

UDC 631.417.2(470.32)

Nyedbayev V. N.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Agric.),  
Degtyarjov V. V.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Agric.), Professor,  
Zhernova O. S.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Agric.)

<sup>1</sup>Kursk Agricultural Academy named after I. I. Ivanov

<sup>2</sup>Kharkov National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev, Ukraine

## HUMUS STATE OF SOILS OF THE CENTRAL BLACK EARTH ZONE AND WAYS OF ITS OPTIMIZATION

*The structure of the soil cover of the Central Chernozem region and its humus state are given. The essence of the degradation processes of arable lands is shown and the main causes of the phenomenon are identified. The main directions of increasing soil fertility are shown.*

*The article discusses the state of the soils of the Central Black Soil Region (TsCh) in the process of their anthropogenic use. As a result of the high tillage of the soil (> 65 %), the quality of the soil deteriorated: the content of humus, biophilic elements (nitrogen, phosphorus, potassium) decreased, the water-physical properties changed, which affected the productivity of agricultural crops. During the years of perestroika (1990 to the present), there was a violation of the farming system, including crop rotations. Perennial grasses practically dropped out of crop rotations, which affected soil fertility and increased erosion, and degradation of soil cover occurred. The number of measures aimed at combating soil erosion decreased and as a result, the areas of eroded land increased and reached 43.2 % of arable land. Everywhere in the territory of TsCh, the areas of slightly humusified, acidic, polluted with heavy metals soils increased. It is proposed to reproduce soil fertility by preserving scientifically-based farming systems, to strengthen the fight against soil erosion by organizational, hydrotechnical and biological means, increase the land under forest reclamation, make the transition to adaptive-landscape farming systems and become involved in innovative scientifically-based "exact" methods agriculture.*

*Studies carried out in three repetitions of a five-field crop rotation (15 years) showed that the introduction of a defect on dark gray forest podzolized soil increases the organic matter content and improves its agrogenetic properties.*

**Keywords:** soil, fertility, humus, degradation, erosion, chemical melioration.

УДК 631.417.2(470.32)

Недбаєв В. М.<sup>1</sup>, канд. с.-г. наук, доцент,  
Дегтярьов В. В.<sup>2</sup>, д-р с.-г. наук, професор,  
Жернова О. С.<sup>2</sup>, канд. с.-г. наук

<sup>1</sup>Курська державна сільськогосподарська академія ім. І. І. Іванова

<sup>2</sup>Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва

## ГУМУСОВИЙ СТАН ҐРУНТІВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧОРНОЗЕМ'Я ТА ШЛЯХИ ЙОГО ОПТИМІЗАЦІЇ

Наведено структуру ґрунтового покриву Центрального Чорнозем'я та його гумусовий стан. Показано сутність деградаційних процесів орних земель та визначено основні причини цього явища. Запропоновано основні напрями підвищення ґрунтової родючості.

Розглянуто питання стану ґрунтів Центрального Чорнозем'я (ЦЧ) в процесі їх антропогенного використання. Внаслідок значної розораності ґрунтів (> 65 %) відбулося погіршення якості ґрунтів: зменшився вміст гумусу, біофільних елементів (азоту, фосфору, калію), відбулися зміни водно-фізичних властивостей, що має вплив на продуктивність сільськогосподарських культур. За роки перебудови (1990 р. до сьогодні) відбулося руйнування системи землеробства, зокрема і сівозмін. Практично випали із сівозмін багаторічні трави, що вплинуло на рівень родючості ґрунтів та посилення ерозії, відбулася деградація ґрунтового покриву. Число заходів, спрямованих на боротьбу з ерозією ґрунтів, зменшилося і як наслідок цього збільшилися площі еродованих земель і досягли 43,2 % ріллі. Майже всюди на території ЦЧ зросли площі слабогумусованих, кислих, забруднених важкими металами ґрунтів. Передбачається відновлення родючості ґрунтів за рахунок збереження науково-обґрунтованих систем землеробства, посилення боротьби з ерозією ґрунтів, застосування організаційних, гідротехнічних і біологічних заходів, збільшення площ земель під лісомеліорацію, здійснення переходу на адаптивно-ландшафтні системи землеробства, запровадження інноваційних науково-обґрунтованих методів «точного» землеробства.

