



Технологические и физико-механические свойства задерненных почв

Анастасия Владимировна Миронова,
научный сотрудник,
e-mail: timchenko-anastasia93@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Отметим, что деградация неиспользуемых сельскохозяйственных угодий наносит существенный ущерб аграрному производству: участки зарастают сорными растениями, образуется поверхностный задерненный слой, нарушается сложившийся микрорельеф, происходят самоуплотнение и закисление почвы, ухудшаются ее инфильтрационные свойства, проявляется водная эрозия. (*Цель исследования*) Определить технологические и физико-механические свойства задерненных почв Рязанской области, выбывших из активного землепользования в течение 2-6 лет (*Материалы и методы*) Исследовали параметры различных неиспользуемых почвенных участков Рязанской области: состав травостоя, толщину задерненного слоя почвы, степень ее задернения, плотность и влажность, инфильтрационные свойства. (*Результаты и обсуждение*) Установили, что с увеличением периода зарастания на неиспользуемом участке в течение 6 лет возрастает количество сорной растительности с преобладанием пырея собачьего (13 процентов) бодяка полевого (11 процентов), пырея ползучего (10 процентов), полевицы побегообразующей (9 процентов). Определили, что с увеличением периода зарастания участков от 2 до 6 лет происходит переуплотнение почвы, ее плотность возрастает с 1,32 до 1,56 грамма на кубический сантиметр, задерненный слой утолщается с 3 до 11 сантиметров, степень задернения возрастает с 13 до 44 граммов на кубический дециметр. Выявили, что коэффициент вариации степени задернения снижается с 21,0 до 5,1 процента, а коэффициент вариации толщины задерненного слоя – с 25,3 до 6,6 процента. (*Выводы*) Установили зависимость интенсивности инфильтрации почвы от степени ее задернения: даже при сильном увлажнении верхнего задерненного слоя (0-10 сантиметров), когда абсолютная влажность равна 45 процентам, в нижнем слое (20-30 сантиметров) этот показатель остается в пределах 20-25 процентов.

Ключевые слова: неиспользуемые почвенные участки, задерненность почвы, плотность почвы, степень задернения, влажность почвы.

Для цитирования: Миронова А.В. Технологические и физико-механические свойства задерненных почв // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №1. С. 63-68. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-1-63-68.

Technological and Physico-Mechanical Properties of Blackened Soils

Anastasiya V. Mironova,
researcher,
e-mail: timchenko-anastasia93@mail.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. The degradation of unused agricultural lands is noted to cause significant damage to agricultural production such as plot overgrowing with weeds, blackened surface layer emergence, the existing microrelief disturbance, soil self-compaction and acidification, soil infiltration properties deterioration, and water erosion. (*Research purpose*) The research aims to determine the technological and physical and mechanical properties of the blackened soils in the Ryazan region, being out of active use for 2-6 years. (*Materials and methods*) The parameters of various unused soil plots were studied in the Ryazan region: in particular, the composition of the herbage, the thickness of the blackened soil layer, the degree of soil blackening, its density and moisture, and infiltration properties. (*Results and discussion*) It was found that a 6-year increase in the period of overgrowth in an unused site leads to an increase in the amount of weeds. The most common species of many-year-old weeds are dog grass (*Elymus caninus* L.) with the occurrence of 13 percent, field grass (*Cirsium arvense* L.) with the occurrence of 11 percent, creeping wheatgrass (*Elytrigia repens* L.) with the occurrence of 10 percent, shoot-forming vole (*Agrostis stolonifera* L.) with the occurrence of 9 percent. It was determined that an increase in the period of plot overgrowing from 2 to 6 years results in the soil recompaction, an increase in its density from 1.32 to 1.56 grams per cubic centimeter, the blackened soil layer thickening from 3 to 11 centimeters,

an increase in the soil blackening degree from 13 to 44 grams per cubic decimetre. It was found that the coefficient of variation in the soil blackening degree decreases from 21.0 to 5.1 percent, and the coefficient of variation in the blackened soil layer thickness declines from 25.3 to 6.6 percent. (*Conclusions*) The dependence between the soil infiltration intensity and its blackening degree was established: even being waterlogged in the blackened upper layer (0-10 centimeters), with the absolute moisture of 45 percent, this indicator remains within 20-25 percent in the lower layer (20-30 centimeters).

