

Дорогая Е.С., Сулейманов Р.Р., Миннегалиев А.О.
Гранулометрический состав эрозионных наносов агрочернозема, обработанного полимерным
структурообразователем

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

УДК 631.435

**Гранулометрический состав эрозионных наносов агрочернозема,
обработанного полимерным структурообразователем**

Дорогая Е.С.¹, Сулейманов Р.Р.^{1,2,3}, Миннегалиев А.О.²

¹Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН

²Уфимский университет науки и технологий

³Отдел комплексных научных исследований КарНЦ РАН

Аннотация

Применение полимерных структурообразователей в сельском хозяйстве является перспективным методом для повышения эрозионной устойчивости почв. При этом снижаются потери плодородного слоя почв, но воздействие полимера на частицы меняет их естественное перераспределение при смыве как на эродируемой поверхности, так и в эрозионных наносах, что может влиять на характер и свойства наносов. Был изучен гранулометрический состав эрозионных наносов легкоглинистого агрочернозема, полученных при дождевании в лабораторных условиях образцов без противоэрозионной обработки и с обработкой поверхности полимерным структурообразователем. Результаты показали, что содержание фракций песка в наносах составляло от 91,4 % до 97,0 %, фракций пыли от 1,4 % до 5,5 %, при этом использование полимерного структурообразователя способствовало увеличению доли песка. Также увеличилось содержание крупных частиц (0,1–0,5 мм) с 8,5 % до 13,5 % в водном растворе фракции наносов с частицами размером менее 0,1 мм. Таким образом, применение полимерного структурообразователя меняло характеристики гранулометрического состава эрозионных наносов легкоглинистого агрочернозема, способствуя накоплению частиц песка и, вероятно, могло оказывать пролонгированное действие на дальнейшую коагуляцию элементарных почвенных частиц.

Ключевые слова: ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ, АНАЛИЗАТОР ЛАСКА-ТД, ПОЛИМЕРНЫЙ СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЬ, АГРОЧЕРНОЗЕМ, ЭРОЗИЯ ПОЧВ, ЭРОЗИОННЫЕ НАНОСЫ

Дорогая Е.С., Сулейманов Р.Р., Миннегалиев А.О.
Гранулометрический состав эрозионных наносов агрочернозема, обработанного полимерным
структурообразователем

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

Введение

Известно, что эрозионное воздействие воды на пахотные почвы приводит к существенному снижению их плодородия как за счет выноса питательных почвенных веществ [1, 2], так и вследствие ухудшения физико-механических свойств [3, 4]. Разрушение почвенных агрегатов водой и образование поверхностного стока способствует вымыванию агрономически ценных фракций и существенному перераспределению почвенных частиц с водным потоком [5, 6]. В зависимости от массы и прочности частицы почвы могут переноситься на разные расстояния и накапливаться как вблизи эродированных участков, так и перемещаться за пределы сельхозугодий, приводя не только к утрате плодородных почв, но и к загрязнению окружающей среды, например, при попадании в водоемы [4, 7].

В настоящее время разработано множество способов борьбы с водной эрозией почв [8, 9]. Наиболее перспективный в плане оптимизации финансовых и трудовых затрат, а также с точки зрения безопасности для экологической обстановки является метод использования полимерных материалов в качестве почвенных структурообразователей [10–12]. Особенно эффективна обработка поверхности почв полимерами для склоновых площадок, наиболее подверженных эрозионному воздействию [13].

Применение полимерных структурообразователей способствует агрегации и закреплению почвенных частиц на поверхности и смягчает последствия воздействия эрозионных факторов [14–16]. Л. К. Оразжановой с соавторами [17] было показано, что использование полимерных комплексов для противоэрозионной обработки поверхности почв приводило к увеличению содержания фракций агрономически ценных агрегатов и повышению их водоустойчивости в орошаемых почвах. Таким образом, механические и водно-физические свойства почв при орошении менялись для обработанных полимером почв и почв без обработки по-разному. При этом также уменьшалась масса перемещаемого водным потоком вещества и, соответственно, могло происходить изменение в нем соотношения фракций частиц. Известно, что эродируемое с поверхности пахотных почв вещество может существенно повлиять на свойства накапливающих такие наносы почв, в том числе, приводя к изменению в них содержания органического вещества, захоронению более плодородного слоя и трансформации их водно-физических свойств [4, 18]. Следовательно, изучение состава эрозионных наносов, образовавшихся при использовании на почвах полимерного структурообразователя, могло бы не только обозначить различия в

Дорогая Е.С., Сулейманов Р.Р., Миннегалиев А.О.
Гранулометрический состав эрозионных наносов агрочернозема, обработанного полимерным
структурообразователем

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

характеристиках смыва обработанных почв и почв без противоэрозионной обработки, но также оценить влияние этих наносов на местность.

