

Д. В. Мелех, Е. И. Бертош, И. П. Наркевич

*Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие
«Бел НИЦ «Экология», г. Минск, Республика Беларусь*

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СЕКТОРЕ «СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО» И ЕГО АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА

Республика Беларусь является стороной Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН) и Киотского протокола и, согласно международным обязательствам, должна производить оценку выбросов парниковых газов (ПГ), снижать их объемы для предотвращения изменения климата. Выбросы CH_4 и N_2O от сельскохозяйственного производства являются вторым по значимости источником ПГ в Республике Беларусь. В 2013 году 24,8% суммарных выбросов всех ПГ генерировалось в секторе «Сельское хозяйство». Сельскохозяйственное производство в наибольшей степени зависит от возможных изменений климата, поэтому необходимо применение ряда мер направленных на адаптацию сельского хозяйства к изменениям климата.

➤ **Ключевые слова:** метан, закись азота, парниковые газы, сельское хозяйство.

Сектор «Сельское хозяйство» занимает второе место по объемам выбросов ПГ в атмосферу в Республике Беларусь. В 2013 г. выбросы ПГ в данном секторе составили 23128,48 Гг в CO_2 эквиваленте или 24,82% от общих национальных выбросов.

Основными источниками выбросов ПГ в секторе «Сельское хозяйство» являются выбросы:

- метана от внутренней ферментации домашнего скота;
- метана и закиси азота в результате уборки, хранения и использования навоза и помета сельскохозяйственных животных;
- закиси азота от пахотных почв.

Наибольший вклад в общие национальные выбросы вносят выбросы от «Сельскохозяйственных почв» – 14,9% и «Внутренней ферментации от домашнего скота» – 7,1%. Выбросы ПГ от животноводства в Республике Беларусь почти в 2 раза превышают выбросы от сжигания топлива в такой категории, как транспорт.

Для инвентаризации ПГ в данном секторе используется следующая статистическая информация:

- поголовье скота по видам животных и категориям хозяйств;
- производство молока от коров в разрезе категорий хозяйств;
- производство продукции растениеводства;
- объем использования азотных удобрений;
- площадь обрабатываемых торфяников.

Оценка распределения навоза по системам хранения и использования проведена на основании норм технологического проектирования животноводческих предприятий, а также с учетом практики хозяйствования в Республике Беларусь. Дополнительная информация получена из литературных и фондовых источников, от экспертов сельскохозяйственной отрасли.

Выбросы ПГ в секторе «Сельское хозяйство» оценивались согласно Руководящих указаний по эффективной практике и учету факторов неопределенности в национальных кадастрах ПГ, 2003 в рамках уровня 2 для таких ключевых категорий, как выбросы CH_4 от внутренней ферментации крупного рогатого скота, выбросы CH_4 и N_2O от систем уборки, хранения и использования навоза крупного рогатого скота и свиней, для всех остальных категорий использовался уровень 1 и коэффициенты по умолчанию.

Выбросы ПГ в 2013 г. в секторе 4 «Сельское хозяйство» составили 24,8% от общих выбросов ПГ в Республике Беларусь (исключая сектор «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» (ЗИЗЛХ)). С 1990 г. по 2013 г. наблюдается сокращение выбросов на 24,5% в данном секторе (рис. 1) вследствие снижения сельскохозяйственного производства, главным образом продукции животноводства. Однако, начиная с 2003 г. выбросы ПГ в секторе 4 «Сельское хозяйство» начинают возрастать из-за наращивания объемов производства сельскохозяйственной продукции и увеличения объемов внесения азотных удобрений в почву.

Выбросы ПГ в секторе 4 «Сельское хозяйство» оценивались в соответствии с Руководящими указаниями по эффективной практике, 2003. Оценки выбросов для таких категорий как, 4A – Внутренняя ферментация у крупного рогатого скота, 4B₁, 4B₆ – Хранение и использование навоза крупного рогатого скота и свиней, выполнялись с использованием расширенной характеристики скота и национальных коэффициентов, рассчитанных в рамках уровня 2, для всех остальных видов скота оценка выполнялась по уровню 1 с использованием коэффициентов по умолчанию.

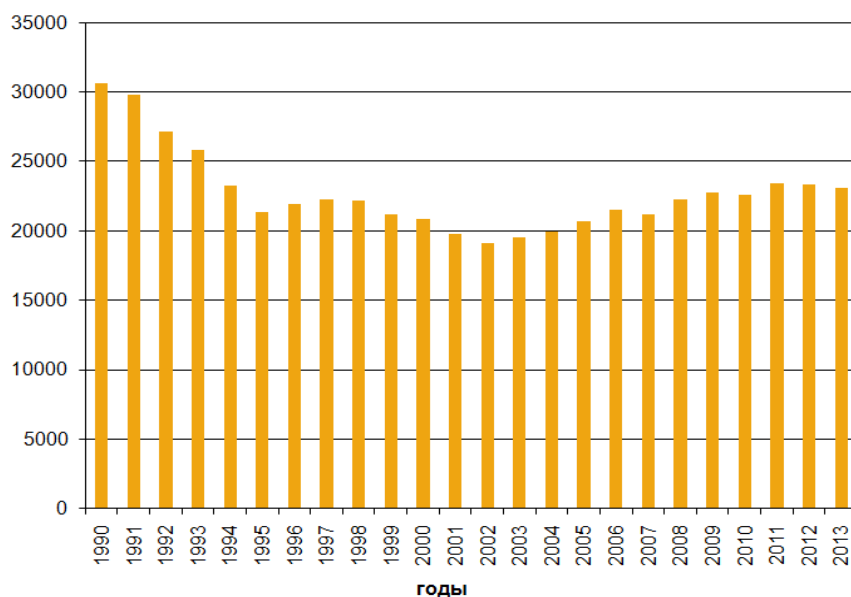


Рисунок 1 – Выбросы ПГ в секторе «Сельское хозяйство» за 1990–2013 гг., Гг CO₂ эквивалент