Проведені дослідження в трьох ротаціях п'ятипільної сівозміни (15 років) засвідчили, що внесення дефекату на темно-сірому опідзоленому ґрунті підвищує вміст органічної речовини і покращує агрогенетичні властивості досліджуваного ґрунту.

**Ключові слова:** ґрунт, родючість, гумус, деградація, ерозія, хімічна меліорація

УДК 631.417.2(470.32)

Недбаев В. Н.<sup>1</sup>, канд. с.-х. наук, доцент,  
Дегтярев В. В.<sup>2</sup>, д-р с.-х. наук, профессор,  
Жерновая О. С.<sup>2</sup>, канд. с.-х. наук

<sup>1</sup>Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И. И. Иванова

<sup>2</sup>Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева

## ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ И ПУТИ ЕГО ОПТИМИЗАЦИИ

*Приведена структура почвенного покрова Центрального Черноземья и его гумусовое состояние. Показана сущность деградационных процессов пахотных земель и определены основные причины явления. Показаны основные направления повышения почвенного плодородия.*

*Рассмотрены вопросы состояния почв Центрального Черноземья (ЦЧ) в процессе их антропогенного использования. В результате высокой распаханности почв (> 65 %) произошло ухудшение качества почв: уменьшилось содержание гумуса, биофильных элементов (азота, фосфора, калия), изменились водно-физические свойства, что повлияло на продуктивность сельскохозяйственных культур. За годы перестройки (1990 г. – по настоящее время) произошло нарушение системы земледелия, в т.ч. и севооборотов. Практически выпали из севооборотов многолетние травы, что повлияло на плодородие почв и усиление эрозии, произошла деградация почвенного покрова. Количество мероприятий, направленных на борьбу с эрозией почв, уменьшилось и как следствие, увеличились площади эродированных земель и достигли 43,2 % пашни. Повсеместно на территории ЦЧ возросли площади слабогумусированных, кислых, загрязненных тяжёлыми металлами почв. Предлагается воспроизвести плодородие почв за счёт сохранения научно-обоснованных систем земледелия, усилить борьбу с эрозией почв организационными, гидротехническими и биологическими средствами, увеличить площади земель под лесомелиорацию, осуществлять переход на адаптивно-ландшафтные системы земледелия, включиться в инновационные научно-обоснованные методы «точное» земледелие.*

*Проведенные исследования в трех ротациях пятипольного севооборота (15 лет) показали, что внесение дефеката на темно-серой лесной оподзоленной почве повышает содержание органического вещества и улучшает её агрогенетические свойства.*

**Ключевые слова:** почва, плодородие, гумус, деградация, эрозия, химическая мелиорация

**Актуальность.** Почвенный покров пахотных земель Центрального Черноземья представлен черноземами выщелоченными и оподзоленными, площадь которых составляет 4424 тыс. га (41,3 %), черноземами типичными – 3728 тыс. га (34,8 %), черноземами обыкновенными – 1560 тыс. га (14,6 %), черноземами южными – 42 тыс. га (0,4 %), серыми лесными – 756 тыс. га (7 %) и

прочими почвами 195 тыс. га (1,9 %). Содержание гумуса в серых лесных почвах составляет 2,65 %, а в черноземах 5,8 % (Черкасов Г. Н., 2010).

Продовольственная безопасность Центрально-Черноземного региона находится в прямой зависимости от интенсивности и устойчивости системы земледелия, главным звеном которой является почвенный покров. Почва – основа существования человека и поэтому охрана почвенных ресурсов и повышение их плодородия актуальная проблема современности.

Деградация почвенного плодородия обострилась с того момента, как требованиями почвоохранных технологий, содержащихся в составленных Роскомземом в 80-90-х годах проектах внутривоспроизводственного землеустройства, стали повсеместно пренебрегать. В результате распаханность территории увеличились до 65%, а использование тяжелой сельскохозяйственной техники привело к усилению физической деградации (водная и ветровая эрозия, обесструктурирование и переуплотнение, переувлажнение).

