

DOI

УДК 631.333.53

РАБОЧИЙ ОРГАН ПЛОСКОРЕЗА-ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ УДОБРИТЕЛЯ**И. И. Максимов, А. А. Васильев, С. А. Васильев, Ю. Ф. Казаков, П. В. Зайцев**

Реферат. Фактор сохранения плодородного слоя почвы наиболее актуален на склоновых землях, так как образуемые тальми водами и атмосферными осадками ручьи вымывают питательные элементы и гумус, а также разрушают поверхность почвы. Для предотвращения этих процессов используют противоэрозионные рабочие органы. Цель исследований – изучение влияния обработки почвы рабочим органом плоскореза-глубококорыхлителя удобрения с одновременным внесением гранулированных удобрений на ее фильтрационные свойства. Работу проводили на контрольном участке, расположенном в Чувашской Республике. Почва – суглинистая. Глубина обработки почвы и внесения гранулированных удобрений составляла 30 см. В качестве гранулированных удобрений использовали – гранулированный навоз, представленный на рынке и используемый сельскохозяйственными предприятиями в растениеводстве. Определяли коэффициент фильтрации, пористость и объемную массу почвы. Так как плоскорез-глубококорыхлитель проводит обработку почвы без оборота пласта, пробы отбирали в различных слоях срезанного пласта согласно ГОСТ Р 58595–2019. Коэффициент фильтрации, определяющий возможность почвы впитывать и пропускать влагу составил в среднем 96,2 см в сутки, что можно считать хорошим результатом (для суглинков 20...100 см в сутки). Пористость составила 54,3%, (удовлетворительное состояние – 50...55%, отличное – 55...65%), объемная масса почвы – в среднем 1,05 г/см³ (рыхлая или свежевспаханная – 1,0...1,2 г/см³). В целом после обработки почвы рабочим органом плоскореза-глубококорыхлителя удобрения с одновременным внесением гранулированных удобрений фильтрационные свойства почвы соответствуют общепринятым эталонным значениям.

Ключевые слова: рабочий орган, поровое пространство, удобрения, объемная масса почвы, фильтрационные свойства, почва.

Введение. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур зависит от возможности создания благоприятных условий для их возделывания [1, 2] – это прежде всего относится к агрофизическим свойствам почвы (объемная масса, плотность твердой фазы, общая и капиллярная скважность, полевая влагемкость, уровень аэрации) [3, 4]. Эти параметры определяют основные процессы движения воды и питательных веществ (при разложении внесенных гранулированных удобрений) в поровом пространстве почвы – конвективный перенос, сорбция, диффузионный массоперенос и дисперсионный перенос [5, 6].

При этом структура порового пространства почвы на различных участках поля может отличаться вследствие изменения его рельефа, что влияет на водный, тепловой, питательный и солевой режимы почвы. Это, в свою очередь, приводит к различным возможностям трансформации поступившей влаги и питательных веществ. В результате процессы конвекции, диффузии и дисперсии на разных участках поля также могут отличаться.

Для равномерного распределения поступающих веществ целесообразно использовать рабочие органы сельскохозяйственных машин и орудий, которые параллельно с выполнением основной задачей (обработка почвы) могут осуществлять внесение гранулированных удобрений в слой почвы, где происходит формирование и развитие корневой системы сельскохозяйственных растений [7, 8, 9]. Преимущество одновременного внесения удобрений с механической обработкой почвы обусловлено тем, что в почве в лучшую сторону меняются пористость, коэффициент фильтрации и объемная масса. Появляются благоприятные условия для передвижения поступивших питательных веществ. Наиболее приемлем для внесения гранулированных удобрений рабочий орган плоскореза-глубококорыхлителя удобрения [7, 10, 11].

В связи изложенным, цель исследований – изучение влияния обработки почвы рабочим органом плоскореза-глубококорыхлителя удобрения с одновременным внесением гранулированных удобрений на ее фильтрационные свойства.



Рис. 1 – Контрольный участок для проведения экспериментальных исследований

Условия, материалы и методы. Экспериментальные исследования проводили на контрольном участке, имеющем ровную поверхность и небольшой уклон (рис. 1), расположенном в Моргаушском районе (Чувашская Республика) на территории сельскохозяйственного производственного кооператива «Ориноно». Почва опытного участка суглинистая.

