

УДК 004.942:504.064:551.588.7

УГЛЕРОДНЫЕ КАЛЬКУЛЯТОРЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТ ЖИВОТНОВОДСТВА

© 2021 г. О. Э. Суховеева*

Представлено академиком РАН Ю.А. Юлдашбаевым 06.11.2020 г.

Поступило 06.11.2020 г.

После доработки 18.12.2020 г.

Принято к публикации 19.12.2020 г.

Углеродные калькуляторы – программы для расчета эмиссии парниковых газов (углеродного следа) от сельскохозяйственного производства в масштабах одного предприятия. Они созданы на основе методик МГЭИК, но пока не используются в России. Цель исследования состояла в анализе эффективности их применения для оценки эмиссии от животноводства и разработке рекомендаций по ее снижению. В качестве объектов исследования были выбраны четыре широко распространенных калькулятора: Cool Farm Tool, AgRE-Calc, Farm Carbon Calculator и Ex-Act. Среди них наиболее удобным и эффективным был признан Cool Farm Tool. Тогда как в AgRE-Calc и Farm Carbon Calculator недостаточно полно представлены технологические особенности выращивания животных. Ex-Act мало пригоден для сектора животноводства, поскольку базируется на изменении землепользования. По данным машинных экспериментов, наиболее эффективный тип хозяйствования с точки зрения снижения эмиссии ПГ – это полный выпас, при котором навоз остается на полях, а также нет трат на производство дополнительных кормов. В этом случае эмиссия снижается для коров на 2.45 и для лошадей на 0.84 т CO₂-экв./гол.-год (Cool Farm Tool); а также для коров на 0.53 и для лошадей на 0.42 т CO₂-экв./гол.-год (Farm Carbon Calculator). Но это ведет к экстенсивному хозяйствованию. Вторым вариантом является изменение рациона, в том числе затрат на производство кормов: исключение из рациона зеленых кормов при стойловом содержании позволит снизить эмиссию на 0.05 (AgRE-Calc) – 0.14 (Cool Farm Tool) т CO₂-экв./гол.-год, а исключение силоса приведет к снижению на 0.96 т CO₂-экв./гол.-год. Но подобные решения могут привести к ухудшению сбалансированности рациона. Для снижения эмиссии ПГ от животноводства можно рекомендовать постепенно снижать численность домашних животных. Farm Carbon Calculator, AgRE-Calc и Ex-Act существенно завышают интенсивность поглощения ПГ лесами. Вследствие несоответствия оценок между калькуляторами их необходимо применять комплексно.

Ключевые слова: диоксид углерода, метан, закись азота, коровы, овцы, лошади

DOI: 10.31857/S2686739721030117

ВВЕДЕНИЕ

Углеродные калькуляторы – программы для расчета эмиссии парниковых газов (ПГ), или так называемого углеродного следа, от сельскохозяйственного производства в масштабах одного предприятия. Обычно они состоят из нескольких программных модулей, посвященных животноводству, растениеводству, управлению отходами, использованию топлива и энергии, и построены по принципу выпадающего меню и введения небольшого количества переменных в фиксированные ячейки. Калькуляторы появились в 2010-х годах после опубликования в 2006 г. методик

МГЭИК и начали активно использоваться в мире, начиная с европейских стран. Но в России они не распространены, до сих пор ни одной русскоязычной публикации, посвященной этой теме.

По нашим прогнозам, в ближайшее время применение углеродных калькуляторов в нашей стране должно стать особенно актуальным, поскольку подобные технологии могут помочь уменьшить эмиссию ПГ от животноводства, хотя до нуля она никогда не снизится. По данным Национального доклада о кадастре парниковых газов, более трети эмиссии ПГ от сельского хозяйства составляют выбросы метана от внутренней ферментации домашних животных. В 2018 г. они были равны 49.0 млн т CO₂-экв., при общей эмиссии от сектора 126.7 млн т CO₂-экв. Введение углеродного сбора (в соответствии с принципами Парижского соглашения) негативно скажется на сельскохозяйственных предприятиях и может по-

*Институт географии Российской академии наук,
Москва, Россия*

*E-mail: olgasukhoveeva@gmail.com

ставить под угрозу продовольственную безопасность страны [2].

