

DOI 10.15593/24111678/2022.01.04  
УДК 631.92: 631.95: 332.54: 332.362

**Г.А. Иовлев, И.И. Голдина**

Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

## **СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, ТРАНСПОРТ И КАРБОНОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ**

Мировое сообщество обеспокоено проблемой повышения температуры на планете в результате выбросов парниковых газов. В последние годы принят ряд международных документов, определяющих направления развития мировой экономики в направлении обеспечения углеродного баланса. Россия также приняла ряд документов, регламентирующих деятельность государства по обеспечению сокращения выбросов парниковых газов, являясь одной из держав с высокими объёмами производства промышленной продукции, в том числе и сельскохозяйственной продукции. В связи с экологическими проблемами перед сельским хозяйством стоит двоякая задача: первое – это обеспечение продовольственной безопасности государств в частности и планеты в целом через коренную модернизацию производства; второе – для обеспечения углеродного баланса необходимо минимизировать выбросы парниковых газов через кардинальный пересмотр системы севооборотов, изменение способов обработки почвы, пересмотр системы содержания животных и иные мероприятия, направленные на обеспечение углеродного баланса. Необходимо отметить, что Россия для поглощения углерода располагает самыми большими площадями лесов – 47,7 % от общей площади территории, площадь пашни (7,3 % от общей площади) также определяет возможности развития сельскохозяйственного производства, но через новые технологические уклады, способствующие снижению выбросов углерода и других парниковых газов и повышению секвестирования углерода через эффективное сочетание видов и сортов растений в экосистемах. В исследовании разработаны и предложены мероприятия, оказывающие влияние на углеродный баланс, проанализированы и предложены сельскохозяйственные машины, отвечающие требованиям снижения выбросов парниковых газов в атмосфере. Произведён расчёт технологической операции «вспашка» для пахотного агрегата с плугом, транспортных агрегатов, для демонстрации того, как может влиять конструкция СХМ на экологию.

**Ключевые слова:** потепление, климат, биологические системы, парниковые газы, объём выбросов, модернизация, севообороты, сельскохозяйственные машины, мощность, экономичность.

**G.A. Iovlev, I.I. Goldina**

Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russian Federation

## **AGRICULTURE, TRANSPORT AND CARBON PROBLEMS**

The world community is concerned about the rise in temperature on the planet as a result of greenhouse gas emissions. In recent years, a number of international documents have been adopted that determine the directions of the development of the world economy to ensure carbon balance. Russia has also adopted a number of documents regulating the state's activities to ensure the reduction of greenhouse gas emissions, being one of the powers with high volumes of industrial production, including agricultural products. In connection with environmental problems, agriculture faces a twofold task: the first is to ensure food security of states and the planet as a whole, through a radical modernization of production; second, to ensure carbon balance, it is necessary to minimize greenhouse gas emissions through a radical revision of the crop rotation system, changes in soil cultivation methods, revision of the animal husbandry system, and other measures aimed at ensuring carbon balance. It should be noted that Russia has the largest forest areas for carbon sequestration (47.7% of the total area), the arable land (7.3% of the total area) also predetermines the possibilities for the development of agricultural production, but on new technological paradigms that contribute to reducing carbon and other greenhouse gases' emissions and increasing carbon sequestration through an efficient combination of plant species and varieties in ecosystems. In the study measures that affect the carbon balance are developed and proposed, agricultural machines that meet the requirements for reducing GHG emissions into the atmosphere are analyzed and proposed. The calculation of the plowing technological operation for a plowing unit with a plow and transport units has been made to demonstrate how the design of the agricultural storage system can affect the environment.

**Keywords:** warming, climate, biological systems, greenhouse gases, emissions, modernization, crop rotations, agricultural machines, power, efficiency.

В современной истории вопрос глобального потепления впервые был поднят в 1992 г., была принята рамочная конвенция ООН «Изменение климата», затем рамочная конвенция Организации Объединённых Наций 1997 г. – Киотский протокол и, наконец, в декабре

2015 г. было принято Парижское соглашение [1; 2]. Затем в 2018 г. в Польше (Катовице) был принят свод правил по порядку реализации Парижского соглашения, продолжилась работа в 2019 г. в Мадриде.

В данных документах были определены основные биологические системы, влияющие на выбросы и поглощение парниковых газов (ПГ), особенно  $\text{CO}_2$  – это в первую очередь леса, затем океаны и другие экосистемы (пп. 1d ст. 4 Рамочной конвенции ООН «Об изменении климата» [3]). Определённую роль в обеспечении углеродного баланса играет мировое сельское хозяйство, в том числе и агропромышленный комплекс России.

В вышеприведённых документах, в исследованиях учёных появились и используются следующие определения и понятия: углеродный баланс, эмиссия, сток, секвестирование, секвестрационный потенциал, секвестрационная индустрия, депонирование, карбоновый след и др.

Россия также не стоит в стороне от проблем, связанных с потеплением [4]: одним из первых документов была Климатическая доктрина РФ, затем был Указ Президента «О сокращении выбросов парниковых газов» от 30 сентября 2013 г. Правительством РФ в 2014 г. было выпущено Распоряжение «Об утверждении плана мероприятий по обеспечению к 2020 году сокращения объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75 процентов указанных выбросов в 1990 году». В результате реализации Распоряжения была принята Концепция формирования системы мониторинга, отчетности и проверки объема выбросов парниковых газов в РФ, утверждённая Распоряжением Правительства РФ от 22 апреля 2015 г.