На территории Центрального Черноземья около 450 тыс. га (43,2 %) площади сельхозугодий подвержено эрозии, т.е. фактически каждый третий гектар пашни является эродированным. В настоящее время скорость прироста эродированных почв составляет от 0,4 до 1 % в год. В результате физической деградации происходит смыв верхнего плодородного слоя почвы и резкое снижение органического вещества-гумуса.

Физико-химическая деградация приводит к повышению гидролитической кислотности почвы и как следствие к разрушению структуры и дегумификации. Доля кислых почв в Центральном Черноземье за последние 30 лет увеличилась с 30 % до 60 % (Доклад..., 2014).

Деградационные процессы снизили продуктивность значительной площади сельскохозяйственных земель, существенно нарушили длительные экологические связи, изменили водный баланс территории.

Решить указанные проблемы, или хотя бы уменьшить негативный эффект от них, можно посредством интенсификации земледелия. Но и в этом мы сталкиваемся со значительными трудностями, в т.ч. и с разрушительной политикой в области химической мелиорации. Площадь произвесткованных кислых почв за тот же период сократилась более чем в 23 раза – с 4,7 млн га в 1990 г. до 0,2 в 2018 г. (Шильников И. А., 2008).

Не лучше обстоят дела и с питательным режимом почв. Количество вносимых минеральных удобрений с 1991 г. непрерывно сокращается. К 2018 г. этот показатель снизился в 5 раз. Одновременно удельный вес площади удобренной минеральными удобрениями в объеме всей посевной площади уменьшился с 65 % до 50 %.

Получается парадоксальная ситуация – Россия производит 18 млн т минеральных удобрений (действующего вещества) в год, но использует от этих объемов в своем сельском хозяйстве лишь 10 %, а остальное отправляет на экспорт (Алейников Д. П., 2009).

Аналогичная ситуация и с органическими удобрениями. Объемы их внесения с 1990 г. сократилось более чем в 6 раз. До настоящего времени она не включена в соответствующий целевой показатель Государственной программы развития сельского хозяйства.

Органические удобрения и химические мелиоранты образуют устойчивые

коллоиды, которые образуют агрономически ценную (водопрочную) структуру, изменяя агрогенетические свойства почвы.

По выражению К. К. Гедройца, «на известкование нельзя смотреть лишь как на меру поднятия урожайности почвы, значение его гораздо шире. Углекислый кальций внесенный в почву в достаточном количестве (во всяком случае в количестве большем, чем это нужно для создания оптимальных условий урожайности), предохраняет почву от неминуемого в противном случае разрушения и именно наиболее ценной части почвы-поглощающего комплекса» (Гедройц К. К., 1932).

Следовательно, основным направлением повышения почвенного плодородия является оптимизация гумусного состояния почв региона под влиянием химической мелиорации.

**Объекты, методы, и условия исследований.** Экспериментальная часть исследований была выполнена на темно-серой лесной оподзоленной среднесуглинистой почве в АО «Учебно-опытное хозяйство «Знаменское» Курской области. Опыты проводили в зерно-пропашном пятипольном севообороте в течении трех ротаций. Содержание гумуса в пахотном слое почвы составляет 2,65 %, рН(ксл) – 5,4, Нг 5,2 мг-экв. на 100 г почвы, степень насыщения основаниями – 87 %, щелочногидролизуемого азота – 78 мг/кг по Корнфилдуду, подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) – 80 мг/кг и обменного калия ( $K_2O$ ) – 100 мг/кг почвы по Кирсанову (Недбаев В. Н., 2017).

Для проведения химической мелиорации в опыте использовали два химических мелиоранта.

