

ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

Рассмотрены проблемы инвентаризации парниковых газов в сельском хозяйстве Республики Бурятия. В ходе исследования выявлены источники выбросов парниковых газов. На основе республиканских статистических данных и использования международной методики МГЭИК (1996 г.) дана их оценка за период 1990–2004 гг.

Some problems of making the greenhouse gas inventory for the agriculture of the Republic of Buryatia are considered. The study revealed emission sources of greenhouse gases. On the basis of republican statistical data and using the international IPCC technique (1996), they have been estimated for the period 1990–2004.

В конце 2004 г. Правительством России подготовлен проект «Комплексный план действий по реализации в Российской Федерации Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата». Он состоит из четырех разделов, где определяются действия федеральных органов исполнительной власти в соответствии с их полномочиями, рассматриваются вопросы создания и обеспечения функционирования национальной системы оценки выбросов от антропогенных источников парниковых газов (ПГ) и абсорбции их поглотителями, ведения ежегодно обновляемого кадастра выбросов/абсорбции парниковых газов (статьи 5 и 7 Киотского протокола). России для получения права участвовать в процессе торговли квотами или их переуступки необходимо организовать подготовку кадастров антропогенных выбросов и абсорбции поглотителями парниковых газов за 1990–2004 и последующие годы для предоставления в органы Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК) и Киотского протокола. Страны, не представившие инвентаризацию за те или иные предыдущие годы, начиная с 1990 г., должны это сделать задним числом.

В соответствии с международной методикой инвентаризации выбросов ПГ [1] следует собирать и представлять данные о них по шести основным разделам, касающимся энергетики, промышленных процессов, использования растворителей, сельского хозяйства, изменения землепользования и лесного хозяйства, отходов. Согласно пересмотренным руководящим принципам, представленным межправительственной группой экспертов по проблеме изменения климата (МГЭИК), для инвентаризации эмиссий парниковых газов сведения о выбросах ПГ получают путем не прямых измерений у источников, а расчетным — на основе статистических данных о количестве сожженного топлива, объемах промышленного производства, величине и способах хранения отходов и т. д.

На первом этапе выявляются источники выбросов парниковых газов, а затем осуществляется расчет их выбросов. Для сельскохозяйственного производства характерна эмиссия следующих парниковых газов: метана (CH_4), закиси азота (N_2O), окиси углерода (CO), окислов азота (NO_x). Агропромышленный комплекс Республики Бурятия — многоотраслевая система, создающая около 10 % валового регионального продукта. Из трех миллионов гектаров сельхозугодий Республики треть составляют посевные площади. Ведущими отраслями сельского хозяйства традиционно являются мясное и молочное животноводство, овцеводство и козоводство, производство шерсти. Развиты также свиноводство, птицеводство, коневодство. Соответственно основные источники выбросов в сельском хозяйстве — сельскохозяйственные земли и животноводство. Эмиссии метана и закиси азота — это

Таблица 1

**Эмиссия метана в животноводстве и птицеводстве Бурятии
(кг/год — числитель, % — знаменатель), по [2]**

| Год | Эмиссия | | Общая эмиссия | | СО ₂ эквива- лент, тыс. т |
|------|---------------------------|-----------------|---------------|--------|---|
| | внутренняя ферментация | навоз | кг/год | Гг/год | |
| 1990 | 35882,40 94,30 | 2168,48 5,70 | 38 050,88 | 0,04 | 0,93 |
| 1991 | 35378,84 94,18 | 2186,24 5,82 | 37 565,08 | 0,04 | 0,92 |
| 1995 | 25324,50 93,49 | 1763,95 6,51 | 27 088,45 | 0,03 | 0,66 |
| 2000 | 18593,15 92,92 | 1416,87 7,08 | 20 010,02 | 0,02 | 0,49 |
| 2002 | 18295,82 93,16 | 1342,89 6,84 | 19 638,71 | 0,02 | 0,48 |
| 2003 | 18408,57 93,23 | 1336,68 6,77 | 19 745,25 | 0,02 | 0,48 |
| 2004 | 17616,46 93,27 | 1272,11 6,73 | 18 888,57 | 0,02 | 0,46 |

Примечание. Здесь и далее Гг — гигаграммы (1 Гг — 1000 т).

(табл. 1). Объем выделенного метана зависит от вида и веса животного, а также от качества и количества потребляемых им кормов.

Приведенные расчеты выполнены по методикам с учетом коэффициентов и процентных соотношений количества навоза в различных системах хранения и использования, рекомендованным МГЭИК.

Объем суммарной эмиссии метана определяется преимущественно выбросом от внутренней ферментации животных (93–94 %), в то время как эмиссия от навоза и птичьего помета составляет всего 6–7 %.

По нашим расчетам, по Республике Бурятия в базовом 1990 г. эмиссия метана в животноводстве составляла 38 051 т. В связи со спадом в животноводстве и сокращением поголовья скота и численности птицы в течение последующих лет она не превышала 50 % от уровня 1991 г.

Наиболее значимым источником атмосферной эмиссии метана в животноводстве представляется навоз, производимый свиньями и крупным рогатым скотом (табл. 2). Погрешность ее расчета оценивается как довольно высокая (± 20), поскольку показатели удельной эмиссии метана от внутренней

результат, во-первых, внутренней (кишечной) ферментации у сельскохозяйственных животных и домашнего скота, во-вторых, навоза и птичьего помета как продукта жизнедеятельности сельскохозяйственных животных и птицы в зависимости от методов его сбора, хранения и использования.

Эмиссия метана. Метан образуется при внутренней ферментации в желудках травоядных животных как побочный продукт процесса пищеварения, суть которого заключается в биохимическом расщеплении углеводов микроорганизмами до молекул простых химических соединений, которые затем поступают в кровеносную систему животных. Метан выделяют как жвачные животные (в частности, крупный рогатый скот, овцы), так и другие (например, лошади и свиньи), однако основной источник СН₄ — жвачные, главным образом крупный рогатый скот. До 89 % эмиссии метана от кишечной ферментации обусловлено жизнедеятельностью животных

Таблица 2

Эмиссия метана по категориям животных в Бурятии (кг/год), по [2]

| Год | Крупный рогатый скот | | Овцы | Козы | Лошади | Свиньи | Птица |
|--|----------------------|------------|---------|-------|---------|--------|-------|
| | молочный | немолочный | | | | | |
| <i>От внутренней ферментации</i> | | | | | | | |
| 1991 | 10 354,4 | 16 464,8 | 6889,25 | 30,44 | 1377,76 | 262,2 | — |
| 1995 | 9581,6 | 11180,4 | 3075,52 | 44,01 | 1294,97 | 148,0 | — |
| 2000 | 7946,4 | 8483,2 | 1065,12 | 55,21 | 899,62 | 143,6 | — |
| 2002 | 7756,0 | 8522,8 | 976,13 | 66,06 | 876,33 | 98,5 | — |
| 2003 | 7711,2 | 8698,8 | 966,13 | 70,28 | 867,37 | 94,8 | — |
| 2004 | 7324,8 | 8298,4 | 977,36 | 76,32 | 850,28 | 89,3 | — |
| <i>От сбора, хранения и использования навоза и птичьего помета</i> | | | | | | | |
| 1991 | 1294,3 | 375,2 | 137,78 | 0,67 | 83,43 | 262,2 | 32,66 |
| 1995 | 1197,7 | 255,1 | 61,51 | 0,97 | 78,42 | 148,0 | 22,25 |
| 2000 | 993,3 | 193,8 | 21,30 | 1,21 | 54,48 | 143,6 | 9,17 |
| 2002 | 969,5 | 194,7 | 19,52 | 1,45 | 53,07 | 98,5 | 6,15 |
| 2003 | 963,9 | 198,7 | 19,32 | 1,55 | 52,52 | 94,8 | 5,89 |
| 2004 | 915,6 | 189,6 | 19,55 | 1,68 | 51,49 | 89,3 | 4,90 |

Эмиссия закиси азота от животноводства и птицеводства Бурятии (Гг), по [2]

| Год | Анаэробное хранение | Жидкостные системы | Хранение в твердом виде и в загонах при фермах | Пастбища и огороженные выпасы | Другое | Суммарная эмиссия | |
|------|-----------------------|-----------------------|--|-------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|
| | | | | | | в Бурятии | в России [4] |
| 1991 | $1,45 \times 10^{-6}$ | $2,26 \times 10^{-6}$ | $112,99 \times 10^{-6}$ | $594,18 \times 10^{-6}$ | $29,31 \times 10^{-6}$ | $740,19 \times 10^{-6}$ | 0,21 |
| 1995 | $1,30 \times 10^{-6}$ | $1,49 \times 10^{-6}$ | $71,63 \times 10^{-6}$ | $374,75 \times 10^{-6}$ | $16,92 \times 10^{-6}$ | $466,09 \times 10^{-6}$ | 0,15 |
| 2000 | $1,06 \times 10^{-6}$ | $1,33 \times 10^{-6}$ | $59,66 \times 10^{-6}$ | $226,41 \times 10^{-6}$ | $6,84 \times 10^{-6}$ | $295,30 \times 10^{-6}$ | 0,10 |
| 2002 | $1,01 \times 10^{-6}$ | $1,03 \times 10^{-6}$ | $52,18 \times 10^{-6}$ | $218,13 \times 10^{-6}$ | $5,33 \times 10^{-6}$ | $277,68 \times 10^{-6}$ | Нет |
| 2003 | $1,01 \times 10^{-6}$ | $1,01 \times 10^{-6}$ | $52,28 \times 10^{-6}$ | $218,84 \times 10^{-6}$ | $5,20 \times 10^{-6}$ | $278,34 \times 10^{-6}$ | дан- |
| 2004 | $0,95 \times 10^{-6}$ | $0,95 \times 10^{-6}$ | $49,68 \times 10^{-6}$ | $212,08 \times 10^{-6}$ | $4,78 \times 10^{-6}$ | $268,44 \times 10^{-6}$ | ных |

ферментации типичны для Азии, а от навоза — для стран с холодным климатом. Если учесть, что потенциал глобального потепления (GWP) метана составляет 24,5, то CO_2 эквивалент общей эмиссии метана в животноводстве и птицеводстве Бурятии составит 462 т (в 1990 г. — 932,2 т).

Эмиссия закиси азота. Антропогенные источники нитратов подразделяются на аграрные (минеральные и органические удобрения, животноводческое производство), индустриальные (отходы промышленного производства и сточные воды) и коммунально-бытовые. Роль каждого из них в разных странах, регионах, областях неодинакова и зависит от природных условий, соотношения аграрного и промышленного секторов, интенсивности их развития и масштабов производства, степени концентрации точечных источников нитратов и других факторов. Из всех отходов, включающих послеуборочные остатки, навоз, отходы городские, деревообрабатывающей промышленности, индустриальные, осадок сточных вод и пищевые остатки в сельском хозяйстве, используются в основном навоз и послеуборочные остатки.

При определении аграрных источников нитратов учитывалась эмиссия при хранении отходов жизнедеятельности сельскохозяйственных животных и птицы (табл. 3). Эмиссия же закиси азота от вывоза навоза на поля и навоза пастбищного животноводства учитывается при расчете эмиссии закиси азота сельскохозяйственными землями. Для оценки эмиссии закиси азота от продуктов жизнедеятельности животных и птицы использованы уточненные национальные данные о содержании азота в отходах [3].

В течение рассматриваемых лет суммарные выбросы N_2O снижались, что связано с замедлением темпов экономического роста в экономике, спадом в сельском хозяйстве и сокращением численности животных и птицы в Республике. Так, в 1991 г. суммарная эмиссия составила 740 кг, или 0,35 % общероссийского показателя, в 2000 г. — соответственно 295,3 и 0,29, а в 2004 г. составила 268,4 кг, что в 2,8 раза меньше уровня 1991 г. Общая эмиссия закиси азота в CO_2 эквиваленте в животноводстве и птицеводстве Бурятии в 2004 г. составила всего 4992,32 т (в 1991 г. — 14208,64 т)¹.

После уборки урожая на полях остается значительная масса сельскохозяйственных (пожнивных) остатков. В ряде стран обычной практикой является их сжигание. Часть остатков растениеводства может использоваться как топливо, но при этом эмиссии парниковых газов учитываются при расчете выбросов от энергетического сектора экономики. В сельском хозяйстве учитываются только выбросы метана, окиси углерода, закиси азота и окислов азота. В пересмотренных руководящих принципах МГЭИК [1] сжигание пожнивных остатков на полях не рассматривается как нетто-источник двуокиси углерода, поскольку предполагается, что диоксид углерода, поступающий в атмосферу при горении, поглощается культурными растениями в течение следующего вегетационного сезона. Достоверных данных о том, что сжигание пожнивных остатков применяется в России, нет, а на полях нашего региона оно применяется весьма ограниченно, поэтому расчетом атмосферных эмиссий парниковых газов от сжигания растительных остатков можно пренебречь.

При расчете эмиссии N_2O использовались региональные данные о внесении азотных удобрений, валовом сборе продукции растениеводства, а также о численности скота и птицы. Как известно, газообразные потери азота от внесенных в сельскохозяйственные почвы азотных удобрений включают выбросы в атмосферу следующих газообразных соединений: аммиака (NH_3), закиси азота (N_2O), а также окислов азота (NO_x) (табл. 4).

При расчете эмиссии N_2O из сельскохозяйственных почв учитывались: 1) прямая эмиссия закиси азота от сельскохозяйственных земель, в том числе тепличных и парниковых хозяйств, за исключением земель, используемых под выпас сельскохозяйственных животных, — пастбищ, огороженных

¹ Потенциал глобального потепления (GWP) N_2O равен 320.

Таблица 4

Прямые эмиссии закиси азота с сельскохозяйственных полей (Гг), по [5–9]

| Год | Минеральные удобрения (Fsn) | Отходы животных (Faw) | Растительные остатки (Fcr) | Эмиссия N ₂ O от сельскохозяйственных земель | |
|------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|---|--------------|
| | | | | в Бурятии | в России [4] |
| 1990 | 3,690 | 0,0035 | 2,1778 | 5,8713 | 224,2 |
| 1995 | 0,170 | 0,0022 | 1,0423 | 1,2145 | 100,7 |
| 1996 | 0,320 | — | 0,8668 | 1,1868 | 94,3 |
| 1997 | 0,350 | — | 0,9175 | 1,2675 | 100,7 |
| 1998 | 0,190 | — | 0,8916 | 1,0816 | 72,0 |
| 1999 | 0,130 | — | 0,7240 | 0,8540 | 77,2 |
| 2000 | 0,078 | 0,0014 | 0,7001 | 0,7793 | — |
| 2001 | 0,071 | 0,0013 | 0,6202 | 0,6924 | — |
| 2002 | 0,053 | 0,0013 | 0,5764 | 0,6306 | — |
| 2003 | 0,094 | 0,0012 | 0,5453 | 0,6405 | — |

выпасов и др. (N₂O_{DIRECT}); 2) прямая эмиссия, связанная с использованием продуктов жизнедеятельности сельскохозяйственных животных и птицы (навоз и птичий помет) в качестве удобрений под сельскохозяйственные культуры (N₂O_{ANIMALS}); 3) косвенная эмиссия от сельскохозяйственных земель, которая может быть связана с использованием различных азотсодержащих веществ в сельском хозяйстве (N₂O_{INDIRECT}).

В России широко распространено запахивание оставленных на полях растительных (пожнивных) остатков сельскохозяйственных культур, что обуславливает от 60 до 80 % ежегодного поступления в почвы антропогенного азота [4]. Оставленные на полях азотсодержащие пожнивные остатки — один из источников атмосферной эмиссии закиси азота в сельском хозяйстве Республики, что существенно при значительном снижении применения минеральных удобрений в почву (в 1990 г. — 36,9 тыс. т, а в 2003 г. — 0,9 тыс. т).

По нашим расчетам общая эмиссия закиси азота от использования сельскохозяйственных полей Бурятии в 2004 г. составила 0,64 тыс. т, или в CO₂ эквиваленте 205,15 тыс. т (в 1990 г. соответственно 5,87 и 2518 тыс. т). Эмиссия N₂O, связанная с использованием продуктов жизнедеятельности сельскохозяйственных животных и птицы (навоз и птичий помет) в качестве удобрений, и косвенная эмиссия — от сельскохозяйственных земель, связанная с использованием различных азотсодержащих веществ в сельском хозяйстве, незначительны (табл. 5).

Таким образом, наиболее значимые источники эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве Бурятии — животноводство и птицеводство (эмиссии метана), использование сельскохозяйственных полей (выбросы закиси азота). При этом выбросы от закиси азота значительнее, чем выбросы метана (99,95 % и 0,05 % соответственно).

С интенсивным спадом сельскохозяйственного производства в Республике общая эмиссия метана и закиси азота в течение 1990–2004 гг. снизилась на 89 %, что связано, во-первых, с сокращением почти в три раза посевных площадей культурных растений, во-вторых, со значительным сокращением за эти годы (в 37 раз) использования минеральных (азотных) удобрений и, в-третьих, со снижением поголовья скота и птицы в животноводстве и птицеводстве.

