

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЛИНЫ И ИЛА В ПРОФИЛЕ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

С. М. Каюгина, Д. И. Ерёмин

*ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья*

*625003, г. Тюмень, ул. Республики, д. 7*

*E-mail: soil-tyumen@yandex.ru*

*Поступила в редакцию 02 ноября 2020 г., принята к печати 25 февраля 2021 г.*

Для рационального использования серых лесных почв в адаптивно-ландшафтном земледелии необходима разработка оптимизационной модели плодородия. Основополагающим показателем, который необходимо изучить в первую очередь, является гранулометрический состав. В связи с этим целью настоящего исследования стала оценка пространственной неоднородности распределения физической глины и ила в профиле серых лесных почв Северного Зауралья. В результате изучения 330 полнопрофильных разрезов было установлено, что в Северном Зауралье светло-серые и собственно серые лесные почвы представлены преимущественно супесчаными и легкосуглинистыми разновидностями. Подтип темно-серых лесных почв характеризуется тяжелым гранулометрическим составом. Подтип светло-серых лесных почв отличается значительной пространственной изменчивостью гранулометрического состава по содержанию физической глины ( $CV = 40\%$ ) и ила ( $CV = 53\%$ ). Столь высокое варьирование гранулометрического состава также характерно для подтипа собственно серых лесных почв, что дает возможность разработки для них единой системы земледелия. Подтип темно-серых лесных почв характеризуется меньшей пространственной неоднородностью гранулометрического состава, что отличает его от других подтипов серых лесных почв Северного Зауралья, поэтому для него необходимо разрабатывать индивидуальную систему земледелия.

**Ключевые слова:** гранулометрический состав, физическая глина, илистые частицы, серые лесные почвы, генетические горизонты.

## SPATIAL HETEROGENEITY OF THE OF CLAY AND SILT DISTRIBUTION IN PROFILES OF GRAY FOREST SOILS OF THE NORTHERN TRANS-URALS

S. M. Kayugina, D. I. Eryomin

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education*

*«Northern Trans-Ural State Agricultural University»*

*7, Respubliki St., Tyumen, 625003*

*E-mail: soil-tyumen@yandex.ru*

For the sustainable use of gray forest soils in the landscape agriculture, it is necessary to develop an optimization model of the soil fertility. The fundamental parameter of such models, which is necessary to studied first, is the soil particle size distribution. In this regard, the aim of the present study was to assess the spatial heterogeneity of the clay and silt distribution in the profiles of gray forest soils in the Northern Trans-Urals. After 330 full soil profiles were studied, it was found that in the Northern Trans-Urals light gray and gray forest soils were represented mainly by sandy loam and loamy sand varieties while the dark gray forest soils were characterized by heavy texture. The light gray forest soils were characterized by significant spatial variability of the texture in terms of the clay ( $CV = 40\%$ ) and silt ( $CV = 53\%$ ) content. Such high variability in the soil texture is also typical for the gray forest soils, which makes it possible to develop a unified farming system for these soils. The dark gray forest soils were characterized by a smaller spatial heterogeneity of the texture, which distinguished them from the other varieties of gray forest soils of the Northern Trans-Urals, and therefore, an individual farming system had to be developed for them.

**Keywords:** particle size distribution, clay particles, silt particles, gray forest soils, genetic horizons.

### ВВЕДЕНИЕ

Серые лесные почвы, в отличие от подзолистых и черноземов, характеризуются очень широким диапазоном варьирования плодородия, что затрудняет их рациональное использование в сельском хозяйстве (Овчинникова, 2018; Еремин, 2017). В то же время их освоение наиболее перспективно для расширения пахотного фонда Западной Сибири (Ренев и др., 2017). Для серых лесных почв европейской части России не характерно столь высокое варьирование свойств, определяющих эффективное плодородие, по причине относительной однородности гранулометрического

состава и длительного сельскохозяйственного использования (Добровольский, Урусевская, 2006).

Для рационального использования серых лесных почв в адаптивно-ландшафтном земледелии Западной Сибири необходима разработка оптимизационной модели их плодородия. Основополагающим показателем, который необходимо изучить в первую очередь, является гранулометрический состав (Абрамов и др., 2019). В геоморфологическом отношении Западная Сибирь является довольно сложным регионом, поскольку здесь геологические процессы накладывались один на другой, что обусловило разнообразие почвообразующих пород и

их отличия по гранулометрическому составу и чередованию слоев исходного материала.