1. Дефекат Золотухинского сахарного завода трехлетнего хранения, который содержит 70 %  $CaCO_3$ , 14 % органических веществ 0,8 % азота, 0,6 %  $P_2O_5$ , 0,4 %  $K_2O$ . Агрохимический анализ химического мелиоранта показывает, что дефекат представляет собой не только кальцийсодержащее соединение, но и практически органо-минеральное удобрение. В Центрально-Черноземной свеклосеющей зоне ежегодно на 16 сахарных заводах накапливается до 50 млн т органоминерального фильтрационного осадка – дефеката. Этого количества достаточно для ежегодного известкования 5-8 млн га пашни.

2. Фосфоритная мука полученная из фосфоритоносных желваковых месторождений Центрально-Черноземного региона. Они представлены фосфоритами песчаного типа из которых путем размола получается перспективное фосфорное и известковое удобрение. Возобновление добычи фосфоритов в частности в Курской области и их применение в качестве химического мелиоранта в дозе 2-3 т/га (Щигровское месторождение является четвертым в России по запасам фосфоритов) позволит сократить площадь пахотных почв с низким содержанием подвижного фосфора на 70-80 % и повысить средневзвешенное его содержание на 50-60 мг/кг почвы. Фосфоритная мука оказывает нейтрализующее действие на кислотность почвы, так как в её составе фосфор находится в виде трехзамещенного фосфата кальция –  $Ca_3(PO_4)_2$ . Использование её повышает степень насыщенности почвы основаниями, тем самым снижая актуальную кислотность и содержание алюминия.

**Схема опыта и методика проведения исследований.** В опыте изучались разные дозы дефеката рассчитанные по полной гидролитической кислотности и рН(ксл) внесенные в чистом виде и совместно с фосфоритной мукой

(мелиоративная смесь) один раз за ротацию с использованием картограмм агрохимического обследования.

#### Варианты опыта:

1. Контроль (без химической мелиорации)
2. Дефекат 6 т/га
3. Дефекат 3 т/га + фос.мука 3 т/га

В 2003 г. при закладке опыта химические мелиоранты были внесены осенью под зяблевую вспашку в первом поле пятипольного севооборота. В последующие две ротации севооборота, т.е. в 2008 г. и 2013 г. проведено повторное известкование и совместное применение известкования и фосфоритования.

**Результаты исследований.** Перед закладкой опыта были отобраны почвенные образцы по вариантам в которых определялись два вида кислотности (обменная и гидролитическая), содержание алюминия, доступных NPK и общего гумуса (табл. 1).

#### 1. Агрохимические показатели темно-серой оподзоленной почвы по различным вариантам полевого опыта, 2008-2018 гг.

Варианты опыта	pH <sub>KCl</sub>	Нг	Al	N <sub>мин</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Гумус,
		мг-экв. на 100г почвы		мг. на 100 г почвы			%
1. Контроль(без мелиорации)	5,4	5,20	0,28	7,8	<b>8,0</b>	10,0	2,65
2. Дефекат, 6 т/га	6,3	3,10	0,08	10,6	<b>14,0</b>	14,6	3,75
3. Дефекат, 3 т/га + фос.мука 3 т/га	6,2	3.10	0,08	10,8	<b>16,7</b>	15,3	3,80

Известкование уже к концу первой ротации севооборота снизило показатели гидролитической кислотности до 3,1 мг-экв /100 г почвы, а обменная кислотность увеличилась с 5,4 до 6,3. Содержание подвижного алюминия снизилось на известкованных вариантах более чем в три раза. При внесении извести увеличивается количество микроорганизмов и повышается содержание доступного растениям азота (табл. 1).

Содержание гумуса в пахотном слое почвы на контрольном варианте составило 2,6 %. Положительное действие химических мелиорантов на гумусное состояние почв заключается в том, что кальций предотвращает вымывание гумуса в нижние слои почвы и создает благоприятные условия для разложения растительных остатков и их гумификацию, вследствие этого замедляются процессы минерализации. Происходит объединение частичек почвы в мелкие агрегаты, что улучшает ее агрофизические свойства и структуру (Муха В. Д., 2014). Содержание гумуса на вариантах с внесением дефеката и фосфоритной муки за 15 лет увеличилось на 1,10 % и 1,15 % соответственно.