Keywords: unused soil areas, soil blackening, soil density, soil blackening degree, soil moisture.

For citation: Mironova A.V. Tekhnologicheskie i fiziko-mekhanicheskie svoystva zaderennykh pochv [Technological and physico-mechanical properties of blackened soils]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N1. 63-68 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-1-63-68.

В сельском хозяйстве России имеется огромный потенциал земельных ресурсов, который с середины 90-х годов XX столетия используется недостаточно эффективно. Деграция неиспользуемых сельхозугодий стала одной из важнейших социально-экономических проблем, она наносит огромный ущерб продуктивному потенциалу земельного фонда России и создает угрозу экологической, экономической, продовольственной безопасности страны [1]. С течением времени на неиспользуемых почвенных участках проявляются различные негативные процессы. Они зарастают сорными растениями, образуется поверхностный задерненный слой, происходит самоуплотнение почвы, ухудшаются ее инфильтрационные свойства, проявляются процессы водной эрозии. Такие последствия наступают в результате естественных причин и хозяйственной деятельности человека. Вследствие физико-химической деграции почв отмечаются неблагоприятные изменения окислительно-восстановительного потенциала и кислотно-щелочного баланса, ухудшается содержание макро- и микроэлементов, происходит закисление почв. На неиспользуемых почвенных участках нарушается сложившийся микрорельеф, образуются кочки, количество и высота которых постепенно увеличиваются. Кочки преимущественно появляются весной, в результате перепада температур на локальных насыщенных влагой участках почвы [2-4].

Инфильтрация почвы зависит от ее гранулометрического состава, структурности, плотности, содержания органического вещества и задерненности. В тяжелых низкогумусированных почвах повышено содержание глинистых частиц с мелкими порами, что затрудняет инфильтрацию. Задерненные почвы с течением времени переуплотняются, инфильтрация в них ухудшается [5, 6].

Из утраченных 32,7 млн га продуктивных земель возможно вернуть в севообороты 12-15 млн га [7, 8]. Рекультивация остальных земель и возвращение их в активное землепользование экономически нецелесообразны, так как требуют огромных вложений. Неиспользуемые запущенные угодья характеризуются высокой засоренностью, задерненностью и плотностью почвы, затрудняющими работу традиционных

почвообрабатывающих машин. Для восстановления угодий в первую очередь необходимо измельчить дернину и обеспечить условия для ее разложения [9-12].

Для определения тактики обработки задерненных участков, выбора параметров рабочих органов необходимо знать физико-механические свойства почв [13]. В Рязанской области такие данные отсутствуют.

Цель исследования – определить технологические и физико-механические свойства задерненных почв Рязанской области, выбывших из активного землепользования в течение 2-6 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В 2019-2020 гг. были изучены изменения плотности, толщины задерненного слоя, степени задернения, инфильтрационных свойств почвы на четырех земельных участках Института семеноводства и агротехнологий – филиала ФНАЦ ВИМ (Рязанская обл.):

A – пашня;

B – земли, не используемые 2 года;

C – земли, не используемые 4 года;

D – земли, не используемые 6 лет.

Площадь каждого участка составляет 15 га, вид угодий – зарастающая пашня, рельеф имеет преимущественно равнинный характер, микрорельеф волнистый, почвы – дерново-подзолистые, среднесуглинистые, последняя возделываемая культура – озимая пшеница (2019 г.).

Изучали показатели технологических и физико-механических свойств неиспользуемых участков: среднее значение высоты травянистых растений, состав травостоя, плотность и влажность почвы, наличие и высоту кочек, толщину задерненного слоя и степень задернения, инфильтрационные свойства почв.

Для определения высоты травянистых растений использовали металлическую линейку и рулетку. Для измерения плотности почвы отбирали 30 почвенных образцов в соответствии с ГОСТ 20915-2011.

При исследовании процесса инфильтрации определяли абсолютную влажность (W_a) почвы в трех слоях: 0-10 см, 10-20 см, 20-30 см. Везде этот показатель был менее 10%. Впоследствии верхние слои почвы последовательно увлажняли методом искусственного дождевания до значений $W_a = 45\%$ [13]. Методика определения влажности почвенных слоев позволила

смоделировать условия осенней зяблевой вспашки, при которой атмосферная влага перемещается из верхних слоев почвы к нижним [14-17].

