

**Уточнение оценок выбросов метана
от крупного рогатого скота в национальном кадастре
антропогенных выбросов парниковых газов на территории
Российской Федерации**

В.Ю. Вертянкина

Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля,
Россия, 107058, Москва, ул. Глебовская, 20Б

*Адрес для переписки: victoria_vert@mail.ru

Реферат. В статье приводятся результаты работы, выполненной в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ»: «Техническое перевооружение, цифровизация и актуализация Национального кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, совершенствования сбора исходных данных». Целью работы являлось уточнение пересчетных параметров и национальных коэффициентов, применяемых для оценки выбросов метана от отрасли животноводства в Национальном кадастре РФ.

Выбросы метана в результате процессов внутренней ферментации домашних животных и от систем сбора, хранения и использования навоза относятся к ключевой категории выбросов в аграрном секторе Российской Федерации. Наибольший вклад в выбросы от данных категорий вносят крупный рогатый скот молочного и мясного направления. Уточнение значений коэффициента перевариваемости, валовой энергии и коэффициента эмиссии метана позволит дать более точные оценки эмиссий метана с учетом национальных особенностей.

Ключевые слова. Парниковые газы, сельское хозяйство, животноводство, метан, изменение климата.

**Refinement of estimates of methane emissions from cattle
in the national inventory of anthropogenic emission
of greenhouse gases on the territory of the Russian Federation**

V.Yu. Vertyankina

Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology,
20B, Glebovskaya str., 107058, Moscow, Russian Federation

*Correspondence address: victoria_vert@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the work carried out within the framework of the implementation of the most important innovative project of state purpose ‘Unified National System for Monitoring of Climate Active Substances’: ‘Technical re-equipment, digitalisation and updating of the National Inventory of anthropogenic emissions by sources and absorption by sinks of greenhouse gases, improvement of initial data collection’. The purpose of the work was to clarify the conversion parameters and national coefficients used to estimate methane emissions from the livestock sector in the National Inventory of the Russian Federation.

Emissions from enteric fermentation and manure management systems are a key category in the agricultural sector of the Russian Federation. The largest contribution to emissions from these categories comes from dairy and non-dairy cattle. Refinement of the digestibility coefficient, gross energy and methane emission factor will provide more accurate estimates of methane emissions taking into account national specifics.

Keywords. Greenhouse gas, agriculture, livestock, methane, climate change.

Введение

Отрасль животноводства относится к одной из ведущих отраслей в аграрном секторе страны, которая обеспечивает потребность населения в мясной и молочной продукции. Согласно Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК) и Парижскому соглашению выбросы следующих парниковых газов: CO₂, CH₄, N₂O подлежат обязательной ежегодной инвентаризации во всех странах-участниках РКИК, включая Российскую Федерацию. По данным Национального кадастра суммарный выброс парниковых газов в секторе «Сельское хозяйство» в 2021 году составил 121.28 млн тонн CO₂ экв., что соответствует 7.2 % (с учетом сектора ЗИЗЛХ) и 5.6 % (без учета сектора ЗИЗЛХ) от совокупных выбросов на территории Российской Федерации за 2021 год (НДК, 2023).

По данным Национального кадастра (НДК, 2023) в секторе «Сельское хозяйство» учитываются выбросы в области животноводства и растениеводства. В области животноводства проводятся оценки эмиссий метана (CH₄) в результате процессов внутренней ферментации сельскохозяйственными животными и от систем сбора, хранения и использования навоза.

Как видно из рис. 1 выбросы парниковых газов от категорий внутренней ферментации и систем сбора, хранения и использования навоза составляют 33.8% (38705.0 тыс. тонн CO₂ экв.) и 11.2 % (13561.09 тыс. тонн CO₂ экв.) от общих суммарных выбросов в секторе соответственно.

Наибольший вклад в выбросы в результате внутренней ферментации вносят КРС молочного и мясного направлений. Вклад крупного рогатого скота мясного направления в суммарные выбросы от категории внутренней ферментации в 2021 году составил 43.19% (599.25 тыс. тонн CO₂ экв.), а КРС молочного направления составил – 41.80% (680.37 тыс. тонн CO₂ экв.),

остальные 15.01% выбросов приходятся на буйволов, овец, коз, верблюдов, лошадей, мулов, ослов, свиней, северных оленей, кроликов и пушных животных) (268.54 тыс. тонн CO₂ экв.).