Выбросы N₂O от сельскохозяйственных почв оценивались по уровню 1a и 1b с использованием коэффициентов по умолчанию.

В расчетах для категорий 4 D 1.3 Поступление азота от азотфиксирующих культур и 4 D 1.4 Поступление азота с растительными остатками использовался подход уровня 1b в соответствии с Руководящими указаниями по эффективной практике, 2003 для основных видов сельскохозяйственных культур и подход уровня 1a для таких видов возделываемых культур, как вика, люпин, гречиха, рапс, овощи. Коэффициенты выбросов от сельскохозяйственных почв были приняты по умолчанию.

Внутренняя ферментация животных. На долю скотоводства приходится почти две трети стоимости валовой продукции животноводства. В 2013 г. насчитывалось 4344,1 тыс. голов крупного рогатого скота, из них 1466,6 тыс. коров.

Свиноводство – эта традиционная и вторая по значимости отрасль животноводства Беларуси. В 2013 г. среднегодовое поголовье свиней составляло 3759,1 тыс. голов. Из них более 75% сосредоточено в колхозах и совхозах, остальная часть – в хозяйствах населения и фермеров. Следует отметить, что в 2013 году резко сократилось поголовье свиней во всех хозяйствах из-за распространения эпидемии африканской чумы и связанного с этим уничтожением поголовья свиней.

Тенденции выбросов метана от внутренней ферментации скота представлены в табл. 1.

Выбросы CH₄ от внутренней ферментации животных составили в 2013 г. 313,59 Гг и сократились по отношению к базовому 1990 году на 33,9%.

Инвентаризация выбросов CH₄ от внутренней ферментации выполнялась для следующих видов сельскохозяйственных животных: крупный рогатый скот, овцы, козы, лошади, свиньи, кролики, пушные звери. Выбросы от домашней птицы не оценивались, поскольку в Пересмотренных руководящих принципах и Руководящих указаниях по эффективной практике отсутствует методика для их расчета.

Для оценки выбросов CH₄ при внутренней ферментации у крупного рогатого скота был использован подход уровня 2, для всех остальных животных был использован подход уровня 1 в соответствии с Руководящими указаниями по эффективной практике МГЭИК, 2003.

Разведение сельскохозяйственных животных на территории Республики Беларусь осуществляется в сельскохозяйственных организациях, крестьянских (фермерских) хозяйствах, а также в хозяйствах населения. Детализированные данные о поголовье скота и среднем удое молока от коров в разрезе всех категорий хозяйств получены на основании ежегодных данных статистических наблюдений, проводимых Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь.

Тенденции выбросов CH_4 от внутренней ферментации скота, Гг

Год	Категории животных							
	4 А 1а	4 А 1б	4 А 3	4 А 4	4 А 6	4 А 8	4 А 10	
	молочный КРС	немолочный КРС	овцы	козы	лошади	свиньи	пушные звери	кролики
1990	221,98	237,47	3,23	0,21	3,91	7,69	0,04	0,15
1991	211,85	225,61	3,13	0,21	3,86	7,32	0,04	0,15
1992	197,75	210,11	2,86	0,22	3,84	6,76	0,04	0,14
1993	191,75	194,87	2,43	0,24	3,86	6,37	0,04	0,14
1994	189,84	175,44	2,01	0,26	3,91	6,14	0,04	0,13
1995	183,31	157,01	1,73	0,28	4,03	5,92	0,03	0,13
1996	177,66	146,59	1,44	0,29	4,14	5,71	0,03	0,12
1997	176,02	143,57	1,13	0,29	4,18	5,55	0,03	0,11
1998	174,23	141,72	0,93	0,29	4,16	5,54	0,03	0,10
1999	165,47	132,88	0,79	0,29	4,05	5,45	0,03	0,10
2000	159,78	123,88	0,72	0,31	3,94	5,25	0,03	0,11
2001	160,20	120,16	0,69	0,33	3,83	5,10	0,03	0,12
2002	155,73	117,79	0,62	0,33	3,70	5,03	0,02	0,12
2003	151,53	116,92	0,54	0,32	3,54	4,96	0,02	0,13
2004	153,84	118,52	0,49	0,32	3,35	5,02	0,03	0,13
2005	158,27	122,44	0,45	0,33	3,14	5,21	0,03	0,13
2006	157,96	125,96	0,42	0,34	2,91	5,37	0,03	0,14
2007	154,09	129,31	0,42	0,35	2,68	5,42	0,03	0,16
2008	155,98	134,30	0,42	0,36	2,51	5,47	0,03	0,18
2009	159,00	138,44	0,42	0,37	2,37	5,61	0,03	0,20
2010	159,28	138,37	0,42	0,37	2,15	5,75	0,03	0,21
2011	158,54	139,90	0,42	0,36	1,92	5,90	0,03	0,21
2012	160,06	145,52	0,45	0,36	1,73	6,17	0,03	0,22
2013	157,85	147,47	0,49	0,35	1,57	5,64	0,03	0,21
Итого в 2013 г., Гг	313,59							
Тренд, 1990–2013, %	–28,89	–37,90	–84,83	66,67	–59,85	–26,67	–25,00	40,00

