

ВЛИЯНИЕ ПРОППАНТА (КЕРАМИЧЕСКИХ ГРАНУЛ) НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Байкин Ю.Л., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химии, почвоведения и агроэкологии, **Серебrenникова А.А.**, магистрант, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

Аннотация

Статья посвящена проблеме использования экологически безопасных отходов промышленности для регулирования агрофизических свойств почв и повышения их плодородия. Приведены результаты лабораторных исследований по влиянию проппанта (керамических гранул), используемого при нефтедобыче методом гидроразрыва пласта, на агрофизические свойства почв тяжелого гранулометрического состава. В исследованиях изучали некондиционный проппант являющийся промышленным отходом. Предполагается, что на почвах тяжелого гранулометрического состава, внесение проппантов будет играть разрыхляющую роль, обеспечивая более благоприятные для растений условия произрастания. Изучено влияние разных доз проппанта (5% и 10% от массы почвы, что составляет, соответственно, 150 и 300т/га) на общие физические и водные свойства тяжелосуглинистых почв разного таксономического уровня: чернозема оподзоленного, темно серой и серой лесной. Внесение проппанта меняет соотношение скелетной и мелкоземной фракции в почве, увеличивая скелетную часть, т.к. 83% гранул проппанта имеют размеры от 1 до 3мм, которые относятся к фракции гравия скелета почвы. Показано, что изменение общих физических свойств изучаемых почв под влиянием проппанта было закономерно. Внесение его в почву способствовало изменению общих физических свойств почв, приближая их показатели к проппантам. Причем, это проявлялось в большей степени при повышенной дозе проппанта. Внесение проппанта уменьшает величину капиллярной влагоемкости во всех почвах, что объясняется отсутствием внутриагрегатной пористости в проппанте. Однако, уменьшение величины капиллярной влагоемкости в вариантах с проппантом не может свидетельствовать о соответствующем уменьшении количества доступной влаги. Показатели, характеризующие процессы передвижения влаги в почве (водопроницаемость и водоподъемная способность), менялись незначительно или в пределах оптимальных значений. Таким образом, показано, что проппант влияет на агрофизические показатели почв, однако критерием оценки этих изменений может служить только величина и качество урожая.

Ключевые слова: проппант (керамические гранулы), промышленные отходы, чернозем оподзоленный, серая лесная почва, агрофизические свойства почв.

THE EFFECT OF PROPPANTS (CERAMIC GRANULES) ON THE AGRO-PHYSICAL PROPERTIES OF SOILS OF SOIL-SOUGHTLY GRANULOMETRIC COMPOSITION

Baykin Yu. L., candidate of agricultural sciences, associate professor, **Serebrennikova A. A.**, master student, Ural state agrarian university (Ekaterinburg, Karl Liebknecht str., 42)

Summary: The article is devoted to the problem of the use of environmentally friendly industrial waste to regulate the agrophysical properties of soils and improve their fertility. The results of laboratory studies on the effect of proppant (ceramic granules) used in oil production by hydraulic fracturing on the agrophysical properties of soils of heavy granulometric composition are presented. The studies studied substandard proppant is an industrial waste. It is assumed that on soils of heavy granulometric composition, the introduction of proppants will play a loosening role, providing more favorable conditions for plants to grow. The influence of different doses of proppant (5% and 10% of the soil mass, which is, respectively, 150 and 300T/ha) on the General physical and water properties of heavy loamy soils of different taxonomic levels: black ash, dark gray and gray forest. The introduction of proppant changes the ratio of skeletal and fine-grained fraction in the soil, increasing the skeletal part, because. 83% of proppant granules have sizes from 1 to 3mm, which belong to the gravel fraction of the soil skeleton. It is shown that the change in the General physical properties of the studied soils under the influence of proppant was natural. Its introduction into the soil contributed to the change in the General physical properties of soils, bringing their performance to proppants. Moreover, this was manifested to a greater extent with an increased dose of proppant. The introduction of proppant reduces the value of capillary water capacity in all soils, due to the lack of intra-porosity in proppant. However, a decrease in the capillary moisture capacity in variants with proppant may not indicate a corresponding decrease in the amount of available moisture. Indicators characterizing the processes of movement of moisture in the soil (water permeability and water lifting capacity), changed slightly or within optimal values. Thus, it is shown that proppant affects the agrophysical indicators of soils, but the criterion for assessing these changes can only be the size and quality of the crop.