Цель данной работы состояла в изучении гранулометрического состава эрозионных наносов легкоглинистого агрочернозема, поверхность которого предварительно была обработана полимерным структурообразователем для оценки влияния противоэрозионной обработки полимерами на свойства смытых почв.

Материалы и методы

Изучали гранулометрический состав эрозионных наносов. Образцы почв были получены при дождевании агрочернозема без противоэрозионной обработки и с противоэрозионной обработкой поверхности полимером на основе полиакрилонитрила на дождевальном установке [5] в лабораторных условиях на трех углах уклона поверхности 3°, 7° и 15° [13]. Агрочернозем имел легкоглинистый гранулометрический состав с распределением фракций структурных агрегатов по размерам >10 мм, 10–0,25 мм – 74 % и <0,25 мм соответственно 22 %, 74 % и 4 % [19]. После опыта по дождеванию эрозионные наносы высушивали до воздушно-сухого состояния и отбирали пробу для анализа методом квартования, если масса вещества превышала 100 г или использовали массу полностью.

Гранулометрический состав оценивали двумя последовательно применяемыми методами. В начале подготовленные пробы анализировали методом сухого просеивания по ГОСТ 12536–2014 со шкалой классификации сит 1 мм, 0,5 мм, 0,25 мм и 0,1 мм. Просеивание начинали с сита диаметром 1 мм из-за нецелесообразности использования сит с большим диаметром. Пробу предварительно растирали в ступке пестиком с резиновым наконечником для разрушения почвенной корки, образывавшейся при высыхании. Анализ проводили для каждого образца в трех повторностях. Затем фракцию с размером частиц <0,1 мм, полученную методом сухого просеивания через сито с наименьшим размером ячеек 0,1 мм, анализировали на лазерном дифракционном анализаторе размера частиц «Ласка-ТД» (Госреестр СИ РФ №72792-18) без предварительной подготовки проб. Анализ проводили для каждой пробы, полученной при сухом просеивании в трех повторностях.

Статистическую оценку данных осуществляли методом корреляционного анализа в Excel.

Результаты и обсуждение

Для изучения гранулометрического состава эрозионных наносов, из лабораторного опыта по дождеванию легкоглинистого агрочернозема (АЧ) были получены следующие образцы: наносы АЧ без обработки поверхности для углов уклона поверхности 3°, 7° и 15°; наносы АЧ, поверхность которого предварительно обработали полимерным структурообразователем на основе полиакрилонитрила (ПАН) в концентрации 10,6 г/л для углов уклона поверхности 3°, 7° и 15°; наносы АЧ, поверхность которого предварительно обработали ПАН в дозе 21,2 г/л и 42,4 г/л при угле поверхности 15° [13] (табл. 1).

Таблица 1. Характеристики образцов наносов легкоглинистого агрочернозема

№	Вариант	Обработка поверхности	Угол уклона поверхности
1	АЧ-3	Нет	3°
2	АЧ-7	Нет	7°
3	АЧ-15	Нет	15°
4	АЧ/ПАН-3	ПАН в дозе 10,6 г/л	3°
5	АЧ/ПАН-7	ПАН в дозе 10,6 г/л	7°
6	АЧ/ПАН-15	ПАН в дозе 10,6 г/л	15°
7	АЧ/ПАН ₁ -15	ПАН в дозе 21,2 г/л	15°
8	АЧ/ПАН ₂ -15	ПАН в дозе 42,4 г/л	15°

Примечания: АЧ – агрочернозем, ПАН – полимерный структурообразователь на основе полиакрилонитрила.

Для всех изученных эрозионных наносов была характерна повышенная доля частиц вещества фракций 0,5–0,25 и 0,25–0,1 мм, относящихся к элементарным почвенным частицам песка среднего и мелкого, соответственно (по Н.А. Качинскому) [20]. При этом использование полимерного структурообразователя снижало массу наносов и увеличивало долю фракций частиц большего размера, хотя основная тенденция распределения частиц по фракциям сохранялась (табл. 2).