Поскольку рабочий орган плоскореза-глубококорыхлителя осуществляет обработку без оборота пласта, необходимо провести по-слойное исследование почвы для определения

изменений, происходящих при его подрезании и сходе с рабочего органа плоскореза. С этой целью отбор проб проводили согласно ГОСТ Р 58595–2019 в слоях 0...100 мм, 100...200 мм и 200...300 мм через 2 месяца после прохода рабочего органа и внесения удобрений. Отбор проводили при помощи кассет (рис. 2) в контрольных точках исследуемого участка. Контрольные точки выбирали по углам и центру исследуемого участка для усреднения результатов. Пористость почвы и ее фильтрационные способности определяли согласно ГОСТ 25584-2016.



Рис. 2 – Кассета с образцом почвы

Обработку почвы проводили плоскорезом-глубококорыхлителем удобрителем (рис. 3) с одновременным внесением гранулированных мелиорантом. Рабочий орган орудия представляет собой плоскорежущую лапу,

к стойке которой крепится кожух материалопровода, в нижней части располагаются вращающиеся диски с зубьями. Зубья представляют собой металлические пластины, загнутые в одну сторону [7].

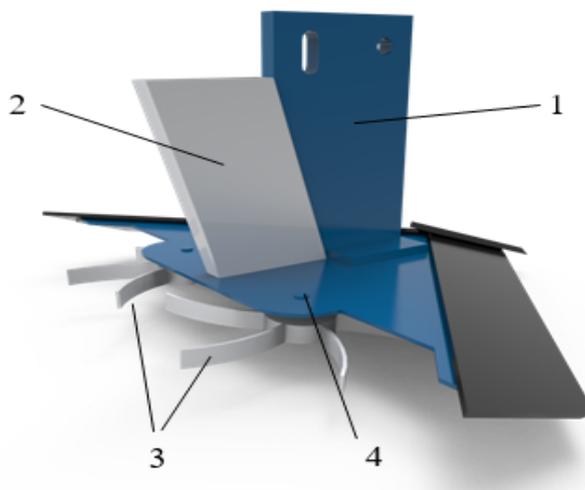


Рис. 3 – Рабочий орган плоскореза-глубококорыхлителя удобрения: 1 – стойка плоскорежущей лапы; 2 – кожух материалопровода; 3 – диски с зубьями; 4 – ось дисков

При выполнении рабочего процесса в материалопровод подаются гранулированные удобрения, а также сжатый воздух для интенсивной и равномерной подачи гранул и предотвращения забивания ими материалопровода. Сжатый воздух поступает по воздуховодам от вентилятора, который приводится в движение от вала отбора мощности

трактора. В процессе работы лапа плоскореза заглубляется и срезает слой почвы. Далее он перемещается по поверхности лапы, под рабочим органом образуется пространство, в котором и разбрасываются гранулы удобрений.

При выходе из материалопровода гранулы попадают на зубья дисков, которые вращаются во взаимном зацеплении и

взаимодействуют концами зубьев с дном борозды. В результате взаимодействия зубьев дисков с гранулированными удобрениями образуется поток, направленный преимущественно в противоположную сторону, относительно движения рабочего органа, в подлаповом пространстве [12, 13].

Результаты и обсуждение. Коэффициент фильтрации определяет возможность почвы впитывать и пропускать влагу, а также поступающие питательные вещества. В нашем исследовании величина этого показателя на глубине хода плоскорезающей лапы (200...300 мм) составляла 90,6...106,0 см в сутки (рис. 4).

При этом оптимальные значения для различных типов почвы варьируют в следующих

пределах: песчаная – 300...800 см/сут.; суглинистая – 20...100 см/сут.; глинистая – 1...50 см/сут. [14, 15]. С учетом того, что почва опытного участка представлена суглинистой разностью, полученные значения свидетельствуют о ее хороших фильтрационных свойствах.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что в верхней части (слой 0...10 см) пласт почвы сохраняет целостность, а на глубине 20...30 см происходит его разрушение (рис. 4), что способствует созданию водного, воздушного и теплового режимов, активизирует работу почвенных микроорганизмов, улучшает питание растений и снабжение корней кислородом. Слой 10...20 см характеризуется как переходный.