Keywords: proppant (ceramic granules), industrial waste, podzolized chernozem, gray forest soil, agrophysical properties of soils.

Рецензент: **Карпухин М.Ю.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры овощеводства и плодородства им. проф. Н.Ф. Коняева, Уральский государственный аграрный университет

Актуальность исследований. Одним из важных показателей почв, определяющих их агрономические свойства, является гранулометрический состав. От гранулометрического состава почвы, прямо или косвенно, зависят физические, физико-химические, физико-механические свойства и режимы почв (водный, воздушный, питательный) [2,10,18].

Одним из радикальных методов регулирования гранулометрического состава тяжелых глинистых почв является пескование - внесение высоких доз песка (300-700 т/га). Пескование является весьма дорогостоящим мероприятием и применяется на ограниченных площадях [7,8].

При этом для пескования в целях регулирования агрофизических и агрохимических свойств почв можно использовать природные пески различного минералогического состава, безопасные отходы промышленности, включая промышленные шлаки, местное природное сырьё, отвечающие требованиям экологической безопасности и т.п. [3,11,16,17].

В настоящее время одним из направлений в нефтедобыче являются технологии с применением гидроразрыва пласта. Для закрепления (предупреждения смыкания под действием горного давления) трещин, создаваемых в ходе ГРП используют проппанты (керамические гранулы), обладающие расклинивающими свойствами. Проппант представляет собой материал, состоящий из гранул сходного размера, с типичным диаметром от 0,5 до 2 мм.

Ведущими российскими производителями проппантов являются: «Боровичский комбинат огнеупоров» (Новгородская обл.), «Форэс» (Свердловская обл.), «Трехгорный керамический завод» (Челябинская обл.), «Карбо Керамикс (Евразия)» (Челябинская обл.) и другие.

Проппанты производятся по патентованным технологиям из экологически безопасного сырья. Для его изготовления используются оливин (магнезиально-железистый силикат с формулой $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$ и кварцевый песок (SiO_2), т.е. сырьё, и следовательно, производимый продукт, не содержит тяжелые металлы, радионуклиды и другие токсические элементы, что подтверждается соответствующими ТУ и протоколами испытаний [20,21].

Однако при производстве проппантов образуется до 10% некондиционной продукции, непригодной для использования по прямому назначению (плохо окатанные или спекшиеся гранулы, несоответствие размеров гранул и т.п.). Учитывая, что только одно ООО «ФОРЭС» в Свердловской области производит более миллиона тонн продукции год, объемы образующихся отходов в РФ довольно внушительны.

Несмотря на то, что некондиционные проппанты относятся к отходам 5-го класса опасности (т.е. практически неопасные), обращение с ними требует особого отношения. Они малопригодны для вторичной переработки, их расклинивающие свойства исключают применение в строительстве, отсыпке дорог и т.д. В связи с этим их размещают на полигонах ТБО.

Однако эти отходы могут быть использованы в качестве почвенного мелиоранта для регулирования гранулометрического состава тяжелых почв и оптимизации их агрофизических свойств для повышения их плодородия, без возможных негативных экологических последствий.

Цель и методика исследований

Целью первого этапа наших исследований было изучение влияния различных доз проппанта на общие физические и водно-физические свойства почв тяжелосуглинистого гранулометрического состава: чернозема оподзоленного, темно-серой лесной и серой лесной почв.