Учет численности скота и птицы в хозяйствах всех категорий производится 1 раз в год и рассчитывается на 1 января года, следующего за отчетным. На основании статистических данных о численности скота на 1 января среднегодовое поголовье скота и птицы в разрезе всех категорий хозяйств было рассчитано, как средняя арифметическая величина численности скота и птицы на начало года, следующего за отчетным, и на начало отчетного года. Такой метод расчета среднегодового поголовья скота и птицы предусмотрен методикой по расчету посевных площадей сельскохозяйственных культур, численности скота и птицы, объемов производства продукции растениеводства и животноводства в хозяйствах всех категорий, утвержденной Постановлением Национального статистического комитета Республики Беларусь от 27.12.2010 №283.

На долю сельскохозяйственных организаций в 1990 г. и 2013 г. в Республике Беларусь приходилось 88,8% и 96,5% крупного рогатого скота соответственно. В 2013г. среднегодовое поголовье крупного рогатого скота в сельскохозяйственных организациях составило 4181,1 тыс. голов, из них коров молочного стада – 1342,2 тыс. голов.

В хозяйствах населения в 1990 г. и 2014 г. содержалось 11,2% и 3,2% крупного рогатого скота соответственно. Доля крестьянских (фермерских) хозяйств в выращивании крупного рогатого скота незначительна, и составила в 2013 г. 0,3% от общего поголовья крупного рогатого скота в Республике Беларусь.

Коэффициенты выбросов CH_4 при внутренней ферментации крупного рогатого скота были рассчитаны на основании оценок валового потребления энергии и коэффициента преобразования метана в соответствии с подходом уровня 2 Руководящих указаний по эффективной практике, МГЭИК 2003.

Для оценки валового потребления энергии крупной рогатый скот был разделен на половозрастные группы. Валовое потребление энергии для различных половозрастных групп скота рассчитывалось отдельно по сельскохозяйственным организациям, крестьянским (фермерским) хозяйствам и хозяйствам населения на основе оценки чистой энергии на поддержание (NE_m), чистой энергии для жизнедеятельности (NE_a), чистой энергии, необходимой для роста (NE_g), чистой энергии, необходимой для лактации (NE_l) и беременности (NE_p).

Данные о среднем весе и среднесуточном привесе, используемые в расчетах, были предоставлены Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

Хранение и использование навоза. В 2013 году выбросы от систем хранения и распределения навоза составили 10,4% от общих выбросов CH_4 и 12,0% общих выбросов N_2O в секторе «Сельское хозяйство».

Выбросы CH_4 от систем хранения и распределения навоза составляли 51,98 Гг в базовом (1990) году и сократились на 30,2% до 36,27 Гг в 2013г. (табл. 2). Общее сокращение выбросов вызвано сокращением поголовья отдельных видов животных, в частности крупного рогатого скота и свиней. Выбросы N_2O от систем хранения и распределения навоза сократились в 2013 году на 35,3% по отношению к базовому году.

Таблица 2

Выбросы CH_4 от систем хранения и распределения навоза по подкатегориям в 1990–2013 гг., Гг

Годы	4 В	4 В 1а	4 В 1б	4 В 3	4 В 4	4 В 6	4 В 8	4 В 9	4 А 10	
	всего	молочный КРС	немолочный КРС	овцы	козы	лошади	свиньи	птица	пушные звери	кролики
1990	51,98	12,34	12,51	0,08	0,00	0,30	22,59	3,95	0,20	0,02
1991	49,75	12,02	11,87	0,07	0,00	0,30	21,27	3,99	0,20	0,02
1992	46,44	11,66	11,03	0,07	0,01	0,30	19,25	3,93	0,20	0,02
1993	43,00	11,36	10,20	0,06	0,01	0,30	17,67	3,20	0,19	0,01
1994	40,02	11,26	9,10	0,05	0,01	0,30	16,61	2,50	0,19	0,01
1995	37,62	11,10	8,05	0,04	0,01	0,31	15,69	2,23	0,18	0,01
1996	35,84	10,74	7,50	0,03	0,01	0,32	14,96	2,10	0,17	0,01
1997	35,08	10,39	7,36	0,03	0,01	0,32	14,65	2,14	0,16	0,01
1998	34,93	10,14	7,21	0,02	0,01	0,32	14,90	2,17	0,15	0,01
1999	33,88	9,85	6,63	0,02	0,01	0,31	14,74	2,16	0,14	0,01
2000	32,41	9,59	6,09	0,02	0,01	0,30	14,12	2,14	0,14	0,01
2001	31,54	9,33	5,84	0,02	0,01	0,30	13,81	2,09	0,13	0,01
2002	30,98	8,99	5,65	0,01	0,01	0,29	13,89	2,00	0,13	0,01
2003	30,58	8,67	5,57	0,01	0,01	0,27	13,98	1,94	0,12	0,01
2004	30,67	8,41	5,58	0,01	0,01	0,26	14,33	1,93	0,13	0,01
2005	31,48	8,18	5,69	0,01	0,01	0,24	15,10	2,09	0,14	0,01
2006	32,22	7,92	5,82	0,01	0,01	0,23	15,83	2,23	0,15	0,02
2007	32,35	7,64	5,96	0,01	0,01	0,21	16,08	2,27	0,16	0,02
2008	32,90	7,49	6,22	0,01	0,01	0,19	16,42	2,37	0,16	0,02
2009	33,40	7,45	6,44	0,01	0,01	0,18	16,59	2,55	0,15	0,02
2010	34,14	7,52	6,42	0,01	0,01	0,17	17,06	2,79	0,14	0,02
2011	35,61	7,60	6,55	0,01	0,01	0,15	18,10	3,02	0,15	0,02
2012	37,11	7,55	6,91	0,01	0,01	0,13	19,10	3,21	0,16	0,02
2013	36,27	7,54	7,04	0,01	0,01	0,12	17,92	3,44	0,17	0,02
Доля в общих выбросах, 2013 г., %	100	22,09	20,63	0,03	0,02	0,35	52,50	10,07	0,50	0,07

Для оценки выбросов CH_4 от систем хранения и распределения навоза был использован подход уровня 2 для ключевых категорий скота, таких как крупный рогатый скот и свиньи, для остальных видов сельскохозяйственных животных, которые вносят незначительный вклад в выбросы, применялся подход уровня 1 и коэффициенты по умолчанию. Коэффициенты выбросов по умолчанию для овец, коз, лошадей и птицы принимались согласно табл. 4–5 Справочного наставления к Руководящим принципам МГЭИК для развитых стран и холодных климатических условий (среднегодовая температура на территории Республики Беларусь не превышает 10°C). Коэффициенты выбросов для таких категорий животных, как кролики и пушные звери, принимались в соответствии с Руководящими принципами для инвентаризации, МГЭИК, 2006.

Коэффициенты выбросов CH_4 от систем уборки, хранения и использования навоза крупного рогатого скота и свиней рассчитывались на основании количества выделяемых летучих сухих веществ для каждой половозрастной группы животных и максимального потенциала образования метана для каждой системы уборки и хранения навоза.

Для расчета коэффициентов выбросов CH_4 от систем уборки и хранения навоза свиньи разбивались на следующие половозрастные группы: основные свиноматки, проверяемые свиноматки, ремонтные свинки от 4 месяцев и старше, хряки-производители, поросята до 4 месяцев, свиньи на откорме.

Количество выделяемых летучих сухих веществ в составе навоза рассчитывалось на основании значений среднесуточного выделения навоза в сухом веществе и доли золы в нем по формуле:

$$VS_i = DM_i \times (1 - ASH_i), \quad (1)$$

где i – индекс половозрастной группы животных;

DM_i – количество выделяемого навоза i -ой половозрастной группы, кг сухого вещества/сутки;

ASH_i – содержание золы в навозе i -ой половозрастной группы животных.

Количество навоза от крупного рогатого скота и свиней в сухом веществе, а также содержание золы в нем определены по нормативам, действующим на территории Республики Беларусь [4–6].

Максимальные потенциалы образования метана (B_0) от навоза крупного рогатого скота и свиней принимались по умолчанию согласно Руководящим принципам МГЭИК, 2006 г. для стран Восточной Европы и равны 0,24, 0,17 и 0,45 для навоза молочного, немолочного крупного рогатого скота и свиней соответственно. Значения коэффициентов преобразования CH_4 (MCF) от разных систем сбора, хранения и использования навоза для крупного рогатого скота и свиней также были взяты из Руководящих принципов МГЭИК 2006 г., так как в них представлен широкий диапазон значений при различных среднегодовых температурах. Среднегодовая температура в Республике Беларусь не превышает 10°C . Для жидких систем использован коэффициент выброса метана для холодного климата со среднегодовой температурой $\leq 10^\circ\text{C}$ – 17%, для хранения навоза в твердом виде – 2%, для навоза, остающегося на пастбище – 1%.

Оценка выбросов N_2O при хранении и использовании отходов животных основана на умножении общего количества образующегося азота по каждому виду животных в каждой системе хранения навоза на коэффициент выбросов для данной системы хранения навоза.

Выделение азота из навоза крупного рогатого скота и свиней N_{ex} было рассчитано на основании количества выделяемого навоза в сухом веществе и доли азота в нем по формуле:

$$N_{exi} = DM_i \times \text{Frac}_N \times 365, \quad (2)$$

где DM_i – количество выделяемого навоза от i -ой половозрастной группы животных, кг сухого вещества/в сутки;

Frac_N – доля азота в сухом веществе навоза от i -ой группы животных.

Величины количества выделяемого навоза в сухом веществе принимались такие же, как и для расчета выбросов в CH_4 от систем хранения и использования навоза. Значения доли азота в сухом веществе навоза КРС, свиней принимались согласно нормативным документам [5].

Коэффициенты выбросов N_2O из систем хранения и использования навоза в расчетах принимались по умолчанию: для жидкостных систем – 0,001 кг N_2O -N/кг N, для хранения навоза в твердом виде – 0,02 кг N_2O -N/кг N. Выбросы N_2O от навоза, остающегося на местах выпаса скота, представлены в категории выпаса скота.

Сельскохозяйственные почвы. Выбросы N_2O от сельскохозяйственных почв являются ключевой категорией. В 2013 году они составили 88,0% от общих выбросов N_2O в секторе 4 Сельское хозяйство и 85,7% от общих национальных выбросов N_2O , исключая выбросы в секторе ЗИЗЛХ.

В общем объеме выбросов ПГ Республики Беларусь в эквиваленте CO_2 доля выбросов от категории сельскохозяйственные почвы составила 14,9% в 2013 году. Это 60,1% общих выбросов ПГ в модуле Сельское хозяйство.

Тенденции выбросов N_2O от сельскохозяйственных почв в разрезе подкатегорий представлены в таблице 3. Снижение выбросов N_2O в 2013г. по отношению к базовому году составило 16,5%, что обусловлено, главным образом, снижением использования минеральных и органических удобрений.

Таблица 3

Выбросы N_2O от категории 4 D Сельскохозяйственные почвы в 1990–2013 гг., Гг

Год	Категория МГЭИК										
	4 D	4 D 1	4 D 1 1	4 D 1 2	4 D 1 3	4 D 1 4	4 D 1 5	4 D 2	4 D 3	4 D 3 1	4 D 3 2
	С/х почвы	Прямые выбросы от почв	Минеральные удобрения	Органические удобрения	N-фиксирующие культуры	Остатки с/х культур	Культирование осушенных торфяных почв	Выпас скота	Косвенные выбросы	Атмосферное отложение NOx и NH_4	Вымывание
1990	53,69	33,77	12,09	5,19	0,20	1,56	14,73	3,97	15,95	2,51	13,44
1991	52,62	33,37	11,66	5,00	0,20	1,49	15,02	3,85	15,39	2,42	12,97
1992	47,11	30,26	9,12	4,74	0,13	1,55	14,72	3,70	13,15	2,13	11,02
1993	45,00	29,66	7,86	4,45	0,15	1,77	15,44	3,51	11,83	1,94	9,89
1994	39,09	26,75	4,57	4,17	0,12	1,41	16,47	3,34	9,00	1,57	7,43
1995	35,18	24,20	3,31	3,91	0,16	1,41	15,40	3,23	7,76	1,40	6,36
1996	38,54	26,84	4,75	3,72	0,26	1,54	16,57	3,11	8,60	1,48	7,12
1997	40,18	27,93	5,78	3,63	0,42	1,47	16,63	3,01	9,24	1,54	7,70
1998	40,44	28,01	6,21	3,57	0,29	1,29	16,65	2,95	9,48	1,56	7,92
1999	38,84	27,09	5,66	3,42	0,18	1,16	16,68	2,86	8,88	1,47	7,41
2000	39,10	27,45	5,89	3,27	0,22	1,37	16,71	2,77	8,87	1,45	7,42
2001	36,27	25,59	4,89	3,17	0,20	1,36	15,97	2,69	7,98	1,34	6,65
2002	34,75	24,68	4,37	3,07	0,20	1,41	15,63	2,61	7,46	1,26	6,19
2003	36,52	25,78	5,48	2,99	0,24	1,56	15,52	2,54	8,19	1,34	6,85
2004	37,83	26,70	6,12	2,97	0,31	1,79	15,51	2,50	8,63	1,39	7,24
2005	39,49	27,57	7,18	3,00	0,23	1,63	15,53	2,47	9,45	1,49	7,96
2006	41,76	28,88	8,47	3,02	0,16	1,65	15,58	2,44	10,43	1,60	8,83
2007	40,94	28,55	7,91	3,02	0,12	1,82	15,68	2,41	9,99	1,55	8,44
2008	43,78	30,33	9,25	3,07	0,15	2,07	15,80	2,41	11,05	1,68	9,37
2009	44,80	30,86	9,79	3,13	0,15	1,97	15,83	2,42	11,51	1,74	9,78
2010	44,03	30,36	9,37	3,17	0,09	1,79	15,94	2,43	11,25	1,71	9,54
2011	46,49	31,81	10,63	3,28	0,09	1,84	15,97	2,39	12,28	1,84	10,44
2012	45,49	31,23	9,85	3,38	0,12	1,83	16,05	2,44	11,81	1,80	10,02
2013	44,81	30,87	9,45	3,37	0,10	1,65	16,29	2,44	11,50	1,76	9,75
Доля в общих выбросах, 2013 г., %	100,00	68,88	21,10	7,52	0,22	3,69	36,36	5,45	25,67	3,92	21,75
Изменение 1990–2013 гг.	–16,5	–8,6	–21,8	–35,1	–51,1	5,7	10,6	–38,5	–27,9	–29,9	–27,5

Поступление азота с минеральными удобрениями оценивается на основании данных о количестве внесенных минеральных удобрений с последующей корректировкой с целью учета того количества, которое улетучивается в виде NH_3 и NOx ($F_{racGASF}$) (уровень 1 *Руководящие указания по эффективной практике, МГЭИК 2003*):

$$F_{SN} = N_{FERT} \times (1 - F_{racGASF}), \quad (3)$$

где F_{SN} – ежегодное количество поступающего с минеральными удобрениями азота, с учетом его потери путем улетучивания, тонн N;

N_{FERT} – ежегодное количество поступающего с минеральными удобрениями азота, тонн N;

$F_{racGASF}$ – доля азота, улетучиваемого в форме NOx и NH_3 .

Доля азота, улетучиваемого в виде NH_3 и NO_x , была принята 0,1 кг $\text{NH}_3/\text{N} + \text{NO}_x - \text{N}/\text{кг}$, в соответствии с Пересмотренными руководящими принципами МГЭИК, 1996.

Данные о количестве внесенных минеральных удобрений получены на основе ежегодной статистической информации, предоставленной Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь.

Поступление азота с навозом оценивается на основе рассчитанных данных о количестве азота, содержащегося в навозе животных, скорректированных с учетом потоков NO_x и NH_3 , без учета навоза от пасущихся животных (уравнение 4.23 Руководящие указания по эффективной практике, МГЭИК 2003, уровень 1a). В настоящее время в Республике Беларусь навоз не используется в качестве топлива, т.о. азот, поступающий в результате применения навоза, оценивался по методу уровня 1a:

$$F_{AM} = \sum_T (N_T \times Nex_T) \times (1 - Frac_{GASM}) \times (1 - Frac_{PRP}), \quad (4)$$

где $N_{(T)}$ · $Nex_{(T)}$ – количество ежегодно производимого азота, содержащегося в навозе;

$Frac_{GASM}$ – азот, который улетучивается в виде NO_x и NH_3 ;

$Frac_{PRP}$ – азот, который остается на поверхности земли после выпаса скота.

Значение доли азота, улетучиваемой в виде NO_x и NH_3 0,2, было принято по умолчанию.

Поступление азота от азотофиксирующих культур оценивалось в рамках уровня 1b согласно уравнению 4.26 (Руководящие указания по эффективной практике, МГЭИК 2003) на основании оценки общего количества наземных растительных остатков и продукции, фракции сухого вещества и содержания азота в остатках для каждого вида культур (горох и фасоль).

Расчеты выполнены на основании статистической информации о сборе бобовых культур, предоставленной Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь.

Поступление азота с растительными остатками оценивалось по уравнению 4.29 в рамках уровня 1b для основных видов культур (пшеница, рожь, тритикале, ячмень, овес, кукуруза, просо, картофель, кормовые корнеплоды, сахарная свекла, горох фасоль) на основании оценки общего количества наземных растительных остатков, поступающих в почву, фракции сухого вещества и содержания азота в остатках для каждого вида культур. Поступление азота от растительных остатков таких видов культур, как овощи, гречиха, рапс, оценивалось в соответствии с уровнем 1a (уравнение 4.28). Доля надземной биомассы, которая удаляется с полей в качестве продукта $Frac_R$, для этих видов культур принята по умолчанию – 0.5.

Выбросы N_2O от культивирования органогенных почв оцениваются на основании данных о площади осушенных торфяных почв, используемых в сельском хозяйстве и коэффициента выбросы N_2O от органогенных почв по умолчанию 8 кг $\text{N}_2\text{O}-\text{N}/\text{га}$.

В базовом году выбросы N_2O от выпаса скота (4 В 2) составляли 3,97 Гг, в 2013г. – 2,44 Гг. Такое уменьшение выбросов (на 38,5%) объясняется уменьшением численности скота в рассматриваемом году по сравнению с 1990 г.

Выбросы от N_2O от выпаса скота оценивались в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК по формуле:

$$F_{GRAZ} = N_{exGRAZ} \times EF_{GRAZ}, \quad (5)$$

где F_{GRAZ} – выбросы N_2O от выпаса скота, выраженные в $\text{N}_2\text{O}-\text{N}/\text{т N}$;

N_{exGRAZ} – азот, образующийся с навозом во время выпаса, т N;

EF_{GRAZ} – коэффициент выбросы от навоза во время выпаса.

Азот, образующийся во время выпаса скота, оценивался в категории «Выбросы N_2O от систем хранения и использования навоза», подкатегория «Пастбища и огороженные выпасы».

В расчетах использовался коэффициент выбросов N_2O от выпаса скота по умолчанию 0,02 $\text{N}_2\text{O}-\text{N}/\text{т N}$ [Руководящие указания по эффективной практике, таблица 4–12].

Выбросы N_2O в результате отложения азота из атмосферы оцениваются в рамках уровня 1a в соответствии с Руководящими указаниями по эффективной практике, МГЭИК 2003. Расчеты выбросов N_2O в результате отложения азота из атмосферы основаны на данных о количестве вносимых в почву азотных удобрений, предоставленных Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь, о количестве выделенного в стране навоза, а также коэффициентов выбросов и параметров по умолчанию.

Выбросы N_2O в результате выщелачивания и стока оценивались в соответствии с Руководящими указаниями по эффективной практике, МГЭИК 2003 в рамках уровня 1a (уравнение 4.34). Расчеты количества внесенного азота, который удаляется из почвы в результате выщелачивания и стока основаны на данных об общем количестве азота синтетического удобрения, вносимого в почву и данных об общем количестве азота, образовавшегося в результате экскреции животных в стране.

Фактические значения и прогноз выбросов ПГ в Сельском хозяйстве на период 2005–2020 гг. приведены далее на рис. 2. Таким образом видно, что уже в ближайшее время выбросы достигнут

уровня 2020 года. Прогнозирование уровня выбросов ПГ в секторе «Сельское хозяйство» было выполнено исходя из предположения, что средний ежегодный рост ВВП в период 2015–2020 гг. составит не более 3%, темпы роста секторальных ВВП будут равны темпам роста странового ВВП, а коэффициент эластичности, который показывает изменение результативного признака в процентах при изменении среднего уровня факторного признака на 1%, останется без изменений до конца прогнозного периода. Для кормовых культур – вика, люпин отношение растительных остатков к растениеводческой продукции равно нулю (культуры являются объектом сбора продукта урожая в качестве).

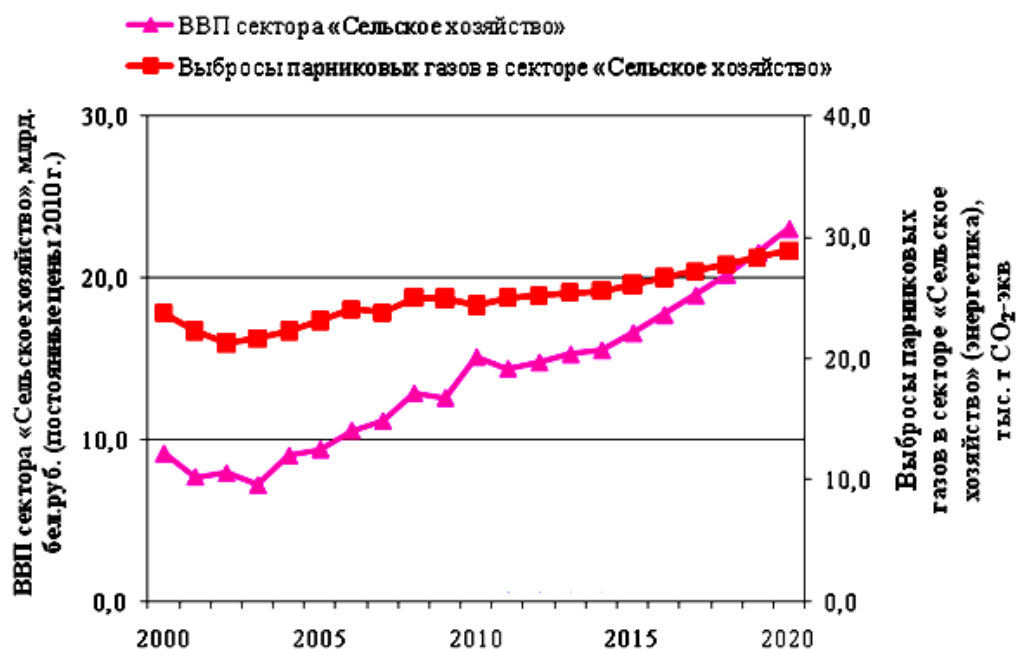


Рисунок 2 – Прогноз выбросов ПГ в секторе «Сельское хозяйство»

Совершенно очевидно, что развитие сельскохозяйственного производства направлено, в первую очередь, на осуществление продовольственной безопасности страны. Однако в условиях изменяющегося климата наращивание объемов сельскохозяйственного производства остается под вопросом из-за прогнозируемых природных катаклизмов, вызывающих пожары, заморозки в ранний период вегетации и т. д. Поэтому важным механизмом к адаптации к изменению климата является осуществление мер по сокращению выбросов ПГ.

Приоритетными направлениями по сокращению выбросов ПГ в секторе «Сельское хозяйство» в Республике Беларусь могут быть:

- сокращение выбросов за счет интенсификации животноводства;
- сокращение выбросов путем улучшения практики хозяйственной деятельности за счет использования осушенных торфяных земель под луговое хозяйство;
- повторное заболачивание деградированных торфяников;
- снижение выбросов, связанных со сжиганием ископаемого топлива, например, за счет применения биотоплива из отходов животноводства и растениеводства.

Таким образом, осуществление мероприятий направленных на сокращение выбросов ПГ будет способствовать устойчивому развитию сельского хозяйства Республики Беларусь в условиях изменяющегося климата.

В Беларуси согласно данным инструментальных наблюдений за последний двадцатилетний период наблюдается превышение среднегодовой температуры от климатической нормы на 1,1 °С. Наряду с повышением температуры, количество осадков на территории Беларуси за последний двадцатилетний период изменилось незначительно. Кроме того, в отмеченный период потепления увеличилась неравномерность выпадения осадков как внутри года, так и за отдельные годы. Уменьшение и неравномерность выпадения осадков в Беларуси, и особенно в сочетании с повышенным температурным режимом, приводит к возникновению засушливых явлений, повторяемость которых за последние 20 лет участилась.

Согласно прогнозным оценкам на ближайшие шестьдесят лет на территории Республики Беларусь ожидается дальнейший рост среднегодовой температуры на 1,0–2,9 °С, при этом прогнозируется, что рост среднегодового количества осадков будет незначителен и будет приходиться на зимние месяцы, когда их роль, как источника влаги для вегетации текущего года не столь велика.

По данным гидрометеорологических наблюдений вследствие изменения климата на территории Республики Беларусь участились случаи опасных гидрометеорологических явлений. Средний ежегодный ущерб от воздействия опасных гидрометеорологических явлений в Республике Беларусь составляет порядка 93 млн. долларов США. При этом наиболее уязвимой погодозависимыми отраслями в Беларуси являются сельское хозяйство – 42% всего ущерба, наносимого неблагоприятными погодными явлениями, и лесное хозяйство – 12% ущерба.

На рис. 3 представлена оценка распределения ущерба от опасных и стихийных гидрометеорологических явлений, наносимого отраслям экономики страны.



Рисунок 3 – Сравнительная диаграмма ущерба от изменения климата по наиболее уязвимым отраслям Беларуси:
1 – сельское хозяйство; 2 – лесное хозяйство; 3 – строительство; 4 – ТЭК; 5 – ЖКХ; 6 – транспорт

Как уже говорилось выше, сельскохозяйственное производство в наибольшей степени зависит от возможных изменений климата. Так, наиболее опасным может стать рост вероятности низких урожаев в результате увеличения частоты и повторяемости засух на территориях ряда регионов, сдвига фаз роста и недостаточной влагообеспеченности в весенний период, ухудшение фитосанитарного состояния и инвазивные виды фитофагов, потери урожая ввиду повышения частоты неблагоприятных гидрометеорологических явлений.

В будущем в отсутствие утвержденных планов по адаптации в условиях изменяющегося климата экономика страны будет терять еще больше. климатические особенности изменяющегося климата непременно окажут существенные, поэтому своевременная политика государства в отношении снижения риска и адаптации к неблагоприятным погодным явлениям играет ключевую роль в борьбе с последствиями изменения климата.

Следует отметить, что в настоящее время в Республике Беларусь отсутствует отраслевая стратегия адаптации сельского хозяйства к изменению климата.

К мерам по адаптации сельского хозяйства к изменениям климата относятся:

- внедрение более урожайных умеренно позднеспелых сортов (гибридов) зерновых культур и овощей, которые используют возросшие тепловые ресурсы;
 - расширение посевов и под некоторыми традиционными, «забытыми», новыми высокоэффективными культурами (кукуруза, просо, соя, сахарная свекла, яровой рапс и др.);
 - некоторое улучшение условий для выращивания пожнивных и поукосных культур;
 - закладка садовых насаждений с новым набором видового и сортового состава;
 - сдвиг сроков сева яровых культур на более раннее время. Это позволит более эффективно использовать запасы влаги в почве после весеннего снеготаяния, приведет к более раннему созреванию зерна, что увеличит возможности выращивания пожнивных культур. Однако необходимо учитывать риск майских заморозков, поэтому возделываемые культуры должны быть устойчивы к заморозкам;
 - продвижение на несколько севернее (100–120 км) зоны выращивания теплолюбивых культур.
- В связи с увеличением засушливости необходимо:
- усиление работ по созданию новых сортов и расширению использования засухоустойчивых культур;
 - расширение регионов орошаемого и поливного земледелия;
 - дальнейшее развитие системы страхования от последствий засух;
 - расширение посевных площадей кукурузы и проса.

Выводы

1. Сельское хозяйство является сектором экономики, обеспечивающим продовольственную безопасность страны, его доля в структуре ВВП более 8%;
2. Сельское хозяйство является вторым по количеству выбросов ПГ сектором экономики Республики Беларусь (24,8% от общего количества в 2013 году) после сектора «Энергетика»;
3. Выбросы ПГ оказывают влияние на потепление климата, согласно прогнозным оценкам на ближайшие шестьдесят лет на территории Республики Беларусь ожидается дальнейший рост средней годовой температуры на 1,0–2,9 °С;
4. Проведена оценка выбросов ПГ в секторе «Сельское хозяйство» по методике МГЭИК, полученные результаты будут использованы при подготовке ежегодного доклада Республики Беларусь в секретариат Рамочной конвенции ООН об изменении климата.

Список литературы

1. Пересмотренные руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. – МГЭИК, 1996. – 4.1–4.63 с.
2. Руководство по эффективной практике и анализу неопределенности в национальной инвентаризации парниковых газов. – МГЭИК, 2001. – 4.1–4.105 с.
3. Руководящие принципы проведения национальных инвентаризаций парниковых газов. – МГЭИК, 2006. – 10.1–10.87 с, 11.1–11.54 с.
4. Общесоюзные нормы технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза (ОНТП 17.18).
5. Нормы технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета (НТП 17-99).
6. Республиканские нормы технологического проектирования новых, реконструкции и технологического перевооружения животноводческих объектов. / Приказ №185 Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 02.12.1992г.

D. V. Melekh, E. I. Bertash, I. P. Narkevitch

ESTIMATING GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN THE SECTOR «AGRICULTURE» AND ITS ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE

The Republic of Belarus is a party to the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and the Kyoto Protocol and in accordance with international obligations should assess greenhouse gas emissions and reduce their volumes in order to prevent climate change. CH₄ and N₂O emissions from agricultural production are the second largest source of greenhouse gases in the Republic of Belarus. In 2013, 24.8% of total emissions of greenhouse gases were generated in the sector "Agriculture". Agricultural production in the most affected by possible climate changes, so you need to use a series of measures aimed at adapting agriculture to climate change.