Таблица 2. Гранулометрический состав, определенный методом сухого просеивания и средний вес эрозионных наносов легкоглинистого агрочернозема при разных методах противозрозионной обработки

Вариант	Фракция, %					Вес эроз-х наносов, г
	> 1 мм	1–0,5 мм	0,5–0,25 мм	0,25–0,1 мм	< 0,1 мм	
АЧ-3	1,3	6,9	45,3	38,3	8,1	38,9
АЧ-7	3,0	6,8	53,2	32,7	4,3	297,7
АЧ-15	3,6	5,6	39,7	44,0	7,0	628,0
АЧ/ПАН-3	0,2	4,1	48,8	41,6	5,3	9,0
АЧ/ПАН-7	2,2	5,7	53,1	36,8	2,2	86,2
АЧ/ПАН-15	3,0	7,2	48,7	35,6	5,5	256,0
АЧ/ПАН1-15	5,7	9,0	47,4	33,0	5,0	42,9
АЧ/ПАН2-15	2,6	8,7	43,7	38,8	6,1	23,6

Наибольшее содержание частиц <0,1 мм содержалось в наносах, полученных при дождевании АЧ без противозрозионной обработки при наименьшем исследованном уклоне 3°. В целом, содержание фракции физического песка достигало во всех смывах 91,9–97,8 %. Из соотношений фракций песка (размер частиц >0,1 мм) и более мелких фракций пыли и ила (<0,1 мм) видно, что применение ПАН снижало количество частиц размером меньше 0,1 мм в эрозионных наносах (рис. 1).

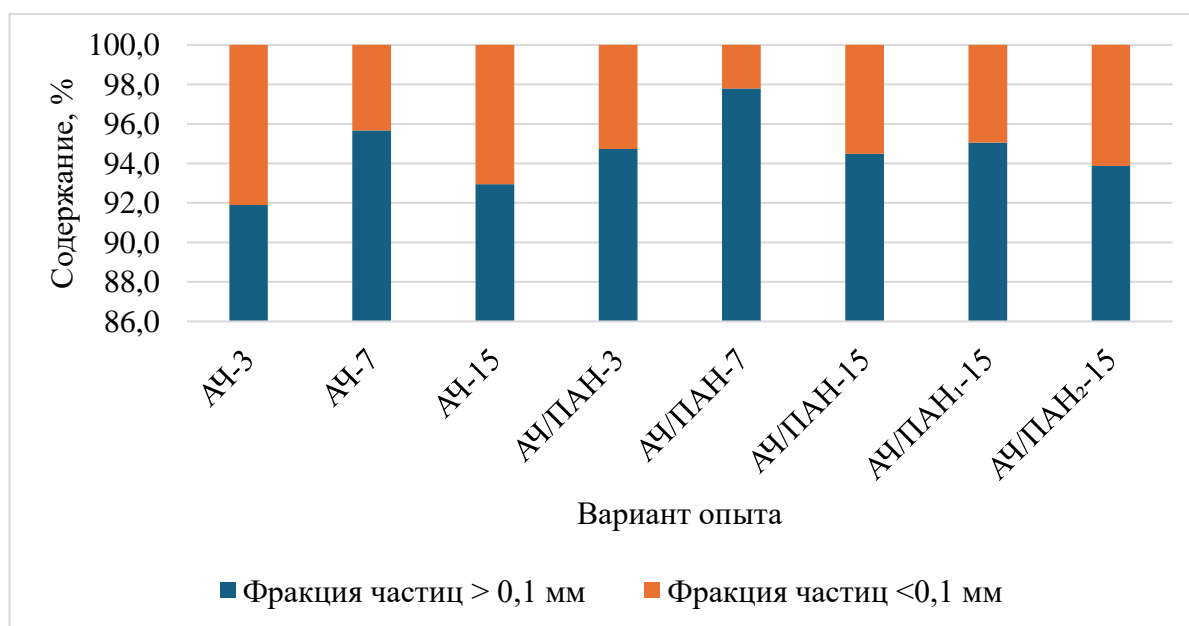


Рис. 1. Соотношение фракций частиц размером больше и меньше 0,1 мм в эрозионных наносах легкоглинистого агрочернозема

Исследование гранулометрического состава фракции наносов, полученной при просеивании через сито 0,1 мм на приборе «Ласка-ТД» не выявило значимого ($>0,1$ %) содержания фракции ила ($<0,001$ мм) во всех образцах эрозионных наносов. Основная масса частиц приходилась на фракции крупной пыли (0,01–0,05 мм) и мелкого песка (0,05–0,1 мм) с содержанием, соответственно, от 50,4–62,4 % и 21,6–31,3 %. Также были обнаружены крупные частицы размером более 0,1 мм, при этом их представленность относительно остальных увеличивалась в образцах с ПАН (табл. 3).