Рисунок 1. Вклад категорий выбросов парниковых газов в секторе Сельское хозяйство, %

Figure 1. Contribution of greenhouse gas emission categories in the agriculture sector, %

Основным фактором, влияющим на снижение выбросов парниковых газов в аграрном секторе страны, является поголовье сельскохозяйственных животных. Согласно официальным статистическим данным Росстата (<https://rosstat.gov.ru>) с 1990 года суммарное поголовье скота в стране сократилось почти в 1.4 раза. Поголовье коров, овец и коз сократилось более чем в 2.6 раза, остальное поголовье крупного рогатого скота – в 3.8 раза (НДК, 2023).

Цель данной работы заключалась в уточнении основных параметров расчета национальных коэффициентов эмиссии метана с учетом особенностей ведения отрасли животноводства в стране.

Важность разработки национальных коэффициентов выбросов метана в результате внутренней ферментации сельскохозяйственных животных на основе данных по конкретной стране также отмечается в литературных источниках на международном уровне. При проведении анализа научно - исследовательской литературы авторы отмечают, что применение значений коэффициентов эмиссии метана рассчитанных с использованием национальных данных по конкретной стране дает более точные оценки выбросов (Thakuri et al, 2020), что соответственно приводит к уменьшению значений неопределённости (Ibidhi et al, 2021). Также большинство промышленно развитых стран, таких как Канада, Япония, Дания и Ирландия используют методы, основанные на национальных данных при проведении инвентаризации выбросов парниковых газов в результате внутренней ферментации (Ominski et al, 2007). Кроме того, в ряде стран с целью уточнения оценки выбросов метана в результате внутренней ферментации для прогнозирования оценок выбросов применяют математические модели (Ramin, Huntanen, et al, 2013; Yan et al, 2000) с использованием данных по конкретной стране (National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan, 2022).

Методы и материалы

Для расчета выбросов метана в результате внутренней ферментации КРС мясного и молочного направлений использовались методы расчетного мониторинга, которые применяются при составлении национальной отчетности РФ в соответствии с требованиями РКИК ООН (МГЭИК, 2006).

Расчет эмиссий CH_4 в результате внутренней ферментации проводился с использованием формулы 1:

$$\text{CH}_4 = \frac{EF_T \cdot N_T}{10^6}, \quad (1)$$

где EF_T – коэффициент выбросов для установленного поголовья скота, кг CH_4 /гол. год;

N_T – количество голов вида/категории скота Т в регионе.

Коэффициент выбросов CH_4 в результате внутренней ферментации рассчитывался с использованием формулы 2:

$$EF = \left[\frac{GF \cdot \left(\frac{Y_m}{100} \right) \cdot 365}{55.65} \right], \quad (2)$$

где: EF – коэффициент выбросов, кг CH_4 / голова x год;

GF – валовое потребление энергии, МДж/ голова * сутки;

Y_m – коэффициент преобразования метана, процентная доля валовой энергии в корме, преобразованная в метан, равный 0.065

Коэффициент 55.65 (МДж/ кг CH_4) представляет собой энергосодержание метана.

Коэффициент эмиссии от систем сбора, хранения и использования навоза рассчитывался с использованием формулы 3:

$$EF = (VS \cdot 365) \cdot \left[Bo \cdot 0.67 \cdot \sum_{s,k} \frac{MCF(S,k)}{100} \cdot MS(T, S, k) \right], \quad (3)$$

где: $EF(T)$ – коэффициент годовых выбросов CH_4 для заданной категории/подкатегории Т скота и птицы, кг CH_4 / животное * год;

$VS(T)$ – суточное выделение летучего твердого вещества для заданной категории /подкатегории Т скота и птицы, кг сух. вещества / животное * год;

365 – основа для расчета годового производства VS, сутки/год.

$Bo(T)$ – максимальная метанопродуцирующая способность для навоза скота (помета птицы) категории/ подкатегории Т, м³ CH_4 / кг выделенных VS;

0.67 – коэффициент преобразования м³ CH_4 в килограммы CH_4 ;

$MCF(S,k)$ – коэффициенты преобразования метана для каждой системы S сбора и хранения навоза и помета по климатическому региону k , %;

$MS(T,S,k)$ – доля навоза (помета птицы) от категории/подкатегории T скота, которая обрабатывается с использованием определенной системы S сбора и хранения навоза и помета в климатическом регионе k , не имеет размерности.