С нашей точки зрения, можно выделить пять преимуществ углеродных калькуляторов:

- работают онлайн, находятся в свободном доступе,
- позволяют рассчитывать, сравнивать потоки между собой и прогнозировать их интенсивность,
- просты в использовании,
- дают оценку на уровне хозяйства,
- могут быть использованы для широкого круга сельскохозяйственных предприятий.

По нашему мнению, следует указать на недостатки углеродных калькуляторов:

- внутренние параметры и встроенные уравнения не могут быть скорректированы,
- учитывают только антропогенные факторы эмиссии,
- не учитывают климатические параметры и особенности природных зон,
- слабо представлены модули поглощения углерода.

На наш взгляд, калькуляторы мало пригодны для оценки эмиссии ПГ от растениеводства, поскольку не позволяют учесть особенности технологий возделывания сельскохозяйственных культур в разных географических зонах (прежде всего, изменения в датах посева и уборки). Тогда как в секторе животноводства усредненный подход вполне допустим, поскольку животные содержатся в помещениях с контролируемыми микроклиматическими условиями и питаются согласно разработанному рациону.

Цель исследования состояла в анализе эффективности применения углеродных калькуляторов для оценки эмиссии ПГ от животноводства и разработке рекомендаций по ее снижению.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были выбраны четыре наиболее распространенных углеродных калькулятора (табл. 1), которые получили самые высокие оценки по таким критериям, как практичность, полезность, понятность и полнота в британской Программе мониторинга и моделирования окружающей среды и сельских районов [9]: Cool Farm Tool, AgRE-Calc, Farm Carbon Calculator и Ex-Act. Расчеты проводились на примере трех хозяйств, руководство которых любезно разрешило воспользоваться данными о них (табл. 2). В процессе машинных экспериментов для определения наиболее оптимального способа содержания животных с целью снижения эмиссии ПГ исходные реальные параметры комбинировались с теоретически возможными.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исходя из структуры калькуляторов, вырисовывается два способа их использования:

- расчет углеродного баланса хозяйства с целью определить, является ли оно источником или стоком ПГ для атмосферы,
- расчет эмиссии ПГ для оценки возможных путей ее снижения.

Снижение эмиссии ПГ возможно по трем направлениям:

- уменьшение поголовья домашних животных,
- изменение их рациона, в т.ч. сокращение затрат на производство кормов,
- изменение систем управления навозом.

Можно заметить, что AgRE-Calc и Ex-Act выдают более высокие показатели эмиссии, тогда как Cool Farm Tool и Farm Carbon Calculator их занижают (табл. 3). Разница между результирующими значениям составляет 2.0–2.5 раза для коров и 2.4–3.0 раза для овец. Для лошадей она не превышает 40%.

По данным машинных экспериментов, наиболее эффективный тип хозяйствования для снижения эмиссии — это полный выпас, при котором навоз остается на полях, а также нет затрат на производство дополнительных кормов. Согласно оценкам с использованием Cool Farm Tool, в этом случае эмиссия снижается для коров на 2.45 т CO₂-экв./гол.-год (рис. 1), для лошадей — на 0.84 т CO₂-экв./гол.-год (рис. 2). Оценки на основе Farm Carbon Calculator соответствуют снижению эмиссии на 0.53 т CO₂-экв./гол.-год для коров и на 0.42 т CO₂-экв./гол.-год для лошадей (рис. 4). Но этот вариант предполагает экстенсивное ведение хозяйства, необходимость расширения площадей пастбищ, снижение продуктивности, что в конечном итоге будет вести к экономическим убыткам. По данным AgRE-Calc (рис. 3), оставление навоза на полях, наоборот, приведет к увеличению эмиссии ПГ на 0.73 т CO₂-экв./гол.-год по сравнению с его твердым хранением.