В настоящее время последними документами стали Указ Президента от 08.11.2020 г. № 666, разработанная на основании данного Указа Стратегия долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г., Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» 6 ФЗ от 02.07.2021 г. № 29.

Россия, как одна из стран мирового сообщества [5; 6], находится в рейтинге стран по выбросам углекислого газа по позиции «Общий объём выбросов  $\text{CO}_2$ ...» на четвёртом месте (после Китая, США, Индии), по позиции «Выбросы  $\text{CO}_2$  на душу населения ...» на шестом месте (после Саудовской Аравии, Австралии, США, Канады, Южной Кореи).

Представляет интерес динамика выбросов парниковых газов в России (рис. 1). Из данных, представленных на рис. 1, видно, что выбросы ПГ в России снизились к 2016 г. на 48,3 %, в сельском хозяйстве практически в 2,5 раза, на транспорте – на 42,9 %, доля сельского хозяйства в общих выбросах составила от 8,2 % в 1990 г. до 6,5 % в 2016 г., на транспорте от 27 до 30 % соответственно [7].

Снижение выбросов ПГ в России связано, на наш взгляд, с изменением политической ситуации в России, с экономическими преобразованиями в экономике.

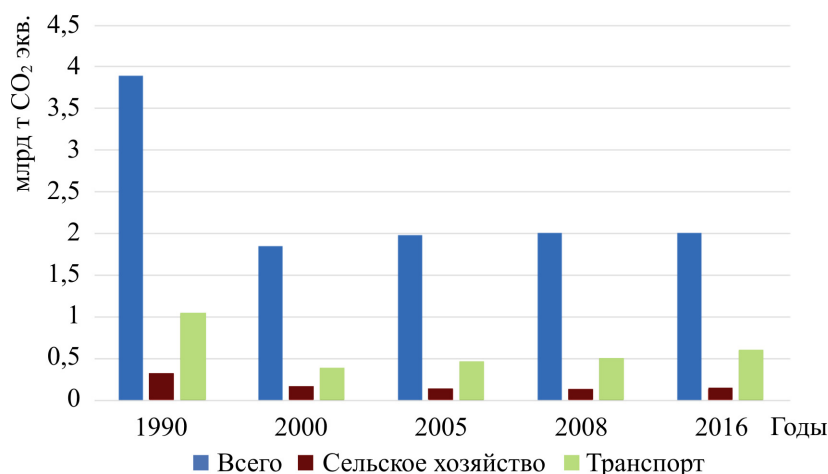


Рис. 1. Выброс парниковых газов в России

Несмотря на минимальную долю выбросов ПГ от сельскохозяйственного производства (6,5–8,2 %) в данном исследовании рассмотрим направления развития сельского хозяйства с точки зрения обеспечения национальной и мировой продовольственной безопасности и оптимизации выбросов парниковых газов.

Из общеэкономических соображений сельское хозяйство России требует коренной модернизации, преобразований для повышения объёмов производства сельскохозяйственной продукции, повышения производительности труда, достижения требуемых нормативов и критериев по продовольственной безопасности по многим продуктам питания, для экспортных поставок. Для этого необходимо ввести в сельскохозяйственный оборот все земли сельскохозяйственного назначения, использовать для производства современные энерго- и ресурсосберегающие технологии, современную сельскохозяйственную технику, роботы и др. IT-технологии [8; 9], в животноводстве применять современные технологии содержания животных, заготовки, приготовления и раздачи кормов, высокопродуктивные породы скота, роботизированные системы доения, кормления, учёта физиологического состояния животных и т.д. А с точки зрения минимизации выброса ПГ нужны принципиально другие, экономически необъяснимые, а часто и неприемлемые, организационные и технологические решения.

В растениеводстве это: кардинальный пересмотр системы севооборотов; изменение способов обработки почвы; смена системы машин (использование рабочих органов, способствующих сохранению CO<sub>2</sub> в почве, препятствующих его выбросу в атмосферу); использование в севооборотах сельскохозяйственных культур с максимальным поглощающим эффектом CO<sub>2</sub>; тонкий подход к использованию земельного фонда, оптимизация ввода в оборот заброшенных земель, плановый вывод из сельскохозяйственного оборота (консервация) используемых земель (по примеру США); использование сельскохозяйственных машин с возможностью изменения конструктивных параметров, способствующих минимальному негативному воздействию на почву и т.д.

В животноводстве: кардинальный пересмотр системы содержания животных, который заключается в организации выпаса животных, предусматривает создание системы прифермских севооборотов, культурных пастбищ; организация поения и кормления на пастбище высокопродуктивных животных, использование для залужения пастбищ растений, отвечающих одновременно требованиям по питательной ценности и требованиям по поглощению парниковых газов, или оптимальный баланс в травостое растений различных видов; использование для кормления принципиально новых видов кормов, снижающих выброс ПГ после поедания их животными (корнаж); оптимизация сроков продуктивного использования животных с точки зрения минимизации выбросов ПГ; пересмотр технологий содержания молодняка; разработка технологий и способов хранения, переработки и внесения навоза, отвечающих экологическим требованиям и др.

