

Научная статья

УДК 631.372:629.114.2

EDN LSNVWF

DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-83-90

Ограничения применения колесных тракторов в технологиях растениеводства по уплотняющему воздействию (в условиях Приамурья)

Александр Николаевич Панасюк¹, Виктор Владимирович Епифанцев²,
Дмитрий Анатольевич Дегтярев³

^{1,2,3} Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ alex28rus@list.ru, ² viktor.iepifatsiev.59@mail.ru, ³ agroamur@list.ru

Аннотация. Для природных условий Амурской области характерно сезонное замерзание и оттаивание почвы. Зимой она промерзает на глубину до 2,5 м, а к середине июня, в июле – полностью оттаивает. Полевые работы по подготовке почвы и посеву ранних зерновых культур начинаются в сроки, когда почва оттаивает всего на 0,08–0,10 м. На ранних весенних полевых работах можно использовать трактор с большими значениями нормальных давлений на почву (без ограничения эксплуатационной массы). От деградации почву спасает мерзлый подстилающий слой. По мере оттаивания почвы следует придерживаться установленных норм механического воздействия с учетом физико-механических особенностей почвы. Цель исследований – снижение уплотнения почвы от механического воздействия колесных движителей тракторов. Задача исследований – обосновать пределы применения колесных тракторов на полевых работах по допустимому уровню уплотняющего воздействия. Применялись теоретические и эмпирические методы с использованием статистической обработки экспериментальных данных. Исследовано изменение плотности почвы и показателя уплотняющего воздействия в зависимости от нормальной нагрузки, передаваемой движителями колесных тракторов. Приведены значения распределения эксплуатационной массы по осям, максимальных нагрузок и величины показателя уплотняющего воздействия ходовых систем отечественных и импортных колесных тракторов, применяемых в технологиях растениеводства Амурской области. Установлены пределы изменения плотности почвы в зависимости от нормальной нагрузки под колесным движителем. Определена зависимость показателя уплотняющего воздействия от эксплуатационной массы трактора, нагрузки на ось, колесной формулы и числа проходов агрегатов по следу. Приведены рекомендации по применению колесных тракторов на полевых работах в зависимости от времени их выполнения.

Ключевые слова: деградация почвы, уплотняющее воздействие, ходовая система, распределение массы, максимальное давление, плотность почвы, число проходов, технология

Для цитирования: Панасюк А. Н., Епифанцев В. В., Дегтярев Д. А. Ограничения применения колесных тракторов в технологиях растениеводства по уплотняющему воздействию (в условиях Приамурья) // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 1. С. 83–90. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-83-90.

Original article

Limitations of wheeled tractor applying in soil compaction technology in crop production under conditions of Priamurye

Alexander N. Panasyuk¹, Viktor V. Epifantsev², Dmitry A. Degtyarev³

^{1,2,3} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ alex28rus@list.ru, ² viktor.iepifatsiev.59@mail.ru, ³ agroamur@list.ru

Abstract. The natural conditions of the Amur region are characterized by seasonal soil freezing and thawing. In winter, it freezes to a depth of 2.5 m. In July, it completely thaws. Field work on soil preparation and sowing of early grain crops begins at a time when the soil thaws by only 0.08–0.10 m. In early spring field work, a tractor with high values of normal soil pressures can be used (without limiting the operating weight). The frozen under layer saves the soil from degradation. As the soil thaws, it is necessary to adhere to the established norms of mechanical action on soil, taking into account its physical and mechanical characteristics. The purpose of research is to reduce soil compaction from mechanical effects of tractor wheel thrusters. The objective of research is to substantiate the limits of wheeled tractor use in field work according to the permissible level of sealing effect. Theoretical and empirical methods are applied using statistical processing of experimental data. The change in soil density and compaction effect index are studied depending on the normal load transmitted by wheeled tractor movers. The values of distribution of operating weight along axes, maximum loads and value of compaction effect index of running systems of domestic and imported wheeled tractors used in crop production technologies of the Amur region are given. The limits of change in soil density depending on normal load under the wheel drive are given. The dependence of compaction effect index on the operating weight of tractor, axle load, wheel formula and number of unit passes along the track is established. Recommendations on the use of wheeled tractors in field work, depending on the time of their execution are given.