Интересно отметить, что по результатам расчетов с помощью Cool Farm Tool снижения эмиссии ПГ можно добиться изменением принципов кормления животных. Исключение из рациона силоса приведет к снижению эмиссии на 0.96, а исключение зеленых кормов — на 0.14 т CO₂-экв./гол.-год (рис. 1). Таким образом, отказ от этих двух типов кормов и использование только зерна и соломы позволяют уменьшить эмиссию примерно в той же степени, как и сокращение поголовья в два раза. Хотя при этом может ухудшиться сбалансированность рациона, что приведет к снижению продуктивности животных. Напротив, в AgRE-Calc существенной разницы между вариантами рационов не прослеживается (исключение из рациона зеленых кормов при

Таблица 1. Сравнительная характеристика углеродных калькуляторов

Название	Cool Farm Tool	AgRE-Calc (Agricultural Resource Efficiency Calculator)	Farm Carbon Calculator	Ex-Act (the EX-Ante Carbon-balance Tool)
Компания-разработчик	Идея Sustainable Food Lab, Unilever, и University of Aberdeen, дизайн и разработка Antithesis Group, управление Cool Farm Alliance	SAC Commercial Ltd, коммерческое подразделение Scotland's Rural College	Разработка Farm Carbon Cutting Toolkit, финансирование Esmée Fairbairn Foundation	ФАО
Год создания	2011	2014	2012	2010
Ссылка на web-ресурс	https://app.coolfarm-tool.org/	https://app.agre-calc.com/index.php	https://calculator.farmcarbontool-kit.org.uk/	http://www.fao.org/tc/exact/ex-act-home/en/
Форма работы	онлайн	онлайн	онлайн	оффлайн, Excel
Раздельный учет трех ПГ	да	да	нет	нет
Учет кормления и рационов	да	да	нет	частично
Учет выпаса	да	нет	нет	частично
Учет поглощения (секвестрации)	нет	да	да	да
Соответствие методике МГЭИК	Уровень 1 или 2 в зависимости от входных данных	Уровень 2	Уровень 1	Уровень 1 и 2
Принцип расчета	На единицу продукции	Суммарно на хозяйство, на единицу площади и на единицу продукции	Суммарно на хозяйство	Суммарно на хозяйство и на единицу площади
Представление результатов	Отдельно по каждому ПГ в кг и т CO ₂ -экв.	Отдельно по каждому ПГ, т CO ₂ -экв.	Суммарно, т CO ₂ -экв.	Суммарно, т CO ₂ -экв.
Вид животных	Коровы	да	да	да
	Лошади	да	нет	да
	Свиньи	да	да	да
	Овцы	да	да	да
	Птица	да	да	да

стойловом содержании животных позволит снизить эмиссию ПГ лишь на 0.05 т CO₂-экв./гол.-год), т.е. фактически затраты на производство 1 кг любых кормов, а следовательно, и интенсивность эмиссии ПГ, эквивалентны друг другу.

В рассматриваемых хозяйствах или нет стоков углерода, или данных по ним недостаточно. Поэтому в качестве примера компенсации эмиссии ПГ от животноводства была приведена стандартная удельная секвестрация углерода лесами. Farm Carbon Calculator оценивает возможное поглощение хвойными, смешанными и широколиствен-

ными лесами в 5.66; 5.84 и 6.19 т CO₂-экв./га-год, соответственно, а многолетними насаждениями – в 3.80 т CO₂-экв./га-год. Таким образом, каждый гектар леса компенсирует эмиссию ПГ от 1.4–2.3 коров или 22.3–36.4 овец. Кроме того, по данным этого калькулятора, увеличение содержания органического углерода в почве на каждые 0.1% соответствует секвестрации 255.2 т CO₂-экв./га-год.