Для определения направления развития сельского хозяйства с позиции обеспечения оптимизации выбросов парниковых газов проанализируем доли основных биологических систем (лесов, сельскохозяйственных угодий) в ведущих мировых державах. Данные представлены в табл. 1 [10; 11].

Таблица 1

Землепользование ведущих мировых держав, млн км<sup>2</sup>

Государства, союзы	Общая площадь	Площадь пашни		Площадь лесов	
		абс.	%	абс.	%
Китай	9597,0	1084,5	11,3	2098,6	21,9
США	9833,5	1652,0	16,8	3103,7	31,6
Индия	3287,3	1753,7	53,3	708,6	21,6
Россия	17098,2	1248,2	7,3	8148,9	47,7
Канада	9984,7	469,3	4,7	3470,2	34,7
Австралия	7741,2	479,9	6,2	1250,6	16,1
Европейский союз (ЕС)	4505,2	1142,9	25,4	1611,8	35,8

Из данных, представленных в табл. 1, видно, что самая большая доля лесов от общей территории в России – 47,7 %, и это положительный фактор с точки зрения секвестирования углерода. Неожиданно второе место занимает Евросоюз – 35,8 % и только затем Канада и США (34,7 и 31,6 % соответственно). Самая незащищённая по этому показателю Австралия – 16,1 %. По показателю «распаханности», т.е. площади пашни, Россия имеет один из низких показателей – 7,3 %, ниже у Канады и Австралии (4,7 и 6,2 %), самая большая «распаханность» в Индии – 53,3 %. Анализ того, как это влияет на карбоновый баланс, представлен в табл. 2 [12] с учётом данных табл. 1.

Таблица 2

Соотношение землепользования и выбросов CO<sub>2</sub>

Государства, союзы	Землепользование, млн км <sup>2</sup>		Выбросы CO <sub>2</sub> , млн т		
	общая площадь	площадь пашни	всего	на 1 км <sup>2</sup> общей площади	на 1 км <sup>2</sup> пашни
Китай	9597,0	1084,5	9899,3	1,03	9,13
США	9833,5	1652,0	4457,2	0,45	2,7
Индия	3287,3	1753,7	2302,3	0,7	1,31
Россия	17098,2	1248,2	1482,1	0,09	1,19
Канада	9984,7	469,3	517,7	0,05	1,1
Австралия	7741,2	479,9	372,3	0,05	0,78
Европейский союз (ЕС)	4505,2	1142,9	2550,9	0,57	2,23

Из данных, представленных в табл. 2, видно, что выбросы CO<sub>2</sub> соизмеримы у США и ЕС, у России выбросы CO<sub>2</sub> соизмеримы с Канадой [13], но, чтобы достичь уровень Канады по выбросам, необходимо снизить на 0,04 млн т на 1 км<sup>2</sup> общей площади и на 0,09 млн т на 1 км<sup>2</sup> площади пашни. И вот здесь сельское хозяйство можно рассматривать как потенциальный регулятор углеродного баланса. На рис. 2 представлены мероприятия, оказывающие влияние на углеродный баланс.



Рис. 2. Мероприятия, оказывающие влияние на углеродный баланс

Для реализации мероприятий, представленных на рис. 2, в технологиях обработки почвы, должны использоваться сельскохозяйственные машины (СХМ) с рабочими органами, отвечающими требованиям снижения выбросов ПГ в атмосферу. Кратко охарактеризуем конструкции тракторов, основных СХМ, способствующих поддержанию углеродного баланса.

**Тракторы.** Повышаются мощность и экономичность. Изменения конструкции двигателя позволили снизить токсичность выхлопных газов. В соответствии со стандартами токсичности

США (Tier), которые были введены через законы о защите окружающей среды, предусматривается снижение CO<sub>2</sub> и CH в 8 раз, NO<sub>x</sub> в 2 раза. Фирмы Fendt и Deutz-Fahr представили тракторы с двигателями, работающими на рапсовом масле. Увеличилось количество тракторов с автоматическими коробками передач, т.е. с бесступенчатыми трансмиссиями, особенно в низком диапазоне мощности. Для снижения удельного давления на почву, тракторы комплектуются двоянными колёсами.

**Плуги.** Обратные плуги Super-Albatros используют бесступенчатую регулировку ширины захвата корпусов. Оригинальная форма отвала и лемеха позволяет снизить тяговое сопротивление, а в результате и расход топлива.

**Комбинированные агрегаты.** Для реализации мульчирующих технологий используются стрельчатые лапы изогнутой формы. Вместо стрельчатых лап для минимальной обработки перед посевом на глубину до 30 см применяются узкие рабочие органы шириной 80 мм. Оптимальное сочетание угла наклона дисков с углом атаки способствует измельчению и заделке в почву растительных остатков.

Сеялки и посевные комплексы рассчитаны на рабочие скорости до 15 км/ч, с высокоточными системами дозирования семян.