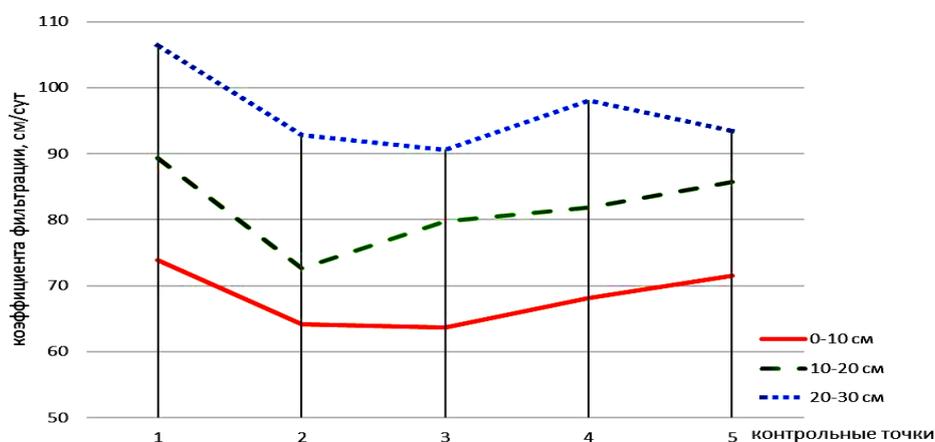


Рис. 4 – График коэффициента фильтрации в различных слоях почвы контрольного участка

Формирование пористости почвы происходит под воздействием таких факторов, как образование и разрушение структуры, уплотнение частиц почвы, микро- и макроагрегатов, перепады температур и увлажнения, жизнедеятельность живых организмов и др. Величина этого показателя зависит от гранулометрического состава и типа структуры, содержания гумуса и биогенности почвы, агроклиматических условий, способов обработки и методов возделывания.

Согласно эталонным значениям, отличной считают пористость почвы равную

55...65%; удовлетворительной – 50...55%; неудовлетворительной – 40...50%; низкой – 25...40% [14, 15, 16].

В нашем исследовании величина этого показателя в слое 20...30 см составила 54,3% (рис. 5), что обусловлено разрушением нижней части пласта, который непосредственно контактирует с рабочим органом плоскореза. В слое 0...10 см разрушение меньше, поскольку именно здесь расположена значительная часть корней растений. Полученные величины соответствуют удовлетворительному качеству обработки почвы.

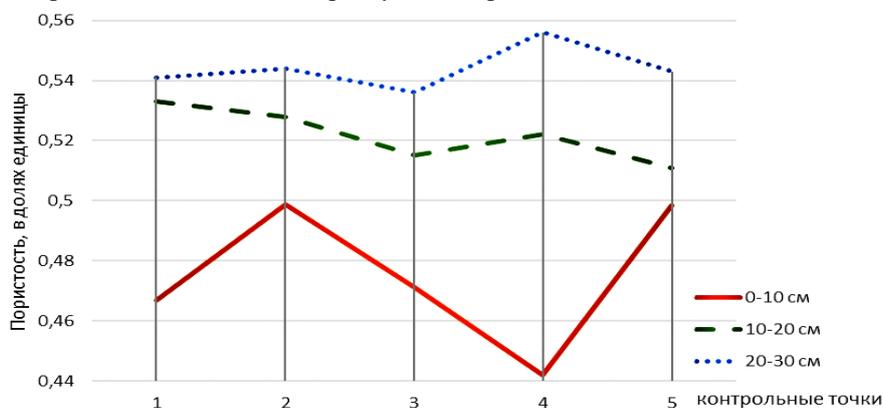


Рис. 5 – График пористости почвы в различных слоях почвы контрольного участка

Объемная масса почвы зависит от минерального и механического состава, содержания органического вещества, структурного состояния и состава почвы [12, 13]. Внесение гранулированных удобрений позволило увеличить содержание органических веществ в почве, что сказалось на полученных результатах.

После обработки почва имеет наименьшую объемную массу, затем она постепенно уплотняется, и через определенный промежуток времени становится более или менее

постоянной. Состояние почвы характеризуется следующими значениями: вспушенная или богатая органическими веществами – меньше $1,0 \text{ г/см}^3$; рыхлая или свежевспаханная – $1,0 \dots 1,2 \text{ г/см}^3$; плотная – $1,2 \dots 1,3 \text{ г/см}^3$; сильно уплотненная – $1,3 \dots 1,4 \text{ г/см}^3$; подпахотный горизонт – $1,4 \dots 1,6 \text{ г/см}^3$ [14, 16, 17].

В нашем исследовании спустя 2 месяца после обработки объемная масса почвы во всех рассматриваемых слоях соответствовала характеристике рыхлая или свежевспаханная (рис. 6).