В задачи исследований входило изучение влияние различных доз проппанта на:

- общие физические свойства (плотность, плотность твёрдой фазы, пористость) почв;
- водные свойства почв (капиллярная влагоемкость, водопроницаемость, водоподъемная способность).

Лабораторные исследования проводились по методикам, рекомендованным в научной и учебной литературе [1,5,14,].

Для исследований были отобраны образцы пахотного слоя трех почв разного таксономического уровня, доставленные из учхоза «Уралец» Белоярского района: чернозем оподзоленный, темно-серая лесная и серая лесная слабооподзоленная. Все почвы имеют тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Образцы почв для исследований отбирались из пахотного слоя с глубины 0-25 см, на полях хозяйства после уборки урожая.

Изучали две дозы внесения проппанта:

5% от массы почвы (150 т/га);

10% от массы почвы (300 т/га)

Исследуемые почвы высушивали до воздушно сухого состояния, размалывали и просеивали через почвенное сито с диаметром отверстий 3мм.

Почвы и соответствующие дозы проппанта тщательно перемешивались и, в подготовленных образцах определялись: плотность почвы, г/см³; плотность твердой фазы, г/см³; скважность (пористость), %; капиллярная влагоёмкость, %; водоподъемная способность, см; водопроницаемость, мм/час/см².

Варианты исследований и сокращения:

Чоп – чернозем оподзоленный;

Чоп+5% - чернозем с внесением 5% проппанта;

Чоп +10% - чернозем с внесением 10% проппанта;

ЛЗ - темно серая лесная почва;

ЛЗ+5% - темно серая лесная почва внесением 5% проппанта;

ЛЗ+10% - темно серая лесная почва внесением 10% проппанта;

Л2 - серая лесная почва;

1. Л2+5% - серая лесная почва внесением 5% проппанта;

2. Л2+10% - серая лесная почва внесением 10% проппанта;

Результаты исследований

В исследованиях изучали некондиционный проппант являющийся, по сути, промышленным отходом. Использование по прямому назначению этой продукции ограничено из-за содержания нестандартных по размеру, спекшихся и сколотых гранул. Просеивание проппанта через набор стандартных сит (табл.1) показало, что внесение его в почву увеличивает исключительно скелетную часть почвы, так как 83% массы проппанта составляет гравий, около 16% камни и лишь 074% входит в мелкоземистую фракцию.

Плотность почв, в отличие от плотности твердой фазы, является динамичным показателем и изменяется в зависимости от приемов использования. Соответственно, будет изменяться и общая пористость [9,12,13,19].

Фракционный состав пропанта, %

Фракция, мм (размер частиц пропанта)	Доля фракций, %	Группы фракций по классификации Качинского Н.А.	
>7	0,76	Скелет почвы 99,3%	камни
7-5	0,98		
5-3,75	2,80		
3,75-3,25	7,25		
3,25-3,0	4,11		
3,0-2,0	54,30		
2,0-1,0	29,07		гравий
<1	0,74	Мелкозем – 0,7%	
	100,00		

Изменение общих физических свойств изучаемых почв под влиянием пропанта было закономерно и предсказуемо (табл.2). Керамические гранулы имеют постоянную объемную плотность и плотность и, при этом, являясь монолитными, не обладают внутриагрегатной пористостью. Внесение их в почву способствовало изменению общих физических свойств почв, приближая их показатели к пропантам. Причем, это проявлялось в большей степени при повышенной дозе пропанта.