Машины для внесения удобрений и средств защиты растений (СЗР) оснащены электронными устройствами, способными контролировать норму внесения с использованием технологий точного земледелия с дифференцированным внесением оптимальных доз. Многие разбрасыватели оснащаются датчиками контроля азота, системой картирования выполняемых работ.

Для наглядной демонстрации влияния конструкции тракторов и СХМ на экологию представим расчёты по выполнению технологической операции «вспашка» для пахотного агрегата в составе: трактор Doutz-Fahr Agrottron L720 с плугом Super-Albatros HA 140M со ступенчатой и бесступенчатой регулировкой ширины захвата корпуса. Данный плуг конструктивно выполнен по схеме 5+1, но при тяжёлых почвах или неблагоприятных погодных условиях предусмотрено снятие одного корпуса. Поэтому расчёты представим для плуга с четырьмя, пятью, шестью корпусами. Данные для расчётов и результаты расчётов приведены в табл. 3. Трактор Doutz-Fahr Agrottron L720 оснащён автоматической бесступенчатой КПП с тремя диапазонами по девять передач. Всего 11 замедленных передач, 10 рабочих передач, шесть транспортных передач. В таблице представлены оптимальные передачи для агрегатирования 4-, 5- и 6-корпусных плугов.

Для расчёта производительности агрегатов принимаем следующие исходные данные: удельное сопротивление при вспашке – 40 кН/м<sup>2</sup>, глубина обработки – 25 см.

Таблица 3

Показатели работы пахотного агрегата

Диапазон, № передачи	Характеристики тягового усилия			Часовая производительность, га/ч		Удельный расход топлива, кг/га	
	$P_{кр}^{ном}$ , кН	$P_{кр}^{к-т исп.}$ , кН	рабочая скорость, км/ч	в агрегате со ступенчатой регулировкой ширины захвата	в агрегате с б/ст. регулировкой ширины захвата	в агрегате со ступенчатой регулировкой ширины захвата	в агрегате с б/ст. регулировкой ширины захвата
II5	26,7	24,8	5,7	0,87	0,9	15,7	15,2
II7	24,5	22,8	7,9	1,13	1,15	12,1	11,9
III2	20,8	19,3	11,6	1,33	1,43	10,3	9,58

Тяговое сопротивление одного корпуса рассчитываем по формуле:  $R = kab$ , где  $k$  – удельное сопротивление при вспашке,  $a$  – ширина захвата корпуса, м,  $b$  – глубина вспашки, м:

$$R = 40 \cdot 0,45 \cdot 0,25 = 4,5 \text{ кН.}$$

Для агрегата в составе с 4-корпусным плугом  $R_{\text{пл}}^4 = 18$  кН.

Часовую производительность определим по формуле

$$W_{\text{ч}} = eB_P V_P = e \xi_B \xi_V \tau B_a V_T,$$

где  $e$  – коэффициент, учитывающий единицы измерения скорости движения агрегата: если скорость выражена в км/ч,  $e = 0,1$ ;

$B_P$  – рабочая ширина захвата агрегата, м;  $B_P = \xi_B B_a$ , где  $\xi_B$  – коэффициент использования ширины захвата, учитывает отличие рабочей ширины захвата от конструктивной:  $\xi_B = \frac{B_P}{B_a}$ .

При вспашке  $\xi_B = 1-1,1$ ;

$V_P$  – рабочая скорость движения агрегата;  $V_P = \xi_V V_T$ , где  $\xi_V$  – коэффициент использования скорости:  $\xi_V = \frac{V_P}{V_T}$ .  $\xi_V = 0,81$ ;

$\tau$  – коэффициент использования времени смены:  $\tau = \frac{T_P}{T_{\text{см}}}$ . При хорошей организации труда и нормальных условиях эксплуатации  $\tau = 0,7-0,8$ .

Для трактора Doutz-Fahr Agrottron L720 с 4-корпусным плугом с шириной захвата корпуса 0,45 м:

$$W_{\text{ч}}^{\text{III}2} = 0,1 \cdot 1,05 \cdot 0,81 \cdot 0,75 \cdot 1,8 \cdot 11,6 = 1,33 \text{ га/ч.}$$

Расчёт расхода топлива:

$$g_{\text{ГА}} = \frac{G_{\text{Т.Р}} + G_{\text{Т.П}} + G_{\text{Т.ПЕР}} + G_{\text{Т.ХД}}}{W_{\text{ч}}},$$

где  $G_{\text{Т.Р}}$ ,  $G_{\text{Т.П}}$ ,  $G_{\text{Т.ПЕР}}$ ,  $G_{\text{Т.ХД}}$  – средние часовые расходы топлива в течение смены, кг/ч, при выполнении основной (чистой) работы, холостых ходов на поворотах, переездах и во время холостой работы двигателя (во время остановок агрегата с работающим двигателем). Средние часовые расходы топлива принимаются по справочным данным или расчётным путём через удельный расход топлива на одну эф. л.с. и степень загрузки двигателя:

$$g_{\text{ГА}} = \frac{15,45 \cdot 0,75 + 8,5 \cdot 0,25}{1,33} = \frac{11,6 + 2,1}{1,33} = 10,3 \text{ кг/га.}$$