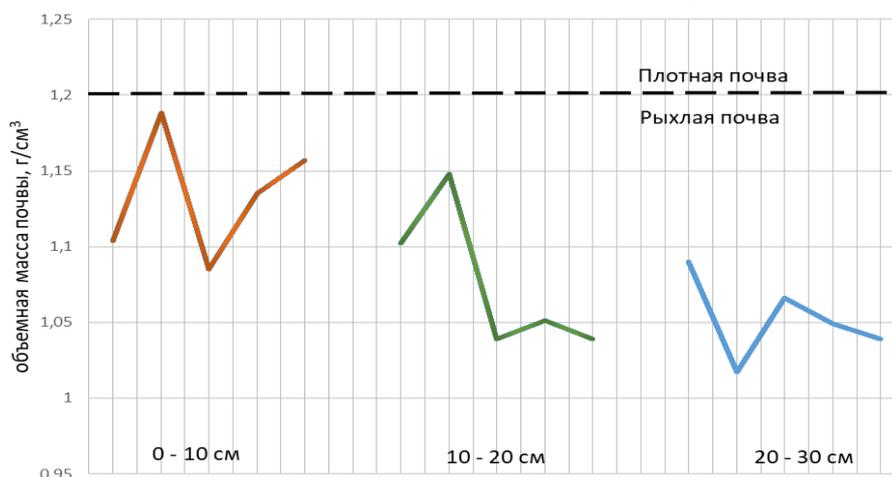


Рис. 6 – Объемная масса почвы в различных ее слоях контрольного участка

Выводы. В результате проведенных экспериментов были получены следующие показатели фильтрационных свойств почвы исследуемого участка: коэффициент фильтрации – 96,2 см в сутки, пористость – 54,3 %, объемная масса почвы – $1,05 \text{ г/см}^3$. Это позволяет

утверждать, что рассматриваемый рабочий орган создает благоприятные условия для возделывания сельскохозяйственных культур, в частности обеспечивает формирование порового пространства для движения воздуха, влаги и питательных веществ.

Литература

1. Оптимизация подготовки почвы под посев пропашных культур / П. А. Смирнов, И. И. Максимов, М. П. Смирнов и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13, № 4(51). С. 124-129. doi: 10.12737/article_5e3de343da23a8.16471048.
2. Совершенствование влагоаккумулирующей техники и технологии обработки почвы и посева / Н. К. Мазитов, А. Р. Валиев, Л. З. Шарафиев, И. С. Мухаметшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 74-83. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-74-83.
3. Медведев В. В. Твердость почв. Харьков: Изд-во «Городская типография», 2009. 152 с.
4. Бахтин П. У. Исследования физико-механических и технологических основных типов СССР. М.: Колос, 1969. 272 с.
5. Егоров В. П., Алексеев Е. П., Смирнов М. П. Анализ способов обработки почвы при почвозащитных технологиях // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 15 ноября 2021 года. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2021. С. 597-601.
6. Берестецкий О.А., Возняковская Ю.М., Доросинский Л. М. Биологические основы плодородия почвы. М.: Колос, 1984. 287 с.
7. Патент 2704284 РФ С1, А01В 17/00 Рабочий орган плоскореза-глубококорыхлителя удобрения: № 2018117066; заявл. 07.05.2018; опубл. 25.10.2019 / С. А. Васильев, А. А. Васильев, В. П. Егоров и др.: заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия».
8. Патент 2775701 РФ С1, А01С 23/02, А01С 23/00 Рабочий орган плоскореза-удобрителя: № 2021105802; заявл. 09.03.2021; опубл. 06.07.2022 / С. А. Васильев, Ю. В. Ильичева, А. А. Васильев и др.: заявитель Государственное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».
9. Патент 2428829 РФ, С1 А01С 23/02. Рабочий орган для внесения в почву жидких удобрений: №2010104265/21; заявл. 08.02.2010; опубл. 20.09.2011 / И. И. Максимов, С. А. Васильев, А. А. Васильев и др.: заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия».
10. Игошин Д. Н., Васильев А. А., Котов А. А. Техника для внесения удобрений под сахарную свеклу // Сельский механизатор. 2018. № 9. С. 16-17.