Расчет валового потребления энергии проводился по формуле 4:

$$GE = \frac{\left(\frac{NEm + NEa + NEl + NEp}{REM} \right) + \left(\frac{NEg}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}}, \quad (4)$$

где: GE = валовая энергия, МДж/сутки;

NEm = чистая энергия, необходимая для поддержания животного, МДж/сутки;

NEa = чистая энергия для физической активности животного, МДж/сутки;

NEl = чистая энергия для лактации (для молочных коров), МДж/сутки;

NEp = чистая энергия, необходимая для беременности (для молочных коров), МДж/сутки;

REM = отношение чистой энергии в рационе, доступной для поддержания, к потребляемой перевариваемой энергии;

NEg = чистая энергия, необходимая для роста, МДж/сутки;

REG = отношение чистой энергии в рационе, доступной для роста, к потребляемой перевариваемой энергии;

$DE\%$ = коэффициент переваримости, %.

Отношение чистой энергии в рационе, доступной для поддержания, к потребляемой перевариваемой энергии рассчитывалось с применением формулы 5:

$$REM = [1.123 - (4.092 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1.126 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - (25.4/DE\%)], \quad (5)$$

где: REM = отношение чистой энергии в рационе, доступной для поддержания, к потребляемой перевариваемой энергии;

$DE\%$ = коэффициент переваримости, %.

Отношение чистой энергии в рационе, доступной для роста, к потребляемой перевариваемой энергии рассчитывалось с применением формулы 6:

$$REG = [1.164 - (5.160 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1.138 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - (37.4/DE\%)], \quad (6)$$

где: REG = отношение чистой энергии в рационе, доступной для роста, к потребляемой перевариваемой энергии;

$DE\%$ = коэффициент переваримости, %.

Данные о поголовье скота, средней живой массе, суточном приросте КРС, продуктивности молочных коров были взяты из отчетных материалов, официальных статистических изданий Росстата (<https://rosstat.gov.ru>). Согласно Руководящим принципам МГЭКИ (МГЭИК, 2006) при проведении оценок эмиссий парниковых газов рекомендуется использовать среднегодовое поголовье скота, в связи с чем для перевода статистических данных в среднегодовое поголовье использовались поправочные коэффициенты, которые на 2021 год составили для КРС мясного – 1.027, для КРС молочного – 1.008. Поправочные коэффициенты были получены путем расчета среднегодовых изменений поголовья КРС мясного и молочного направлений за каждый месяц по отношению к поголовью на 1 января (в долях) (НДК, 2023).

Результаты расчетов

Как видно из приведенных выше формул 4-6 одним из основных параметров, используемых для оценки эмиссий метана от крупного рогатого скота является коэффициент переваримости кормов. Под переваримостью подразумевается свойство питательных веществ корма переходить под воздействием пищеварительных соков в растворимое состояние и становится доступным для всасывания стенками пищеварительного тракта животных. В процессе пищеварения корм подвергается механическому (измельчение, разжевывание), затем химическому (действие ферментов) и биологическому (действие микроорганизмов, особенно интенсивное у жвачных) воздействию. Под влиянием этих процессов из разложившихся веществ, входящих в состав кормов, выделяются аминокислоты, моносахариды, жирные кислоты, витамины и растворимые соли, усваиваемые организмом.

На сегодняшний день в Национальном кадастре (НДК, 2023) оценка выбросов метана в результате внутренне ферментации от КРС молочного и мясного направлений по сложности соответствует Уровню 2 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006). Для расчета значений валовой энергии применяются справочные значения коэффициентов переваримости кормов с разделением по основным видам кормов в рационе животных (Шпакова и др., 1991). Однако, по результатам проверки международной группы экспертов по проверке кадастров РКИК ООН часто возникают замечания, касающиеся несогласованности и неточности оценок расчета валовой энергии и коэффициента эмиссии метана с рационом кормления КРС для ряда областей на территории РФ (например: Брянской, Московской и Ленинградской областей) (Report on the individual review..., 2020).

В связи с чем было принято решение провести работы по уточнению значений коэффициентов переваримости для КРС молочного и мясного направлений с подразделением по основным видам кормов: концентрированные корма (без учета комбикормов); комбикорма; грубые корма и сочные корма. Уточнение значений коэффициентов было проведено согласно анализу научно – исследовательской литературы.

В табл. 1 представлены уточненные значения коэффициента переваримости кормов для КРС молочного и мясного направлений, в целом для территории РФ, а также для сравнения приведены значения, используемые в Национальном кадастре (НДК, 2023).