AgRE-Calc оценивает секвестрацию углерода хвойными и широколиственными лесами в 10.89 т CO₂-экв./га-год, что эквивалентно эмиссии ПГ от 1.6 коров и 27.2 овец. Ex-Act, как было сказано

Таблица 2. Объекты исследования

Название	СПК “Амосовский”	КФХ Е.А. Гусева	ОАО Чувашский конный завод им. В.И. Чапаева
Местонахождение хозяйства	Курская обл., Медвенский р-н	Рязанская обл., Сапожковский р-н	Республика Чувашия, Ядринский р-н
Руководитель	В.С. Кузнецова	Е.А. Гусев	Р.Н. Малов
Вид животных	Коровы, молочное направление	Овцы	Лошади
Численность животных, гол. (в 2019 г.)	1837	700	60
Содержание	Загонное, рацион из зерна, силоса, соломы, зеленой массы	Свободный выпас с прикормкой зерном	Свободный выпас с прикормкой овсом
Управление навозом	Компостирование с последующим вывозом на поля	Остается на пастбище	Остается на пастбище

Таблица 3. Результаты расчетов при исходном варианте хозяйствования, т CO₂-экв./год

Вид животных	Калькулятор	Cool Farm Tool		AgRE-Calc		Farm Carbon Calculator		Ex-Act	
		На хозяйство	На голову	На хозяйство	На голову	На хозяйство	На голову	На хозяйство	На голову
Коровы	СПК “Амосовский”	5278	2.87	12320	6.71	5040	2.74	10611	5.78
Овцы	КФХ Е.А. Гусева	95	0.16	280	0.40	122	0.17	343	0.49
Лошади	Чувашский конный завод	81	1.35	—	—	68	1.13	95	1.58

выше, не оценивает текущее состояние хозяйства, а рассчитывает изменения эмиссии в результате выполнения некоего проекта. По этому принципу нами было определено, что при переводе пахотных земель в луговые поглощается 12 т CO₂-экв./га-год, деградированных земель в многолетние насаждения — 20 т CO₂-экв./га-год, лугов в леса — 68 т CO₂-экв./га год и пашен в леса — 81 т CO₂-экв./га-год. Это соответствует компенсации эмиссии ПГ от 2.1–75.2 коров или 24.5–165.3 овец.

ОБСУЖДЕНИЕ

Выше была отмечена значительная разница между результатами расчетов по четырем выбранным калькуляторам. Сложно определить, какие из этих оценок точнее, поскольку в других источниках диапазон значений еще более широкий. Так, в ГОСТ Р 56267–2014 “Газы парниковые. Определение количества выбросов парниковых газов в организациях и отчетность” оценочный коэффициент выбросов для одной коровы составляет 1.89 т CO₂-экв./год, что гораздо ниже цифр, полученных в данной работе. По данным

российских исследователей, в нашей стране содержание молочной коровы приводит к эмиссии ПГ в среднем в размере 5.13 т CO₂-экв./год, или 0.64 кг CO₂-экв./кг молока [1]. Эти оценки наиболее близки к результатам Ex-Act. По зарубежным данным, молочная корова местной породы выделяет в атмосферу 1.54 кг CO₂-экв./кг молока, корова высокопродуктивной породы — 2.63 кг CO₂-экв./кг молока [7], что в 1.5–2.0 раза выше, чем результаты настоящего исследования (0.44–1.03 кг CO₂-экв./кг молока).