Расчёт оптимальной ширины захвата одного корпуса. Тяговое усилие с учётом коэффициента запаса (использования) тягового усилия  $P_{\text{КР}}^{\text{к-т исп.}}$  должно быть не менее тягового сопротивления плуга, т.е.  $P_{\text{КР}}^{\text{к-т исп.}} = R_{\text{пл}}^4$ .

$$R_{\text{пл}}^4 = R \cdot 4 = kab \cdot 4 = 19,3 \text{ кН, отсюда } a = \frac{19,3}{4kb} = \frac{19,3}{4 \cdot 40 \cdot 0,25} = 0,48 \text{ м.}$$

Для трактора Doutz-Fahr Agrottron L720 с 4-корпусным плугом с шириной захвата корпуса 0,48 м:

$$W_{\text{ч}}^{\text{III}2} = 0,1 \cdot 1,05 \cdot 0,81 \cdot 0,75 \cdot 1,93 \cdot 11,6 = 1,43 \text{ га/ч;}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{15,45 \cdot 0,75 + 8,5 \cdot 0,25}{1,43} = \frac{11,6 + 2,1}{1,43} = 9,58 \text{ кг/га.}$$

Аналогичные расчёты произведём для пахотного агрегата в составе с пятикорпусным и шестикорпусным плугом, данные представим в табл. 3. Видим, что часовая производительность агрегата в составе трактора Doutz-Fahr Agrottron L720 с плугом Super-Albatros HA 140M с бесступенчатой регулировкой ширины захвата выше, чем у агрегата со ступенчатой регули-

ровкой, на 7,5 %, расход топлива на 1 га меньше на 7 %. Кроме того, представленные расчёты говорят о том, что особое значение имеет правильно скомплектованный агрегат. Для данного тягового класса оптимальным вариантом является агрегат в составе с 4-корпусным плугом, агрегат с 5-корпусным плугом меньше по производительности на 17,3 %, с 6-корпусным – на 35,8 %; расход топлива на 1 га для 5-корпусного плуга выше на 20,8 %, для 6-корпусного – практически в 1,5 раза.

Другим примером влияния конструкции тракторов на экологию являются сравнительные расчёты по выполнению транспортной операции в составе тракторов Doutz-Fahr Agrottron L720 и «Беларус 2022» с прицепом ПСТ-12, тракторов John Deer 6110В и «Беларус 82.1» с прицепом 2ПТС-6 на отвозке зелёной массы кукурузы. Тракторы Doutz-Fahr Agrottron L720 и «Беларус 2022» одного тягового класса, отличаются более совершенной коробкой перемены передач (КПП) у зарубежного аналога, способной реализовать высокие эксплуатационные свойства (технические данные Doutz-Fahr Agrottron L720 представлены выше). Также более совершенна КПП у трактора John Deer 6110В, она имеет 4 диапазона по 6 передач, что способствует более рациональному использованию эксплуатационных свойств по сравнению с трактором «Беларус 82.1». Расчёты представим для трактора «Беларус 82.1», данные расчётов по другим тракторам приведены в табл. 4.

Таблица 4

Показатели, характеризующие транспортные агрегаты

Основные показатели	Транспортные агрегаты			
	Беларус 82,1+2ПТС-6	John Deer 6110В+2ПТС-6	Беларус 2022+ ПСТ-12	Doutz-Fahr Agrottron L720+ПСТ-12
Грузоподъёмность, кН	60,02	60,02	86,05	86,05
Средняя скорость движения, км/ч	22,7	25,1	26,2	27,7
Коэффициент использования скорости движения	0,77	0,77	0,77	0,77
Тяговое сопротивление прицепа с грузом, кН	4,35	4,35	6,06	6,06
Тяговое сопротивление прицепа без груза, кН	1,35	1,35	1,75	1,75
Часовая производительность, т/ч	4,86	5,38	8,3	8,95
Сменная производительность, т	34	37,6	58,1	62,6
Расход топлива на одну перевезённую тонну	2,62	2,08	2,7	1,73

Для определения производительности тракторного транспортного агрегата используем формулу

$$W_{TP} = W_{TP}^ч T_{CM},$$

где  $W_{TP}^ч$  – часовая производительность, т;  $T_{CM}$  – время смены, ч.

Часовая производительность рассчитывается по формуле

$$W_{TP}^ч = \frac{QV_{CP}}{L_{TP}} \tau_V \tau_T,$$

где  $Q$  – грузоподъёмность транспортного средства, т,  $Q = V_{куз}\rho$ ;

$V_{куз}$  – объём кузова, м<sup>3</sup>;

$\rho$  – объёмная масса перевозимого груза, т/м<sup>3</sup>;  $\rho = 0,45$  т/м<sup>3</sup>.

$V_{CP}$  – средняя скорость движения транспортного средства, км/ч;

$$V_{CP} = \frac{2V_{СГР}V_{БГР}}{V_{СГР} + V_{БГР}};$$

$V_{СГР}$  – скорость движения с грузом, км/ч;

$V_{БГР}$  – скорость движения без груза, км/ч;

$L_{ТР}$  – расстояние грузоперевозки (расстояние от поля до траншеи со взвешиванием и обратно), км;

$\tau_V$  – коэффициент использования скорости движения. Для трактора тягового класса 14 кН,  $\tau_V = 0,77$ ;

$\tau_T$  – коэффициент использования времени смены,  $\tau_T = 0,7$ .