Для определения абсолютной влажности, которая характеризует общее содержание влаги в почве, использовали формулу:

$$\omega = \frac{m_b}{m_{асп}} \times 100\%, \quad (1)$$

где ω – абсолютная влажность почвы, %;

m_b – масса почвы в естественном состоянии с наличием влаги, г;

$m_{асп}$ – масса абсолютно сухой почвы, г.

Задерненность почвы влияет на ее прочностные, деформационные, инфильтрационные, несущие свойства. Степень задернения определяли по ГОСТ 20915-2011 – как массу подземной части растений в единице объема почвы. На каждом массиве из пахотного горизонта брали 30 образцов задерненной почвы методом случайных выборок. Для этого образцы вырезали в виде куба с размером ребра 100 мм. Для снижения затрат времени на отделение подземной части растений от почвы каждый образец на несколько часов помещали в полиэтиленовый мешочек с водой. После отделения от почвы корешки высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали.

Среднее значение степени задернения рассчитывали по формуле:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n}, \quad (2)$$

где M – среднее значение степени задернения;

l_i – значение степени задернения i -го образца;

n – количество образцов, шт.

Среднее квадратическое отклонение σ , г/дм³:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_1 - M)^2}{n - 1}}, \quad (3)$$

где L_1 – значение степени задернения l -го образца;

M – среднее значение степени задернения.

Коэффициент вариации V , %:

$$V = \frac{\sigma}{M} \cdot 100\% \quad (4)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. На землях, не используемых в течение 2 лет, высота травянистых растений в июле достигает 55-65 см, 4 лет – 70-80 см, 6 лет – 80-150 (рис. 1, таблица).

Среди травянистой растительности участка *A* преобладают: пырей ползучий (*Elitrigia repens L.*) – 70%, лебеда раскидистая (*Atriplex patula L.*) – 20%, тимофеевка луговая (*Phleum pratense L.*) – 10%.

На участке *B* наиболее часто встречаются: пырей ползучий – 45%, ежа сборная (*Dactylis glomerata L.*) – 15%, тимофеевка луговая – 10%, бодяк полевой (*Cirsium arvense L.*) – 10%, полевика побегообразующая (*Agrostis stolonifera L.*) – 10%, клевер полевой (*Trifolium campestre L.*) – 5%, тмин обыкновенный (*Carum carvi L.*) – 5%.



Рис. 1. Растительность на не используемых участках: а – в течение 2 лет; в – в течение 4 лет; с – в течение 6 лет

Fig. 1. Vegetation of uncultivated plots: a – a plot uncultivated for 2 years, b – a plot uncultivated for 4 years and c – a plot uncultivated for 6 years

На участке *C* распространены: пырей ползучий – 27%, бодяк полевой – 16%, клевер полевой – 11%, осот полевой (*Sonchus arvensis L.*) – 10%, тимофеевка луговая – 9%, лебеда раскидистая – 8%, ежа сборная – 7%, полевика побегообразующая – 7%, полевика тонкая (*Agrostis capillaris L.*) – 5%.

На участке *D* видовое разнообразие возрастает: пырей собачий – 13%, бодяк полевой (*Cirsium arvense L.*) – 11%, пырей ползучий – 10%, полевика побегообразующая – 9%, тмин обыкновенный – 8%, полевика тонкая – 6%, хвощ полевой (*Equisetum arvense L.*) – 5%, клен остролиственный (*Acer platanoides L.*) – 5%, береза бородавчатая (*Betula pendula L.*) – 5%, лебеда раскидистая – 4%, клевер полевой – 4%, амарант колосистый (*Amaranthus retroflexus L.*) – 4%; осот полевой – 4%, ежа сборная – 3%, тимофеевка луговая – 3%, ромашка лекарственная (*Matricaria chamomilla L.*) – 3%, луговик дернистый (*Deschampsia cespitosa L.*) – 3% (рис. 2).

С течением времени под воздействием осадков, перемещающихся машин, людей, животных неиспользуемые почвенные участки уплотняются. На плотность почвы влияют также гранулометрический состав, структура и содержание органических веществ.