Keywords: soil degradation, sealing effect, running system, mass distribution, maximum pressure, soil density, pass number, technology

For citation: Panasyuk A. N., Epifantsev V. V., Degtyarev D. A. Limitations of wheeled tractor applying in soil compaction technology in crop production under conditions of Priamurye. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2024;18;1:83–90. (in Russ.). doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-83-90.

Введение. Для природных условий Амурской области характерно сезонное замерзание и оттаивание почвы. Зимой она промерзает на глубину до 2,5 м; к середине июня, в июле – полностью оттаивает. Полевые работы по подготовке почвы и посеву ранних зерновых культур начинаются в сроки, когда почва оттаивает всего на 0,08–0,10 м. Вследствие того, что ниже находятся замерзшие почва и подстилающий глинистый горизонт, деформация почвы идет по закономерностям теории пластичности при сжатии тонкого слоя на жестком основании. На ранних весенних полевых работах можно использовать трактор с большими значениями нормальных давлений на почву (без ограничения эксплуатационной массы). От деградации почву спасает мерзлый подстилающий слой [1].

По мере оттаивания почвы следует придерживаться установленных норм механического воздействия с учетом физико-механических особенностей средне- и тяжелосуглинистых лугово-черноземовидных и лугово-глеевых почв, занимающих 78,8 % пашни в Амурской области.

Цель исследований – снижение уплотнения почвы от механического воздействия колесных движителей трак-

торов. При этом необходимо обосновать пределы применения колесных тракторов на полевых работах по допустимому уровню уплотняющего воздействия. Объект исследований – уплотнение почвы колесными движителями тракторов в технологиях растениеводства.

Материалы и методы исследований. Применялись общепринятые теоретические и эмпирические методы с использованием статистической обработки экспериментальных данных.

Для оценки уплотняющего воздействия использованы положения государственного стандарта ГОСТ Р 58656–2019 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву».

Исследования проводили на типичной для Амурской области луговой черноземовидной среднесуглинистой среднемогучей почве. Тип и механический состав почвы; рельеф; микрорельеф; влажность и твердость почвы определялись согласно требованиям ГОСТ 20915–2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний».

Для сравнительного анализа приняты максимальные нормы давления на почву: весенний период – 120–150 кПа;

Таблица 1 – Пределы изменения плотности почвы в зависимости от нормальной нагрузки под колесным двигателем [2]

Table 1 – Limits for changes in soil density depending on normal load under a wheel drive [2]

Нормальная нагрузка (q), кПа	115–130	135–150	150–200	145–250
Значения плотности (ρ), г/см ³	1,15–1,20	1,18–1,28	1,20–1,31	1,24–1,35
Примечание: исходная плотность почвы равна 1,00–1,12 г/см ³ .				

летне-осенний период – 140–180 кПа (при влажности почвы 0,7–0,5 НВ) [1], а также пределы изменения плотности почвы в зависимости от давления двигателей колесных тракторов (табл. 1).

Основу принятых технологий в растениеводстве составляют многократные проходы агрегатов по подготовке почвы (с обработкой ее на глубину 0,18–0,20 м), посеву и уходу за растениями, что приводит к переуплотнению верхнего слоя почвы [3, 4].

По различным оценкам, для средне- и тяжелосуглинистых лугово-черноземовидных и лугово-глебовых оструктуренных почв экологические пороги уплотнения для зерновых культур составляют в пределах 1,00–1,24 г/см³; для сои они варьируют от 1,09 до 1,25 г/см³. При увеличении плотности почвы под воздействием двигателей машин более 1,3 г/см³, можно говорить о так называемой ее техногенной деградации, когда рост и развитие культурных растений прекращаются.

Техногенное механическое воздействие на почву зависит от величины нормального давления на почву двигателями полевых машин и агрегатов [5, 6]. На величину максимальных нормальных нагрузок и, соответственно, на величину уплотняющего воздействия влияет распределение массы по осям трактора [7–10].