Таблица 1. Коэффициенты переваримости для КРС молочного и мясного направлений

Table 1. Digestible coefficients for dairy and non - dairy cattle

Показатель	Вид корма, кг				
	Концен- траты (без комбикорма)	Комби- корма	Грубые корма	Сочные корма	Пастбищ- ные корма
Крупный рогатый скот мясной					
DE, % (по Шпа- кову, 1991 год)	80.29	84.37	61.68	66.30	66.12
DE, % (уточнен- ный)	78.48	82.47	60.29	64.81	64.63
КРС молочный					
DE, % (по Шпа- кову, 1991 год)	80.29	84.37	61.68	66.30	66.12
DE, % (уточнен- ный)	78.90	82.91	60.61	65.15	64.98

Из представленных данных в табл. 1 видно, что уточненные значения коэффициентов переваримости основных видов кормов, используемых в рационе кормления животных, несколько ниже, применяемых ранее для оценок выбросов метана в Национальном кадастре (НДК, 2023). На основе представленных данных было рассчитано средневзвешенное значение коэффициента, которое использовалось в дальнейшем для расчета уточненного значения коэффициентов эмиссий метана. Так, средневзвешенное значение коэффициента переваримости кормов для 2021 года для крупного рогатого скота молочного направления составило 69.04%, что меньше на 1.7% по сравнению с используемым ранее значением, и 67.3% для КРС мясного направления, что на 2.3% меньше, по сравнению с ранее используемыми значениями.

На основе полученных средневзвешенных значений коэффициентов переваримости были рассчитаны значения валовой энергии (GE) для КРС молочного и мясного направлений за период с 1990 по 2021 год и проведен расчёт по оценке эмиссий метана в результате внутренней ферментации. Значения валовой энергии (GE), коэффициента эмиссии для КРС молочного и мясного направления за период с 1990 по 2021 год представлено в табл. 2.

Уточненные значения коэффициентов эмиссий метана превышают значения коэффициентов, используемых при оценка парниковых газов в Национальном кадастре, что соответственно отражается в целом на оценке эмиссий метана от КРС молочного и мясного направлений. Значения эмиссий метана в

2021 году выросло на 2.4 % для КРС молочного направления и на 3.5 % для КРС мясного направления по сравнению с данным кадастра.

За период с 1990 по 2021 год наблюдается общий тренд сокращения выбросов КРС молочного направления в 2021 году по сравнению с базовым 1990 годом на 55.1%, а от КРС мясного направления на 68.0%. В целом, при сравнении суммарных значений с данными кадастра в категории внутренняя ферментация в результате уточнения значений коэффициентов отмечается рост эмиссий метана на 2.5 % (1.0 млн тонн CO₂ экв.) за 2021 год.

На рис. 2 представлена диаграмма сравнения выбросов метана в результате процессов внутренней ферментации от КРС молочного и мясного направлений по данным кадастра и с учетом уточненных параметров.

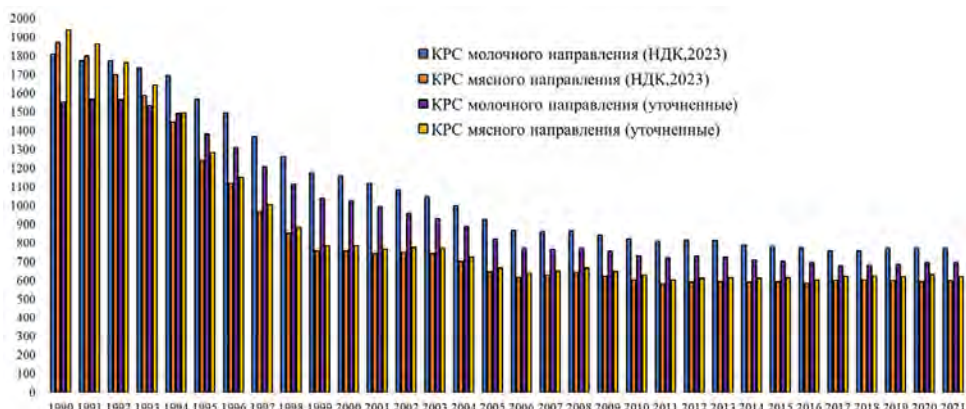


Рисунок 2. Диаграмма сравнения выбросов метана в результате процессов внутренней ферментации от КРС молочного и мясного направлений, тыс. тонн

Figure 2. Comparison of emissions from dairy and non - dairy cattle as a result of enteric fermentation, thousand tons

Еще одним значимым источником выбросов в секторе сельское хозяйство являются выбросы метана от систем сбора, хранения и использования навоза. Согласно Руководящим принципам МГЭИК (МГЭИК. 2006) термин «навоз» используется в общем смысле и включает как навоз/помет, так и мочу (т.е. сухие и жидкие вещества), которые выделяются скотом. Метан образуется в результате разложения навоза в анаэробных условиях. Условия для этого создаются тогда, когда животные содержатся на ограниченных площадках и там, где навоз утилизируется в жидкостных системах. Существенный вклад в образование выбросов метана от систем сбора, хранения и использования навоза на территории РФ, по аналогии с выбросами от внутренней ферментации, вносят отходы животноводства от крупного рогатого скота (НДК, 2023).