С точки зрения сокращения эмиссии ПГ в атмосферу оптимален вариант свободного содержания животных на пастбище, хотя это неприемлемо с позиции построения интенсивного хозяйства и поддержания необходимого уровня производства продукции, а также несет опасность деградации почв в результате перевыпаса. Учитывая то, что результаты расчетов разных калькуляторов по системам управления навозом несут противоречивый характер, а снизить эмиссию в результате внутренней ферментации на сегодняшний день не представляется возможным, следует признать, что для уменьшения эмиссии ПГ от животноводства необходимо постепенно

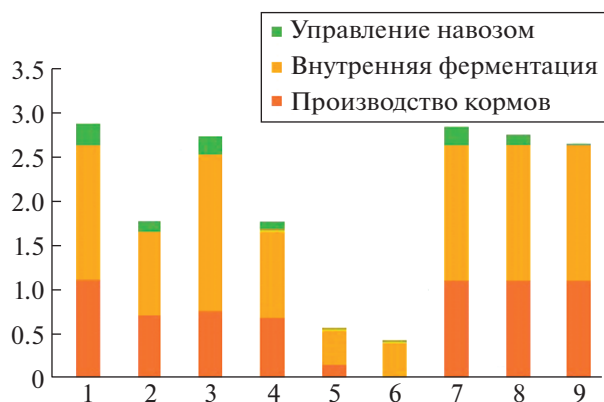


Рис. 1. Результаты расчетов для коров на основе Cool Farm Tool, т CO_2 -экв./гол.-год. 1 – исходный вариант (полный рацион, навоз компостируется); 2 – половина поголовья; 3 – без зеленого корма (силос, зерно, солома); 4 – без зеленого корма и силоса (зерно, солома); 5 – без зеленого корма и силоса (зерно, солома); 6 – полный выпас; 7 – хранение навоза в твердом виде; 8 – 50% навоза хранится, 50% разбрасывается; 9 – разбрасывание навоза на полях.

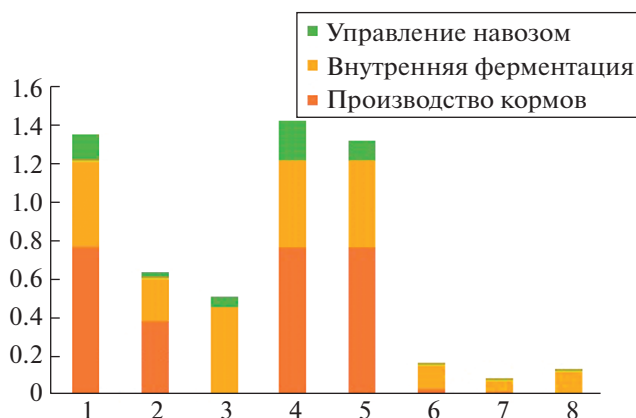


Рис. 2. Результаты расчетов для лошадей и овец на основе Cool Farm Tool, т CO_2 -экв./гол.-год. Лошади: 1 – исходный вариант (полный рацион, навоз остается на полях); 2 – половина поголовья; 3 – полный выпас; 4 – навоз компостируется; 5 – 50% навоза хранится, 50% разбрасывается; Овцы: 6 – исходный вариант (выпас с подкормкой, навоз остается на полях); 7 – половина поголовья; 8 – полный выпас.

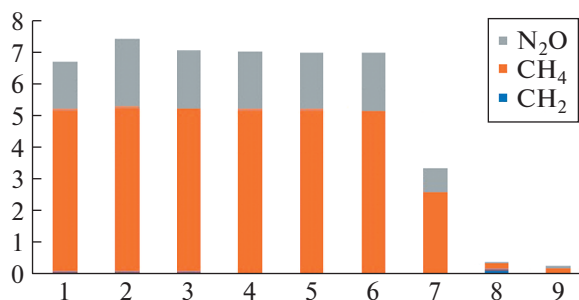


Рис. 3. Результаты расчетов для коров и овец на основе AgRE-Calc, т CO_2 -экв./гол.-год. Коровы: 1 – полный рацион, хранение навоза в твердом виде; 2 – полный рацион, разбрасывание навоза по полям; 3 – полный рацион, 50% навоза хранится, 50% разбрасывается; 4 – без зеленого корма (силос, зерно, солома); 5 – без зеленого корма и силоса (зерно, солома); 6 – без зеленого корма, силоса, зерна (солома); 7 – половина поголовья; Овцы: 8 – выпас с подкормкой; 9 – полный выпас.