А. Н. Ордой и М. И. Ляско на примере трактора с колесной формулой 4К4 было установлено, что уплотняющее воздействие можно снизить на 15 % только за счет перераспределения массы по осям до величины $m = 1$. При нормальной компоновке такого эффекта можно достигнуть только при снижении эксплуатационной массы трактора на 20 %.

Для современных тракторов распределения эксплуатационной массы по осям в пределах $m = 0,9–1,1$ можно достигнуть

за счет их работы с номинальной крюковой нагрузкой. Вертикальная составляющая в состоянии разгрузить переднюю ось трактора до 50–60 %.

Результаты исследований и их обсуждение. Тракторы последней отечественной системы машин имели следующие коэффициенты распределения масс по осям:

1) для тракторов с колесной формулой 4к2 и 4к4 традиционной компоновки $m = 0,43$ (на переднюю ось приходилось 30 % массы на заднюю – 70 %);

2) для тракторов с колесной формулой 4к4б с равными колесами на обоих мостах (Т150К, К-700, К-701): $m = 1,85$ (на переднюю ось приходилось 65 % массы и на заднюю 35 %).

Если для первого семейства тракторов с разными размерами передних и задних колес это было оправдано по условиям развиваемой силы тяги по сцеплению, то для тракторов с равными колесами принятое распределение масс по осям оказывало существенное влияние на величину максимальных нормальных давлений и на величину уплотняющего воздействия.

Анализ применяемых в Амурской области современных энергонасыщенных тракторов позволил установить, что распределение нагрузки по осям близко к оптимальному [1], что привело к существенному улучшению тягово-сцепных свойств двигателей тракторов и снижению суммарного уплотняющего воздействия трактора на почву.

Нами установлено, что распределение эксплуатационной массы по осям (m):

1) у отечественных тракторов семейства «Кировец» и тракторов семейства «BV» (производства Ростсельмаш) равно 1,2 (на переднюю ось приходится 55 % массы, на заднюю – 45 %);

2) у тракторов семейства «NH», работающих с навесными и полунавесными машинами, составляет 1,5; работающих с прицепными машинами, равно 1,2;

3) у тракторов марки «Caise» серии IH с шарнирной рамой соответствует 1,5; при этом соотношение уплотняющего воздействия на почву под передней и задней осями трактора находится в пределах от 1,01 до 1,12.

В отличие от тракторов с колесной формулой 4к4б, тракторы семейства «Беларус» с цельной рамой имеют распределение массы по осям от 0,43 (распределение массы на переднюю и заднюю ось соответственно 30 и 70 %) до 0,67 (распределение массы на переднюю и заднюю ось 40 и 60 % соответственно). Тракторы марки «Caise» с колесной формулой 4к4а с цельной рамой имеют распределение массы по осям 0,67 (соотношение распре-

деления массы на переднюю и заднюю ось 40 и 60 % соответственно).

Таким образом, различие величины уплотняющего воздействия передних и задних колес доходит до 1,4 раза (табл. 2).

На формирование урожая и уплотнение почвы значительное влияние оказывает число проходов агрегатов по полю в принятых технологиях [11–13].

Для подтверждения этой гипотезы был заложен опыт. На сплошном посеве сои агрегатом МТЗ-1025.2 + СЗ-5,4А (контроль) исследовалось уплотняющее воздействие движителей тракторов 2, 3, и 5 класса тяги при двух и четырех проходах по следу.

Результаты изменения плотности почвы фиксировались в слое 0–20 см. Посев сои проводился при оттаивании почвы на глубину 0,2 м и более. Исходная плот-

Таблица 2 – Распределение массы и максимальное расчетное давление на почву по осям тракторов, эксплуатируемых в Амурской области

Table 2 – Mass distribution and maximum design pressure on soil along axes of tractors moved in Amur region