Таблица 3. Гранулометрический состав эрозионных наносов легкоглинистого агрочернозема при разных методах противоэрозионной обработки, определенный на анализаторе частиц «Ласка-ТД»

Вариант	Фракция, %						
	0,25–0,5 мм	0,1–0,25 мм	0,05–0,1 мм	0,01–0,05 мм	0,005–0,01 мм	0,002–0,005 мм	0,001–0,002 мм
АЧ-3	0,5	9,0	22,3	60,6	6,3	1,3	0,1
АЧ-7	0,2	8,4	24,7	60,9	4,9	0,8	0,0
АЧ-15	0,1	7,2	21,6	62,4	7,1	1,6	0,1
АЧ/ПАН-3	1,1	12,9	32,8	50,4	2,5	0,3	0,0
АЧ/ПАН-7	0,8	10,4	25,3	57,2	5,2	1,0	0,0
АЧ/ПАН-15	0,6	11,4	28,6	55,4	3,5	0,5	0,0
АЧ/ПАН ₁ - 15	1,2	14,6	30,4	50,6	2,8	0,4	0,0
АЧ/ПАН ₂ - 15	0,9	13,8	31,3	51,0	2,7	0,3	0,0

Наличие частиц $>0,1$ мм во фракции наносов, полученных при сухом просеивании через сито 0,1 мм могло быть объяснено выпадением зерен сквозь ячейки сита, что подтверждалось невысоким процентным содержанием таких частиц (табл. 3). Но также прослеживалась закономерность увеличения доли фракции $>0,05$ мм при использовании противоэрозионной обработки почвы, что могло указывать на частичную коагуляцию зерен в водном растворе, особенно в присутствии ПАН (рис. 2).

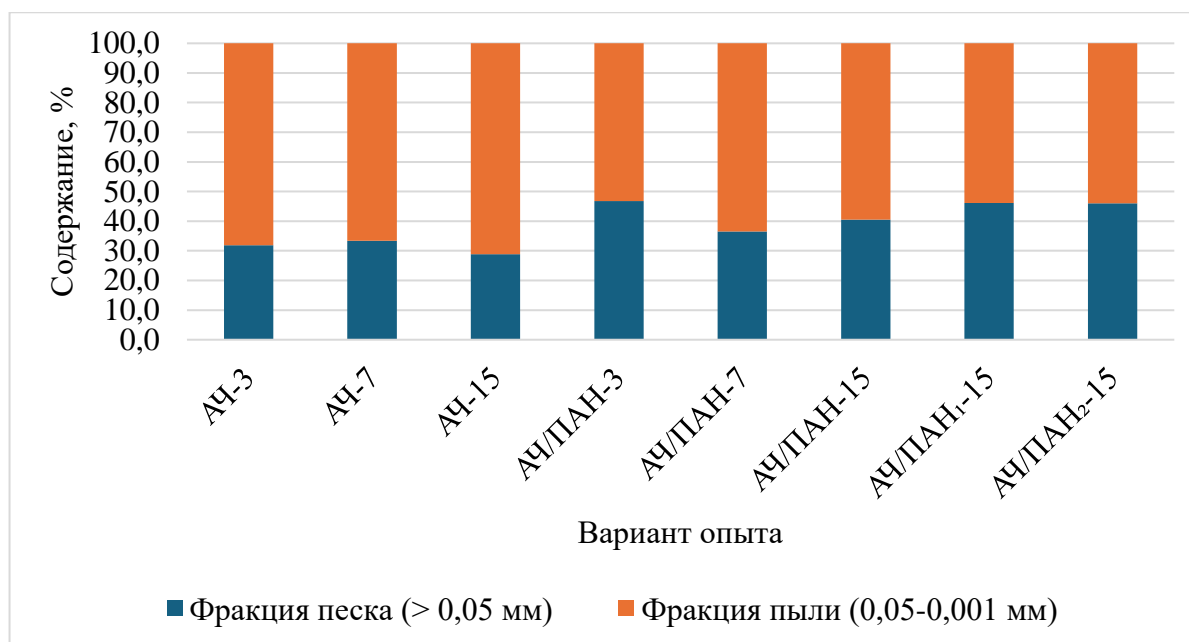


Рис. 2. Соотношение фракций частиц песка (0,05–0,5 мм) и частиц пыли (0,001–0,05 мм) во фракции наносов, полученной при сухом просеивании через сито с размером ячеек 0,1 мм.

Статистический анализ корреляции между предикторами (уклон поверхности и обработка ПАН) и полученными значениями подтвердил существование обратной зависимости между применением ПАН и содержанием в эрозионных наносах фракции физической глины (рис. 3).

Группы ЭПЧ	ЭПЧ	Уклон	ПАН, мг/л
Скелет почвы	Крупнозем	0,77	0,20
Фракция физического песка	Песок крупный	0,60	0,59
	Песок средний	-0,45	-0,16
	Песок мелкий	-0,04	-0,02
	Пыль крупная	0,02	-0,29
Фракция физической глины	Пыль средняя	-0,08	-0,54
	Пыль мелкая	-0,08	-0,57

Рис. 3. Тепловая схема корреляционной зависимости содержания фракций ЭПЧ от угла уклона поверхности и применения полимерного структурообразователя на основе ПАН, где ЭПЧ – элементарные почвенные частицы (по Н.А. Качинскому) [20].

Дорогая Е.С., Сулейманов Р.Р., Миннегалиев А.О.
Гранулометрический состав эрозионных наносов агрочернозема, обработанного полимерным
структурообразователем

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

Как видно из тепловой схемы (рис. 3) содержание фракций крупных частиц в основном положительно коррелировало с углом уклона поверхности, но содержание фракций пыли, особенно средней и мелкой, имело сильную обратную корреляцию с ПАН.

Механические свойства, такие как влажность, плотность, механический состав и проч., определяют многие факторы, влияющие на плодородие и противозерозионную устойчивость почв, и напрямую зависят от гранулометрического состава [21–23]. При смыве вещества в процессе эрозии возникают наносы, существенно отличающиеся не только по агрохимическим свойствам, но и по гранулометрическому составу от естественных гумусовых горизонтов. Трансформация гранулометрического состава поверхностного горизонта почв в зависимости от типа наносов может по-разному влиять на преобразование свойств почв, но так или иначе изменяет начальные характеристики почв и при продолжающейся эрозии и накоплении наносов, способна значительно изменить почвенный профиль и физико-химические свойства почв [18].

Известно, что естественная агрегация почвенных частиц напрямую зависит от наличия почвенных гелей на основе органического вещества [24]. Искусственное усиление структурированности с помощью полимеров имеет схожее действие на связывание почвенных частиц [14]. Воздействие воды разрушает агрегаты не только механически, но способствует также вымыванию водорастворимых веществ, скрепляющих почвенные частицы между собой: как почвенных гелей, так и полимеров. В результате смытые почвы распадаются на минеральные частицы, образующие почвенную матрицу и имеющие слабые связи друг с другом.

Распределение фракций частиц по размеру служит фундаментальной характеристикой гранулометрического состава и влияет на общее механическое поведение почвенных частиц [25]. Так, известно, что высокое содержание илистой фракции способствует накоплению питательных веществ и агрегации частиц, но ухудшает водопроницаемость почв, а преобладание фракций песка несет противоположное действие [4, 26].

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что влияние полимерного структурообразователя не только снижало массу наносов смытого в процессе дождевания легкоглинистого агрочернозема, но также уменьшало долю фракции пыли в эрозионных наносах (табл. 2, рис. 1). Кроме того, смытый с поверхности почвы полимер

Дорогая Е.С., Сулейманов Р.Р., Миннегалиев А.О.
Гранулометрический состав эрозионных наносов агрочернозема, обработанного полимерным
структурообразователем