С увеличением периода зарастания участков плотность почвы возрастает с 1,20 г/см³ до 1,56 г/см³, что негативно сказывается на ее пористости, инфильтрационных свойствах, аэрации.

Интенсивность инфильтрации зависит от толщины задерненного слоя почвы и степени ее задернения: чем они больше, тем меньше влаги поступает в нижние пахотные слои. Частично влага остается на поверхности наиболее водостойкого задерненного слоя, а частично проникает в него. Даже при сильном увлажнении верхнего задерненного слоя (0-10 см), когда абсолютная влажность равна 45%, в нижнем слое (20-30 см) этот показатель остается в пределах 20-25% (рис. 2).

Инфильтрацию задерненной почвы исследовали в августе 2020 г. по известной методике [14]. Слабозадерненные и рыхлые почвы насыщаются влагой интенсивнее. С повышением влажности поверхностного слоя до $W_a=40\%$ начинает сильнее насыщаться влагой третий слой (20-30 см), что объясняется наличи-

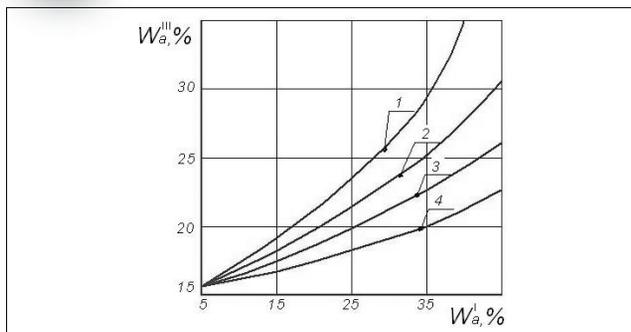


Рис. 2. Зависимость абсолютной влажности W_a^{III} слоя почвы (20-30 см) от W_a^I в верхнем слое (0-10 см):

1 – пашня; 2 – 2 года без обработки; 3 – 4 года без обработки; 4 – 6 лет без обработки

Fig. 2. Dependence between the absolute moisture contents W_a^{III} of the soil layer (20-30 cm) and W_a^I of the upper layer (0-10 cm): 1 – arable land; 2 – 2 years without cultivation; 3 – 4 years without cultivation; 4 – 6 years without cultivation

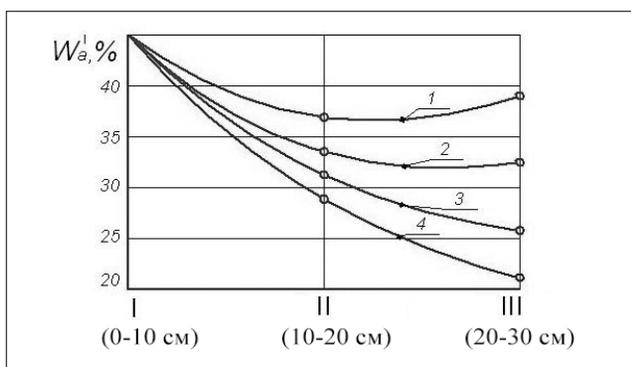


Рис. 3. Изменение влажности почвы по слоям в зависимости от продолжительности периода без обработки:

1 – пашня; 2 – 2 года; 3 – 4 года; 4 – 6 лет

Fig. 3. Changes in soil moisture by layers dependent on the time period without cultivation: 1 – arable land; 2 – 2 years; 3 – 4 years; 4 – 6 years

ем под ним «подшвы», уплотненного подпахотного горизонта (рис. 3). С этого момента выравнивание значений абсолютной влажности почвы идет сверху



Рис. 4. Определение толщины задерненного слоя

Fig. 4. Measuring the blackened layer thickness

и снизу к середине, от поверхностного и третьего почвенного слоев ко второму. Анализ показывает, что с целью минимизации затрат энергии на трение, вспашку малосвязных и рыхлых тяжелосуглинистых почв рационально проводить при их абсолютной влажности в пределах 10-25%.

На полях, не используемых в течение 2 лет, сте-

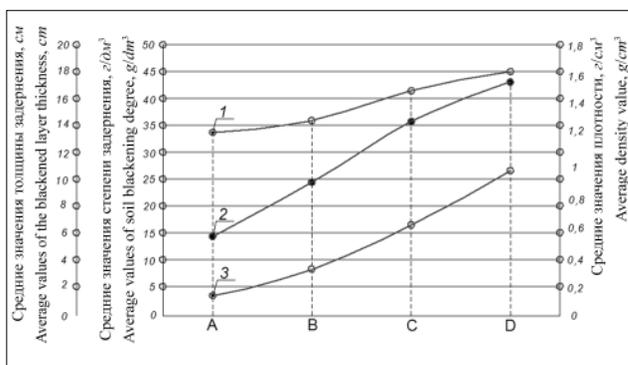


Рис. 5. Взаимосвязь плотности почвы, толщины задерненного слоя и степени задернения: 1 – степень задернения; 2 – плотность почвы; 3 – толщина задерненного слоя

Fig. 5. The interdependence between the average values of the soil density, the blackened layer thickness and the soil blackening degree: 1 – soil blackening degree; 2 – soil density; 3 – blackened layer thickness

пень задернения находится в пределах 12-22 г/дм³ (таблица). Через 4 года она возрастает до 23-42 г/дм³, через 6 лет – до 42-46 г/дм³. Равномерность распределения дернины по поверхности поля также повышается: коэффициент вариации снижается с 21,0 до 5,1%.

Со временем толщина задерненного слоя увеличи-

Таблица	СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДУЕМЫХ УЧАСТКОВ / STATE OF SOIL PLOTS				Table
Параметры / Name of the parameter	A*	B*	C*	D*	
Высота травянистых растений, см / Average height of herbaceous plants, cm	15-25	55-65	70-80	80-150	
Разнообразие видов в травостое, шт. / Diversity of species in herbage, pcs.	3	8	10	17	
Плотность почвы, г/см ³ / Soil density, g/cm ³	1,2-1,3	1,3-1,4	1,4-1,5	1,5-1,6	
Влажность почвы, % / Soil moisture, %	27-35	21-25	15-20	12-14	
Наличие кочек, шт./0,01 га / The presence of hummocks, pcs/0.01 ha	1-2	2-5	5-12	13-16	
Высота кочек, см / Height of bumps, cm	10-15	15-20	20-25	25-30	
Толщина задерненного слоя, см / The blackened layer thickness, cm	–	3-4	5-8	8-12	
Степень задернения почвы, г/дм ³ / Degree of soil blackening, g/dm ³	–	12-22	23-42	42-46	
Наличие кустарно-древесной растительности, шт./0,01 га / The presence of shrubs, pcs/0.01 ha	–	–	1-2	3-5	
*A – пашня; B – 2 года без обработки; C – 4 года без обработки; D – 6 лет без обработки					
*A – arable land; B – a plot uncultivated for 2 years; C – a plot uncultivated for 4 years; D – a plot uncultivated for 6 years					



вается (рис. 4). Если на участке В среднее значение составило 3,4 см, то на участке D этот показатель достигал 10,6 см (таблица). Равномерность распределения толщины задерненного слоя с течением времени повышается: коэффициент вариации снижается с 25,3 до 6,6%.

Плотность почвы и степень задернения – это два взаимосвязанных показателя. С увеличением периода зарастания земельных угодий их значения возрастают (рис. 5).

Выводы. С увеличением периода зарастания участков от 2 до 6 лет поверхностный слой (0-10 см) среднесуглинистой почвы переуплотняется, плотность возрастает с 1,32 до 1,56 г/см³.

Процесс задернения почвы интенсифицируется. Толщина задерненного слоя увеличивается с 3 до 11 см, степень задернения возрастает с 13 до 44 г/дм³. Равномерность распределения толщины задерненного слоя с течением времени повышается. Коэффициент вариации снижается с 25,3 до 6,6%.