Марка трактора	Тяговый класс	Колесная формула	Нагрузка по осям, т	Максимальное нормальное давление (q_{max}), кПа	Коэффициент уплотнения (k_p)	Распределение массы по осям (m)
Беларус 80.1	1,4	4к2	$\frac{1,10}{2,59}$	$\frac{188,1}{200,3}$	1,41	$\frac{30}{70}$
Беларус 1025.2	2,0	4к4	$\frac{1,82}{3,38}$	$\frac{175,3}{168,3}$	1,38	$\frac{35}{65}$
Беларус 1523	3,0	4к4	$\frac{2,06}{3,82}$	$\frac{158,4}{188,1}$	1,31	$\frac{35}{65}$
NH T7.060	3,0	4к4	$\frac{3,25}{4,88}$	$\frac{139,4}{183,8}$	1,31	$\frac{40}{60}$
Беларус 3022	5,0	4к4а	$\frac{3,81}{7,07}$	$\frac{209,1}{147,7}$	1,35	$\frac{35}{65}$
К-744Р4	6,0	4к4б	$\frac{9,62}{7,88}$	$\frac{114,5}{111,3}$	1,29	$\frac{55}{45}$
BV 2425	6,0	4к4б	$\frac{8,84}{7,16}$	$\frac{156,6}{139,9}$	1,36	$\frac{55}{45}$
Caise IH450	6,0	4к4б	$\frac{11,93}{10,47}$	$\frac{155,4}{153,2}$	1,38	$\frac{55}{45}$
NH.T9 505	6,0	4к4б	$\frac{13,43}{8,97}$	$\frac{165,2}{155,1}$	1,38	$\frac{60}{40}$
NH.T9 040	6,0	4к4б	$\frac{14,10}{9,31}$	$\frac{167,9}{162,4}$	1,41	$\frac{60}{40}$

Примечание: данные в числителе – передняя ось; данные в знаменателе – задняя ось.

ность (вне следа) в опыте колебалась от 1,07 до 1,08 г/см³.

После двух проходов тракторов изменение плотности в следе ($\rho_{\text{следа}}$) составило (в граммах на сантиметр кубический):

Беларус 1025.2 – 1,16;

Беларус 1523 – 1,25;

Т-150К – 1,27;

К-701 – 1,31.

После четырех проходов величина изменения плотности в следе ($\rho_{\text{следа}}$) составила соответственно (в граммах на сантиметр кубический):

Беларус 1025.2 – 1,27;

Беларус 1523 – 1,27;

Т-150К – 1,27;

К-701 – 1,37.

От количества проходов зависит и величина показателя уплотняющего воздействия на почву (U). При этом для тракторов МТЗ-1025.2 и МТЗ-1523 при двух проходах данная величина несколько различалась (129 и 138 кН/м соответственно); а после четырех проходов она составила 145–146 кН/м.

Для тракторов с более высоким значением эксплуатационной массы разница была существенной: для трактора Т-150К (8,26 тонны) при двух проходах значение уплотняющего воздействия на почву оказалось равным 145 кН/м, после четырех проходов – 250 кН/м (прирост составил 72 %).

Для трактора К-701 (13,5 тонны) величина уплотняющего воздействия после двух и четырех проходов составила соответственно 240 и 335 кН/м (увеличение в 1,4 раза).

В связи с почвенно-климатическими особенностями в период осенних полевых

работ почвы переувлажняются и с запасами влаги, характерными для избыточного увлажнения, уходят в зиму. За счет сильных морозов и продолжительной зимы (безморозный период для центральной и южной зон Амурской области колеблется от 110–113 до 121–130 дней в году) происходит естественное разуплотнение почвы (механическое разрушение почвенного горизонта вследствие замерзания почвенной влаги [14]). Поэтому на осенних полевых работах возможно применение энергонасыщенных тракторов и зерноуборочных комбайнов с большими значениями нормального давления и уплотняющего воздействия на почву [15].

Ограничением в данном случае выступает несущая способность почвы и агротехническая проходимость трактора и зерноуборочного комбайна. Экологический порог нормального давления не должен превышать 250–300 кПа [2].

Заключение. 1. Применяемые в растениеводстве Амурской области современные тракторы превышают допустимые нагрузки на почву, установленные ГОСТ Р 58656–2019 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву».