#### 2. Влияние химической мелиорации на содержание и гумифицированность (%) органического вещества в темно-серой лесной почве

Варианты опыта	Гумус, %	(ГВ), %	Детрит Д, %	ГВ:Д	Степень разложения ОВ, %
1. Контроль(без мелиорации)	2,65	1,9	0,75	2,53	72,2
2. Дефекат, 6 т/га	3,75	2,80	0,95	2,94	75,7
3. Дефекат, 3 т/га + фосмука 3 т/га	3,80	2,6	1.20	2,17	76,8

Действие кальцийсодержащих соединений (дефеката и фосфоритной муки)

многогранно, что приводит к коренном улучшении почв подзолистого типа. Кальций активизирует полезную почвенную микрофлору, способствует образованию и закреплению гумуса в почве, улучшает ее агрофизические свойства, положительно влияет на физиологическое равновесие почвенного раствора и т.д. Высокая степень минерализации органического вещества не снижает скорости и емкости круговорота веществ и энергии в агроценозе (Муха В. Д., 2004).

Фосфоритная мука при известковании кислых почв за три ротации севооборота способствует повышению доступного фосфора в почве с 9,0 до 16,7 мг на 100 г почвы. Совершенно очевидно, что фосфоритная мука на кислых почвах с низким содержанием фосфора по эффективности близка к суперфосфату. Нами рекомендовано для производственных условий внесение фосфоритной муки в дозе 3 т/га как наиболее эффективной и экономически выгодной. Очевидно и другое. Создание оптимального фосфатного режима увеличивает содержание минерального азота и обменного калия.

Результаты полевого опыта (2003-2018 гг.) показали, что внесение в почву извести в виде дефеката в сочетании с фосфоритной мукой способствует получению урожайности озимых зерновых 50-60 ц/га, ячменя 45-50 ц/га, сои 28-30 ц/га кукурузы на зерно 75-80 ц/га (Пигорев И.Я., 2017; Патент..., 2013).

**Заключение.** Повышенная эффективность совместного использования в условиях кислых почв фосфоритной муки и извести по сравнению с внесением только извести происходит в результате не только снижения кислотности, но и улучшения питательного режима темно-серой лесной оподзоленной почвы. Высокая степень минерализации органического вещества (биоса) в этих условиях способствует увеличению содержания гумуса в пахотных почвах и повышению их плодородия.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Черкасов Г. Н.,** Масютенко Н. П., Чуюн О. Г. Проблемы почвенных ресурсов Центрального Черноземья. *Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: материалы научно-практической конференции курского отделения межрегиональной практической конференции Курского отделения общественной организации «Общество почвоведов имени В. В. Докучаева»* (г. Курск, декабрь 2010 г.). Курск: ГНУ ВНИИЗ и ЗПЭ РАСХН, 2010. С. 3-7.

**Доклад** о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2014. 176 с.

**Шильников И. А.,** Аканова Н. А., Темников В. Н. Значение известкования и потребность в известковых удобрениях. *Агротехнический вестник*. 2008. № 6. С. 28-31.

**Алейников Д. П.** А готово ли наше сельское хозяйство использовать минеральные удобрения? *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2009. № 1. С. 6-11.

**Гедройц К. К.** Учение о поглотительной способности почв. Москва-Ленинград: Сельхозгиз, 1932. 201 с.

**Недбаев В. Н.,** Дегтярев В. В., Жерновая О. С. и др. Органическое вещество как показатель эволюции темно-серой лесной оподзоленной почвы Центрального Черноземья. *Вестник Харьковского национального аграрного университета им. В. В. Докучаева*. 2017. № 2. С. 41-54.

**Муха В. Д.,** Мирошниченко О. Н., Недбаев В. Н., Худяков С. И. Эффективность мелиоративной смеси на темно-серой лесной почве юго-западной Лесостепи России. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2014. № 1. С. 27-28.

**Муха В. Д.** Естественно-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и

зональные особенности). Москва: КолосС, 2004. 271 с.