11. Workingtool for application of granulated ameliorators / A. A. Vasilyev, S. A. Vasilyev, D. N. Igoshin, et al. // International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development: agriculture, ecology and earth science". London: IOP Publishing Ltd, 2022. Vol. 1010. P. 012032. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1010/1/012032> (дата обращения: 19.04.2023). doi: 10.1088/1755-1315/1010/1/012032.
12. Техника и технология поверхностного улучшения пойменных лугов Республики Татарстан / Ф. Н. Сафиоллин, А. Р. Валиев, М. М. Хисматуллин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 4(68). – С. 50-55. – DOI 10.12737/2073-0462-2023-50-55.
13. Методика расчета и проектирование дозатора-распределителя почвы / И. Х. Гайфуллин, Д. Т. Халиуллин, М. Н. Калимуллин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 18, № 1(69). – С. 45-51. – DOI 10.12737/2073-0462-2023-45-51.
14. Зайдельман Ф. Р. Гидрологический режим почв Нечерноземной зоны. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 329 с.
15. Определение коэффициента фильтрации стабилизированного грунта / А. Ю. Иванов, Е. Н. Дегаев, Б. С. Краев и др. // Строительство и архитектура. 2022. Т. 10. № 2. С. 16-20. doi: 10.29039/2308-0191-2022-10-2-16-20.
16. Analytical modelling of soil porosity and bulk density across the soil organic matter and land-use continuum / D.A. Robinson, A. Thomas, S. Reinsch, et al. / Sci Rep. 2022. 12. 7085. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-11099-7> (дата обращения: 12.04.2023) doi: 1038/s41598-022-11099-7.
17. Kwoczyńska B. Determining the volume of soil masses using different measurement techniques // Geomatics, Landmanagement and Landscape. 2021. No. 3. P. 7–23. doi: 10.15576/GLL/2021.3.7.

Сведения об авторах:

Максимов Иван Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, e-mail: maksimov48@inbox.ru
 Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия
 Васильев Алексей Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры техническое обслуживание, организация перевозок и управление на транспорте, e-mail: alexei.21@mail.ru
 Васильев Сергей Анатольевич – доктор технических наук, доцент кафедры техническое обслуживание, организация перевозок и управление на транспорте, e-mail: vsa_21@mail.ru
 Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Княгинино, Россия
 Казаков Юрий Федорович – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, e-mail: ura.kazakov@mail.ru
 Зайцев Петр Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры механизации, электрификации и автоматизации, e-mail: zausevpet@mail.ru
 Чувашский государственный аграрный университет, г Чебоксары, Россия

WORKING UNIT OF THE FLAT CUTTER-SUBSOILER OF FERTILIZER

I. I. Maksimov, A. A. Vasilev, S. A. Vasilev, Yu. F. Kazakov, P. V. Zaitsev

Abstract. The factor of preserving the fertile soil layer is most relevant on sloping lands, since streams formed by melt water and precipitation wash out nutrients and humus, and also destroy the soil surface. To prevent these processes, anti-erosion working units are used. The purpose of the research is to study the effect of soil tillage by the working unit of a flat-cutter-subsoiler of a fertilizer with the simultaneous application of granular fertilizers on its filtration properties. The work was carried out at the control site located in the Chuvash Republic. The soil is loamy. The depth of tillage and application of granular fertilizers was 30 cm. As granular fertilizers, they used - granulated manure, presented on the market and used by agricultural enterprises in crop production. The filtration coefficient, porosity, and bulk density of the soil were determined. Since the subsurface cutter tills the soil without turning the layer, samples were taken in different layers of the cut layer according to GOST R 58595–2019. The filtration coefficient, which determines the ability of the soil to absorb and pass moisture, averaged 96.2 cm per day, which can be considered a good result (for loams 20 ... 100 cm per day). The porosity was 54.3% (satisfactory condition - 50 ... 55%, excellent - 55 ... 65%), the bulk density of the soil - an average of 1.05 g/cm³ (loose or freshly plowed - 1.0 ... 1.2 g/cm³). In general, after soil cultivation by the working unit of the fertilizer subsoiler with the simultaneous application of granular fertilizers, the filtration properties of the soil correspond to generally accepted reference values.

Key words: working unit, pore space, fertilizers, soil volumetric mass, filtration properties, soil.