Оценка эмиссий метана от систем сбора, хранения и использования навоза от КРС молочного и мясного направлений производилась с применением аналогичной методики, что и в результате внутренней ферментации.

которая по сложности соответствует Уровню 2 Руководящих принципов МГЭИК (МГЭИК, 2006). На рис. 3 представлена диаграмма сравнения значений эмиссий метана от систем сбора, хранения и использования навоза по данным кадастра и рассчитанные с использованием уточненных значений коэффициентов.

Результаты расчета коэффициентов эмиссий метана от категории системы сбора, хранения и использования навоза для КРС молочного и мясного направлений с применением уточненных значений коэффициента переработки кормов приведены в табл. 2.

Таблица 2. Расчетные значения валовой энергии и национального коэффициента эмиссии метана для КРС молочного и мясного направлений

Table 2. Estimated values of gross energy and country-specified methane emission factor for dairy and non - dairy cattle

Год	Значение GE для КРС мясного направления	Значение GE для КРС молочного направления	Значение национального коэффициента эмиссии метана (EF)			
			в результате внутренней ферментации для КРС мясного направления	в результате внутренней ферментации для КРС молочного направления	от систем сбора, хранения и использования навоза для КРС мясного направления	от систем сбора, хранения и использования навоза для КРС молочного направления
1990	113.8	171.8	48.5	73.3	4.8	3.2
1991	114.1	175.8	48.6	75.0	4.8	3.3
1992	115.5	175.4	49.2	74.8	4.8	3.3
1993	114.8	174.3	48.9	74.3	4.7	3.2
1994	114.9	173.4	49.0	73.9	4.6	3.2
1995	115.3	172.9	49.2	73.7	4.5	3.2
1996	115.5	172.8	49.2	73.7	4.5	3.2
1997	116.4	175.3	49.6	74.8	4.5	3.3
1998	116.1	176.7	49.5	75.3	4.4	3.3
1999	117.0	177.8	49.9	75.8	4.3	3.3
2000	117.7	179.7	50.2	76.6	4.3	3.4
2001	117.3	180.5	50.0	76.9	4.2	3.4
2002	116.5	180.6	49.7	77.0	4.1	3.4
2003	116.7	182.2	49.8	77.7	4.0	3.4
2004	117.1	184.1	49.9	78.5	4.0	3.4
2005	117.0	184.7	49.9	78.7	3.5	3.4
2006	119.6	186.2	51.0	79.4	3.7	3.4
2007	120.4	187.6	51.3	80.0	3.7	3.5
2008	121.7	191.0	51.9	81.4	3.7	3.5
2009	121.3	191.7	51.7	81.7	3.5	3.5
2010	122.2	191.8	52.1	81.8	3.5	3.5
2011	123.9	193.1	52.8	82.3	3.6	3.5

2012	125.7	193.8	53.6	82.6	3.6	3.6
2013	126.4	194.3	53.9	82.8	3.6	3.6
2014	128.0	195.3	54.6	83.3	3.6	3.6
2015	131.1	197.9	55.9	84.4	3.7	3.6
2016	130.6	200.0	55.7	85.3	3.7	3.7
2017	136.5	199.4	58.2	85.0	3.8	3.7
2018	138.0	200.0	58.8	85.2	3.8	3.6
2019	137.9	201.2	58.8	85.8	3.0	3.6
2020	141.7	203.2	60.4	86.6	3.1	3.7
2021	139.4	204.6	59.4	87.2	3.0	3.7

Уточненные значения коэффициентов эмиссий метана для КРС молочного направления ниже используемых значений коэффициентов в кадастре на 9.8% по данным на 2021 года. Для КРС мясного направления уточненные значения коэффициента превышают используемые в кадастре на 3.6%. По сравнению с базовым годом выбросы от КРС молочного направления сократились на 55.8%, от КРС мясного направления увеличились в среднем на 83.4%.

В целом в категории системы сбора, хранения и использования навоза применение уточненных коэффициентов эмиссий в 2021 году привело к сокращению общих выбросов метана на 0.9% и составило 5872.7 тыс. тонн CO₂ экв.