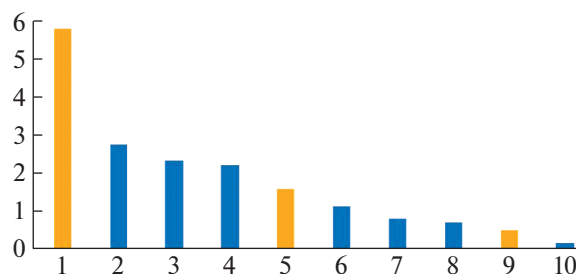


Рис. 4. Результаты расчетов с помощью Ex-Act (желтые столбцы) и Farm Carbon Calculator (FCC) (синие столбцы), т CO_2 -экв./гол.-год. 1 – Ex-Act, коровы; 2 – FCC, коровы, навоз компостируется; 3 – FCC, коровы, навоз остается на пастбище; 4 – FCC, коровы, навоз разбрасывается по полям; 5 – Ex-Act, лошади; 6 – FCC, лошади, навоз компостируется; 7 – FCC, лошади, навоз остается на пастбище; 8 – FCC, лошади, навоз разбрасывается по полям; 9 – Ex-Act, овцы; 10 – FCC, овцы.

снижать численность домашних животных. С одной стороны, это может быть неэффективно с экономической точки зрения. С другой, это позволит снизить затраты на производство продукции растениеводства, поскольку именно домашние животные используют 60% мирового урожая фитомассы [10].

Отдельный аспект связан с оценкой возможных стоков ПГ в данном хозяйстве или в соседних экосистемах. Нами было определено, что каждый гектар леса способен секвестрировать углерод в количестве, равном тому, которое выделяют 1.4–2.3 коровы (при загонном содержании) или 22.3–

36.4 овец (при содержании на пастбище). Но выходные значения калькуляторов значительно превышают цифры из официальных документов. Так, по данным о площади земель, покрытых лесом [3], и поглощении ПГ лесными землями [4], можно определить приблизительный удельный сток углерода в леса. Например, в 1998 г. секвестрация составила 0.72 т CO_2 -экв./га-год, а в 2008 г. – 0.81 т CO_2 -экв./га-год, что значительно меньше, чем выходные данные трех калькуляторов, в которых присутствует блок поглощения ПГ (AgRE-Calc, Farm Carbon Calculator, Ex-Act). Таким об-

разом, углеродные калькуляторы значительно повышают интенсивность поглощения ПГ лесами.

Важно понимать, что калькуляторы не дают советов и не предлагают модификаций в ведении хозяйства. Более того, они по-разному реагируют на вводимые пользователем изменения в моделируемой системе, поэтому их оценки могут значительно варьировать. Даже в тех случаях, когда показатели разных калькуляторов на уровне хозяйства кажутся одинаковыми, составляющие этих оценок могут различаться. Вследствие этого следует с осторожностью относиться к рассчитанным стратегиям снижения эмиссии ПГ и смягчения климатических изменений [11].

По удобству использования, возможности представить результаты в виде потоков ПГ, учету различных аспектов и широте охвата технологических особенностей животноводства, лучшими, на наш взгляд, следует признать два углеродных калькулятора – Cool Farm Tool и AgRE-Calc. К небольшим недостаткам последнего следует отнести невозможность учесть особенности выпаса животных, а также отсутствие модуля, посвященного лошадям.

Cool Farm Tool интересен тем, что дает возможность вводить и анализировать данные, выходящие за рамки стандартных методов инвентаризации [8]. Он широко используется в мире. Например, с его помощью была проведена оценка эмиссии ПГ в Индии [12], определено необходимое количество азотных удобрений для кукурузы в Кении и Эфиопии [5], на 25% снижена эмиссия ПГ при производстве яиц в Великобритании [13]. Однако он не дает возможности оценить поглощение ПГ.