Грузоподъёмность 2ПТС-6  $Q = 13,6 \cdot 0,45 = 6,12$  т (60,02 кН).

Для определения средней скорости движения необходимо высчитать скорость движения с грузом, т.е. после загрузки до силосной траншеи, и скорость движения без груза, т.е. от силосной траншеи до поля. Для этого необходимо определить тяговое сопротивление тракторного прицепа с грузом и без него. Тяговое сопротивление рассчитывается по формуле:  $R = Pk$ , где  $P$  – суммарный вес тракторного прицепа, кН;  $k$  – коэффициент сопротивления перекатыванию;  $k = 0,05$  (для уплотнённой полевой дороги).

$$R_{СГР} = (26,97 + 60,02) \cdot 0,05 = 4,35 \text{ кН.}$$

$$R_{БГР} = 26,97 \cdot 0,05 = 1,35 \text{ кН.}$$

Тяговое сопротивление тракторного прицепа 2ПТС-6 с грузом удовлетворяет тяговому усилию трактора «Беларус 82.1» на 9-й передаче с понижающим редуктором, без груза – на 9-й передаче без понижающего редуктора.

$$V_{CP} = \frac{2V_{СГР}V_{БГР}}{V_{СГР} + V_{БГР}} = \frac{2 \cdot 25,95 \cdot 34,31}{25,95 + 34,31} = \frac{1781}{60,3} = 29,5$$

$$\text{Часовая производительность: } W_{ТР}^ч = \frac{6,12 \cdot 29,5}{20} \cdot 0,77 \cdot 0,7 = 4,86 \text{ т/ч}$$

$$\text{Сменная производительность тракторного транспортного агрегата } W_{ТР} = 4,86 \cdot 7 = 34 \text{ т.}$$

Расход топлива:  $g_T = \frac{G_T}{W_ч}$ , где  $G_T$  – часовой расход топлива при работе с номинальной тяговой нагрузкой, кг/т.

$$g_T = \frac{G_T}{W_ч} = \frac{12,75}{4,86} = 2,62 \text{ кг/т.}$$

Представленные расчёты говорят о том, что на выброс ПГ существенное влияние оказывает система машин в целом, а также отдельно взятые тракторы, зерно- и кормоуборочные комбайны и другие энергетические средства, очень важное значение имеет правильное комплектование агрегатов как с точки зрения снижения расхода топлива, снижения выбросов  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NO_x$ , так и негативного воздействия на почву – переуплотнение, эрозия, необоснованное применение СЗР и другое.

### Выводы

Проблемы изменения климата касаются и России как одной из стран мирового сообщества. В результате субъективных национальных особенностей в России за последние 25–30 лет снизились выбросы парниковых газов. Значительно они сократились в отрасли сельского хозяйства и составляют 6–8 % от общих выбросов. Направления современного развития сельского хозяйства России должны формироваться, в первую очередь, из общеэкономических соображений для повышения объёмов производства сельскохозяйственной продукции, улучшения про-



изводительности труда. Второе: при развитии сельскохозяйственного производства необходимо учитывать технологии декарбонизации производства. Важным вопросом становится изучение экосистем и их влияния на поглощение углекислого и других парниковых газов и обеспечение эффективного контроля за углеродным балансом.

Необходимо отметить, что Россия обладает значительным потенциалом поглощения углерода лесами – 47,7 % территории России занято лесами, площадь пашни составляет 7,3 % от общей площади России, здесь также у России значительные резервы по секвестированию углерода при условии реализации технологий, повышающих секвестрационный потенциал агроландшафтов. В исследовании произведён анализ выбросов CO<sub>2</sub> в зависимости от объёмов землепользования. В исследовании проанализированы и предложены мероприятия, оказывающие влияние на углеродный баланс, представлена характеристика сельскохозяйственных машин, рабочих органов, способствующих поддержанию углеродного баланса.

Данное исследование является пилотным, здесь обозначены мировые проблемы с выбросами парниковых газов, место и значимость России в решении данной проблемы. У России, с учетом огромной доли лесов и современного состояния сельского хозяйства, имеются значительные возможности по регулированию углеродного баланса. Сохранность лесов, разработка эффективных технологий воспроизводства и содержания лесных угодий – это задача наших коллег, учёных лесотехнических университетов (Уральского ГЛТУ, Воронежского ГЛТУ). Свои дальнейшие направления исследований, анализа, моделирования мы видим в следующем: изучить влияние основных агротехнических приёмов обработки почвы, севооборотов, видов сельскохозяйственных культур, неиспользуемых земель на выбросы и поглощение ПГ (CO<sub>2</sub>); разработать предложения по оптимизации сельскохозяйственного производства с точки зрения достижения углеродного баланса; смоделировать эффективную сбалансированную экономику сельского хозяйства региона с учётом максимального производства продукции с минимальными затратами и оптимального углеродного баланса; разработать и предложить систему машин, способствующих поддержанию углеродного баланса [14]. В доходной части экономики региона, особенно сельского хозяйства, обязательно необходимо учитывать реализацию «карбоновых квот», в том числе и для зарубежных производителей продукции [15]. У России есть для этого все возможности.