Таблица 2

Влияние пропанта на общие физические свойства почв

Показатель	$\psi_{оп}$	$\psi_{оп}^{+5\%}$	$\psi_{оп}^{+10\%}$	L_3	$L_{3+5\%}$	$L_{3+10\%}$	L_2	$L_{2+5\%}$	$L_{2+10\%}$	пропант
Плотность (d_v), г/см ³	1,02	1,07	1,11	1,19	1,20	1,26	1,23	1,25	1,28	1,37
Плотность твёрдой фазы (d), г/см ³	2,45	2,48	2,53	2,65	2,63	2,60	2,42	2,44	2,48	2,57
Пористость, %	58,6	56,8	56,3	55,0	54,2	51,5	49,0	48,7	48,4	46,7

Важными показателями, характеризующими водный режим почв, запасы влаги, закономерности ее передвижения в почвенной толще, являются влагоемкость почв (водоудерживающая способность), водоподъемная способность, водопроницаемость (фильтрационная способность) [4,6,15].

Капиллярная влагоемкость — это наибольшее количество влаги, которое почва способна удержать за счет капиллярных (менисковых) сил. Это наиболее продуктивная часть почвенной влаги. В наших исследованиях внесение пропанта уменьшает величину капиллярной влагоемкости во всех почвах, что объясняется отсутствием внутриагрегатной пористости в пропанте (табл.3). Однако, судить о количестве продуктивной влаги только по величине капиллярной влагоемкости, не совсем корректно, т.к. пропанты вследствие малой удельной поверхности обладают низкой величиной гигроскопичности и, соответственно, будут содержать минимум недоступной, связанной влаги.

Таблица 3

Влияние пропантанта на капиллярную влагоемкость почв (КВ), %

Показатель	$q^{оп}$	$q^{оп} + 5\%$	$q^{оп} + 10\%$	L_3	L_{3+5}	L_{3+10}	L_2	L_{2+5}	L_{2+10}	Проп-пант
КВ,%	57	53,2	49,9	45,5	42,1	41,7	46,8	41,9	41,5	-

Поэтому, уменьшение величины капиллярной влагоемкости в вариантах с пропантантом не может свидетельствовать о соответствующем уменьшении количества доступной влаги.

Водоподъемная способность почв характеризует их способность, за счет менисковых сил почвенных капилляров, поднимать воду от зеркала грунтовых вод, образуя капиллярную кайму. В песчаных почвах высота капиллярного поднятия воды может подниматься до 0,5-1,0 м. В суглинистых 3-4 м. В тяжелых глинистых почвах водоподъемная способность часто снижается, поскольку капилляры заполнены связанной водой. В наших исследованиях (табл.4) водоподъемная способность черноземной и серой лесной почв практически не изменилась под влиянием обеих доз пропантанта, но на темно-серой лесной почве, при дозе 5% от массы почвы, значительно снизилась.

Таблица 4

Влияние пропантанта на водоподъемную способность почв, см

Время	$q^{оп}$	$q^{оп} + 5\%$	$q^{оп} + 10\%$	L_3	L_{3+5}	L_{3+10}	L_2	L_{2+5}	L_{2+10}
1 мин.	2,5	2	3,1	2,5	3	2,5	2,5	3	2,5
10 мин.	7,2	7,1	6,3	6,4	6,2	6	6,5	6,4	6
30 мин.	11,2	10,5	8,4	10,3	7,6	7,8	8,9	9,8	8,1
1 час	13,3	12,8	10,3	11,5	8,9	9,6	10,5	11,9	9,8
2 часа	16,3	15,5	12,3	14,2	11,1	12,3	12,5	14,4	12,4
4 часа	19,2	18,2	16,2	17,9	13,4	15	15,5	18,3	15,4
16 часов	28,5	28,4	28,4	29,7	20,4	24,2	23,2	27,3	24,6
65 часов	33,8	33,9	33,5	34,7	24,4	29,2	27,2	30,7	29
88 часов	38,1	38,2	37,3	38,1	26,9	32,8	30,1	33,2	31,9
143 часа	41,6	42,6	40,3	41,1	31,3	37,6	35,3	37,4	34,7
158 часов	42,3	43,2	41,3	42,8	32,1	38,2	35,9	37,8	35,2
162 часа	42,4	43,3	41,4	42,9	32,2	38,4	36	38,1	35,4

Водопроницаемость – способность почвы впитывать и пропускать воду, поступающую на поверхность. Она зависит от гранулометрического состава, структурности почвы и ее водопропускности, физико-химических показателей.