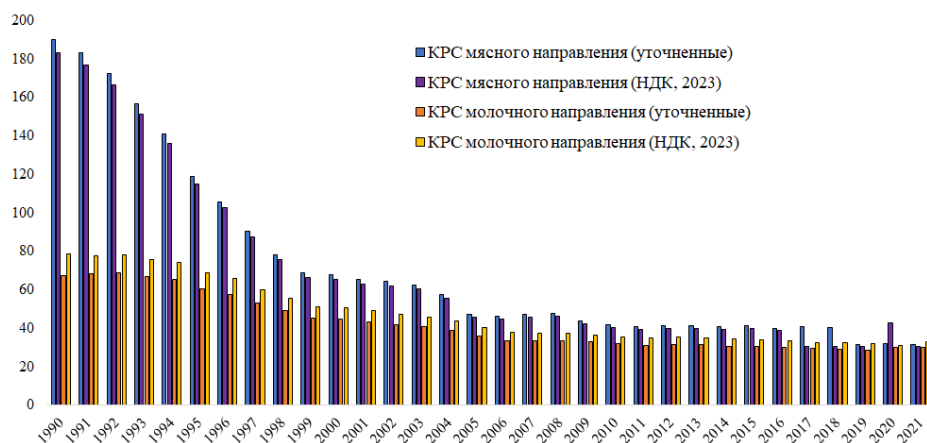


Рисунок 3. Диаграмма сравнения выбросов метана от систем сбора, хранения и использования навоза от КРС молочного и мясного направлений, тыс. тонн

Figure 3. Comparison of methane emissions from manure management systems from dairy and non - dairy cattle, thousand tons

Таким образом, в результате уточнения значений коэффициентов в категориях внутренняя ферментация домашних животных и системы сбора, хранения и использования навоза общее суммарное значение эмиссии по данным 2021 года составило 1821.6 тыс. тонн или 45540.9 тыс. тонн CO₂ экв. соответственно, что меньше по сравнению с полученными значениями в кадастре на 3.0 % (или на 1391.9 тыс. тонн CO₂ экв.).

Заключение

Проведение работ по уточнению значений основных параметров (коэффициента переваримости, валовой энергии), используемых для расчета коэффициентов эмиссий метана позволило провести более точную оценку выбросов с учетом национальных особенностей рационов кормления сельскохозяйственных животных на территории РФ.

По сравнению с данными, представленными в кадастре (НДК, 2023), полученные уточненные оценки в отрасли животноводства позволяют сделать вывод о недоучете выбросов метана от крупного рогатого скота мясного направления в результате процессов внутренней ферментации. Для крупного рогатого скота молочного направления отмечается сокращение выбросов по сравнению с данными, представленными в кадастре. В категории системы сбора, хранения и использования навоза отмечается такая же ситуация, для крупного рогатого скота молочного направления уточнение значения коэффициента эмиссии приводит к уменьшению выбросов метана, а для крупного рогатого скота мясного направления к увеличению.

Работа выполнена в рамках реализации ключевого результата важнейшего инновационного проекта государственного назначения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.10.2022 № 3240-р).

Автор выражает благодарность сотрудникам Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) за помощь в проведении анализа и уточнении статистических данных.

Список литературы

Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717.

Федеральная научно – техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы (актуализированная Указом Президента Российской Федерации от 3 декабря 2021 года, № 687.

Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 8 сентября 2022 года № 2567-р), электронный ресурс: G3hzRytGPbmFAfBFgmEhxTrec694MaHp.pdf (government.ru) дата обращения 02.12.2023)

Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (Утверждена указом Президента Российской Федерации от 21.01.2020 года

№ 20), электронный ресурс: Указ Президента Российской Федерации от 21.01.2020 г. № 20 Президент России (kremlin.ru) дата обращения 02.12.2023).

Парижское соглашение. Женева: ООН (2015) 30 с., http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/russian_paris_agreement.pdf.

Росстат (2021) *Российский статистический ежегодник*, Стат. Сборник, М., (<https://rosstat.gov.ru>).

РКИКООН (1992) UNFCCC. United Nation Framework Convention on Climate Change, UNEP/IUC, 29 p.

МГЭИК (2006) *Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 года. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов*. Под ред. Иглестон Х.С., Буэндия Л., Мива К., Нгара Т. Танабе К. Япония: ИГЕС. Т. 4. Часть 1. Часть 2.