2. В связи с почвенно-климатическими особенностями Амурской области на ранних весенних полевых работах возможно применение тракторов с максимальной эксплуатационной массой (в пределах 20–22 тонны).

3. На осенних полевых работах экологический порог нормального давления допускается увеличить до 250–300 кПа, при этом прирост сопротивления почвы обработке в следе движителя приближается к своему предельному значению.

Список источников

1. Панасюк А. Н., Елифанцев В. В. Выбор эталонного агрегата для оценки техногенного механического воздействия на почву в технологиях растениеводства // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. С. 174–181. EDN NYHTCS.

2. Панасюк А. Н., Липкань А. В. Расчет экологических порогов нормального давления колесных движителей машин на полевых работах на глинистых почвах // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 4. С. 43–48. doi: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-43-48.

3. Красновская Н. А. Влияние различных способов обработки на плотность почвы // Научное обеспечение агропромышленного производства : материалы междунар. науч.-практ. конф. Курск : Курская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. С. 178–179. EDN UXJNDV.
4. Гуреев И. И. Экологические последствия применения комплексов машин для механизации обработки почвы // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 8. С. 77–79. EDN UMKOSP.
5. Сергеев А. Г. Экологическая проблема – уплотнение почвы // Техногенная и природная безопасность : материалы IV всерос. науч.-практ. конф. Саратов : Амирит, 2017. С. 338–340. EDN YNSTUF.
6. Гуреев И. И., Климов Н. С. Обоснование критерия регионального нормирования механической нагрузки на почву при комплексной механизации агротехнологий // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 35–80. EDN YPCKWV.
7. Chervet A., Sturny W. G., Gut S. Charge maximale admissible a la roue – une variable caracteristique utile pour la pratique // Recherche Agronomique Suisse. 2016. No. 7–8. P. 330–337.
8. Tukhtabaiev M., Xidirov U. X., Hamraqulov T. T. Research results on prevention of tires anthropogenic impact on the soil // IJARSET. 2021. Vol. 8. No. 4.
9. Шило И. Н., Орда А. Н., Романюк Н. Н., Нукешев С. О., Кушнир В. Влияние количества осей ходовой системы мобильной сельскохозяйственной техники на глубину следа // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 4. С. 37–41. EDN VUDQXV.
10. Ахметов А. А., Ахмедов Ш. А. Давление переднего колеса на почву тракторов с различной колесной формулой // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13. № 1. С. 27–33. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-13-1-27-33>.
11. Слюсаренко В. В., Русинов А. В., Федюнина Т. В. Влияние движителей машинно-тракторных агрегатов на урожай сельскохозяйственных культур // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 3 (45). С. 120–122. <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.45.127>.
12. Нормирзаев А. Р. Уплотняющее воздействие движителей тракторов на почву при обработке почвы и возделывании сельскохозяйственных культур // Точная наука. 2021. № 114. С. 15–19. EDN XBHMFB.
13. Халлыев А., Халлыев А., Кулиев А. Влияние современных тракторов на урожайность и уплотнение почвы // Интернаука. 2022. № 17–4 (240). С. 43–44. EDN SAPPLO.
14. Савельев Ю. А., Шишкин П. А. Влияние процесса промораживания почвы на ее разуплотнение и продуктивную способность // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2009. № 2. С. 167–172. EDN KZZRUR.
15. Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Кривуца З. Ф., Панова Е. В., Поликутина Е. С., Митрохина О. П., Качко С. Ю. Снижение техногенного воздействия на почву колесных комбайнов // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 1 (49). С. 87–94. EDN VFOXEB.

References

1. Panasyuk A. N., Epifantsev V. V. The choice of a reference unit for assessing technogenic mechanical effects on soil in crop production technologies. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya – All-Russian Scientific and Practical Conference*. (PP. 174–181), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2023. EDN NYHTCS (in Russ.).
2. Panasyuk A. N., Lipkan A. V. Calculation of ecological thresholds of normal pressure of wheel movers of machines in field work on clay soils. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii*, 2020;14;4:43–48. doi: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-43-48 (in Russ.).