Н.А. Качинским [цитируется по Роде А.А.] выделено 6 типов водопроницаемости: провальная, когда почва, благодаря трещиноватости, в час пропускает через площадь 1 см² более 1000 мм воды; излишне высокая - 500-1000 мм; наилучшая - 100-500 мм; хорошая - 70-100 мм; удовлетворительная - 30-70 мм и неудовлетворительная - менее 30мм.

Водопроницаемость почв (среднем за 11 часов)

Ед. изм	$\varphi^{оп}$	$\varphi^{оп} + 5\%$	$\varphi^{оп} + 10\%$	L_3	L_{3+5}	L_{3+10}	L_2	L_{2+5}	L_{2+10}
мл/мин/см ²	0,41	0,40	0,34	0,45	0,33	0,41	0,32	0,27	0,31
мл/час/ см ²	24,8	23,7	20,6	27,0	19,8	24,7	19,3	16,1	18,9
мм/час/ см ²	248	237	206	270	198	247	193	161	189

В наших исследованиях (табл.5) под влиянием проппанта водопроницаемость несколько снижается, что объясняется, по всей вероятности, тем что межстыковые пространства между гранулами проппанта забиваются мелкоземистыми частицами. Однако, во всех испытуемых почвах водопроницаемость характеризовалась как наилучшая.

По результатам проведенных лабораторных исследований по изучению влияния разных доз проппанта (керамических гранул) можно сделать следующие предварительные

ВЫВОДЫ:

1. Внесение проппанта в дозах 5% и 10% от массы почвы, что соответствует 150 и 300 т/га, способствует изменению показателей общих физических и водных свойств почв. В большей степени эти изменения проявляются при дозе 10% от массы почвы.

2. Отмечаемые изменения в значительной степени зависят от природных особенностей почв (содержания гумуса, гранулометрического состава, структурного состояния и т.д.), о чем свидетельствуют данные полученные в опытах с почвами разного таксономического уровня: черноземом, темно-серой и серой лесной.

3. Поскольку основным критерием оценки любых агротехнических, агрохимических или мелиоративных мероприятий является величина и качество урожая, а одни только лабораторные опыты не дают возможности дать окончательное заключение, считаем необходимым продолжить исследования в полевых опытах.

Библиографический список

1. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению: 4-е изд., перераб. и доп.-Л.:Агропромиздат. Ленингр. отд-ние.- 1986. 295с.

2. Артемьева З.С. Органическое вещество и гранулометрическая система почвы// Российский гос. аграрный ун-т МСХА им. К.А. Тимирязева, РФФИ/М.-2010. 240с.

3. Беспярых Н.С. Нетрадиционное минеральное сырье для сельского хозяйства//Химизация с/х. 1990. №5. С.75-77