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

при повторном намачивании мог восстанавливать свое коагуляционное действие и способствовать агрегации пылеватых частиц, о чем свидетельствовало увеличение их доли относительно контроля во фракции наносов, полученных при сухом просеивании через сито 0,1 мм обработанных ПАН образцов (табл. 3, рис. 2). Таким образом, применение ПАН статистически достоверно (рис. 3) меняло характеристики гранулометрического состава эрозионных наносов, способствуя снижению содержания более мелких (<0,05 мм) частиц. Вероятно, ПАН также мог оказывать пролонгированное действие на коагуляцию элементарных частиц почвы. При продолжительном использовании полимеров в борьбе с эрозией пахотных почв такие изменения в гранулометрическом составе эрозионных наносов могут существенно изменять характер наносов и влиять на почвы, накапливающие смытое вещество, что требует дальнейшего изучения как со стороны влияния на сельскохозяйственный сектор, так и на окружающую среду.

Выводы

При дождевании в лабораторных условиях при угле 3°, 7° и 15° легкоглинистого агрочернозема без противоэрозионной обработки и с обработкой поверхности полимером на основе полиакриланитрила (ПАН) были получены бесструктурные наносы смытого вещества. Изучение гранулометрического состава эрозионных наносов показало, что содержание крупнозема (частиц более 1 мм) составляло в среднем для всех образцов от 0,2 % до 5,7 % и увеличивалось с ростом угла уклона поверхности от 3° до 15°. Содержание фракций песка составляло от 91,4 % до 97,0 %, фракций пыли от 1,4 % до 5,5 %. При этом на увеличение содержания песка влияло увеличение угла уклона и использование ПАН, на снижение содержания пыли основное влияние оказывало использование ПАН. Применение ПАН также увеличило содержание крупных частиц 0,1–0,5 мм в среднем с 8,5 % до 13,5 % во фракции наносов с частицами размером менее 0,1 мм.

Финансовая поддержка:

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации – FMRS 2023-0006; FMEN 2022-0012.

Список использованных источников:

1. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р. Влияние орошения на свойства черноземов в

Зауральской степной зоне // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 6(100). – С. 548–551.

2. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Комиссаров М.А., Яубасаров Р.Б. Оценка состояния агрочерноземов, подверженных водной и ветровой эрозии, для использования в орошаемом земледелии // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1(25). – С. 11–15.

3. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Хабиров И.К., Комиссаров М.А., Фрюауф М., Либельт П., Гарипов Т.Т., Сидорова Л.В., Хазиев Ф.Х. Изменение эродированных почв во времени в зависимости от их сельскохозяйственного использования в Южном Предуралье // Почвоведение. – 2016. – № 10. – С. 1277–1283.

4. Травникова Л.С., Артемьева З.С., Сорокина Н.П. Распределение гранулоденсиметрических фракций в дерново-подзолистых почвах, подверженных плоскостной эрозии // Почвоведение. – 2010. – № 4. – С. 495–504.

5. Соболев Н.В., Габбасова И.М., Комиссаров М.А. Влияние различной интенсивности дождей и крутизны склонов на развитие эрозии почв в Южном Предуралье (модельный опыт) // Почвоведение. – 2017. – № 9. – С. 1134–1140.

6. Brito W.B.M., Campos M.C.C., de Brito Filho E.G., de Lima A.F.L., Cunha J.M., da Silva L.I., Coutrim dos Santos L.A., Mantovanelli B.C. Dynamics and spatial aspects of erodibility in Indian Black Earth in the Amazon, Brazil // CATENA. – 2020. – Vol. 185. – 104281.

7. Комиссаров М.А., Габбасова И.М. Сток талых вод и заиление прудов в Южном Предуралье // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 5. – С. 17–19.

8. Wen X., Zhen L. Soil erosion control practices in the Chinese Loess Plateau: A systematic review // Environmental Development. – 2020. – Vol. 34. – 100493.

9. Rajbanshi J., Das Sh., Paul R. Quantification of the effects of conservation practices on surface runoff and soil erosion in croplands and their trade-off: A meta-analysis // Science of The Total Environment. – 2023. – Vol. 864. – 161015.

10. Панова И.Г., Ильясов Л.О., Ярославов А.А. Поликомплексные рецептуры для защиты почв от деградации // Высокомолекулярные соединения. Серия С. – 2021. – Т. 63. – № 2. – С. 232–244.

11. Novoskoltseva O.A., Panova I.G., Loiko N.G., Nikolaev Yu.A., Litmanovich E.A., Yaroslavova A. A. Polyelectrolytes and Polycomplexes for Stabilizing Sandy Grounds // Polymer Science. – 2021. – Series B. – Vol. 63. – P. 488–495.