3. Krasnovskaya N. A. The influence of various methods of processing on soil density. Proceedings from Scientific support of agro-industrial production: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya – International Scientific and Practical Conference*. (PP. 178–179), Kursk, Kurskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2010. EDN UXJNDV (in Russ.).
4. Gureev I. I. Ecological consequences of the use of complexes of machines for mechanization of tillage. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2015;29;8:77–79. EDN UMKOSP (in Russ.).
5. Sergeev A. G. Environmental problem – soil compaction. Proceedings from Technogenic and natural safety: *IV Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya – IV All-Russian Scientific and Practical Conference*. (PP. 338–340), Saratov, Amirit, 2017, EDN YNSTUF (in Russ.).
6. Gureev I. I., Klimov N. S. Substantiation of the criterion of regional rationing of mechanical load on the soil during complex mechanization of agrotechnologies. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii*, 2017;2:35–80. EDN YPCKWV (in Russ.).
7. Chervet A., Sturny W. G., Gut S. Charge maximale admissible a la roue – une variable caracteristique utile pour la pratique. *Recherche Agronomique Suisse*, 2016;7–8:330–337.
8. Tukhtabaiev M., Xidirov U. X., Hamraqulov T. T. Research results on prevention of tires anthropogenic impact on the soil. *IJARSET*, 2021;8;4.
9. Shilo I. N., Orda A. N., Romanyuk N. N., Nukeshev S. O., Kushnir V. The influence of the number of axles of the running system of mobile agricultural machinery on the depth of the track. *Traktory i sel'khoz mashiny*, 2016;4:37–41. EDN VUDQXV (in Russ.).
10. Akhmetov A. A., Akhmedov Sh. A. The pressure of the front wheel on the soil of tractors with different wheel shapes. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*, 2019;13;1:27–33. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-13-1-27-33> (in Russ.).
11. Slyusarenko V. V., Rusinov A. V., Fedyunina T. V. The influence of movers of machine-tractor units on the yield of agricultural crops. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2016;3(45):120–122. <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.45.127> (in Russ.).
12. Normirzaev A. R. Compacting effect of tractor propellers on the soil during tillage and cultivation of agricultural crops. *Tochnaya nauka*, 2021;114:15–19. EDN XBHMFB (in Russ.).
13. Halliev A., Halliev A., Kuliiev A. The influence of modern tractors on productivity and soil compaction. *Internauka*, 2022;17–4(240):43–44. EDN SAPPLO (in Russ.).
14. Saveliev Yu. A., Shishkin P. A. The influence of freezing soil process on its thinning and productive ability. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2009;2:167–172. EDN KZZRUR (in Russ.).
15. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F., Panova E. V., Polikutina E. S., Mitrokhina O. P., Kachko S. Yu. Reduction of wheeled harvesters technogeneous effect on soil. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2019;1(49)87–94. doi: 10.24411/1999-6837-2019-11013. EDN VFOXEB (in Russ.).

© Панасюк А. Н., Епифанцев В. В., Дегтярев Д. А., 2024

Статья поступила в редакцию 13.02.2024; одобрена после рецензирования 15.03.2024; принята к публикации 19.03.2024.

The article was submitted 13.02.2024; approved after reviewing 15.03.2024; accepted for publication 19.03.2024.

Информация об авторах

Панасюк Александр Николаевич, доктор технических наук, доцент, член-корреспондент Российской академии наук, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: 0000-0002-9884-2999, alex28rus@list.ru;

Епифанцев Виктор Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: 0000-0002-7047-0134, viktor.iepifatsiev.59@mail.ru;

Дегтярев Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: 0009-0001-6344-9230, agroamur@list.ru

Information about the authors

Alexander N. Panasyuk, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Far Eastern State Agrarian University, ORCID: 0000-0002-9884-2999, alex28rus@list.ru;

Viktor V. Epifantsev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, ORCID: 0000-0002-7047-0134, viktor.iepifatsiev.59@mail.ru;

Dmitry A. Degtyarev, Candidate of Technical Sciences, Far Eastern State Agrarian University, ORCID: 0009-0001-6344-9230, agroamur@list.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.