References

1. Smirnov PA, Maksimov II, Smirnov MP. [Optimization of soil preparation for tilled crops sowing]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018; Vol.13. 4(51). 124-129 p. doi: 10.12737/article_5c3de343da23a8.16471048.
2. Mazitov NK, Valiev AR, Sharafiev LZ, Mukhametshin IS. [Improvement of moisture-accumulating equipment and technology of tillage and sowing]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 2(66). 74-83 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-74-83.
3. Medvedev VV. Tverdost' pochv. [Soil hardness]. Khar'kov: Izd-vo "Gorodskaya tipografiya". 2009; 152 p.
4. Bakhtin PU. Issledovaniya fiziko-mekhanicheskikh i tekhnologicheskikh osnovnykh tipov SSSR. [Research of physical-mechanical and technological main types of the USSR]. Moscow: Kolos. 1969; 272 p.
5. Egorov VP, Alekseev EP, Smirnov MP. [Analysis of soil cultivation methods in soil protection technologies. Scientific, educational and applied aspects of production and processing of agricultural products]. Sbornik materialov V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Cheboksary, 15 noyabrya 2021 goda. Cheboksary: Chuvashskiy gosudarstvennyi agrarniy universitet. 2021; 597-601 p.
6. Berestetskiy OA, Voznyakovskaya YuM, Dorosinskiy LM. Biologicheskie osnovy plodorodiya pochvy. [Biological basis of soil fertility]. Moscow: Kolos. 1984; 287 p.
7. Vasilev SA, Vasilev AA, Egorov VP. Patent 2704284 RF C1, A01B 17/00 [The working unit of the flat cutter-subsoiler fertilizer]. № 2018117066; zayavl. 07.05.2018; opubl. 25.10.2019. An applicant: Chuvash State Agricultural Academy.
8. Vasilev SA, Ilicheva YuV, Vasilev AA. Patent 2775701 RF C1, A01C 23/02, A01C 23/00 [Working unit of the flat-cutter-fertilizer]. № 2021105802; zayavl. 09.03.2021; opubl. 06.07.2022. An applicant: Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics.

9. Maksimov II, Vasilev SA, Vasilev AA. Patent 2428829 RF, C1 A01C 23/02. [Working unit for applying liquid fertilizers to the soil]. №2010104265/21; zayavl. 08.02.2010; opubl. 20.09.2011. An applicant: Chuvash State Agricultural Academy.

10. Igoshin DN, Vasilev AA, Kotov AA. [Equipment for fertilization for sugar beet]. Sel'skii mekhanizator. 2018; 9. 16-17 p.

11. Vasilev AA, Vasilev SA, Igoshin DN. Workingtool for application of granulated ameliorators. [Internet]. International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development: agriculture, ecology and earth science". London: IOP Publishing Ltd. 2022; Vol.1010. 012032 p. [cited 2023, April 19]. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1010/1/012032>. doi: 10.1088/1755-1315/1010/1/012032.

12. Safiollin FN, Valiev AR, Khismatullin MM. [Technique and technology of surface improvement of floodplain meadows of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 4 (68). 50-55 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2023-50-55.

13. Gayfullin IKh, Khaliullin DT, Kalimullin MN. [Calculation method and design of the soil dispenser-distributor]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol.18. 1(69). 45-51 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2023-45-51.

14. Zaidelman FR. Gidrologicheskiy rezhim pochv Nechernozemnoi zony. [Hydrological regime of soils in the Non-chernozem zone]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1985; 329 p.

15. Ivanov AYU, Degaev EN, Kraev BS. [Determination of the filtration coefficient of stabilized soil]. Stroitel'stvo i arkhitektura. 2022; Vol.10. 2. 16-20 p. doi: 10.29039/2308-0191-2022-10-2-16-20.

16. Robinson DA, Thomas A, Reinsch S. Analytical modelling of soil porosity and bulk density across the soil organic matter and land-use continuum. [Internet]. Sci Rep. 2022; 12. 7085 p. [cited 2023, April 12]. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-11099-7> doi: 1038/s41598-022-11099-7.

17. Kwoczyńska B. Determining the volume of soil masses using different measurement techniques. Geomatics, Land-management and Landscape. 2021; 3. 7-23 p. doi: 10.15576/GLL/2021.3.7.

Authors:

Maksimov Ivan Ivanovich - Doctor of Technical Sciences, Professor of Transport and Technological Machines and Complexes Department, e-mail: maksimov48@inbox.ru

Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

Vasilev Aleksey Anatolevich - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Maintenance, Organization of Transportation and Transport Management, e-mail: alexei.21@mail.ru

Vasilev Sergey Anatolevich - Doctor of Technical sciences, Associate Professor of Department of Maintenance, Organization of Transportation and Transport Management, e-mail: vsa_21@mail.ru

Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Knyaginino, Russia

Kazakov Yuriy Fedorovich - Doctor of Technical sciences, Professor of department of transport technological machines and complexes, e-mail: ura.kazakov@mail.ru

Zaitsev Peter Vladimirovich – Doctor of Technical sciences, Professor Mechanization, electrification and automation Department, e-mail: zaycevp@pet@mail.ru

Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia.