

А.В. Ручкина, старший преподаватель
Р.Н. Ушаков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
 Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева
 РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1

Н.Н. Новиков, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
 Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ
 РФ, 390025, г. Рязань, ул. Щорса, д. 38/11

Т.Ю. Ушакова, магистрант
 Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева
 РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1

В.Ю. Асеев, кандидат сельскохозяйственных наук
Ф.Ю. Бобраков, магистрант
 Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина
 РФ, 390000, г. Рязань, ул. Свободы, 46
 E-mail: nasni91@gmail.com

УДК: 631.452:631.445.25

DOI:10.30850/vrsn/2021/1/57-61

ОЦЕНКА КОНСТИТУЦИОННОЙ ОСНОВЫ ПЛОДОРОДИЯ АГРОСЕРОЙ ПОЧВЫ

Общее состояние плодородия необходимо оценивать по следующим группам параметров: динамичные (подвижные элементы питания, кислотность); конституционные прямые (минералогический, гранулометрический, органический и химический состав); конституционные косвенные (емкость катионного обмена (ЕКО), сорбционная емкость, буферность). Цель исследований – изучить и оценить некоторые конституционные параметры плодородия опытного образца. В почве содержание гумуса (2 %) соответствует минимально допустимому уровню, значение суммы обменных оснований (7–8 ммоль/100 г почвы) в два раза меньше окультуренного аналога; увеличена доля свободных ГК до 11,5–14,0 % (абс.) и снижено содержание ГК, не связанных с кальцием, до 24,3–28,1 %. В минеральной части тонкой почвенной фракции агросерой почвы размером 1–5 мкм в слое 0–20 см содержание функционально инертных минералов составляет в сумме 63 %. С глубиной количество ценных смешаннослойных образований увеличивается. Для компенсации потерь глинистых фракций можно использовать покровный суглинок, обогащенный нитратными формами азота. Экспериментальный продукт содержит около 2,7 % общего азота, подвижного и общего калия – 1250 мг/кг и 0,20 %, ЕКО – 48 мг-экв/100 г соответственно.

Ключевые слова: агросерая почва, плодородие, гумус, минералогический состав, деградация.

A.V. Ruchkina, senior lecturer
R.N. Ushakov, Grand PhD in Agricultural sciences, Professor
 Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva
 RF, 390044, g. Ryazan', ul. Kostycheva, 1

N.N. Novikov, PhD in Agricultural sciences, docent
 Federal Scientific Agroengineering Center VIM
 RF, 390025, g. Ryazan, ul. Shchorsa, 38/11

T.Yu. Yu. Ushakova, master student
 Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva
 RF, 390044, g. Ryazan', ul. Kostycheva, 1

V.Yu. Aseev, PhD in Agricultural sciences
F.Yu. Bobrakov, master student
 Ryazan State University named for S. Yesenin
 RF, 390000, g. Ryazan', ul. Svobody, 46
 E-mail: nasni91@gmail.com

ASSESSMENT OF CONSTITUTIONAL BASE OF AGRO-GREY SOIL FERTILITY

The general state of fertility should be assessed by at least two groups of parameters: dynamic (mobile nutrients, acidity) and constitutional direct – mineralogical, granulometric, organic and chemical composition, as well as constitutional indirect – cation exchange capacity (CEC), sorption capacity, buffering capacity. The purpose of the research is to study and evaluate some of the constitutional parameters of the fertility of the experimental agro-gray soil. The humus content in the soil (2 %) corresponds to the minimum permissible level. The soil has a low value of the sum of exchangeable bases (7–8 mmol/100 g of soil), which is 2 times less than the cultivated analogue. In the soil, the share of free HAs increased to 11.5–14.0 % (abs.) And the content of HAs not associated with calcium decreased to 24.3–28.1 %. In the mineral part of the thin soil fraction of agro-gray soil 1–5 microns in size in the 0–20 cm layer, the content of functionally inert minerals is 63 % in total. The number of valuable mixed-layer formations increases with depth. To compensate for the loss of clay fractions, cover loam enriched in nitrate forms of nitrogen can be used. The experimental product contains about 2.7 % of total nitrogen, mobile and total potassium is 1250 mg/kg and 0.20 %, respectively, ECO – 48 mg-eq/100 g.

Key words: agro-gray soil, fertility, humus, mineralogical composition, degradation.

В основе стабильного развития АПК России лежит воспроизводство почвенного плодородия. [11] С учетом специфической структурной организации почвы, общее состояние плодородия следует оценивать как минимум по двум группам параметров: динамичным и фундаментальным, конституционным. В большинстве случаев оценивают по первой – подвижные формы элементов питания, кислотность. Данная составляющая плодородия почвы относительно быстро восстанавливается с помощью агротехнических мероприятий. Конституционную составляющую можно определить по прямым показателям (минералогический, гранулометрический и химический состав, групповой и фракционный состав органического вещества, органо-минеральный комплекс) и косвенным (емкость катионного обмена (ЕКО), сорбционная емкость, различные виды физико-химической буферности, которые указывают на функциональное состояние почвенных компонентов органической и минеральной природы почвы). Конституционность связана с динамичными показателями, со скоростью их восстановления в случае деградации и улучшения для решения вопросов производства продукции. При деградации почвы происходят необратимые процессы, затрагивающие именно конституционные или базисные основы плодородия.

Для формирования плодородия почвы большую роль, наряду с органическим веществом [13], играют тонкодисперсные минеральные фракции – глинистый компонент. [6, 7, 10, 14]. Исследователи в своих работах оценивают перспективность применения природных глин в сельском хозяйстве. На наш взгляд, обогащение суглинков и глин азотом еще эффективнее. [1–3, 5] Но при этом необходимо учитывать химическую агрессивность азотной кислоты, экологическую опасность продуктов разложения.

Цель работы – изучить и оценить некоторые конституционные параметры плодородия опытной агросерой почвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В агросерой среднесуглинистой почве и покровном суглинке определяли: подвижные формы фосфора и калия методом Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011); общий фосфор (ГОСТ 26717-85); общий калий (ГОСТ 26718-85); общий азот (ГОСТ 26107-84); нитраты ионометрически (ГОСТ 26951-86); органическое вещество по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); рН солевой вытяжки по ЦИНАО (ГОСТ 26483-85); емкость катионного обмена методом Бобко-Аскинази-Алешина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 17.4.4.01-84 (п. 4.1)); сумму поглощенных оснований по Каппену (ГОСТ 27821-88); гранулометрический (зерновой) состав глины (ГОСТ 12536-

2014), гранулометрический состав почвы по Качинскому; обменный кальций и магний (ГОСТ 26487-85).

Фракции ила, тонкой и средней пыли для определения минералогического состава выделяли по методике Н.И. Горбунова (1971). Ориентированные препараты фракций исследовали рентгенодифрактометрическим методом. Рентгенодифрактометры получены для воздушно-сухих образцов, насыщенных этиленгликолем и прокаленных при температуре 550°C в течение двух часов.

Общее содержание элементов в почве определяли на анализаторе Tefa-6111; подвижных форм – в вытяжке ацетатно-аммонийного буферного раствора и рН = 4,8 и 1n HCl – методом атомной адсорбции.

Содержание нитратов в воде определяли фотометрическим методом с использованием салициловокислого натрия (ГОСТ 33045-2014).

Урожайность рассчитывали при стандартной влажности зерна. Содержание азота в зерне находили по ГОСТ 13496.4-2019.

Количество сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги выявляли на ИК-спектрометре TANGO NTI (ГОСТ 32040-2012).

Экспериментальные данные обрабатывали методами дисперсионного, корреляционного, регрессионного и других видов статистического анализа (Доспехов, 1985; Ивойлов, 2000) с использованием программного комплекса «STATISTICA».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Общий агрохимический анализ опытного участка представлен в таблице 1.

Нормативы оптимального содержания гумуса для агросерой среднесуглинистой почвы Среднерусской провинции установлены в пределах 2,3...3,0%. В опытной почве в мощном гумусово-элювиальном слое 0...30 см при незначительной мощности гумусового горизонта 0...11 см, состояние органического вещества соответствовало минимально допустимому уровню. Обеспеченность фосфором и калием высокая. Учитываемую динамичность показателей не следует считать информативной в оценке плодородия, необходимо использовать структурно-субстантивные характеристики. Наряду с содержанием гумуса, к ним можно отнести гранулометрический состав. С глубиной содержание физической глины возрастает в два раза. Это указывает на интенсивный вынос фракций, отвечающих за сорбционные свойства.

Данные по ЕКО и общему азоту соответствуют диагностической характеристике агросерой почвы (табл. 2).

В целом плодородие агросерой почвы неудовлетворительное. Это обусловлено низким содержанием гумуса и, как следствие, проявлениями негативных процессов. Сумма обменных оснований

Таблица 1.

Характеристика агросерой среднесуглинистой почвы

Слой, см	Подвижный К ₂ O, мг/кг	Общий К, %	Подвижный P ₂ O ₅ , мг/кг	Общий P, %	Общий N, %	N-NO ₃ , мг/кг	Гумус, %
0...20	157±46	0,039	211,3±22	0,036	0,13±0,003	24,7±0,7	2,3±0,1
20...30	115±20	0,034	171,3±6	0,029	0,14±0,005	20,5±4	1,9±0,08

Физико-химическая характеристика агросерой среднесуглинистой почвы **Таблица 2.**

Слой, см	pH, ед.	ЕКО, мг-экв/100 г	Сумма поглощенных оснований, ммоль/100 г	<0,01, %
0...20	5,4±0,001	26,0±1,7	8,2±1,0	24,6±1,2
20...30	5,4±0,005	26,0±1,7	7,3±0,3	24,8±1,3

(7...8 ммоль/100 г почвы) в два раза меньше окультуренной аналоговой почвы. [5] С учетом емкости катионного обмена это может привести к ухудшению поверхностных свойств исследуемой почвы.

Валовый химический состав однородный в пределах мощности 0...30 см как в иле, так и почве (табл. 3). В илистом компоненте отношение оксида кремния к полуторным оксидам составляет около 2,0; для почвы в целом — 5,7. По сравнению с почвой илистая фракция обогащена валовым магнием, что объясняется локализацией магнийсодержащих минералов. Количество оксида кальция незначительно, имеются небольшие примеси кальцийсодержащих минералов.

Оксид калия в иле немного превышает его количество в почве. При сравнении запасных форм химических элементов между илом и почвой различия достоверные. Отсутствие различий по фосфору и незначительное достоверное превышение валового калия в иле над таковым в почве может указывать либо на слабую функцию исследуемой почвы по запасанию питательных элементов, в которой участвуют тонкие фракции [4], либо на истощение фосфором и калием, или на их одновременность.

Источники тонких фракций в почве — почвенные минералы. Минералогический состав почвы и ила изменяется с глубиной: содержание каолинитов, хлоритов и гидрослюд уменьшается, а смешаннослойных образований увеличивается (табл. 4). Как известно, слюды имеют низкое значение ЕКО и удельную поверхность. Минералы группы хлоритов не характеризуются низкими величинами ЕКО. Каолиниты поглощают лишь небольшую долю

вносимых соединений и обладают пониженной буферностью.

Из всех изученных минералов в более тонких фракциях преобладают слюды — 30...34 %. С увеличением размерности фракций увеличивается содержание хлоритов и кварца (табл. 5).

В структуре минеральной части тонкой почвенной фракции агросерой почвы (1...5 мкм) в слое 0...20 см содержание функционально инертных минералов (кварц, полевой шпат и плагиоклаз) составляет 63,0 %, с глубиной их количество снижается до 57,7 %. В тонкой пыли разница между слоями в отношении глинистых минералов около 8 % (абс.). Такая послынная дифференциация может свидетельствовать об изменении минералогического состава тонкой пыли в ходе агрогенной эволюции, хотя не исключено, что это связано с природными особенностями горизонтального распределения тонкой пыли в процессе генезиса. В научной литературе имеются очень противоречивые сведения, чтобы сделать надежное заключение. Для нас важно понимать, что именно слой 0...20 см в земледелии наиболее технологически операционный, и что в нем накапливаются инертные минералы с небольшими значениями ЕКО.

К сожалению, минералогический состав агросерой среднесуглинистой почвы опытного участка ранее не определяли. Поэтому возникают трудности интерпретации современных данных, связанные с невозможностью установить характер изменения минералогического состава. Опираясь на данные других авторов, указывающие на ухудшение минералогического состава агропочв, можно заключить важность не только сохранения минеральных компонентов с высокой удельной поверхностью и сорбционной активностью, но и повышение их содержания в почве искусственными способами.

Отказаться от физиологически кислых минеральных удобрений невозможно, и было бы неправильно, так как только они могут обеспечить увеличение урожайности. [8, 9] Однако при этом создаются условия для дезинтеграции минерального комплекса, выражающегося в повышении содержания водно-пептизируемого ила, гидрослюд

Валовый химический состав агросерой почвы, %

Таблица 3.

Слой, см	SiO ₂		Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃		CaO		MgO		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0...20	52,5	78,9	16,7	10,4	9,9	3,5	0,7	1,0	2,9	0,9	0,4	0,3	2,9	2,4
20...30	53,3	78,5	17,0	10,5	10,1	3,5	0,7	1,0	2,8	0,9	0,3	0,3	2,9	2,3

Примечание. 1 — в иле; 2 — в почве.

Минералогический состав ила и почвы в целом **Таблица 4.**

Минералогический состав по механическим фракциям **Таблица 5.**

Слой, см	Каолинит + хлорит	Гидрослюда	Смектит	Каолинит + хлорит	Гидрослюда	Смектит
	% в иле			% в почве в целом		
	0...20	14,0	62,6	23,6	3,1	14,3
20...30	12,4	57,4	30,4	3,0	13,6	7,2

Слой, см	Кварц	Слюда	Каолинит	Хлорит	K _{пов.} шпат	Плагиоклазы
1...5 мкм						
0...20	32,0	30,3	5,0	1,0	16,7	14,3
20...30	29,7	34,3	5,7	2	16,3	11,7
5...10 мкм						
0...20	43,0	15,9	3,3	3,8	17,5	16,0
20...30	41,9	14,8	2,4	4,3	18,4	16,4

Таблица 6.
Химическая характеристика ГАУС (средние значения)

Показатель	Значение
Вода, %	9,5±0,5
Кислотность, ед.	
обменная	5,3±0,4
актуальная	7,3±0,7
Азот	
нитратный, мг/кг, ед.	70132±30
общий, %	2,7±0,4
Калий	
подвижный, мг/кг	1250±13
общий, %	0,20±0,02
Фосфор	
подвижный, мг/кг	76,0±3
общий, %	0,45±0,07
Кальций, моль/100 г	128,68±2
Медь, мг/кг	8,8±0,9
Цинк, мг/кг	9,5±0,9
Емкость катионного обмена (ЕКО), мг-экв/100 г	47,6±7,1

с преобладанием в его составе каолинита+хлорита. Уменьшается количество смешаннослойных минералов [11], разрушаются слоистые силикаты, накапливаются инертные минералы (кварц, полевые шпаты, плагиоклазы, слюды). [12] Это означает, что для агросерых почв ожидается разрушение и вынос тонкодисперсных фракций за пределы зоны генезиса. Чтобы компенсировать потери ценных глинистых фракций можно использовать покровный суглинок, обогащенный нитратными формами азота.

В таблице 6 приведена краткая характеристика экспериментального удобрения. Один из недостатков удобрения – слабокислая реакция среды ($pH_{KCl} \sim 5$). Содержание нитратного (70132 мг/кг) и общего (2,7 %) азота указывает на эффективное связывание глиной азотной кислоты. Содержание подвижного и общего калия 1250 мг/кг и 0,20 %, подвижного фосфора – 76 мг/кг, хотя общего пула в два раза больше (0,45 %), валовой формы меди – 8,9 мг/кг и цинка – 9,5 мг/кг соответствовало ПДК.

Использование глинистого компонента способствует закреплению азота; улучшению поверхностных свойств агросерой почвы. Значение ЕКО глины составляет 47,6 мг-экв/100 г, диагностическое для серых лесных суглинистых и глинистых почв (по классификации 1977 г) – 20...25 мг-экв/100 г. В опытной почве ЕКО в слое 0...20 и 20...30 см – 26,0 мг-экв/100 г. Следовательно, регулярное внесение глинистого вещества будет улучшать сорбционные свойства ППК.

Выводы. Длительное сельскохозяйственное использование агросерых почв на фоне снижения органического вещества, подкисления раствора приводит к ухудшению состояния конституционного базиса плодородия: прогнозируемо изменение фракционного состава гумуса в сторону увеличения свободных ГК и ФК, повышение в верхнем слое почв (0...20 см) инертных минералов с низкими значениями ЕКО и удельной поверхностью (кварц, полевой шпат и плагиоклаз, каолинит, хлорит). Это может свидетельствовать о деградации тонкодисперсных компонентов пахотного слоя агросерой почвы, в целом об ухудшении почвенного плодородия.

Для агросерых среднесуглинистых почв с низким уровнем плодородия мы разработали и рекомендуем средство на основе покровного суглинка и концентрированной азотной кислоты. Продукт не заменяя азотные минеральные удобрения, может служить дополнительным элементом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Агафонов, Е.В. Влияние бентонита на урожайность и качество озимой пшеницы на темно-каштановой почве / Е.В. Агафонов, А.В. Цыганков // Земледелие. – 2011. – № 7. – С. 24–26.
- Агафонов, Е.В. Применение бентонита на черноземе южном / Е.В. Агафонов, В.П. Горячев // Земледелие. – 2011. – № 8. – С. 20–21.
- Болиева, З.А. Цеолитсодержащие глины повышают качество клубней картофеля / З.А. Болиева, Ф.Т. Гериева // Земледелие. – 2012. – № 7. – С. 17–18.
- Карпова, Д.В. Микроморфология и минералогия серых лесных почв Владимирского ополья / Д.В. Карпова, Н.П. Балабко, Н.П. Чижикова и др. // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2018. – Вып. 94. – С. 101–123.
- Козлов, А.В. Влияние высококремнистых пород (диатомита, цеолита и бентонитовой глины) на активность олиготрофного и автохтонного микробного пула дерново-подзолистой почвы / А.В. Козлов, А.Х. Куликова, И.П. Уромова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2017. – № 40. – С. 44–65.
- Козлов, А.В. Физико-химические свойства бентонита и его влияние на кислотно-основные показатели и эффективное плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / А.В. Козлов, А.Х. Куликова, И.П. Уромова // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2017. – Вып. 90. – С. 73–95.
- Соколова, Т.А. Разрушение глинистых минералов в модельных опытах и в почвах: возможные механизмы, скорость, диагностика (анализ литературы) / Т.А. Соколова // Почвоведение. – 2013. – № 2. – С. 1–16.
- Сычев, В.Г. О балансе питательных веществ в земледелии России / В.Г. Сычев, С.А. Шафран // Плодородие. – 2017. – № 1 (94). – С. 1–4.
- Сычев, В.Г. Прогноз плодородия почв Нечерноземной зоны в зависимости от уровня применения удобрений / В.Г. Сычев, С.А. Шафран // Плодородие. – 2019. – № 2 (107). – С. 22–25.
- Травникова, Л.С. Особенности состава органического вещества темногумусовых лесных почв северо-востока Костромской области / Л.С. Травникова, А.В. Иванов // Вестник московского университета. – Серия 17: Почвоведение. – 2014. – № 2. – С. 24–28.
- Чекмарев, П.А. Воспроизводство плодородия – залог стабильного развития агропромышленного комплекса России / П.А. Чекмарев // Плодородие. – 2018. – № 1 (100) – С. 4–7.
- Чижикова, Н.П. Деградация минеральной основы почв. В книге: Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирование систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии / Н.П. Чижикова – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2013. – С. 365–368.
- Hatfield, Jerry L. Why is Soil organic matter so important? / Jerry L., Hatfield, Ken Wacha, Christian Dold // Crops & Soils. – 2018. – V. 51. – № 2. – P. 4–8.

14. Organic Matter in Clay Density Fractions from Sandy Cropland Soils with Differing Land-Use History / S. Sleutel, P. Leinweber, E. Van Ranst et al // Soil Science Society of America Journal. – 2011. – V. 75. – № 2. – P. 521–532.

LIST OF SOURCES

1. Agafonov, E.V. Vliyanie bentonita na urozhajnost' i kachestvo ozimoy pshenicy na temno-kashtanovoj pochve / E.V. Agafonov, A.V. Cygankov // Zemledelie. – 2011. – № 7. – S. 24–26.
2. Agafonov, E.V. Primenenie bentonita na chernozeme yuzhnom / E.V. Agafonov, V.P. Goryachev // Zemledelie. – 2011. – № 8. – S. 20–21.
3. Bolieva, Z.A. Ceolitsoderzhashchie gliny povyshayut kachestvo klubnej kartofelya / Z.A. Bolieva, F.T. Gerieva // Zemledelie. – 2012. – № 7. – S. 17–18.
4. Karpova, D.V. Mikromorfologiya i mineralogiya seryh lesnyh pochv Vladimirskogo opol'ya / D.V. Karpova, N.P. Balabko, N.P. Chizhikova i dr. // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. – 2018. – Vyp. 94. – S. 101–123.
5. Kozlov, A.V. Vliyanie vysokokremnistyh porod (diatomita, ceolita i bentonitovoj gliny) na aktivnost' oligotrofnogo i avtohtonnoho mikrobnogo pula dernovo-podzolistoj pochvy / A.V. Kozlov, A.H. Kulikova, I.P. Uromova // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. – 2017. – № 40. – S. 44–65.
6. Kozlov, A.V. Fiziko-himicheskie svoystva bentonita i ego vliyanie na kislotno-osnovnye pokazateli i effektivnoe plodorodie dernovo-podzolistoj legkosuglinistoj pochvy / A.V. Kozlov, A.H. Kulikova, I.P. Uromova // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. – 2017. – Vyp. 90. – S. 73–95.
7. Sokolova, T.A. Razrushenie glinistyh mineralov v model'nyh opytah i v pochvah: vozmozhnye mekhanizmy, skorost', diagnostika (analiz literatury) / T.A. Sokolova // Pochvovedenie. – 2013. – № 2. – S. 1–16.
8. Sychev, V.G. O balanse pitatel'nyh veshchestv v zemledelii Rossii / V.G. Sychev, S.A. Shafran // Plodorodie. – 2017. – № 1 (94). – S. 1–4.
9. Sychev, V.G. Prognoz plodorodiya pochv Nechernozemnoj zony v zavisimosti ot urovnya primeneniya udobrenij / V.G. Sychev, S.A. Shafran // Plodorodie. – 2019. – № 2 (107). – S. 22–25.
10. Travnikova, L.S. Osobennosti sostava organicheskogo veshchestva temnogumusovyh lesnyh pochv severo-vostoka Kostromskoj oblasti / L.S. Travnikova, A.V. Ivanov // Vestnik moskovskogo universiteta. – Seriya 17: Pochvovedenie. – 2014. – № 2. – S. 24–28.
11. Chekmarev, P.A. Vosproizvodstvo plodorodiya – zalog stabil'nogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii / P.A. Chekmarev // Plodorodie. – 2018. – № 1 (100) – S. 4–7.
12. Chizhikova, N.P. Degradaciya mineral'noj osnovy pochv. V knige: Nauchnye osnovy predotvrashcheniya degradacii pochv (zemel') sel'skohozyajstvennyh ugodij Rossii i formirovanie sistem vosproizvodstva ih plodorodiya v adaptivno-landshaftnom zemledelii / N.P. Chizhikova – M.: Pochvennyj institut im. V.V. Dokuchaeva, 2013. – S. 365–368.
13. Hatfield, Jerry L. Why is Soil organic matter so important? / Jerry L., Hatfield, Ken Wacha, Christian Dold // Crops & Soils. – 2018. – V. 51. – № 2. – R. 4–8.
14. Organic Matter in Clay Density Fractions from Sandy Cropland Soils with Differing Land-Use History / S. Sleutel, P. Leinweber, E. Van Ranst et al // Soil Science Society of America Journal. – 2011. – V. 75. – № 2. – R. 521–532.