антропогенеза и агролесомелиоративного комплекса. Наиболее контрастно изменялась доля глыбистой части фракции ( $>10$  мм). Минимальное количество агрегатов характерно для чернозема обыкновенного естественных угодий залежи косимой. В верхнем слое почвы (0...10 см) содержалось ( $2,86 \pm 0,24$ ) % глыбистых частиц, под лесным насаждением отмечено их некоторое увеличение – до ( $7,05 \pm 0,96$ ) %. Интенсивное сельскохозяйственное использование приводит к существенному изменению структурного состояния. Доля агрегатов размером  $>10$  мм увеличивается многократно и находится в среднем на уровне ( $40,31 \pm 2,26$ ) % (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения основных показателей структурного состава почв  
Каменной Степи в зависимости от вида воздействия (2019 г.)

Вариант	Сумма агрономически ценных мезоагрегатов (10...0,25 мм), %	Коэффициент структурности $K_c$	Сумма макроагрегатов ( $>10$ мм), %	Сумма агрегатов (10...5 мм), %	Сумма макро- и микроагрегатов ( $\Sigma >10$ мм + $<0,25$ мм), %
<i>На глубине 0...10 см</i>					
1	94,43 $\pm$ 1,35	18,89 $\pm$ 3,97	2,86 $\pm$ 0,24	10,70 $\pm$ 1,17	5,57 $\pm$ 1,35
2	85,61 $\pm$ 3,50	6,67 $\pm$ 1,52	11,85 $\pm$ 4,43	19,65 $\pm$ 2,36	14,46 $\pm$ 3,56
3	91,57 $\pm$ 0,81	11,73 $\pm$ 1,16	7,05 $\pm$ 0,96	20,77 $\pm$ 2,35	8,43 $\pm$ 0,81
4	86,58 $\pm$ 4,51	9,02 $\pm$ 4,03	11,70 $\pm$ 4,90	28,77 $\pm$ 2,33	13,41 $\pm$ 4,51
5	58,65 $\pm$ 2,28	1,46 $\pm$ 0,15	40,31 $\pm$ 2,26	19,19 $\pm$ 0,74	41,35 $\pm$ 2,28
<i>На глубине 10...20 см</i>					
1	90,12 $\pm$ 1,46	9,55 $\pm$ 1,46	5,69 $\pm$ 1,45	18,21 $\pm$ 0,36	9,88 $\pm$ 1,46
2	88,26 $\pm$ 0,71	7,58 $\pm$ 0,52	9,33 $\pm$ 1,07	21,33 $\pm$ 1,51	11,74 $\pm$ 0,71
3	91,17 $\pm$ 0,72	10,98 $\pm$ 1,04	6,25 $\pm$ 0,77	18,12 $\pm$ 2,33	8,83 $\pm$ 0,72
4	85,22 $\pm$ 5,63	7,66 $\pm$ 2,53	13,82 $\pm$ 5,74	33,50 $\pm$ 0,49	14,78 $\pm$ 5,63
5	62,30 $\pm$ 2,06	1,70 $\pm$ 0,15	36,94 $\pm$ 2,06	21,28 $\pm$ 1,11	37,70 $\pm$ 2,06
<i>На глубине 20...40 см</i>					
1	85,87 $\pm$ 2,08	6,36 $\pm$ 0,95	9,33 $\pm$ 2,54	17,05 $\pm$ 0,70	14,13 $\pm$ 2,08
2	86,05 $\pm$ 2,12	6,51 $\pm$ 1,13	11,30 $\pm$ 2,49	18,59 $\pm$ 0,97	13,95 $\pm$ 2,12
3	86,97 $\pm$ 0,99	7,10 $\pm$ 0,71	9,86 $\pm$ 0,94	14,66 $\pm$ 1,17	13,03 $\pm$ 1,00
4	82,71 $\pm$ 5,08	5,87 $\pm$ 1,92	16,15 $\pm$ 5,36	29,50 $\pm$ 5,82	17,29 $\pm$ 5,08
5	73,36 $\pm$ 2,50	2,76 $\pm$ 0,07	25,62 $\pm$ 0,56	20,57 $\pm$ 0,87	26,64 $\pm$ 0,51

Примечание. Варианты опыта: 1 – залежь 1882 г.; 2 – опушка с восточной стороны лесополосы № 40; 3 – лесополоса № 40; 4 – опушка с западной стороны лесополосы № 40; 5 – пашня 1952 г. распашки.

Таким образом, в результате сельскохозяйственного использования отмечается закономерное укрупнение структуры агрогенного горизонта. В этом случае можно говорить о неустойчивости почвенной структуры черноземов, подверженной значительным изменениям в результате проводимых ежегодно приемов обработки почвы. Также необходимо отметить такую особенность, как увеличение доли глыбистой фракции в почве лесной полосы на опушечной ее части, и, следовательно, уменьшение количества агрономически ценных агрегатов по отношению к центру насаждения.

Для слоя 10...20 см разрыв содержания глыбистой фракции на залежи и в лесной полосе по сравнению с пашней сохранился высоким: 6...7 % против 37 %. В слое 20...40 см доля глыбистой фракции на залежи и в лесной полосе увеличилась незначительно (>9...10 %), в то время как на пашне произошло ее снижение с 37 до 26 %. Анализ полученных данных показал, что содержание глыбистой фракции в пахотном горизонте в среднем в 14 раз больше по сравнению с залежью и в 6 раз выше, чем в лесной полосе № 40.

Ухудшение структуры на пашне проявляется в основном за счет увеличения доли глыбистых агрегатов размером >10 мм. Рост плотности сложения после прохода сельскохозяйственных машин, уменьшение количества червей и корневой массы в пахотном слое почвы приводят к образованию глыбистых агрегатов [4].

Необходимо отметить существенные различия в величине коэффициента структурности. Почвы под лесной полосой и естественной растительностью характеризовались высокими показателями. Максимальное значение для слоя почвы 0...10 см отмечено на залежи:  $K_c = 18,89 \pm 3,97$ . Интенсивное сельскохозяйственное использование приводит к существенному его снижению:  $K_c = 1,46 \pm 0,15$ . В результате хозяйственной деятельности он уменьшается в среднем в 13 раз по сравнению с залежью (табл. 1) и в 8 раз по сравнению с лесной полосой. Это свидетельствует, с одной стороны, о нестабильности почвенной структуры черноземов, с другой – о хорошей оструктуренности почвы не только на целине, но и под влиянием лесной полосы. Несколько меньшие значения, отмеченные в почвах лесной полосы, обусловлены изменением характера растительности и водного режима, приводящим к укрупнению структуры.