Farm Carbon Calculator упрощенно подходит к оценке углеродного следа, не разделяет его по парниковым газам, не учитывает особенности кормления и выпаса животных. Это может представлять определенные трудности для сельскохозяйственного производителя в процессе принятия управленческих решений, поскольку не понятно, какой поток с какой технологической операцией связан. Хотя его безусловной положительной особенностью является наличие модуля секвестрирования углерода лесами и многолетними насаждениями.

Ex-Act мало применим в отрасли животноводства, поскольку ориентирован на оценку изменений землепользования. Он рассчитывает углеродный баланс от выбросов ПГ и их секвестрации, причем принцип его работы строится на сравнении ситуации до и после внедрения проекта [6]. Ex-Act берет во внимание некоторые характеристики выращивания животных (практики кормления, использование пищевых добавок, селекция), но пользователь должен вводить в качестве входных данных их влияние на эмиссию ПГ

в процентном выражении, что конечно же будет вызывать затруднения.

ВЫВОДЫ

Для оценки эмиссии ПГ от животноводства на уровне хозяйства наиболее приемлемым следует признать использование углеродного калькулятора Cool Farm Tool. В AgRE-Calc и Farm Carbon Calculator недостаточно полно представлены технологические особенности выращивания животных. Ex-Act мало пригоден для сектора животноводства, поскольку базируется на изменении землепользования.

Вследствие несовпадения оценок между калькуляторами, касающихся корректировки рациона и управления навозом, их необходимо применять комплексно. Исходя из особенностей каждого хозяйства для снижения эмиссии ПГ могут быть рекомендованы перевод на пастбищное содержание, изменение рациона или постепенное сокращение поголовья домашних животных.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено за счет средств Российского научного фонда, проект № 20-76-00023, а также темы госзадания Института географии РАН № 0148-2019-0009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грднева Т.Т. Эмиссия вредных газов при производстве животноводческой продукции // Вестник ВНИИМЖ. 2012. № 4 (8). С. 61–69.
2. Доклад “Риски реализации Парижского климатического соглашения для экономики и национальной безопасности России: краткое содержание и основные положения Института проблем естественных монополий” http://ipem.ru/files/files/other/doklad_riski_realizacii_parizhskogo_klimaticheskogo_soglasheniya_dlya_ekonomiki_i_nacionalnoy_bezopasnosti_rossii.pdf
3. Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Курц В. Управление балансом углерода лесов России: прошлое, настоящее и будущее // Устойчивое лесопользование. 2014. № 2 (39). С. 23–31.
4. Первый двухгодичный доклад Российской Федерации, представленный в соответствии с решением 1/СР.16 Конференции сторон Рамочной конвенции Организации объединенных наций об изменении климата. М.: Росгидромет, 2014. 27 с.
5. Bellarby J., Stirling C., Vetter S.H., Kassie M., Kanampiu F., Sonder K., Smith P., Hillier J. Identifying Secure and Low Carbon Food Production Practices: A Case Study in Kenya and Ethiopia // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2014. V. 197. P. 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.07.015>
6. Bernoux M., Branca G., Carro A., Lipper L., Smith G., Bockel L. Ex-ante Greenhouse Gas Balance of Agricul-

- ture and Forestry Development Programs // *Scientia Agricola*. 2010. V. 67. № 1. P. 31–40.
7. *Forabosco F., Canu F.A., Mantovani R.* Greenhouse Gas Emissions of Livestock Raised in a Harsh Environment // *International Journal of Global Warming*. 2018. V. 15. № 4. <https://doi.org/10.1504/IJGW.2018.093748>
 8. *Hillier J., Walter C., Malin D., Garcia-Suarez T., Mila-i-Canals L., Smith P.* A Farm-focused Calculator for Emissions from Crop and Livestock Production // *Environmental Modelling & Software*. 2011. V. 26. Is. 9. P. 1070–1078. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.03.014>
 9. *Martineau A.H., Williams A.G., Chadwick D., Thomson A.* Technical Annex 7: Systems Approach to GHG Emissions Reduction // *In Environment and Rural Affairs Monitoring & Modelling Programme (ERAMMP): Sustainable Farming Scheme Evidence Review. Report to Welsh Government (Contract C2)*. 2019. Centre for Ecology & Hydrology Project NEC06297. <https://doi.org/10/2016/2017>
 10. *Sejian V., Ravindra J.P., Samal L., Haque N., Bagath M., Hyder I., Maurya V.P., Bhatta R., Prasad C.S., Lal R.* Overview on Adaptation, Mitigation and Amelioration Strategies to Improve Livestock Production Under the Changing Climatic Scenario // *Climate change impact on livestock: adaptation and mitigation*. Springer (India) Private Ltd., 2015. P. 359–397. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2265-1_22
 11. *Sykes A.J., Topp C.F.E., Wilson R.M., Reid G., Rees R.M.* A Comparison of Farm-level Greenhouse Gas Calculators in Their Application on Beef Production Systems // *Journal of Cleaner Production*. 2017. № 164. P. 398–409. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.197>
 12. *Vetter S.H., Sapkota T.B., Hillier J., Stirling C.M., Macdiarmid J.I., Aleksandrowicz L., Greene R., Joy E.J.M., Dangour A.D., Smith P.* Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Food Production to Supply Indian Diets: Implications for Climate Change Mitigation // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. V. 237. P. 234–241. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.024>
 13. *Vetter S.H., Malin D., Smith P., Hillier J.* The Potential to Reduce GHG Emissions in Egg Production Using a GHG Calculator – A Cool Farm Tool Case Study // *Journal of Cleaner Production*. 2018. V. 202. P. 1068–1076. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.199>

CARBON CALCULATORS AS A TOOL FOR ASSESSING GREENHOUSE GASES EMISSION FROM LIVESTOCK

O. E. Sukhoveeva[#]

Institute of geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

[#]*E-mail: olgasukhoveeva@gmail.com*

Presented by Academician of the RAS Yu.A. Yuldabashev November 6, 2020

Carbon calculators – programs for calculating greenhouse gas emissions (carbon footprint) from agricultural production on a scale of a farm. They were created on the base of IPCC methods but don't used in Russia yet. The purpose of the study was to analyze the effectiveness of their application to assess emissions from livestock and develop recommendations for its reduction. Four of the most common calculators were selected as the objects of the research: Cool Farm Tool, AgRE Calc, Farm Carbon Calculator and Ex-Act. Among them, the Cool Farm Tool was recognized as the most convenient and effective. AgRE Calc and Farm Carbon Calculator do not fully represent the technological features of animal rearing. The Ex-Act is not suitable for the livestock sector because it is based on land use change. According to machine experiments, the most efficient type of farming in terms of reducing greenhouse gas emissions is full grazing, in which manure remains in the fields, and there is no expenditure on the production of additional feed. In this case, the emission is reduced for cows by 2.45 and for horses – by 0.84 t CO₂-eq./head year (Cool Farm Tool); as well as for cows by 0.53 and for horses by 0.42 t CO₂-eq./head-year (Farm Carbon Calculator). But this leads to extensive farm management. The second variant is changing of a diet, including expenditure on the feed production. Elimination of green feed from the diet at stable keeping will reduce emissions by 0.05 (AgRE-Calc) – 0.14 (Cool Farm Tool) t CO₂-eq./head-year, and the exclusion of silage will lead to a decrease of 0.96 tons of CO₂-eq./head-year. But such decisions may lead to decreasing of nutrient balance of diet. To reduce greenhouse gas emission from livestock it may be recommended to reduce number of domestic animals gradually. Farm Carbon Calculator, AgRE-Calc and Ex-Act significantly overestimate an intensity of greenhouse gas sequestration by forests. Due to the discrepancy in estimates between calculators they must be used comprehensively.

Keywords: carbon dioxide, methane, nitrous oxide, cows, sheep, horses