Гранулометрический состав является важнейшей характеристикой почвы, которая передается ей «по наследству». В ходе современных почвообразовательных процессов может происходить частичное изменение гранулометрического состава в результате миграции отдельных фракций элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) или под действием процесса оглинивания, при котором более крупные фракции измельчаются, но при этом остаются в тех же слоях (Березин, 1983; Шеин, 2009). Сочетание современных процессов иллювиирования и лёссаважа обуславливает возникновение пространственной неоднородности плодородия почв, в результате чего диапазон свойств серых лесных почв еще более расширяется.

В настоящее время происходит модернизация агропромышленного комплекса Западной Сибири. Появляются новые сорта сельскохозяйственных культур, породы животных, технологии, машины и агрегаты. Сельское хозяйство на современном этапе является высокотехнологичным бизнесом, в котором получают практическое применение интернет вещей, робототехника, спутниковые навигационные и геоинформационные системы (Еремينا, 2018; Ерёмина, 2017; Любимова, 2017; Фисунов, Шулепова, 2020; Демин, Барабанщикова, 2020). В связи с этим возникла необходимость оцифровки почвенного покрова с целью выявления наиболее перспективных территорий для расширения сельскохозяйственных угодий.

Цель исследований заключалась в оценке пространственной неоднородности распределения физической глины и ила в профиле серых лесных почв Северного Зауралья.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В период с 1965 г. по настоящее время сотрудниками кафедры почвоведения и агрохимии было

**Таблица 1.** Распределение серых лесных почв по гранулометрическому составу, %

Разновидности	Подтипы серых лесных почв			В среднем по типу серых лесных почв
	светло-серые	собственно серые	темно-серые	
Супесчаная	24	24	10	19
Легкосуглинистая	38	27	13	25
Среднесуглинистая	20	22	15	18
Тяжелосуглинистая	15	21	54	32
Легкоглинистая	4	6	8	6
Всего	100	100	100	100

Поскольку почвы тяжелого гранулометрического состава изначально имеют схожие агрофизические и агрохимические свойства (Еремин, Груздева, 2018; Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М., 2013), то при обосновании их рационального использования имеет смысл объединить в одну группу легкоглинистые, тяжелосуглинистые и среднесуглинистые разновидности. В Северном Зауралье на данную группу будет приходиться 56% всей площади серых лесных почв. Более легкие по гранулометрическому составу почвы (легкосуглинистые и супесчаные) будут составлять вторую агропроизводственную группу (44%), для которой будет необходимо разработать индивидуальную систему рационального использования.

Установлены существенные различия в распределении подтипов серых лесных почв по

заложено и описано 330 полнопрофильных разрезов, охватывающих все подтипы серых лесных почв подтаежной и лесостепной зоны Северного Зауралья. В качестве объекта исследований были выбраны целинные серые лесные почвы, которые никогда не использовались под пашню. Одновременно с описанием были послондны отобраны почвенные образцы для определения гранулометрического состава и сопутствующих свойств. Все анализы проводились в кафедральной агрохимической лаборатории. Определение гранулометрического состава проводилось по Качинскому методу пипетки с предварительной обработкой почвенных образцов пиродосфатом натрия, определение разновидности почв — по физической глине (ЭПЧ с размером менее 0,01 мм).

Для расчета показателей вариационной статистики использовался программный пакет «Анализ данных» Microsoft Excel 2010. Оценка пространственной неоднородности распределения физической глины и ила в профиле серых лесных почв Северного Зауралья проводилась посредством расчета коэффициента вариации (CV).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате изучения 330 полнопрофильных разрезов, заложенных на юге Тюменской области, было установлено, что в Северном Зауралье наиболее распространены тяжелосуглинистые и легкосуглинистые разновидности серых лесных почв, доля которых составляет 32 и 25% соответственно (табл. 1). Доля среднесуглинистых и супесчаных почв составляет 18 и 19% соответственно. Реже всего встречаются легкоглинистые почвы (6%), которые можно не учитывать при разработке адаптивно-ландшафтной системы земледелия.

разновидностям (табл. 1). Среди исследуемых образцов светло-серых лесных почв наиболее часто встречаются легкосуглинистые почвы (38%), на долю супесчаных приходится 24%. В совокупности доля светло-серых лесных почв легкого гранулометрического состава составляет 62% от их общей площади на юге Тюменской области, среднесуглинистых и тяжелосуглинистых почв — 20 и 15% соответственно. Доля легкоглинистой разновидности незначительна (4%), так что ее можно не учитывать при разработке системы земледелия.

Собственно серые лесные почвы отличаются от светло-серых более высокой долей тяжелосуглинистых (21%) и низкой долей легкосуглинистых почв (27%). В целом в данном подтипе невозможно выделить преобладающие разновидности. Доля легкоглинистых почв составляет 6%.

Среди темно-серых лесных почв 54% исследуемых образцов относятся к тяжелосуглинистой разновидности, что указывает на явное утяжеление гранулометрического состава при смещении от подзолистого почвообразовательного процесса в сторону дернового. Доля легкоголинистой разновидности увеличивается с 4 до 8% относительно светло-серых и собственно серых почв. Анализ выборки показал, что среди темно-серых лесных почв на долю супесчаных разновидностей приходится не более 10%.

Для создания оптимизационной модели плодородия в условиях применения технологий точного земледелия необходим анализ распределения гранулометрических фракций в пределах каждого подтипа почвы. С точки зрения формирования плодородия, наиболее значимой фракцией является физическая глина, размеры ЭПЧ которой составляют менее 0,01 мм. В указанном диапазоне также следует выделить еще более мелкую фракцию – ил (< 0,001 мм), который определяет поглотительную способность и важнейшие физико-химические свойства почвы (Eremin, Eremina, 2016; Татаринцев, 2008; Sorokina, 2010).

В гумусово-элювиальном горизонте (A1) светло-серых лесных почв содержание физической глины составляет в среднем 29% (табл. 2). Анализ таких статистических показателей, как медиана (Med = 27) и коэффициент асимметрии (A = 0,5), выявил, что в исследуемой выборке более половины значений ниже среднего. Величина дисперсии ( $\sigma^2 = 134,4$ ), значительный размах (от 8 до 60%) и

высокий коэффициент вариации (CV = 40) указывают на пространственную неоднородность распределения физической глины в рассматриваемом генетическом горизонте. Содержание физической глины в переходном горизонте A1A2 не превышает 42%, а в среднем составляет 21%. Коэффициент асимметрии (A = 0,7) свидетельствует о наличии небольшого «правого хвоста»: это означает, что более половины значений в выборке ниже среднего. Содержание физической глины в указанном генетическом горизонте характеризуется существенной вариабельностью (CV = 36). В верхней части иллювиального горизонта (B1) содержание физической глины изменяется от 18 до 61%, а в среднем составляет 39%. Вариабельность является высокой (CV = 22), однако она существенно ниже, чем в верхних горизонтах почвенного профиля. В горизонте B2 содержание физической глины в среднем составляет 37%. Коэффициент эксцесса (Ex) имеет значение ниже нуля, что свидетельствует о плосковершинном распределении, то есть разбросе значений относительно среднего. Коэффициент вариации равен 24%, что указывает на высокую изменчивость анализируемого показателя в пределах генетического горизонта. В переходном горизонте BC светло-серых лесных почв содержание физической глины варьируется от 11 до 62%, а в среднем достигает 32%. Коэффициент эксцесса выше нуля, следовательно, распределение ближе к островершинному, то есть большая часть значений в выборке близка к среднему. Тем не менее вариабельность является значительной (CV = 28).

**Таблица 2.** Статистические характеристики содержания физической глины (< 0,01 мм) в профиле серых лесных почв Северного Зауралья, %

Генетические горизонты	m	Med	Mo	s	$\sigma^2$	Ex	A	max-min	min	max	CV, %
светло-серые (n = 96)											
A1	29	27	27	11,6	134,4	-0,2	0,5	52	8	60	40
A1A2	21	20	17	7,5	55,7	0,0	0,7	34	8	42	36
B1	39	38	40	8,5	72,8	0,1	0,3	43	18	61	22
B2	37	38	40	8,8	77,9	-0,6	0,0	39	17	56	24
BC	32	32	40	9,0	81,0	0,8	0,6	51	11	62	28
собственно серые (n = 111)											
A1	31	32	32	11,9	140,9	-0,7	0,4	50	12	62	38
A1A2	25	23	30	10,1	101,2	-1,1	0,3	35	10	45	40
B1	42	40	38	10,1	102,5	0,1	0,5	52	18	70	24
B2	40	40	40	10,2	103,8	-0,1	0,5	50	20	70	26
Вк	36	35	40	8,2	67,7	0,1	0,5	37	20	57	23
темно-серые (n = 123)											
A1	39	42	42	10,6	112,9	-0,5	-0,6	45	17	62	27
B1	41	46	47	13,0	168,1	-0,8	-0,7	51	13	64	32
B2	46	48	50	9,5	89,3	0,0	-0,7	43	20	63	20
Вк	44	45	40	8,6	74,8	0,8	-0,7	49	17	66	20
C	44	43	40	13,2	173,0	-0,6	-0,1	57	17	74	30

**Примечание.** m – средние значения; Med – медиана; Mo – мода; s – стандартное отклонение;  $\sigma^2$  – дисперсия выборки; Ex – эксцесс; A – коэффициент асимметрии; min – минимум; max – максимум; CV – коэффициент вариации.

Среднее содержание физической глины в гумусово-элювиальном горизонте (A1) собственно серых лесных почв незначительно выше по сравнению со светло-серыми лесными почвами и составляет 31%. Однако отклонение относительно среднего довольно велико (s = 11,9), разница между максимальным и минимальным значениями достигает 50%. Коэффициент

вариации равен 38%, что позволяет сделать вывод о пространственной неоднородности распределения физической глины в данном генетическом горизонте. Содержание физической глины в переходном горизонте A1A2 собственно серых лесных почв ниже, чем в гумусово-элювиальном, и составляет в среднем 25%. В рассматриваемом горизонте наблюдается высокая

изменчивость процента содержания физической глины (CV = 40). Распределение значений в выборке плосковершинное, то есть они рассеяны относительно среднего. В верхней части иллювиального горизонта (B1) собственно серых лесных почв содержание физической глины выше, чем в гумусовом слое, в среднем по выборке оно составляет 42%. Значения медианы и моды, а также положительный коэффициент асимметрии указывают на то, что более половины значений выборки ниже среднего. Вариабельность показателя высокая (CV = 24), но значительно ниже, чем в гумусово-элювиальном горизонте. В горизонте B2 среднее содержание физической глины незначительно снижается и составляет 40%. Вариабельность остаётся высокой (CV = 26). В иллювиально-карбонатном горизонте (Bк) содержание физической глины в среднем составляет 36%, варьируясь в пределах от 20 до 57%.

Темно-серые лесные почвы отличаются от двух других подтипов более высоким содержанием физической глины в гумусово-элювиальном горизонте (A1), которое в среднем по выборке достигает 39%. Отрицательные значения коэффициентов эксцесса и асимметрии указывают на рассеивание значений относительно среднего, при этом более половины значений превышают средний уровень. Содержание физической глины в рассматриваемом генетическом горизонте характеризуется высокой вариабельностью (CV = 27). В иллювиальном горизонте B1 содержание глины увеличивается до 41% в среднем по выборке, однако так же, как и в горизонте A1, прослеживается существенный разброс значений (от 13 до 64%). При этом более половины значений в выборке превышают средний уровень, на что указывают значения медианы (Med = 46) и моды (Mo = 47). В горизонте B2 темно-серых лесных почв среднее содержание физической глины достигает 46%, однако коэффициент вариации значительно ниже, то есть указанный слой почвы характеризуется более однородным гранулометрическим составом. В карбонатном горизонте (Bк) и материнной породе (C) процент содержания физической глины является одинаковым и составляет в среднем по исследуемым образцам почвенных профилей 44%, вариабельность показателя высокая.

Таким образом, светло-серые лесные почвы Северного Зауралья характеризуются высокой степенью изменчивости содержания физической глины в гумусовом (A1) и элювиальном (A1A2) горизонтах (от 8 до 60%). Собственно серые лесные почвы существенно не отличаются от светло-серых лесных почв по содержанию

физической глины. Содержание физической глины в верхних слоях темно-серых лесных почв варьируется в диапазоне от 13 до 64% при коэффициенте вариации 27–32%.

В отличие от более крупных гранулометрических фракций, илистые частицы характеризуются определенной подвижностью в почвенном профиле (Шейн, 2009). В условиях периодически промывного типа водного режима, характерного для лесостепной зоны Зауралья, движение ила обычно направлено вглубь профиля, что обуславливает его дифференциацию по гранулометрическому составу (Еремин, 2013). В зависимости от водопроницаемости и количества поступающей влаги содержание ила может существенно изменяться в пределах почвенного профиля, что определяет значительную пространственную неоднородность свойств серых лесных почв (Мади, 2018).

Содержание ила (< 0,001 мм) в гумусово-элювиальном горизонте (A1) светло-серых лесных почв характеризуется высокой степенью изменчивости – коэффициент вариации составляет 53% (табл. 3). Данный факт свидетельствует о том, что эффективное плодородие светло-серых лесных почв будет существенно варьироваться в пределах элементарного почвенного участка, поэтому при разработке системы земледелия будет необходим индивидуальный подход к каждому из них.

При среднем содержании ила 18% значения данного показателя в выборке варьируются от 3 до 43%. Рассчитанные авторами статистические показатели (медиана, мода, коэффициент асимметрии) указывают на преобладание в выборке образцов почвенного профиля с содержанием ила в горизонте A1 ниже среднего. В элювиальном горизонте A1A2 среднее содержание ила снижается до 12%, что свидетельствует о его вымывании вглубь профиля. Анализ показателей вариационной статистики, таких как стандартное отклонение, размах и коэффициент вариации, позволил выявить высокую изменчивость содержания илистой фракции в рассматриваемом генетическом горизонте светло-серых лесных почв. В иллювиальных горизонтах B1 и B2 среднее содержание ила составляет 27 и 29% соответственно. Значение данного показателя в выборке также имеет существенный разброс относительно среднего. В переходном горизонте BC содержание илистой фракции составляет от 8 до 39% при среднем значении 22%, то есть уровень изменчивости является высоким.

**Таблица 3.** Статистические характеристики содержания ила (<0.001 мм) в серых лесных почвах Северного Зауралья, %

Генетические горизонты	m	Med	Mo	s	$\sigma^2$	Ex	A	max-min	min	max	CV, %
светло-серые (n = 96)											
A1	18	17	16	9,7	94,1	-0,6	0,4	40	3	43	53
A1A2	12	12	10	3,1	9,7	0,5	0,7	16	5	21	26
B1	27	25	16	8,6	74,2	-0,6	0,4	35	10	45	32
B2	29	30	30	7,3	53,1	-0,8	-0,2	32	12	44	25
BC	22	23	25	6,7	45,4	-0,5	0,1	31	8	39	30
собственно серые (n = 111)											

A1	21	20	17	9,4	88,3	-0,5	0,6	38	8	46	45
A1A2	15	13	11	7,5	56,4	-1,1	0,4	27	5	32	50
B1	31	30	30	7,8	61,4	-0,2	0,2	41	11	52	26
B2	26	25	21	7,6	57,6	-0,2	0,6	36	12	48	29
Вк	21	21	20	4,7	22,1	0,0	0,4	21	12	33	22
темно-серые (n = 123)											
A1	26	27	30	9,3	85,7	-0,5	-0,3	41	7	48	36
B1	28	30	30	9,6	91,2	-0,4	-0,5	40	7	47	34
B2	35	37	40	8,2	66,5	-0,1	-0,7	37	15	52	23
Вк	26	25	30	6,1	37,0	-0,5	-0,1	30	10	40	24

Среднее содержание илистой фракции в гумусово-элювиальном горизонте (A1) исследуемых образцов собственно серых лесных почв составляет 21%. Коэффициенты эксцесса и асимметрии, а также значения моды и медианы указывают на то, что значения в выборке рассеяны относительно среднего, при этом более половины из них ниже среднего уровня. Гумусово-элювиальный горизонт собственно серых лесных почв Северного Зауралья отличается существенной дифференциацией по содержанию илистой фракции (коэффициент вариации равен 45%). В переходном горизонте A1A2 содержание ила снижается и в среднем составляет 15%. Однако исследуемая выборка весьма неоднородна: диапазон значений варьируется от 5 до 32%, коэффициент вариации составляет 50%. В иллювиальной горизонте B1 в среднем по выборке содержание ила составляет 31%, в нижележащем горизонте B2 – 26%. Иллювиальный горизонт является более однородным по данному показателю, чем гумусово-элювиальный, однако уровень изменчивости довольно высок. В иллювиально-карбонатном горизонте (Вк) в среднем по исследуемым образцам содержание ила составляет 21%. Распределение значений в выборке ближе к нормальному. Коэффициент вариации составляет 22%, что свидетельствует о высокой изменчивости.

В гумусово-элювиальном горизонте (A1) темно-серых лесных почв в среднем содержится 26% илистой фракции, т.е. больше по сравнению со светло-серыми и собственно серыми почвами. Исследуемая выборка характеризуется довольно большим разбросом значений содержания ила (от 7 до 48%), однако вариабельность ниже, чем у других подтипов серых лесных почв. В иллювиальных горизонтах B1 и B2 среднее содержание

При разработке адаптивно-ландшафтной системы земледелия необходимо руководствоваться тем, что подтипы светло-серых и собственно серых лесных почв будут характеризоваться практически одинаковым уровнем эффективного плодородия, что позволяет объединить их в одну агропроизводственную группу. Подтип темно-серых лесных почв необходимо выделить в отдельную группу и разрабатывать для него индивидуальную систему земледелия.

ила увеличивается до 28 и 35% соответственно. Анализируя величину коэффициента вариации, можно сделать вывод, что верхняя часть иллювиального горизонта менее однородна, чем нижняя. В иллювиально-карбонатном горизонте (Вк) темно-серых лесных почв в среднем содержится 26% ила, отклонение от среднего в выборке составляет 6,1%. Таким образом, изменчивость показателя в пределах генетического горизонта является достаточно высокой.

### ВЫВОДЫ

В результате масштабных исследований серых лесных почв Северного Зауралья установлено, что подтип светло-серых лесных почв характеризуется значительной пространственной изменчивостью содержания физической глины ( $CV = 0\%$ ) и ила ( $CV = 53\%$ ). Столь высокое варьирование содержания гранулометрических фракций также характерно для подтипа собственно серых лесных почв, что дает возможность разработки для них единой системы земледелия. Подтип темно-серых лесных почв характеризуется меньшей пространственной неоднородностью гранулометрического состава ( $CV = 27\%$ ), что отличает его от других подтипов серых лесных почв Северного Зауралья.

В Северном Зауралье светло-серые и собственно серые лесные почвы представлены преимущественно супесчаными и легкосуглинистыми разновидностями. Подтип темно-серых лесных почв характеризуется тяжелым гранулометрическим составом (62%). Супесчаные и легкосуглинистые разновидности серых лесных почв в основном сосредоточены в подтаежной зоне Северного Зауралья, а средне- и тяжелосуглинистые наиболее часто встречаются в лесостепной зоне.