С образованием задерненного слоя почвы нарушается инфильтрационная способность почвенных участков, поэтому в нижние пахотные слои поступает меньше влаги. Даже при сильном увлажнении верхнего задерненного слоя (0-10 см) до абсолютной влажности 45% в нижнем слое (20-30 см) этот показатель остается в пределах 20-25%

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мазитов Н.К., Сорокин Н.Т., Шарафиев Л.З., Новиков Н.Н., Лобачевский Я.П. и др. Основы сохранения и повышения плодородия почвы – техника и технология ее обработки // *Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства*. 2017. N11. С. 41-52.
2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А., Ахалая Б.Х. Агротехническое и экологическое обоснование эффективности (целесообразности) использования биоактивных технологических способов обработки почвы в системе машинных технологий для обработки залежей и запущенных угодий // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики академика В.П. Горячкина. Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. Ч. 1. М.: ВИМ. 2013. С. 127-130.
3. Тоштемиев С.Ж., Раззаков Т.Х. Физико-механические свойства почв полей с неравномерным рельефом // *Молодой ученый*. 2017. N17(151). 86-87.
4. Миронова А.В. Обработка задерненных и деградированных почв // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2019. N2(35). С. 57-62.
5. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат. 1986. 416 с.
6. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Технологии и технические средства для восстановления и реабилитации неиспользуемых и деградированных сельхозугодий // *Техника и оборудование для села*. 2010. N2. С. 12-14.
7. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Опыт использования биоактивных технологических способов обработки почвы в системе машинных технологий для обработки залежей и запущенных угодий // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2014. N1(99). С. 132-138.
8. Щукин С.В., Голубева А.И., Дорохова В.И., Дугин А.Н. Рекомендации по вовлечению в хозяйственный оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения // *Вестник АПК Верхневолжья*. 2018. N1(41). С. 87-98.
9. Желясков А.Л., Сетуридзе Д.Э. Особенности организации сельскохозяйственных угодий при вовлечении в оборот неиспользуемых и невостребованных земель // *Успехи современной науки и образования*. 2017. N1(5). С. 206-212.
10. Старовойтов С.И., Ахалая Б.Х., Миронова А.В. Конструктивные особенности рабочих органов для уплотнения и выравнивания поверхности почвы // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2019. N4(37). С. 51-56.
11. Ковалев Н.Г., Хайлис Г.А., Ковалев М.М. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства). М.: Родник. 1998. 208 с.
12. Дмитриев С.Ю., Дмитриев Ю.П., Ценч Ю.С. Комплексы машин для обработки залежных земель // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N2(31). С. 40-47.
13. Лобачевский Я.П. Прочностные и деформационные свойства связных задерненных почв // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2011. N5(3). С. 18-20.
14. Mudarisov S.G., Gabitov I.I., Lobachevsky Y.P., Mazitov N.K., Rakhimov R.S., Khamaletdinov R.R., Rakhimov I.R., Farkhutdinov I.M., Mukhametdinov A.M., Gareev R.T. Modeling the technological process of tillage. *Soil & Tillage Research*. 2019. N190. С. 70-77.
15. Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И. Физические аспекты суглинистой почвы. Брянск: Брянский ГАУ. 2015. 92 с.
16. Миронова А.В., Лискин И.В. Основы восстановления плодородия почв целинных и залежных земель // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. N4(33). С. 62-69.
17. Коновалова А.А., Хайдапова Д.Д. Оценка структурного состояния почв методами физико-механики // *Вестник Томского государственного университета*. 2011. N1(13). С. 11-18.