НДК (2023) *Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, разработан и представлен в соответствии с обязательствами Российской Федерации по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата и Киотскому протоколу к Рамочной Конвенции ООН об изменении климата.*

Попов, И.С. (1966) *Методика зоотехнических опытов*.

Шпаков, А.П., Назаров, В.К., Певзнер, И.Л., Пахомов, И.Я. (1991) *Кормовые нормы и состав кормов. Справочное пособие*, Минск, Ураджай, 384 с.

Thakuri, S., Baskota, P., Khatri, S.B., Dhakal, A., Chaudhary, P., Rijal, K., Bhanju, R.M. (2020) Methane emission factors and carbon fluxes from enteric fermentation in cattle of Nepal Himalaya, *Science of The Total Environment*, vol. 746, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141184>.

Ibidhi, R., Kim, T.-H., Bharanidharan, R., Lee, H.-J., Lee, Y.-K., Kim, N.-Y., Kim, K.-H. (2021) Developing Country-Specific Methane Emission Factors and Carbon Fluxes from Enteric Fermentation in South Korean Dairy Cattle Production, *Sustainability*, vol. 13 (16), pp. 1-11, <https://doi.org/10.3390/su13169133>.

Ominski, K.H., Boadi, D.A., Wittenberg, K.M., Fulawka, D.L., Basarab, J.A. (2007) Estimates of enteric methane emissions from cattle in Canada using the IPCC Tier-2 methodology, *Can. J. Anim. Sci.*, vol. 87, pp. 459-467, <https://doi.org/10.4141/CJAS06034>.

Ramin, M., Huntanen, P. (2013) Development of equations for predicting methane emission from ruminants, *Journal of Dairy Science*, vol. 96., issue 4, pp. 2476-2493, <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6095>.

Yan, T., Agnew, R.E., Gordon, F.J., Porter, M.G. (2000) Prediction of methane energy output in dairy and beef cattle offered grass silage-based diets, *Livestock Production Science*, vol. 64, issue 2-3, pp. 253-263, [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00145-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00145-1).

National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan (2022) <https://unfccc.int/documents/461933>.

Report on the individual review of the annual submission of the Russian Federation submitted in 2020 (2020) URL:<https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/green-house-gas-inventories-annex-i-parties/inventory-review-reports/inventory-review-reports/inventory-review-reports-2018> (дата обращения 12.11.2024).

References

Gosudarstvennaya programma razvitiya selskogo khozyastva i regulirovaniya rynkov selskoxozyajstvennoj produkcii i. syryai prodovolstviya. utverzhennaya postanovleniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 14 iulya 2012 g. № 717 [State program for the development of agriculture and regulation of agricultural markets, raw materials and food. approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of July 14] (2012), no. 717, Moscow, Russia.

Federalnaya nauchno – tekhnicheskaya programma razvitiya selskogo khozyajstva na 2017 - 2030 gody (aktualizirovannaya Ukazom Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 3 dekabrya 2021 goda [Federal scientific and technical program for the development of rural agriculture for 2017-2030 (updated by the President of the Russian Federation on December 3, 2021)] № 687, Moscow, Russia.

Strategiya razvitiya agropromyshlennogo i ryboxozyajstvennogo kompleksa Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda (utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 8 sentyabrya 2022 goda № 2567-r). [Strategy for the development of the agro-industrial and fisheries complex of the Russian Federation for the period up to 2030 (approved by the Order of the Government of the Russian Federation of September 8 (2022) no. 2567-r)], elektronnyy resurs G3hzRyrGPbm-FAfBFgmEhxTrec694MaHp.pdf (government.ru) data obrasheniya 02.12.2023), Moscow, Russia.

Doktrina prodovolstvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii (Utverzhdena ukazom Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 21.01.2020 goda № 20) (elektronnyy resurs Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 21.01.2020 g. № 20 Prezident Rossii (kremlin.ru) [Doctrine of Food Security of the Russian Federation (Approved by the Decree of the President of the Russian Federation dated 21.01.2020 No. 20), (electronic resource Decree of the President of the Russian Federation dated 21.01.2020 No. 20 President of Russia (kremlin.ru) date of access 02.12.2023)] datao brashheniya 02.12.2023), Moscow, Russia.

Parizhskoe soglasenie. Zheneva, OON. (2015) 30 p. http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/russian_paris_agreement.pdf.

Rosstat (2021) Rossijskij statisticheskij ezhegodnik. Stat. Sbornik, Rosstat (2021) [Russian statistical yearbook. Article. Collection, M], Moscow, Russia, (<https://rosstat.gov.ru>).