12. Luan Y., Ma X., Ma Y., Liu X., Jiang Sh., Zhang J. Research on strength improvement and stabilization mechanism of organic polymer stabilizer for clay soil of subgrade // Case Studies in Construction Materials. – 2023. – Vol. 19. – e02397.

13. Дорогая Е.С., Сулейманов Р.Р., Миннегалиев А.О., Габбасова И.М., Комиссаров М.А. Устойчивость почвогрунтов к водной эрозии при обработке полимером на основе полиацетонитрила // Экология и промышленность России. – 2024. – Т. 28. – № 7. – С. 32–36.

14. Панова И.Г., Ильясов Л.О., Ярославов А.А. Поликомплексные рецептуры для

защиты почв от деградации // Высокомолекулярные соединения. Серия С. – 2021. – Т. 63. – № 2. – С. 232–244.

15. Kebede B., Tsunekawa A., Haregeweyn N., Tsubo M., Muluaem T., Mamedov A.I., Meshesha D.T., Adgo E., Fenta A.A., Ebabu K., Masunaga T. Effect of Polyacrylamide integrated with other soil amendments on runoff and soil loss: Case study from northwest Ethiopia // International Soil and Water Conservation Research. – 2022. – Vol. 10. – I. 3. – P. 487–496.

16. Zhang H., Wang G., Du J., Pei X., Du P., Zhou L. Effects of several polymeric materials on the improvement of the sandy soil under rainfall simulation // Journal of Environmental Management. – 2023. – Vol. 345. – 118847.

17. Оразжанова Л.К., Касымова Ж.С., Мусабаева Б.Х., Кливенко А.Н. Структурирование почв в присутствии интерполимерного комплекса хитозан–полиакриловая кислота // Почвоведение. – 2020. – № 12. – С. 1498–1507.

18. Губина Д.А. Изменение гранулометрического состава пахотных почв подтаежной зоны Томской области при водной эрозии // Плодородие. – 2014. – № 6(81). – С. 23–24.

19. Сулейманов Р.Р., Сайфуллин И.Ю. Сулейманов Р.Р. Изменение физических свойств почвы при внесении фосфогипса и помета // Известия Самарского научного центра РАН. – 2017. – №2(1). – С. 164–169.

20. Качинский Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. – М.: АН СССР, 1958. – 192 с.

21. Ларионов Г.А., Бушуева О.Г., Горобец А.В., Добровольская Н.Г., Кирюхина З.П., Краснов С.Ф., Литвин Л.Ф., Максимова И.А., Судницын И.И. Экспериментальное исследование факторов, влияющих на эродируемость почв // Почвоведение. – 2018. – № 3. – С. 347–356.

22. Ахунов Т.И., Ходжиев Б.Б., Ганиев С.А. Физико-механические свойства почвы как фактор механического воздействия почвообрабатывающих-почвенных машин // Peasant. – 2022. – № 4(97). – С. 84–88.

23. Gao Y., Yang P. Temporal and spatial distribution of soil water repellency in grassland soils and its relation to soil moisture, hydrophobic matter, and particle size // Science of The Total Environment. – 2023. – Vol. 904. – 166700.

24. Федотов Г.Н., Шоба С.А., Хайдапова Д.Д. Изучение механизма влияния органического вещества на структурно-механические свойства почв // Доклады Академии наук. – 2014. – Т. 456. – № 1. – С. 121.

25. Liu D.Y., Wang M.T., Wang C. Evaluation of mechanical behaviour of gap-graded soils with particle property disparity // Computers and Geotechnics. – 2024. – Vol. 167. – 106099.

26. Жуланова В.Н., Кураченко Н.Л. Современное физическое состояние агропочв Тувы // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 5(44). – С. 18–23.

Цитирование:

Дорогая Е.С., Сулейманов Р.Р., Миннегалиев А.О. Гранулометрический состав

Дорогая Е.С., Сулейманов Р.Р., Миннегалиев А.О.

Гранулометрический состав эрозионных наносов агрочернозема, обработанного полимерным
структурообразователем

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

эрозионных наносов агрочернозема, обработанного полимерным структурообразователем
[Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. –
2024. – № 4. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/4/st_406.pdf
DOI: <https://doi.org/10.51419/202144406>.