4. Болотов А.Г., Шеин Е.В., Макарычев С.В. Водоудерживающая способность почв Алтайского края// Почвоведение. 2019. №2. С.212-219
5. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы определения физических свойств почв и почвогрунтов.- Гос. изд-во «Высшая школа».-М:1961. 346с.
6. Ельчинонова О.А., Кузнецова О.В., Сойёнова А.Н., Чичинова Г.В. Водно-физические свойства почв среднегорных котловин Горного Алтая// Вестник Новосибирского аграрного университета. 2018. №2 (47). С. 19-29
7. Курчевский С.М., Виноградов Д.В., Щур А.В. Влияние различных доз минерального грунта на агрохимические показатели и продуктивность торфяных почв// Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2015. №1 (25). С. 27-31
8. Курчевский С.М., Поднебесная Э.И. Сравнительная оценка пескования и глинования для повышения продуктивности торфяных почв// Агрохимический Вестник. 2013. №2. С. 27-28
9. Макарычев С.В., Мазиров М.А. Агрофизическая характеристика сероземных почв Западного Тянь-Шаня// Вестник Алтайского ГАУ. 2016. №11(145). С.38-43
10. Муралев С.Г. Агропроизводственное значение гранулометрического состава почв и его использование в оценке качества сельскохозяйственных земель// автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Российский государственный аграрный университет. Москва. 2011. 19с.
11. Нетрадиционные виды минерального сырья для сельского хозяйства//Сост. У.Г. Дистанов. - М.: ВИЭМС, 1985.52с.
12. Осипов А.В., Семькина Ю.С., Ким М.Р. Влияние различных технологий выращивания озимой пшеницы на гранулометрический состав и водно-физические свойства чернозема выщелоченного опытного поля учхоза "Кубань" г. Краснодара//В сб. Энтузиасты аграрной науки. Сборник статей по материалам Международной конференции посвященной 95-летию каф. агрохимии Кубанского ГАУ и памяти академика В.Г. Минеева. 2017. С. 167-172
13. Осипов А.В., Юрченко А.А. Характеристика свойств чернозема выщелоченного слитого Теучежского района республики Адыгея при их сельскохозяйственном использовании//В сборнике: Энтузиасты аграрной науки. Сборник статей по материалам Международной конференции. 2018.С.152-156
14. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв// Под ред. Е.В. Шеина:- М.: Московский государственный университет, 2001, 200с.
15. Роде А.А. Водные свойства почв и грунтов.- М: изд-во АН СССР, 1955.-132с.

16. Стифеев А.И., Данилова Л.В., Никитина О.В., Лукьянов В.А., Тюнина А.Г., Судженко Е.Н. Отходы горнодобывающей промышленности КМА и перспективы их использования в АПК// В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства. Материалы Международной научно-практической конференции. 2014. С.155-157

17. Стифеев А.И., Ивченко Д.Н. Основные направления хозяйственного использования горных пород КМА//в сборнике: Проблемы развития сельского хозяйства центрального черноземья. Материалы всероссийской научно-практической конференции: в 2-х частях. 2005. С.20-24

18. Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.Н., Кострицина М.Н.,Ещенко С.И. Модели мелиоративного состояния агропочв по данным гранулометрии// Вестник Алтайского ГАУ. 2017. №7(153). С.72-77

19. Шеуджен А.Х., Гуторова О.А., Хурум Х.Д., Лебедевский И.А. Осипов М.А., Есипенко С.В. Физические, водно-физические и физико-химические показатели чернозема выщелоченного// Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 4-1 (58). С.166-171

20. Peteres TM, O'Shaughnessy PT, Grant R, Altmaier R, Swanton E, Falk J, Osterberg D, Parker E, Sousan S, Stark AL, Thome PS// Community airborne particulate matter from mining for sand used as hydraulic fracturing proppant// Sci Total Environ.–2017- № 12

21. Stoessel F, Sonderegger T, Bayer P, Hallweq S. Assessing the environmental impacts of soil compaction in Life Cycle Assessment//Sci Total Environ.–2018-№1

Literature

1. Aleksandrova L.N., Naidenova O.A. Laboratory and practical classes in soil science: 4th ed., Pererab. and additional -L.: Agropromizdat. Leningrad separation. 1986.-295с.

2. Artemyeva Z.S. Organic matter and granulometric system of the soil // Russian State. Agrarian University, Moscow Agricultural Academy. K.A. Timiryazev, RFBR / M.-2010, 240s.

3. N. NS Nonconventional mineral raw materials for agriculture // Chemicalization of agriculture. 1990. №5. Pp.75-77

4. Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. Water-holding capacity of the soils of the Altai Territory // Soil Science. 2019. №2. P.212-219

5. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Methods for determining the physical properties of soil and soil. - State. publishing house "Higher School" .- M: 1961.-346s.