### Список литературы

1. Морозов А. Парижское соглашение по климату – пример действий коллективного разума планеты // Энергия: экономика, техника, экология. – 2018. – № 1. – С. 52–55.
2. Магомадов И.Х. Парижское соглашение по климату: обзор основных положений и позиция России // Проблемы рыночной экономики. – 2018. – № 3. – С. 38–42.
3. Сидорова Т.Ю. Реализация идеи дифференцированной ответственности от Киотского протокола до Парижского соглашения // Сибирский юридический вестник. – 2018. – № 1 (80). – С. 138–142.
4. Кудеяров В.Н. Углеродный баланс наземных экосистем на территории России к 25-летию принятия рамочной конвенции ООН об изменении климата // Вестник Российской академии наук. – 2018. – Т. 88, № 2. – С. 179–183.
5. Применимость международных индикаторов оценки нейтрального баланса деградации земель к бореальным лесам России / А.В. Птичников, Д.В. Карелин, В.М. Котляков, В.А. Паутов, А.Ю. Боровлёв, Д.А. Кузнецова, Д.Г. Замолотчиков, В.И. Грабовский // Доклады Академии наук. – 2019. – Т. 489, № 2. – С. 195–198.
6. Кудеяров В.Н. Дыхание почв и биогенный сток углекислого газа на территории России (аналитический обзор) // Почвоведение. – 2018. – № 6. – С. 643–658.
7. Макаров И.А., Степанов И.А. Парижское соглашение по климату: влияние на мировую энергетику и вызовы для России // Актуальные проблемы Европы. – 2018. – № 1. – С. 77–100.
8. Голдина И.И., Зорков В.С. Роль технических средств, ресурсосберегающих технологий в освоении заброшенных земель // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспе-

чение производства и переработки продукции растениеводства. Ресурсосберегающие технологии, технические средства и цифровая платформа АПК: сборник материалов научно-практической конференции. – 2020. – С. 156–159.

9. Iovlev G.A., Goldina I.I., Zorkov V.S. Unused Agricultural Land in Russia – the Significance and Impact on the Economy of Agricultural Production // E3S Web of Conferences. Ser. "International Scientific and Practical Conference "Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad. – DAIC, 2020. – P. 3014.

10. Гордеева Е.М., Пугач В.Н. Парижское соглашение и «Климатическая нейтральность»: роль сектора «Землепользование» // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 3. – С. 219–227.

11. Тарко А.М. Мировое развитие и Парижское климатическое соглашение // Стратегические приоритеты. – 2019. – № 1 (21). – С. 129–148.

12. Марьин Е.В. Парижское соглашение как механизм снижения выбросов на международном уровне // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. – № 5–4 (56). – С. 98–100.

13. Величина баланса углерода лесов в национальной климатической политике России и Канады / А.Н. Кренке, А.В. Птичников, Е.А. Шварц, И.К. Петров // Доклады Российской академии наук. Науки о земле. – 2021. – Т. 501, № 2. – С. 231–236.

14. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Формирование технического потенциала для введения в оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения // Дискуссия. – 2020. – № 6 (103). – С. 88–98.

15. Буквич Р.М., Петрович Д.Р. Парниковый эффект и рыночные механизмы Киотского протокола // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 1 (68). – С. 139–158.

## References

1. Morozov A. Parizhskoye soglasheniye po klimatu – primer deystviy kollektivnogo razuma planety [Paris agreement on the climate – an example of the actions of the collective mind of the planet]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya*, 2018, no. 1, pp. 52-55.

2. Magomadov I.KH. Parizhskoye soglasheniye po klimatu: obzor osnovnykh polozheniy i pozitsiya Rossii [Paris Agreement on Climate: Review of the Main Provisions and Position of Russia]. *Problemy rynochnoy ekonomiki*, 2018, no. 3, pp. 38-42.

3. Sidorova T.YU. Realizatsiya idei differentsirovannoy otvetstvennosti ot Kiotskogo protokola do Parizhskogo soglasheniya [Implementation of the idea of differentiated responsibility from the Kyoto Protocol to the Paris Agreement]. *Sibirskiy yuridicheskiy vestnik*, 2018, no. 1 (80), pp. 138-142.

4. Kudeyarov V.N. Uglernodnyy balans nazemnykh ekosistem na territorii Rossii k 25-letiyu prinyatiya rarnochnoy konventsii OON ob izmenenii klimata [Carbon balance of terrestrial ecosystems in Russia on the 25th anniversary of the adoption of the UN framework convention on climate change]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*, 2018, vol. 88, no. 2, pp. 179-183.

5. Ptichnikov A.V., Karelin D.V., Kotlyakov V.M., Pautov V.A., Borovlev A.Yu., Kuznetsova D.A., Zamolodchikov D.G., Grabovsky V.I. Primenimost' mezhdunarodnykh indikatorov otsenki neytral'nogo balansa degradatsii zemel' k boreal'nym lesam Rossii [Applicability of international indicators for assessing the neutral balance of land degradation to the boreal forests of Russia]. *Doklady Akademii nauk*, 2019, vol. 489, no. 2, pp. 195-198.