Близкие и высокие значения коэффициента структурности в почвах лесной полосы сохраняются и в нижележащих слоях почвы на глубине 10...40 см. Это еще раз подтверждает положительное влияние агролесомелиоративного воздействия на структуру черноземных почв в современных агроландшафтах. Отмечается постепенное уменьшение  $K_c$  от верхних горизонтов к нижним. При этом для залежного участка характерно резкое снижение оструктуренности нижних слоев почвы – с  $18,89 \pm 3,97$  (на глубине 0...10 см) до  $9,55 \pm 1,46$  ...  $6,36 \pm 0,95$  (10...40 см).

В агрогоризонте пашни практически отсутствует зернистая структура, что приводит к снижению оструктуренности почвы по всем слоям. Для пашни низкий коэффициент структурности характерен и для слоев почвы 10...20 см и 20...40 см, где он составляет от 2,00 до 3,00.

Изменение структурного состояния черноземов всегда проявляется в изменении содержания крупной фракции (>1 мм) и в основном охватывает верхние горизонты почвы. Как отмечено выше, наиболее контрастно проявляется изменение глыбистой фракции (>10 мм) с максимальным значением

в пахотной почве. С глубиной доля этой фракции в агрогенном слое постепенно снижается в отличие от лесного ценоза и естественной растительности. В почве лесной полосы отмечается постепенное укрупнение структуры с глубиной, наиболее высокие значения характерны для опушечной ее части, т. е. древесные растения вызывают некоторое «огрубление» структуры, связанное с воздействием крупных корневых систем. Содержание крупных отдельных под залежью варьировало в интервале от 2,86 % (0...10 см, табл. 2) до 9,33 % (20...40 см, табл. 4), в центре лесной полосы – от 7,05 % до 9,86 %, увеличиваясь в опушечной части до 16,20 %.

Таблица 2

**Статистическое распределение (%) почвенных агрегатов различного размера в слое 0...10 см (2019 г.)**

Статистический показатель	Размер, см							
	>10	10...5	5...3	3...2	2...1	1...0,5	0,5...0,25	<0,25
<i>Залежь 1882 г.</i>								
Среднее	2,86	10,70	26,87	32,73	16,78	4,27	3,09	2,71
Стандартная ошибка	0,24	1,17	3,78	1,15	1,51	0,32	0,86	1,14
Стандартное отклонение	0,42	2,02	6,55	1,99	2,62	0,55	1,49	1,97
Интервал	0,81	3,76	12,53	3,50	5,12	1,10	2,97	3,71
Коэффициент вариации	14,55	18,90	24,36	6,09	15,61	12,89	48,13	72,69
<i>Опушка с восточной стороны лесополосы № 40</i>								
Среднее	11,85	19,65	16,52	24,13	17,47	4,21	3,63	2,61
Стандартная ошибка	4,43	2,36	1,63	1,15	2,03	0,48	0,98	0,98
Стандартное отклонение	7,68	4,09	2,82	1,99	3,51	0,83	1,70	1,70
Интервал	13,72	8,17	5,11	3,48	6,13	1,66	3,35	3,39
Коэффициент вариации	64,83	20,79	17,08	8,26	20,08	19,74	46,88	65,01
<i>Лесополоса № 40</i>								
Среднее	7,05	20,77	26,78	27,00	12,54	2,58	1,90	1,38
Стандартная ошибка	0,96	2,35	0,93	1,48	1,20	0,30	0,29	0,24
Стандартное отклонение	2,89	7,06	2,79	4,43	3,59	0,89	0,88	0,72
Интервал	7,28	25,34	9,13	14,10	12,50	2,98	2,86	2,34
Коэффициент вариации	41,06	33,99	10,42	16,42	28,64	34,66	46,67	52,22
<i>Опушка с западной стороны лесополосы № 40</i>								
Среднее	11,70	28,77	20,86	19,83	11,94	2,86	2,31	1,71
Стандартная ошибка	4,90	2,33	1,71	2,01	1,69	0,55	0,60	0,51

Окончание табл. 2

Статистический показатель	Размер, см							
	>10 см	10...5	5...3	3...2	2...1	1...0,5	0,5...0,25	<0,25
Стандартное отклонение	8,48	4,04	2,97	3,49	2,92	0,95	1,04	0,88
Интервал	16,92	7,94	5,85	6,78	5,18	1,71	1,89	1,68
Коэффициент вариации	72,46	14,02	14,22	17,61	24,48	33,37	45,12	51,42
<i>Пашня 1952 г. распахки</i>								
Среднее	40,31	19,19	9,39	12,77	11,71	3,50	2,11	1,04
Стандартная ошибка	2,26	0,74	0,61	0,80	0,37	0,26	0,16	0,09
Стандартное отклонение	5,54	1,82	1,49	1,97	0,90	0,63	0,39	0,21
Интервал	12,87	5,18	3,84	5,22	2,20	1,52	0,99	0,62
Коэффициент вариации	13,74	9,50	15,82	15,42	7,70	18,09	18,59	20,61

Для почв пашни отмечено минимальное значение содержания агрономически ценных агрегатов ( $\Sigma 0,25...10$  мм) по сравнению с залежью и лесополосой для всех анализируемых почвенных слоев. Для пашни средние значения лежат в пределах 58...73 %, тогда как для лесной полосы и залежи доля агрегатов размером 0,25...10 мм составляет 85...95 % (см. табл. 1). Основная масса почвы – агрономически ценные структурные отдельности размером 1...5 мм. При этом доминантной (лидирующей) фракцией для залежных почв и лесной полосы являются мезоагрегаты размером 2...3 мм. В агрогенной почве лидирующее место в группе агрономически ценных отдельностей принадлежит фракции 5...10 мм.

В черноземе под естественной растительностью в верхнем слое почвы (0...10 см) на долю лидирующей фракции (2...3 мм) приходится максимальное количество ценных агрегатов – 32,7 %. Следует отметить, что в нижележащих слоях при некотором снижении (до 24,5...25,9 %) сохраняется ее доминантное положение по отношению к другим фракциям.

Второе место в составе агрономически ценных агрегатов принадлежит частицам размером 3...5 мм, на долю которых приходится от 26,9 % (слой 0...10 см) до 17,8 % (слой 20...40 см). Пылеватая часть почвы составляет всего 2,7...4,8 %. Причем с глубиной эти значения возрастают. Самое высокое количество агрономически ценных фракций отмечается в слое 0...10 см (94,4 %).

В нижних слоях (20...40 см) их содержание снижается от 90,1 до 85,6 %, при этом возрастает доля глыбистой фракции. В слоях 10...20 см (табл. 3) и 20...40 см (табл. 4) растет количество крупных мезоагрегатов (>5 мм) и падает доля зернистых агрегатов размером 1...5 мм.

Таблица 3

**Статистическое распределение (%) почвенных агрегатов различного размера  
в слое 10...20 см (2019 г.)**

Статистический показатель	Размер, см							
	>10	10...5	5...3	3...2	2...1	1...0,5	0,5...0,25	<0,25
<i>Залежь 1882 г.</i>								
Среднее	5,69	18,21	20,70	25,93	16,92	3,96	4,40	4,19
Стандартная ошибка	1,45	0,36	0,75	0,33	0,92	0,19	0,28	0,38
Стандартное отклонение	2,51	0,62	1,29	0,58	1,60	0,33	0,49	0,67
Интервал	5,01	1,18	2,53	1,10	3,03	0,64	0,96	1,19
Коэффициент вариации	44,03	3,42	6,24	2,23	9,45	8,37	11,12	15,89
<i>Опушка с восточной стороны лесополосы № 40</i>								
Среднее	9,33	21,33	19,21	23,79	15,78	4,66	3,49	2,41
Стандартная ошибка	1,07	1,51	1,13	1,09	0,30	0,99	0,54	0,45
Стандартное отклонение	1,85	2,61	1,97	1,88	0,51	1,72	0,94	0,78
Интервал	3,59	4,70	3,89	3,50	0,90	3,25	1,67	1,48
Коэффициент вариации	19,86	12,23	10,23	7,91	3,24	36,84	26,84	32,21
<i>Лесополоса № 40</i>								
Среднее	6,25	18,12	22,62	27,41	15,74	3,92	3,36	2,58
Стандартная ошибка	0,77	2,33	0,86	1,11	0,91	0,33	0,34	0,32
Стандартное отклонение	2,30	7,00	2,58	3,32	2,73	1,07	1,01	0,95
Интервал	6,73	22,32	7,03	9,90	9,64	3,51	3,33	2,51
Коэффициент вариации	36,89	38,60	11,40	12,11	17,32	27,19	30,03	36,86
<i>Опушка с западной стороны лесополосы № 40</i>								
Среднее	13,82	33,5	20,90	18,17	9,25	2,13	1,27	0,95
Стандартная ошибка	5,74	0,49	2,27	1,89	0,97	0,37	0,24	0,13
Стандартное отклонение	9,94	0,85	3,93	3,28	1,69	0,64	0,41	0,22
Интервал	18,19	1,69	7,51	6,43	3,16	1,25	0,75	0,43
Коэффициент вариации	71,94	2,53	18,79	18,05	18,24	30,16	32,35	22,80
<i>Паушия 1952 г. распахки</i>								
Среднее	36,94	21,28	11,92	14,84	10,51	2,51	1,25	0,77
Стандартная ошибка	2,06	1,11	0,58	0,91	0,80	0,26	0,19	0,04
Стандартное отклонение	5,04	2,72	1,43	2,25	1,97	0,65	0,45	0,10
Интервал	12,49	7,45	4,07	5,77	4,41	1,49	1,05	0,25
Коэффициент вариации	13,64	12,78	12,03	15,17	18,73	25,75	36,21	12,72



Таблица 4

**Статистическое распределение (%) почвенных агрегатов различного размера  
в слое 20...40 см (2019 г.)**

Статистический показатель	Размер, см							
	>10	10...5	5...3	3...2	2...1	1...0,5	0,5...0,25	<0,25
<i>Залежь 1882 г.</i>								
Среднее	9,33	17,05	17,80	24,53	16,90	4,51	5,09	4,79
Стандартная ошибка	2,54	0,70	0,68	0,50	1,25	0,55	0,90	0,52
Стандартное отклонение	4,40	1,21	1,18	0,87	2,17	0,95	1,56	0,90
Интервал	8,30	2,20	2,30	1,73	4,32	1,89	3,09	1,79
Коэффициент вариации	47,10	7,08	6,65	3,55	12,83	21,06	30,69	18,80
<i>Опушка с восточной стороны лесополосы № 40</i>								
Среднее	11,30	18,59	18,38	24,55	16,10	4,41	4,02	2,65
Стандартная ошибка	2,49	0,97	0,75	0,10	0,59	0,40	0,33	0,36
Стандартное отклонение	4,31	1,68	1,30	0,18	1,02	0,69	0,57	0,63
Интервал	8,58	3,35	2,30	0,32	1,96	1,20	1,13	1,26
Коэффициент вариации	38,13	9,03	7,06	0,73	6,31	15,63	14,22	23,85
<i>Лесополоса № 40</i>								
Среднее	9,86	14,66	19,70	27,52	16,72	4,25	4,12	3,17
Стандартная ошибка	0,94	1,15	0,81	0,63	0,59	0,14	0,36	0,34
Стандартное отклонение	2,81	3,46	2,42	1,88	1,78	0,42	1,07	1,01
Интервал	7,51	10,78	7,56	6,42	6,12	1,14	3,04	2,92
Коэффициент вариации	28,49	23,63	12,28	6,82	10,64	9,86	25,8	32,0
<i>Опушка с западной стороны лесополосы № 40</i>								
Среднее	16,15	29,50	19,30	19,31	10,64	2,29	1,67	1,13
Стандартная ошибка	5,36	5,82	2,34	4,40	2,67	0,63	0,47	0,28
Стандартное отклонение	9,29	10,08	4,06	7,62	4,63	1,09	0,82	0,49
Интервал	18,20	18,67	8,09	14,93	9,14	2,14	1,64	0,93
Коэффициент вариации	57,51	34,17	21,02	39,46	43,52	47,48	49,35	43,19

Окончание табл. 4

Статистический показатель	Размер, см							
	>10	10...5	5...3	3...2	2...1	1...0,5	0,5...0,25	<0,25
<i>Пашня 1952 г. распахки</i>								
Среднее	25,62	20,57	14,79	18,89	13,48	3,47	2,15	1,03
Стандартная ошибка	0,56	0,87	0,67	0,53	0,56	0,33	0,31	0,18
Стандартное отклонение	1,38	2,13	1,65	1,30	1,38	0,82	0,77	0,44
Интервал	3,93	6,14	4,97	2,57	3,13	2,31	2,25	1,12
Коэффициент вариации	5,38	10,35	11,15	6,86	10,22	23,59	35,68	43,16

В черноземах под лесной растительностью отмечен несколько иной характер распределения структурных отдельностей. В слое 0...10 см (центр лесной полосы) наибольшее и примерно равное количество приходится на агрегаты размером 2...3 и 3...5 мм: соответственно 27,0 и 26,8 %. По отношению к почвам естественных ценозов характерно увеличение крупной фракции (5...10 мм) до 20,8 % (залежь – 10,7 %). Следует отметить снижение доли мелких агрегатов размером 0,25...1 мм на общем фоне уменьшения агрономически ценных частиц. В слое почвы 10...20 и 20...40 см на первое место выходит фракция размером 2...3 мм, при этом сохраняются довольно высокие значения содержания частиц размером 5...10 и 3...5 мм с несколько повышенным количеством последних. В черноземах лесной полосы при незначительной доле пылеватой фракции ее величина уступает залежному аналогу – 2,4...2,6 % против 2,7...4,8 %.

К особенностям структурного состояния почв на опушечной части лесной полосы необходимо отнести снижение агрономически ценной их части, особенно в черноземах западной опушки. В центре лесной полосы и на восточной опушке количество агрономически ценных агрегатов близко к почвам естественной степной растительности. Для слоя почвы 0...10 см эти значения составляют соответственно 91,6...85,6 и 94,4 %. В нижележащих слоях почвы различия сглаживаются, и количество агрегатов размером 0,25...10 мм на залежи в слое почвы 10...20 см – 90,1 %, в центре лесной полосы – 91,2 %. Близкие значения характерны для чернозема восточной опушки (91,2 %), на западной они снижаются до 85,2 %.

В слоях 10...20 и 20...40 см доля глыбистых агрегатов на западной опушке возрастает по сравнению с восточной (табл. 3, 4). Это связано с постоянной работой тяжелой техники при обустройстве лесной полосы с западной стороны, где расположены основные подъездные пути.

При сравнении доли мезоагрегатов (размером 0,25...10 мм) на западной и восточной опушках выявлено их примерно равное количество для всех исследуемых слоев почвы (см. табл. 1), но основную лепту там вносят разные фракции. На опушке с восточной стороны лесной полосы № 40 количество агрегатов размерами 0,25...0,5; 0,5...1; 1...2 и 2...3 мм больше, чем в почве опушки с западной стороны. Данное обстоятельство характерно для всех изученных слоев почв (табл. 2–4).

Учитывая, что восточная опушка образовалась на месте залежи, исходная почвенная структура здесь сохранилась на должном уровне. На западной опушке, напротив, выше доля агрегатов большего размера: 3...5 мм и 5...10 мм. Данное обстоятельство можно объяснить большой шириной лесополосы (более 100 м), что создает различные микроклимат и направление ветров. Сама лесная полоса благоприятно влияет на почвенную структуру, которая по наличию агрономически ценных агрегатов лишь незначительно отличается от целинной почвы на залежи (см. табл. 2).

Для пылевой фракции (<0,25 мм) установлено, что минимальное ее количество определено на пашне и прилегающей к ней опушке – 1 % (табл. 2–4). На залежи, прилегающей к опушке, и в лесной полосе данной фракции значительно больше (2...4 %). По нашему мнению, столь малое количество мелких частиц на пашне объясняется элюированием их из верхних горизонтов под действием осадков.

Результаты статистической обработки данных показывают, что коэффициент вариации максимален для распределения доли пылевой фракции (<0,25 мм) в слое почвы 0...10 см для всех объектов исследования и лежит в пределах от 20 до 72 % (см. табл. 2). Это означает, что он максимально варьирует в верхнем исследуемом слое почвы. Для более глубокого слоя (20...40 см) максимальное значение коэффициента вариации на всех объектах, кроме пашни, отмечено для глыбистых агрегатов (табл. 4).

Переход черноземов из целинного состояния в пашню обязательно сопровождается дезинтеграцией естественной структуры почвы и нарушением ее воспроизводства. Этот процесс, многократно усиленный различными нарушениями агротехники, в результате приводит к тому, что агрогоризонты черноземов сохраняют агрегированность только на микроуровне [8].

Несмотря на общую дезинтеграцию отдельностей и разрушение зернистых агрегатов, структурное состояние агрочерноземов Каменной Степи даже в условиях старой пашни (120 лет освоения) остается достаточно хорошим [9]. Важной особенностью визуализации распределения основных показателей плодородия является построение карт и картосхем варьирования этих показателей в пространстве. Для того, чтобы получить локализацию участков с различной почвенной структурой, на основе экспериментального материала нами построены картосхемы распределения основных показателей структурно-агрегатного состояния черноземных почв на изучаемом опытном участке.

На рис. 2 приведено распределение агрономически ценных агрегатов (0,25...10 мм) в пределах всех исследуемых объектов (темноокрашенные области относятся к максимальному содержанию агрономически ценных агрегатов в анализируемом слое почвы).

По данному изображению можно судить, что такие области представлены на залежи и в лесной полосе № 40. Далее по убыванию значений стоит опушка лесной полосы, минимальные значения с самыми светлыми областями выявлены для пашни.

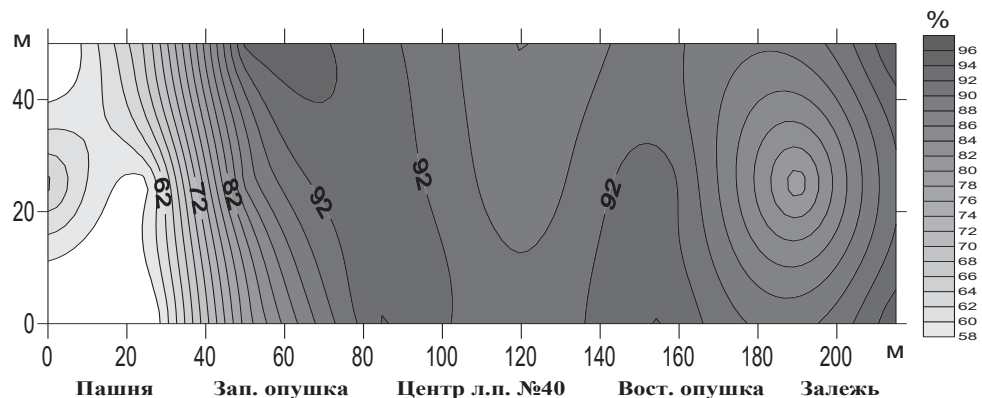


Рис. 2. Картограмма двумерного распределения доли агрономически ценных агрегатов в слое почвы 0...10 см в пространстве всего заложеного опытного участка (справа – доля, %; слева и по горизонтали – расстояние, м)

Fig. 2. Schematic map of the two-dimensional distribution of the share of agronomically valuable aggregates in the soil layer of 0–10 cm in the space of the whole planted test area (on the right – share, %; on the left and horizontally – distance, m)

Важным показателем структурно-агрегатного состояния почвы является коэффициент структурности. На рис. 3 показано пространственное распределение этого показателя вдоль всех объектов исследования.

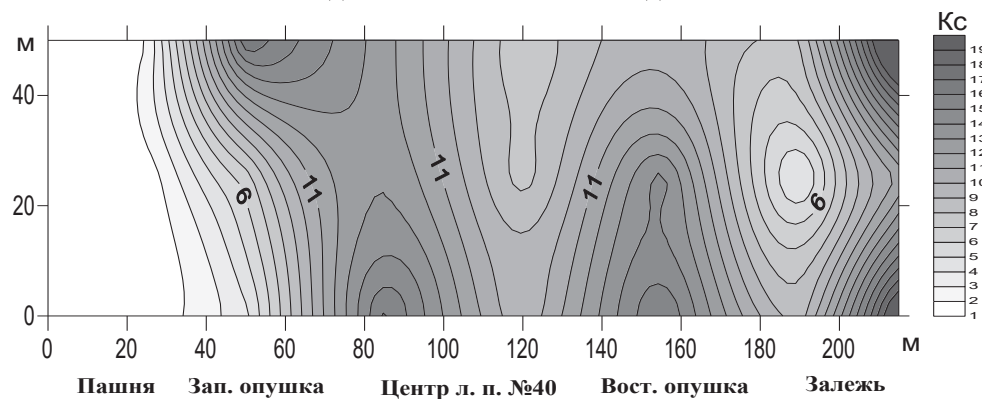


Рис. 3. Картограмма двумерного распределения коэффициента структурности ( $K_c$ ) в слое почвы 0...10 см в пространстве всего заложеного опытного участка (слева и по горизонтали – расстояние, м)

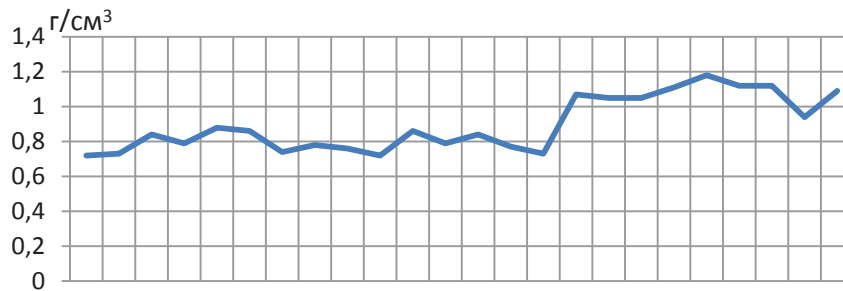
Fig. 3. Schematic map of the two-dimensional distribution of the structural coefficient ( $K_c$ ) in the soil layer of 0–10 cm in the space in the space of the whole planted test area (on the left and horizontally – distance, m)

Так как коэффициент структурности находится в прямой зависимости от количества мезоагрегатов (0,25...10 мм), то визуальное отображение будет аналогично рис. 2 для всех объектов. Максимальные значения с темноокрашенными областями выявлены для залежи. В пределах лесной полосы коэффициент структурности составляет около 11,00, а минимальные значения (самые светлые области) относятся к пашне.

Одним из важнейших показателей физического состояния почвенного покрова является плотность сложения. В результате длительного агрогенного и лесомелиоративного воздействия на почвенный покров она подвержена изменению. Чтобы определить визуально, как изменяется плотность сложения в ряду залежь–лесополоса–пашня, нами построены пространственные диа-

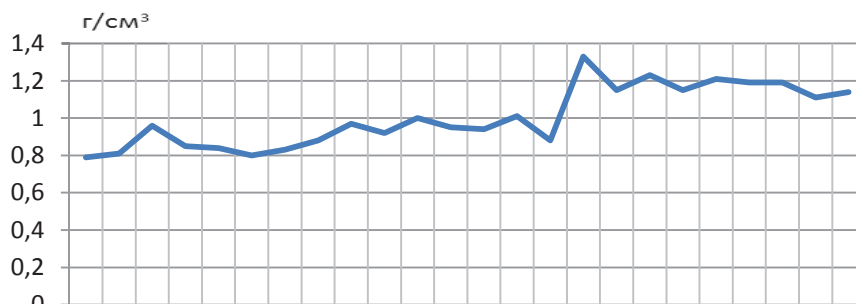
граммы распределения этой величины вдоль объектов исследования для различных слоев почв.

На рис. 4 представлено визуальное отображение значений плотности сложения на объектах исследования по 3 слоям почв: 0...5; 10...15 и 20...25 см. По оси ординат отобраны значения плотности сложения, а на оси абсцисс распределены 24 точки опробования вдоль исследуемых объектов.



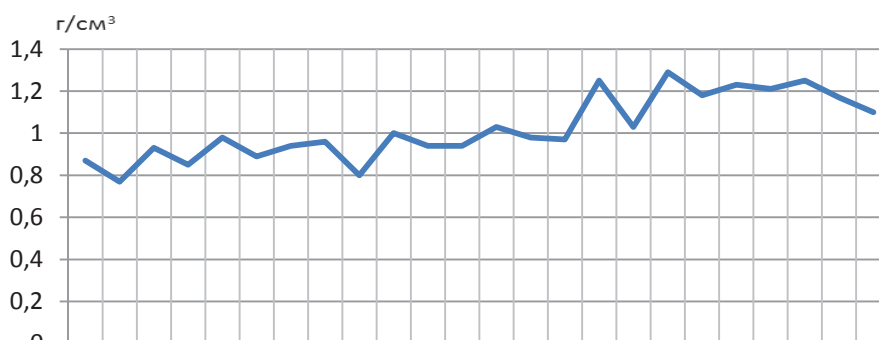
Залежь Вост. опушка Лесополоса № 40 Зап. опушка Пашня 1952 г.

*a*



Залежь Вост. опушка Лесополоса № 40 Зап. опушка Пашня 1952 г.

*б*



Залежь Вост. опушка Лесополоса № 40 Зап. опушка Пашня 1952 г.

*в*

Рис. 4. Разброс значений плотности почвы ( $\text{г/см}^3$ ) на объектах исследования по глубинам, см: *a* – 0...5; *б* – 10...15; *в* – 20...25

Fig. 4. Scattering of soil density values ( $\text{g/cm}^3$ ) at the study objects in depth, cm: *a* – 0–5; *б* – 10–15; *в* – 20–25

Данные рис. 4 показывают, что на исследуемых участках идет повышение плотности сложения в ряду залежь–лесополоса–пашня на глубинах 0...5; 10...15 и 20...25 см. Что касается восточной опушки лесополосы, то значения плотности сложения на ней близки к значениям плотности на залежи. На западной опушке, на глубинах 10...15 и 20...25 см, значения плотности максимальны и даже выше, чем на пашне. Это, по нашему мнению, связано с проведением рубок ухода в 1990–2000 гг. и применением тяжелой техники. На пашне в верхнем горизонте почва была переуплотнена с образованием трещин, разделяющих крупные блоки. Сложение почвенной массы внутри блоков очень плотное, особенно на уровне «плужной подошвы», и практически равно плотности почвообразующей породы.

#### Выводы

1. Отличие структурного состава почв лесной полосы от залежи состоит в том, что в слое 0...40 см чернозем под древесной растительностью характеризуется повышенным содержанием глыбистой фракции и мезоагрегатов размером 5...10 мм. Также отмечается пониженное содержание фракции пыли и мелких агрегатов размером 0,25...0,5 мм.

2. Изменение физических свойств черноземов различных агролесоландшафтов происходит с соблюдением некоторых закономерностей. При агрогенном воздействии на почву (с введением почв в сельскохозяйственное использование) происходит ухудшение ее структурного состояния, увеличиваются доли глыбистой и мелкоглыбистой фракций, уменьшается доля пылеватой фракции. Ухудшение структуры на пашне проявляется в основном за счет роста числа макроагрегатов. Почвы пашни имеют более низкий показатель структурности, что является результатом хозяйственной деятельности человека. Для почв пашни отмечено минимальное значение содержания агрономически ценных агрегатов ( $\Sigma 10...0,25$  мм) по сравнению с залежью и лесополосой для всех отобранных слоев. Для пашни средние значения агрегатов ( $\Sigma 10...0,25$  мм) лежат в пределах 58...73 %, тогда как для лесной полосы и залежи доля агрегатов размером 0,25...10 мм составляет 85...95 %. На снижение агрономически ценной структуры на пашне повлияло уменьшение содержания фракций размером 0,25...0,5; 0,5...1; 1...2; 2...3 и 3...5 мм по сравнению с залежью.

3. При лесомелиоративном воздействии у черноземов улучшается структурное состояние. Доля глыбистой фракции значительно ниже, чем на пашне. Коэффициент структурности близок к значениям его на залежи. Однако в слоях 10...20 и 20...40 см доля глыбистых агрегатов на западной опушке лесной полосы возрастает по сравнению с восточной. Это связано с постоянным применением тяжелой техники при обустройстве лесной полосы с западной стороны, где расположены основные подъездные пути.

4. При определении показателей плотности сложения на различных глубинах участков объекта выявлена следующая закономерность: в ряду залежь–лесополоса–пашня происходит увеличение значений плотности сложения для всех исследуемых слоев почв.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Адерихин П.Г., Богатырева З.С. Влияние лесных полос на структуру обыкновенных черноземов Каменной Степи // Почвоведение. 1972. № 2. С. 71–81. [Aderikhin P.G., Bogatyreva Z.S. Influence of Forest Belts on Structure of Ordinary Chernozems of the Kamennaya Steppe. *Pochvovedenie* [Soviet Soil Science], 1972, no. 2, pp. 71–81].

2. Базыкина Г.С., Гребенников А.М., Чевердин Ю.И. Сравнительная характеристика агрофизических свойств миграционно-мицеллярных черноземов многолетней залежи и разновозрастных пашен Каменной степи // Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование: материалы Первой Всерос. открытой конф., Москва, 8–10 октября 2014 г. М., 2014. С. 174–179. [Bazykina G.S., Grebennikov A.M., Cheverdin Yu.I. Comparative Analysis of Agrophysical Properties Migration-Micellar Chernozems of a Long-Term Fallow and Uneven-Age Arable Lands of the Kamennaya Steppe. *Soil and Land Resources: Condition, Estimation and Use. Proceedings of the First All-Russian Open Conference, Moscow, October 8–10, 2014.* Moscow, 2014, pp. 174–179].

3. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с. [Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. *Methods of Studying the Physical Properties of Soils.* Moscow, Agropromizdat Publ., 1986. 416 p.].

4. Гармашов В.М., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А., Белобров В.П., Гребенников А.М., Исаев В.А. Влияние основной обработки почвы на агрофизические свойства миграционно-мицеллярных агрочерноземов // Вестн. рос. с.-х. науки. 2017. № 3. С. 26–29. [Garmashov V.M., Cheverdin Yu.I., Bepalov V.A., Belobrov V.P., Grebennikov A.M., Isaev V.A. The Tillage Influence on the Migratory Micellar Agro Chernozemic Soil Agrophysical Properties. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Vestnik of the Russian Agricultural Science], 2017, no. 3, pp. 26–29].

5. Еремин Д.И., Груздева Н.А. Агрогенные изменения плотности серых лесных почв в Северном Зауралье // Сиб. вестн. с.-х. науки. 2017. № 5. С. 13–22. [Eremin D.I., Gruzdeva N.A. Agrogenic Changes in Density of Gray Forest Soils in Northern Trans-Ural Region. *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoy nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2017, no. 5, pp. 13–22]. DOI: [10.26898/0370-8799-2017-5-2](https://doi.org/10.26898/0370-8799-2017-5-2)

6. Королев В.А., Громовик А.И., Йонко О.А. Изменение физических свойств почв Каменной Степи под влиянием полезащитных лесных полос // Почвоведение. 2012. № 3. С. 299–308. [Korolev V.A., Gromovik A.I., Ionko O.A. Changes in the Physical Properties of Soils in the Kamennaya Steppe under the Impact of Shelterbelts. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2012, no. 3, pp. 299–308]. DOI: [10.1134/S1064229312030064](https://doi.org/10.1134/S1064229312030064)

7. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Агроландшафты Центрального Черноземья. Районирование и управление. М.: Наука, 2015. 198 с. [Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. *Agrolandscapes of the Central Chernozem Region. Zoning and Management.* Moscow, Nauka Publ., 2015. 198 p.].

8. Лебедева И.И., Королева И.Е., Гребенников А.М. Концепция эволюции черноземов в условиях агроэкосистем // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2013. № 71. С. 16–26. [Lebedeva I.I., Koroleva I.E., Grebennikov A.M. The Concept of Evolution of Chernozems in Agroecosystems. *Vyulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchayeva* [Dokuchaev Soil Bulletin], 2013, no. 71, pp. 16–26].

9. Лебедева И.И., Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Гребенников А.М., Маркина Л.Г. Структурное состояние миграционно-мицеллярных (типичных) агрочерноземов Каменной Степи в условиях разновозрастной пашни // Почвоведение. 2017. № 2. С. 227–238. [Lebedeva I.I., Cheverdin Yu.I., Titova T.V., Grebennikov A.M., Markina L.G. Structural State of Migrational-Mycelial (Typical) Agrochernozems of the Kamennaya Steppe on Plowed Fields of Different Ages. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2017, no. 2, pp. 227–238]. DOI: [10.7868/S0032180X17020095](https://doi.org/10.7868/S0032180X17020095)

10. Максимова Н.Б., Вороничев А.А., Морковкин Г.Г., Барышников Г.Я. Изменение структурного состояния черноземов Алтайского края при длительном использовании в составе пахотных угодий // Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та. 2017. № 5. С. 71–75. [Maksimova N.B., Voronichev A.A., Morkovkin G.G., Baryshnikov G.Ya. Changes of Structural Composition of Chernozems and Chestnut Soils in the Natural Zones of the South-Western Altai Region after Long-Term Use as Arable Lands. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], 2017, no. 5, pp. 71–75].

11. Мамонтов В.Г., Белопухов С.Л., Витязев В.Г., Сторчевой В.Ф. Влияние сельскохозяйственного использования на агрегатное состояние чернозема обыкновенного // Науч. жизнь. 2017. № 7. С. 27–38. [Mamontov V.G., Belopukhov S.L., Vit-yazev V.G., Storchevov V.F. Influence of Agricultural Usage on the Aggregate State of Common Black Soil. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific Life], 2017, no. 7, pp. 27–38].
12. Мильков Ф.Н., Нестеров А.И., Петров П.Г., Скачков Б.И., Дроздов К.А., Се-маго Л.Л. Каменная степь: Лесоаграрные ландшафты. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1992. 224 с. [Mil'kov F.N., Nesterov A.I., Petrov P.G., Skachkov B.I., Drozdov K.A., Semago L.L. *Kamennaya Steppe: Forest Agricultural Landscapes*. Voronezh, VGU Publ., 1992, 224 p.].
13. Панников В.Д. Влияние леса на структуру лесостепных почв и накопление гумуса // Почвоведение. 1977. № 11. С. 116–127. [Pannikov V.D. Influence of Forest on the Structure of Forest-Steppe Soils and Humus Accumulation. *Pochvovedenie* [Soviet Soil Science], 1977, no. 11, pp. 116–127].
14. Саяткина М.Ю., Кузнецова Н.Ф., Тунякин В.Д. Современное состояние по-лезазщитных лесных полос с преобладанием дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в Каменной Степи // Лесохоз. информ.: электрон. сетевой журн. 2018. № 1. С. 78–89. [Sautkina M.Yu., Kuznetsova N.F., Tunjakin V.D. Current State of Forest Shelter Belts with Predominance of English Oak (*Quercus robur* L.) of the Stone Steppe. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry information], 2018, no. 1, pp. 78–89]. DOI: [10.24419/LHI.2304-3083.2018.1.07](https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2018.1.07)
15. Тихонравова П.И. К вопросу о структурном составе и сложении почв Каменной Степи // Разнообразие почв Каменной Степи: науч. тр. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2009. С. 284–298. [Tikhonravova P.I. To the Issue of Structural Composition and Consistency of Soils of the Kamennaya Steppe. *Diversity of Soils of the Kamennaya Steppe: Academic Papers*. Moscow, Dokuchaev Soil Science Institute Publ., 2009, pp. 284–298].
16. Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Беспалов В.А., Сапрыкин С.В., Гармашова Л.В., Чевердин А.Ю. Взаимосвязь микробиологических параметров и физических свойств черноземов сегрегационных // Живые и биокосные системы. 2017. № 21. С. 2. [Cheverdin Yu.I., Titova T.V., Bepalov V.A., Saprikin S.V., Garmashova L.V., Cheverdin A.Yu. The Relationship of Microbiological Parameters and Physical Properties of Chernozems Segregation. *Zhivyye i biokosnyye sistemy*, 2017, no. 21, p. 2].
17. Чендев Ю.Г., Беспалова Е.С. Оценка роли лесополос в оптимизации почв и ландшафтов: лит. обзор сведений // Науч. вед. Белгор. гос. ун-та. Сер.: Естеств. науки. 2019. Т. 43, № 2. С. 124–133. [Chendev Y.G., Bepalova E.S. Assessment of the Role of Shelterbelts in Optimization of Soils and Landscapes: Literature Review of Information. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki* [Scientific bulletins of the Belgorod State University. Series: Natural Sciences], 2019, vol. 43, no. 2, pp. 124–133]. DOI: [10.18413/2075-4671-2019-43-2-124-133](https://doi.org/10.18413/2075-4671-2019-43-2-124-133)
18. Brus D.J. Statistical Sampling Approaches for Soil Monitoring. *European Journal of Soil Science*, 2014, vol. 65, iss. 6, pp. 779–791. DOI: [10.1111/ejss.12176](https://doi.org/10.1111/ejss.12176)
19. Castro Filho C., Lourenço A., Guimarães M. de F., Fonseca I.C.B. Aggregate Stability under Different Soil Management Systems in a Red Latosol in the State of Parana, Brazil. *Soil & Tillage Research*, 2002, vol. 65, iss. 1, pp. 45–51. DOI: [10.1016/S0167-1987\(01\)00275-6](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00275-6)
20. Chenu C., Le Bissonnais Y., Arrouays D. Organic Matter Influence on Clay Wet-tability and Soil Aggregate Stability. *Soil Science Society of America Journal*, 2000, vol. 64, iss. 4, pp. 1479–1486. DOI: [10.2136/sssaj2000.6441479x](https://doi.org/10.2136/sssaj2000.6441479x)
21. Haynes R.J., Naidu R. Influence of Lime, Fertilizer and Manure Applications on Soil Organic Matter Content and Soil Physical Conditions: A Review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 1998, vol. 51, pp. 123–137. DOI: [10.1023/A:1009738307837](https://doi.org/10.1023/A:1009738307837)
22. Hůla J., Novák P. Translocation of Soil Particles during Primary Soil Tillage. *Agronomy Research*, 2016, vol. 14, no. 2, pp. 392–399.



23. Munkholm L.J., SchjØnning P., Deboz K., Jensen H.E., Christensen B.T. Aggregate Strength and Mechanical Behaviour of a Sandy Loam Soil under Long-Term Fertilization Treatments. *European Journal of Soil Science*, 2002, vol. 53, iss. 1, pp. 129–137. DOI: [10.1046/j.1365-2389.2002.00424.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2002.00424.x)

24. Shein E.V., Milanovskii E.Yu., Molov A.Z. The Effect of Organic Matter on the Difference between Particle-Size Distribution Data Obtained by the Sedimentometric and Laser Diffraction Methods. *Eurasian Soil Science*, 2006, vol. 39, pp. S84–S90. DOI: [10.1134/S106422930613014X](https://doi.org/10.1134/S106422930613014X)

25. Subbian P., Lal R., Akala V. Long-Term Effects of Cropping Systems and Fertilizers on Soil Physical Properties. *Journal of Sustainable Agriculture*, 2000, vol. 16, iss. 2, pp. 89–100. DOI: [10.1300/J064v16n02\\_08](https://doi.org/10.1300/J064v16n02_08)

### CHANGES IN THE PHYSICAL PROPERTIES OF SEGREGATIONAL CHERNOZEMS IN AGROFOREST LANDSCAPES OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

*V.I. Turusov, Doctor of Agriculture, Academician of RAS;*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5853-9549>

*Yu.I. Cheverdin, Doctor of Biology, Chief Research Scientist;*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9905-0547>

*V.A. Bespalov, Candidate of Biology, Senior Research Scientist;*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6787-929X>

*T.V. Titova, Candidate of Biology, Senior Research Scientist;*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6435-5455>

V.V. Dokuchaev Scientific Research Institute of Agriculture of the Central-Chernozem Zone, 81, kvartal V, pos. 2-go uchastka Instituta imeni Dokuchayeva, Talovskiy District, Voronezh Region, 397463, Russian Federation; e-mail: niishlc@mail.ru

The basic physical properties of chernozems in agroforest landscapes of the Central Chernozem region are studied within the framework of the program by the topic of the state assignment for 2018–2020. The studies carried out in the conditions of agrocenoses and undisturbed ecosystems were divided by the effect of agrogenic and agroforestral nature. Agrogenic effect was considered through a case study of the fallow lands put in operation in tillage. While agroforestral effect was considered through a case study of the influence of forest belts on soil cover. It is found that rearrangement of soil aggregates number takes place under the influence of forest belts and at introduction of fallow lands to agricultural use, but in different scenarios. The soil blocky fraction (less than 10 mm) in the arable horizon increases by 6–14 times under the agrogenic effect in comparison with the fallow. Contrary to this, the share of silt fraction (less than 0.25 mm) on the arable land decreases by 2–4 times and the structure coefficient decreases by 8–13 times. The minimum content of agronomically valuable aggregates (sum of 0.25–10 mm) is registered for the arable land soils compared to the fallow and forest belt for all selected layers. The average amount of aggregates lies in the range of 58–73 % for the arable lands, whereas the share of aggregates in the size of 0.25–10 mm is in the range of 85–95 % for the forest belt and fallow. A content reduction in the fractions of the following sizes 0.25–0.5; 0.5–1; 1–2; 2–3 and 3–5 mm influenced on a decrease in the agronomically valuable structure of the arable land in comparison with the fallow. The agroforestral effect on the structural composition of soil cover is more gently. The share of soil blocky fraction increases slightly. The sum of the agronomically valuable aggregates in the soil of the forest belt in depth of 10–20 and 20–40 cm corresponds the chernozem level of the fallow. Herewith, the share of the silt fraction in the soils of the natural

cenoses is higher. And as a consequence of this, the values of the structural soil coefficient of the forest belt chernozem insignificantly exceed similar values in the fallow soils at the same depths. Statistical features of distribution of the basic aggregates in the soils subjected to intensive agrogenic and agroforestral influence are established in comparison with the fallow lands. Some statistical characteristics of distribution of the basic structural separates of the chernozem soils are calculated. The indicators of bulk density at various depths of the study sites are defined. They increase in the row of fallow – forest belt – arable land.

**For citation:** Turusov V.I., Cheverdin Yu.I., Bespalov V.A., Titova T.V. Changes in the Physical Properties of Segregational Chernozems in Agroforest Landscapes of the Central Chernozem Region. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2020, no. 4, pp. 95–112. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-4-95-112

*Keywords:* forest belts, fallows, chernozem, structural composition of soils, bulk density.

Поступила 08.08.19 / Received on August 8, 2019

---