## Список литературы

- Абрамов Н.В., Акимова Ю.А., Бакшеев Л.Г., Белкина Р.И., Иваненко А.С., Игловиков А.В., Кабанин И.Б., Казак А.А., Кулясова О.А., Логинов Ю.П., Миллер С.С., Рзаева В.В., Степанов А.Ф., Тоболова Г.В., Федоткин В.А., Фисунов Н.В., Фуртаев К.В., Якубышина Л.И. Система адаптивно-ландшафтного земледелия в природно-климатических зонах Тюменской области: Монография. Тюмень: АО «Тюменский изд. Дом», 2019. 472 с.
- Березин П.Н. Особенности распределения гранулометрических элементов почв и почвообразующих пород // Почвоведение. 1983. № 2. С. 64–72.
- Демин Е.А., Барабанщикова Л.Н. Вынос элементов питания кукурузой, выращиваемой на зеленую массу по зерновой технологии в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 2(61). С. 90–94.
- Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: Наука, 2006. 460 с.
- Еремин Д.И. Агрогенное изменение гранулометрического состава чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья // Агропродовольственная политика. 2013. № 7(19). С. 43–45.
- Еремин Д.И. Особенности морфогенетических свойств серых лесных почв юга Тюменской области // Вестник Курганской ГСХА. 2017. № 3 (23). С. 8–11.
- Ерёмин Д.И., Груздева Н.А. Гранулометрия пахотных серых лесных почв Северного Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 1(69). С. 18–22.
- Ерёмина Д.В. Перспективы развития почвенной информатики // Агропродовольственная политика России. 2017. № 11(71). С. 133–139.
- Любимова А.В. Исследование коллекции византийского овса по компонентному составу авенина // Вестник Курганской ГСХА. 2017. № 4 (24). С. 49–52.
- Мади А.И., Шейн Е.В. Насыщенная гидравлическая проводимость почв: экспериментальные определения и расчет с помощью педотрансферных функций // Агрофизика. 2018. № 1. С. 37–44. DOI: 10.25695/AGRPH.2018.01.05.
- Овчинникова М.В. Изменение содержания, состава и свойств гумусовых веществ в гранулометрических фракциях дерново-подзолистых почв при длительном осушении // Почвоведение. 2018. № 6. С. 693–703. DOI: 10.7868/S0032180X18060059.
- Ренев Е.П., Еремин Д.И., Еремина Д.В. Оценка основных показателей плодородия почв наиболее пригодных для расширения пахотных угодий в Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 4. С. 27–31.
- Татаринцев В.Л. Гранулометрия агропочв юга Западной Сибири и их физическое состояние. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. 261 с.
- Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. Гранулометрический состав и почвообразование // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 10(108). С. 17–23.
- Фисунов Н.В., Шулепова О.В. Эффективность возделывания озимых зерновых по способам основной обработки почвы лесостепной зоны Тюменской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 2(61). С. 75–78.
- Шейн Е.В. Курс физики почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. 432 с.
- Шейн Е.В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретации результатов и классификаций // Почвоведение. 2009. № 3. С. 309–317.
- Eremin D., Eremina D. Influence of granulometric composition structure of anthropogenic-reformed soil on ecology of infrastructure // Procedia Engineering, 2016, t. 165, pp. 788–793. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.776
- Eremina D. IT-technologies in soil informatics and Russian // MATEC Web of Conferences. 2018. С. 04016. DOI: 10.1051/mateconf/201817004016.
- Sorokina O.A. Diagnostic parameters of soil formation in grey forest soils of abandoned fields overgrowing with pine forests in the middle reaches of the Angara river // Eurasian Soil Science., 2010, t. 43, no. 8, pp. 867–875. DOI: 10.1134/S1064229310080041.

## References

- Abramov N.V., Akimova Yu.A., Baksheev L.G., Belkina R.I., Ivanenko A.S., Iglovikov A.V., Kabanin I.B., Kazak A.A., Kulyasova O.A., Loginov Yu.P., Miller S.S., Rzaeva V.V., Stepanov A.F., Tobolova G.V., Fedotkin V.A., Fisunov N.V., Furtaev K.V., Yakubyshina L.I. *Sistema adaptivno-landshaftnogo zemledeliya v prirodno-klimaticheskikh zonah Tyumenskoj oblasti: Monografiya* [System of adaptive landscape agriculture in natural and climatic zones of the Tyumen region: Monograph]. Tyumen': AO «Tyumenskij izd. Dom», 2019. 472 p.
- Berezin P.N. Osobennosti raspredeleniya granulometricheskikh elementov pochv i pochvoobrazuyushchih porod [Features of distribution of granulometric elements of soils and soil-forming rocks] // *Pochvovedenie*, 1983, no.2, pp. 64–72.
- Demin E.A., Barabanshchikova L.N. Vynos elementov pitaniya kukuruzoj, vyrashchivaemoj na zelenuyu massu po zernovoj tekhnologii v usloviyah lesostepnoj zony Zaural'ya [Removal of nutrition elements by corn grown on green mass using grain technology in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals] // *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, no. 2(61), pp. 90–94.
- Dobrovolskij G.V., Urusevskaya I.S. *Geografiya pochv* [Geography of soils]. Moscow: Nauka, 2006. 460 p.
- Eremin D.I. Agrogennoe izmenenie granulometricheskogo sostava chernozema vyshchelochennogo lesostepnoj zony Zaural'ya [Agrogenic change in the granulometric composition of leached chernozem of the forest-steppe zone of the Trans-Urals] // *Agroprodovol'stvennaya politika*, 2013, no. 7(19), pp. 43–45.