6. Kudeyarov V.N. Dykhaniye pochv i biogenyy stok uglekislogo gaza na territorii Rossii (analiticheskiy obzor) [Soil respiration and biogenic runoff of carbon dioxide on the territory of Russia (analytical review)]. *Pochvovedeniye*, 2018, no. 6, pp. 643-658.

7. Makarov I.A., Stepanov I.A. Parizhskoye soglasheniye po klimatu: vliyanie na mirovuyu energetiku i vyzovy dlya Rossii [Paris Agreement on Climate: Impact on World Energy and Challenges for Russia]. *Aktual'nyye problemy Yevropy*, 2018, no. 1, pp. 77-100.

8. Goldina I.I., Zorkov V.S. Rol' tekhnicheskikh sredstv, resursosberegayushchikh tekhnologiy v osvoyenii zabroshennykh zemel' [The role of technical means, resource-saving technologies in the development of abandoned lands]. V sbornike: Ot inertsiy k razvitiyu: nauchno-innovatsionnoye obespecheniye proizvodstva i pererabotki produktsii rasteniyevodstva. Resursosberegayushchiye tekhnologii, tekhnicheskiye sredstva i tsifrovaya platforma APK. Sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii, 2020, pp. 156-159.

9. Iovlev G.A., Goldina I.I., Zorkov V.S. Unused Agricultural Land in Russia - the Significance and Impact on the Economy of Agricultural Production. Collection: E3S Web of Conferences. Ser. "International Scientific and Practical Conference" Development of the Agro-industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad ", DAIC 2020", 2020, pp. 3014.

10. Gordeyeva Ye.M., Pugach V.N. Parizhskoye soglasheniye i «Klimaticheskaya neytral'nost'»: rol' sektora «Zemlepol'zovaniye» [The Paris Agreement and Climate Neutrality: the Role of the Land Use Sector]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2021, no. 3, pp. 219-227.

11. Tarko A.M. Mirovoye razvitiye i Parizhskoye klimaticheskoye soglasheniye [World Development and the Paris Climate Agreement]. *Strategicheskiye prioriteti*, 2019, no. 1 (21), pp. 129-148.

12. Mar'in Ye.V. Parizhskoye soglasheniye kak mekhanizm snizheniya vybrosov na mezhdunarodnom urovne [The Paris Agreement as a mechanism for reducing emissions at the international level]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i yestestvennykh nauk*, 2021, no. 5-4 (56), pp. 98-100.

13. Krenke A.N., Ptichnikov A.V., Shvarts Ye.A., Petrov I.K. Velichina balansa ugleroda lesov v natsional'noy klimaticheskoy politike Rossii i Kanady [The value of the carbon balance of forests in the national climate policy of Russia and Canada]. *Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Nauki o zemle*, 2021, vol. 501, no. 2, pp. 231-236.

14. Iovlev G.A., Goldina I.I. Formirovaniye tekhnicheskogo potentsiala dlya vvedeniya v oborot neispol'zuyemykh zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Formation of technical potential for the introduction of unused agricultural land into circulation]. *Diskussiya*, 2020, no. 6 (103), pp. 88-98.

15. Bukvich R.M., Petrovich D.R. Parnikovyy efekt i rynochnyye mekhanizmy Kiotskogo protokola [Greenhouse effect and market mechanisms of the Kyoto Protocol]. *Vestnik NGIEI*, 2017, no. 1 (68), pp. 139-158.

#### Об авторах

**Иовлев Григорий Александрович** (Екатеринбург, Россия) – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК» Уральского государственного аграрного университета (Россия, 620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42, e-mail: gri-iovlev@yandex.ru).

**Голдина Ирина Игоревна** (Екатеринбург, Россия) – старший преподаватель кафедры «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК» Уральского государственного аграрного университета (Россия, 620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42, e-mail: ir.goldina@mail.ru).

#### About the authors

**Grigory A. Iovlev** (Yekaterinburg, Russian Federation) – Ph.D in Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Service of Transport and Technological Machines and Equipment in Agro Industrial Complex Ural State Agrarian University (42, K. Liebknecht str., Yekaterinburg, 620075, Russian Federation, e-mail: gri-iovlev@yandex.ru).

**Irina I. Goldina** (Yekaterinburg, Russian Federation) – Senior Lecturer of the Department of Service of Transport and Technological Machines and Equipment in Agroindustrial Complex Ural State Agrarian University (42, K. Liebknecht str., Yekaterinburg, 620075, Russian Federation, e-mail: ir.goldina@mail.ru).

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 21.12.2021

Одобрена: 18.01.2022

Принята к публикации: 01.03.2022

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Иовлев, Г.А. Сельское хозяйство, транспорт и карбоновые проблемы / Г.А. Иовлев, И.И. Голдина // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2022. – № 1. – С. 25–35. DOI: 10.15593/24111678/2022.01.04

Please cite this article in English as: Iovlev G.A., Goldina I.I. Agriculture, transport and carbon problems. *Transport. Transport facilities. Ecology*, 2022, no. 1, pp. 25–35. DOI: 10.15593/24111678/2022.01.04