REFERENCES

1. Mazitov N.K., Sorokin N.T., Sharafiev L.Z., Novikov N.N., Lobachevskiy Ya.P., et al. Osnovy sokhraneniya i povyseniya plodorodiya pochvy – tekhnika i tekhnologiya ee obrabotki [Tillage equipment and techniques as the basis for conservation and enrichment of soil]. *Problemy mekhanizatsii agrokhimicheskogo obespecheniya sel'skogo khozyaystva*. 2017. N11. 41-52 (In Russian).
2. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A., Akhalaya B.Kh. Agrotekhnicheskoe i ekologicheskoe obosnovanie effektivnosti (tselesoobraznosti) ispol'zovaniya bioaktivnykh tekhnologicheskikh sposobov obrabotki pochvy v sisteme mashinnykh tekhnologiy dlya obrabotki zalezhey i zapushchennykh ugodiy [Agrotechnical and ecological substantiation of the effectiveness (feasibility) of using bioactive technological tillage methods of in the system of machine technologies for processing fallows and neglected lands]. *Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 145-letiyu so dnya rozhdeniya osnovopolozhnika zemledel'cheskoy mekhaniki akademika V.P. Goryachkina*. Part 1. Moscow: VIM. 2013. 127-130 (In Russian).
3. Toshtemirov S.Zh., Razzakov T.Kh. Fiziko-mekhanicheskie svoystva pochv poley s neravnomernym rel'efom [Physical and mechanical properties of soils in uneven relief fields]. *Molodoy uchenyy*. 2017. N17(151). 86-87 (In Russian).
4. Mironova A.V. Obrabotka zadernelykh i degradirovannykh pochv [Processing of turfed and degraded soils]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2019. N2(35). 57-62 (In Russian).
5. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv [Methods for studying the physical properties of soils]. Moscow: Agropromizdat. 1986. 416 (In Russian).
6. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya vosstanovleniya i reabilitatsii neispol'zuemykh i degradirovannykh sel'khozugodiy [The technological and technique means for recreation and rehabilitation of idle and degraded agricultural lands]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2010. N2. 12-14 (In Russian).
7. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A. Opyt ispol'zovaniya bioaktivnykh tekhnologicheskikh sposobov obrabotki pochvy v sisteme mashinnykh tekhnologiy dlya obrabotki zalezhey i zapushchennykh ugodiy [Experience of using bioactive technological methods of soil cultivation in the system of machine technologies for cultivating fallows and neglected lands]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2014. N1(99). 132-138 (In Russian).
8. Shchukin S.V., Golubeva A.I., Dorokhova V.I., Dugin A.N. Rekomendatsii po вовлечению в khozyaystvennyy oborot neispol'zuemykh zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Recommendation for involving idle agricultural lands into farm use]. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya*. 2018. N1(41). 87-98 (In Russian).
9. Zhelyaskov A.L., Seturidze D.E. Osobennosti organizatsii sel'skokhozyaystvennykh ugodiy pri вовлечении в oborot neispol'zuemykh i nevestrebovannykh zemel' [Agricultural land arrangement when bringing under cultivation unused and unclaimed lands]. *Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya*. 2017. N1(5). 206-212 (In Russian).
10. Starovoytov S.I., Akhalaya B.Kh., Mironova A.V. Konstruktivnye osobennosti rabochikh organov dlya uplotneniya i vyravnivaniya poverkhnosti pochvy [Structural features of working tools for soil surface compaction and levelling]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2019. N4(37). 51-56 (In Russian).
11. Kovalev N.G., Khaylis G.A., Kovalev M.M. Sel'skokhozyaystvennye materialy (vidy, sostav, svoystva) [Agricultural materials (types, composition, properties)]. Moscow: Rodnik. 1998. 208 (In Russian).
12. Dmitriev S.Yu., Dmitriev Yu.P., Tsench Yu.S. Kompleks mashin dlya obrabotki zalezhnnykh zemel' [Complex of machines for processing fallow lands]. *Vestnik VIESKH*. 2018. N2(31). 40-47 (In Russian).
13. Lobachevskiy Ya.P. Prochnostnye i deformatsionnye svoystva svyaznykh zadernennykh pochv [Strength and deformation properties of cohesive soddy soils]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2011. N5(3). 18-20 (In Russian).
14. Mudarisov S.G., Gabitov I.I., Lobachevskiy Y.P., et al. Modeling the technological process of tillage. *Soil & Tillage Research*. 2019. N190. 70-77 (In English).
15. Lobachevskiy Ya.P., Starovoytov S.I. Fizicheskie aspekty suglinistoy pochvy [Physical aspects of loamy soil]. Bryansk: Bryanskiy GAU. 2015. 92 (In Russian).
16. Mironova A.V., Liskin I.V. Osnovy vosstanovleniya plodorodiya pochv tselinnykh i zalezhnnykh zemel' [Bases for restoration of fertility soils for virgin and fallow lands]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2019. N4(33). 62-69 (In Russian).
17. Konovalova A.A., Khaydapova D.D. Otsenka strukturnogo sostoyaniya pochv metodami fiziko-mekhaniki [Assessment of soil structural state by methods of physical mechanics]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2011. N1(13). 11-18. (In Russian).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
Автор прочитал и одобрил окончательный вариант.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.
The author read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
The paper was accepted for publication on

14.01.2022
17.02.2022