- Eremin D.I. Osobennosti morfogeneticheskikh svojstv seryh lesnyh pochv yuga Tyumenskoj oblasti [Features of morphogenetic properties of gray forest soils in the south of the Tyumen region] // *Vestnik Kurganskoj GSHA*, 2017, no. 3(23), pp. 8–11.
- Eryomin D.I., Gruzdeva N.A. Granulometriya pahotnyh seryh lesnyh pochv Severnogo Zaural'ya [Granulometry of arable gray forest soils of the Northern Trans-Urals] // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, no. 1(69), pp. 18–22.
- Eryomina D.V. Perspektivy razvitiya pochvennoj informatiki [Prospects for the development of soil informatics] // *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii*, 2017, no. 11(71), pp. 133–139.
- Lyubimova A.V. Issledovanie kollekcii vizantijskogo ovsa po komponentnomu sostavu avenina [Study of the collection of Byzantine oats on the component composition of avenin] // *Vestnik Kurganskoj GSHA*, 2017, no. 4(24), pp. 49–52.
- Madi A.I., Shein E.V. Nasyshchennaya gidravlicheskaya provodimost' pochv: eksperimental'nye opredeleniya i raschet s pomoshch'yu pedotransfernyh funktsij [Saturated hydraulic conductivity of soils: experimental definitions and calculation using pedotransfer functions] // *Agrofizika*, 2018, no. 1, pp. 37–44. DOI: 10.25695/AGRPH.2018.01.05
- Ovchinnikova M.V. Izmenenie sodержaniya, sostava i svojstv gumusovyh veshchestv v granulometricheskikh fraktsiyah dernovo-podzolistykh pochv pri dlitel'nom osushenii [Changes in the content, composition and properties of humus substances in granulometric fractions of sod-podzolic soils during prolonged drainage] // *Pochvovedenie*, 2018, no. 6, pp. 693–703. DOI: 10.7868/S0032180X18060059.
- Reney E.P., Eremin D.I., Eremina D.V. Ocenka osnovnyh pokazatelej plodorodiya pochv naibolee prigodnyh dlya rasshireniya pahotnyh ugodij v Tyumenskoj oblasti [Assessment of the main indicators of soil fertility most suitable for the expansion of arable land in the Tyumen region] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2017, t. 31, no. 4, pp. 27–31.
- Tatarincev V.L. *Granulometriya agropochv yuga Zapadnoj Sibiri i ih fizicheskoe sostoyanie* [Grading of agropeccu the South of Western Siberia and their physical condition]. Barnaul: Publishing house AGAU, 2008, 261 p.
- Tatarincev V.L., Tatarincev L.M. Granulometricheskij sostav i pochvoobrazovanie [Granulometric composition and soil formation] // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, no. 10 (108), pp. 17–23.
- Fisunov N.V., Shulepova O.V. Effektivnost' vozdeleyvaniya ozimyh zernovyh po sposobam osnovnoj obrabotki pochvy lesostepnoj zony Tyumenskoj oblasti [Efficiency of winter grain cultivation by methods of basic tillage of the forest-steppe zone of the Tyumen region] // *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, no. 2(61), pp. 75–78.
- Shein E.V. *Kurs fiziki pochv* [Course of soil physics]. Moscow: Publishing house Moscow State University, 2005. 432 p.
- Shein E.V., Granulometricheskij sostav pochv: Problemy metodov issledovaniya, interpretacii rezul'tatov i klassifikacij [Granulometric composition of soils: Problems of research methods, interpretation of results and classifications] // *Pochvovedenie*, 2009, no. 3, pp. 309–317.
- Eremin D., Eremina D. Influence of granulometric composition structure of anthropogenic-reformed soil on ecology of infrastructure // *Procedia Engineering*, 2016, v. 165, pp. 788–793. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.776.
- Eremina D. IT-technologies in soil informatics and Russian // *MATEC Web of Conferences*. 2018. S. 04016. DOI: 10.1051/mateconf/201817004016.
- Sorokina O.A. Diagnostic parameters of soil formation in grey forest soils of abandoned fields overgrowing with pine forests in the middle reaches of the Angara river // *Eurasian Soil Science*, 2010, t. 43, no. 8, pp. 867–875. DOI: 10.1134/S1064229310080041.