RKIKOON. (1992) UNFCCC. *United Nation Framework Convention on Climate Change*, UNEP/IUC. UNFCCC, 29 p.

MGEIK (2006) *Rukovodyashhie principy` nacional`ny`x inventarizacii parnikovyx`gazov MGE`IK 2006 goda. Programma MGE`IK po nacional`ny`m kadastram parnikovyx`gazov. Pod red. Igleston X. S., Bue`ndia L., Miva K., Ngara T. Tanabe K. Yaponiya: IGES. T. 4. Chast 1. Chast 2.*[PCC (2006) 2006 IPCC [Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventory Programme. Edited by Eagleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. Japan: IGES. Vol. 4, Part 1, Part 2.]

НДК (2023) *Nacionalniy doklad o kadastre antropogennyx vybrosov I zistrochnikov I absorbcii poglotitelyami parnikovyx gazov ne reguliruemym Monrealskim protokolom razrabotan I predstavljen v sootvetstvii s obyazatelstvami Rossijskoj Federaciipo Ramochnoj Konvencii OON ob izmenenii klimata I Kiotskomu protokolu k Ramochnoj Konvencii OON ob izmenenii klimata* [National report on the inventory of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases. not regulated by the Montreal Protocol. developed and submitted in accordance with the obligations of the Russian Federation under the UN Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol to the UN Framework Convention on Climate Change].

Popov, I.S. (1966) *Metodika zootekhnicheskix opytov* [Methodology of zootechnical experiments], Moscow, Russia.

Shpakov, A.P., Nazarov, V.K., Pevzner, I.L., Paxomov, I.Ya. (1991) *Kormovie normy I sostav kormov, Spravochnoe posobie* [Feed standards and feed composition] Reference manual, Minsk, Uradzhaj, 384 p.

Thakuri, S., Baskota, P., Khatri, S.B., Dhakal, A., Chaudhary, P., Rijal, K., Bhanju, R.M. (2020) Methane emission factors and carbon fluxes from enteric fermentation in cattle of Nepal Himalaya, *Science of The Total Environment*, vol. 746, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141184>.

Ibidhi, R., Kim, T.-H., Bharanidharan, R., Lee, H.-J., Lee, Y.-K., Kim, N.-Y., Kim, K.-H. (2021) Developing Country-Specific Methane Emission Factors and Carbon Fluxes from Enteric Fermentation in South Korean Dairy Cattle Production, *Sustainability*, vol. 13 (16), pp. 1-11, <https://doi.org/10.3390/su13169133>.

Ominski, K.H., Boadi, D.A., Wittenberg, K.M., Fulawka, D.L., Basarab, J.A. (2007) Estimates of enteric methane emissions from cattle in Canada using the IPCC Tier-2 methodology, *Can. J. Anim. Sci.*, vol. 87, pp. 459-467, <https://doi.org/10.4141/CJAS06034>.

Ramin, M., Huntanen, P. (2013) Development of equations for predicting methane emission from ruminants, *Journal of Dairy Science*, vol.96., issue 4, pp. 2476-2493, <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6095>.

Yan, T., Agnew, R.E., Gordon, F.J., Porter, M.G. (2000) Prediction of methane energy output in dairy and beef cattle offered grass silage-based diets, *Livestock Production Science*, vol. 64, issue 2-3, pp. 253- 263, [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00145-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00145-1).

National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan (2022) <https://unfccc.int/documents/461933>.

Report on the individual review of the annual submission of the Russian Federation submitted in 2020 (2020), URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/inventory-review-reports/inventory-review-reports/inventory-review-reports-2018>.(data obrashheniya 12.11.2024).

Статья поступила в редакцию (Received): 17.10.2024.

Статья доработана после рецензирования (Revised): 17.12.2024.

Для цитирования / For citation

Вертянкина, В. Ю. (2024) Уточнение оценок выбросов метана от крупного рогатого скота в национальном кадастре антропогенных выбросов парниковых газов на территории Российской Федерации, *Экологический мониторинг и моделирование экосистем*, т. XXXV, № 3-4, с. 73-87, doi: 10.24412/2782-3237-2024-3-4-73-87.

Vertyankina, V. Yu. (2024) Refinement of estimates of methane emissions from cattle in the national inventory of anthropogenic emission of greenhouse gases on the territory of the Russian Federation, *Ecological monitoring and ecosystem modelling*, vol. XXXV, № 3-4, с. 73-87, doi: 10.24412/2782-3237-2024-3-4-73-87.