6. Elchinina O.A., Kuznetsova O.V., Soyenova A.N., Chichinova G.V. Water-physical properties of soils in the mid-mountain basins of the Gorny Altai // Bulletin of the Novosibirsk Agrarian University. 2018. №2 (47). Pp. 19-29
7. Kurchevsky S.M., Vinogradov D.V., Shchur A.V. Influence of various doses of mineral soil on agrochemical parameters and productivity of peat soils // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University. P.A. Kostycheva. 2015. №1 (25). Pp. 27-31
8. Kurchevsky S.M., Celestial EI Comparative evaluation of sanding and claying to increase the productivity of peat soils // Agrochemical Bulletin. 2013. №2. Pp. 27-28
9. Makarychev S.V., Mazirov M.A. Agrophysical characteristics of the gray soils of the Western Tien Shan// Bulletin of the Altai GAU. 2016. №11 (145). P.38-43
10. Muralev S.G. Agro-industrial significance of the granulometric composition of the soil and its use in assessing the quality of agricultural land // dissertation abstract for the degree of candidate of agricultural sciences. Russian State Agrarian University. Moscow. 2011. 19c.
11. Non-traditional types of mineral raw materials for agriculture // Comp. W.G. Distans. - M.: VIEMS, 1985.52s.
12. Osipov A.V., Semykina, Yu.S., Kim M.R. Influence of various technologies for growing winter wheat on the granulometric composition and water-physical properties of leached chernozem chernozem experimental field of the «Kuban» state farm in Krasnodar// In Vol. Enthusiasts of agrarian science. Collection of articles based on the International Conference dedicated to the 95th anniversary of the Departments. Agrochemistry of the Kuban State Agrarian University and in memory of Academician VG Mineev. 2017. pp. 167-172
13. Osipov A.V., Yurchenko A.A. Characteristics of the properties of leached chernozem of the fused Teuchezhsky district of the Republic of Adygea with their agricultural use // In the collection: Enthusiasts of agrarian science. Collection of articles on the materials of the International Conference. 2018.C.152-156
14. Field and laboratory methods for the study of physical properties and soil regimes. Ed. E.V. Sheina: - Moscow: Moscow State University, 2001, 200c.
15. Rode A.A. Water properties of soil and soil. - M: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1955.-132c.
16. Stifeev A.I., Danilova L.V., Nikitina O.V., Lukyanov V.A., Tyunina A.G., Sudzhenko E.N. Waste mining industry KMA and prospects for their use in agriculture // In the collection: Scientific support of agro-industrial production// Materials of the International Scientific and Practical Conference. 2014. P.155-157

17. Stifeev A.I., Ivchenko D.N. The main directions of economic use of rocks KMA // in the collection: Problems of agricultural development of the central black earth. Materials of the All-Russian scientific-practical conference: in 2 parts. 2005. P.20-24
18. Tatarintsev, V.L., Tatarintsev, L.N., Kostricina, M.N., Eshenka, S.I. Models of ameliorative condition of agrosols according to granulometry. Bulletin of Altai State Agrarian University. 2017. No. 7 (153). Pp.72-77
19. Sheudzhen A.Kh., Gutorova O.A., Khurum Kh.D., Lebedovsky I.A. Osipov M.A., Esipenko S.V. Physical, water-physical and physico-chemical indicators of leached chernozem // International Scientific Research Journal. 2017. No. 4-1 (58). P.166-171
20. Peteres TM, O'Shauqhnessy PT, Grant R, Altmaier R, Swanton E, Falk J, Osterberq D, Parker E, Sousan S, Stark AL // Sci Total Environ. – 2017- № 12
21. Stoessel F, Sondereqger T, Bayer P, Hall Cycle Assessment // Sci Total Environ. – 2018- №1