**Пигорев И. Я.**, Беседин Н. В., Недбаев В. Н., Малышева Е. В. Окультуривание зональных почв Черноземья отходами свеклосахарного производства. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017. № 1. С. 27-28.

**Патент** на изобретение № 2487106 «Способ химической мелиорации серых лесных почв» от 10.07.2013 г.

### REFERENCES

**Cherkasov, G.N.**, Masyutenko, N.P., Chuyan, O.G. (2010). Problemy pochvennykh resursov Tsentral'nogo Chernozem'ya [Problems of soil resources of the Central Black Soil Region]. *Aktual'nyye problemy pochvovedeniya, ekologii i zemledeliya: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii kurskogo otdeleniya mezhhregional'noy prakticheskoy konferentsii Kurskogo otdeleniya mezhhregional'noy obshchestvennoy organizatsii «Obshchestvo pochvovedov imeni V. V. Dokuchayeva» (g. Kursk, dekabr' 2010 g.) – Actual problems of soil science, ecology and agriculture: materials of the scientific and practical conference of the Kursk branch of the interregional practical conference of the Kursk branch of the interregional public organization “Society of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev” (Kursk, December 2010)*. Kursk: GNU VNIIZ and ZPE of the RAAS, 3-7. (in Russian).

**Doklad** o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Report on the status and use of agricultural land]. (2014). Moscow: Rosinformagrotekh. (in Russian).

**Shilnikov, I.A.**, Akanova, N.A., Temnikov, V.N. (2008). Znachenie izvestkovaniya i potrebnost' v izvestkovykh udobreniyakh [The significance of liming and the need for lime fertilizers]. *Agrokhimicheskii vestnik – Agrochemical messenger*, 6, 28-31. (in Russian).

**Aleinikov, D.P.** (2009). A gotovo li nashe sel'skoye khozyaystvo ispol'zovat' mineral'nyye udobreniya? [And is our agriculture ready to use mineral fertilizers?]. *Ekonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy – Economics of agricultural and processing enterprises*, 1, 6-11. (in Russian).

**Gedroyts, K.K.** (1932). Ucheniye o poglotitel'noy sposobnosti pochv [The Doctrine of the Absorption Capacity of Soils]. Moscow-Leningrad: Selkhozgiz. (in Russian).

**Nedbaev, V.N.**, Degtyarev, V.V., Zhernova, O.S., et al. (2017). Organicheskoye veshchestvo kak pokazatel' evolyutsii temno-seroy lesnoy opodzolennoy pochvy Tsentral'nogo Chernozem'ya [Organic matter as an indicator of the evolution of dark-gray forest podzolized soil of the Central Black Earth Region]. *Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo agrarnogo universiteta im. V. V. Dokuchayeva – Bulletin of the Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev*, 2, 41-54. (in Russian).

**Mukha, V.D.**, Miroshnichenko, O.N., Nedbaev, V.N., Khudyakov, S.I. (2014). Effektivnost' meliorativnoy smesi na temno-seroy lesnoy pochve yugo-zapadnoy Lesostepi Rossii [Efficiency of ameliorative mixture on the dark gray forest soil of the south-western Forest-Steppe of Russia]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii – Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 1, 27-28. (in Russian).

**Mukha, V.D.** (2004). Yestestvenno-antropogennaya evolyutsiya pochv (obshchiye zakonomernosti i zonal'nyye osobennosti) [Natural and anthropogenic evolution of soils (general patterns and zonal features)]. Moscow: KolosS. (in Russian).

**Pigorov, I.Ya.**, Besedin, N.V., Nedbaev, V.N., Malysheva, E.V. (2017). Okul'turivaniye zonal'nykh pochv Chernozem'ya otkhodami sveklosakharnogo proizvodstva [Cultivation of zonal soils of the Black Earth region with sugar beet production]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii – Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 1, 27-28. (in Russian).

**Patent** for invention No. 2487106 «Способ химической мелиорации серых лесных почв» ["Method of chemical reclamation of gray forest soils"]. Dated July 10, 2013. (in Russian).