Таблица 5

Эмиссия закиси азота в сельскохозяйственном производстве Бурятии, тыс. т

| Год | Животноводство и птицеводство | Использование сельскохозяйственных земель | Вывывание азотных соединений и атмосферных выпадений NO _x и NH ₃ | Общая эмиссия | Доля в российском показателе, % | В CO ₂ эквиваленте |
|------|-------------------------------|---|--|---------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1990 | 0,0444 | 5,8713 | 0,0370 | 5,9527 | 2,1 | 1904,86 |
| 1995 | 0,0280 | 1,2145 | 0,0018 | 1,2443 | 1,1 | 398,18 |
| 2000 | 0,0177 | 0,7793 | 0,0008 | 0,7978 | 0,9 | 255,30 |
| 2002 | 0,0163 | 0,6924 | 0,0008 | 0,7094 | — | 227,02 |
| 2003 | 0,0162 | 0,6306 | 0,0006 | 0,6474 | — | 207,18 |
| 2004 | 0,0156 | 0,6405 | 0,0010 | 0,6571 | — | 210,27 |

В Республике Бурятия получили распространение процессы опустынивания, водная и ветровая эрозии, затопление, подтопление, заболачивание земель, зарастание их лесом и кустарником. Основным процессом, вызывающим опустынивание сельскохозяйственных угодий, — ветровая эрозия, главными природными причинами которой являются легкий гранулометрический состав почв, ветровой режим, засушливость климата в весенне-раннелетний период, горный характер территории. К антропогенным факторам можно отнести распашку маломощных склоновых почв легкого гранулометрического состава, применение отвальной обработки пашни на склоновых ландшафтах, сведение лесов, отсутствие лесополос, бессистемное использование и перегрузку пастбищ.

Таким образом, для территории крайне важно решение проблемы деградации земельных ресурсов, с одной стороны, и продовольственной безопасности — с другой. Длительное и ненормированное антропогенное воздействие на почвенный покров региона, отсутствие экологически безопасных технологий рационального использования почв при освоении земель под пашню, при усилении гидромелиоративного и агрохимического воздействия и нарушения почвенного покрова при рубках лесов привели к резкому нарушению природного баланса.

В республиканской целевой программе «Экология и природные ресурсы Республики Бурятия» (2004–2008 гг.) предусматривается ряд мероприятий по снижению и предотвращению негативных воздействий на окружающую среду, которые позволят повысить плодородие почв, активизировать процессы гумификации, предотвратить процессы водной эрозии и дефляции, увеличить урожайность сельскохозяйственных культур. На эти цели государство должно выделить из федерального и республиканского бюджетов в течение 2004–2008 гг. 491,2 млн руб., но, как показывает практика, большинство экологических программ региона не получает должной финансовой поддержки. В этой связи экономические механизмы Киотского протокола могут сыграть важную роль в реализации ряда мероприятий. Для Республики экономически выгодны инвестиции в виде реализации «проектов совместного осуществления» и прямой продажи квот на выбросы. Так, по нашим расчетам, экономический эффект от продажи квот на выбросы от сельского хозяйства Бурятии может составить 172,8 млн руб.

Для того, чтобы получить эти выгоды и принять участие в процессе международной торговли квотами и в проектах совместного осуществления, необходимо своевременно создать и обеспечить функционирование региональной системы оценки нового вида ресурса — имеющейся «углеродной» квоты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пересмотренные** руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов: Рабочая книга по инвентаризации парниковых газов / Под ред. Д. Т. Хоутона. В 3-х т. — МГЭИК, 1996. — <http://www.climate-change.ru/materials/ipccmanuals.htm>.
2. **Итоги** учета скота и птицы: Стат. сборник. — Улан-Удэ: Госкомстат РБ, 2004.
3. **Инструкция** по инвентаризации и национальному учету выбросов парниковых газов в атмосферу (проект) / Под ред. В. Б. Милыева. — СПб: Изд-во НИИ «Атмосфера», 2002.
4. **Романовская А. А.** Эмиссии парниковых газов в аграрном секторе России // Использование и охрана природных ресурсов в России. — 2003. — № 7–8.
5. **О внесении** минеральных и органических удобрений под урожай 2000 года: Стат. бюл. — Улан-Удэ: Госкомстат РБ, 2001.
6. **О внесении** минеральных и органических удобрений под урожай 2001 года: Стат. бюл. — Улан-Удэ: Госкомстат РБ, 2002.
7. **О внесении** минеральных и органических удобрений под урожай 2002 года: Стат. бюл. — Улан-Удэ: Госкомстат РБ, 2003.
8. **О внесении** минеральных и органических удобрений под урожай 2003 года: Стат. бюл. — Улан-Удэ: Госкомстат РБ, 2003.
9. **Посевные** площади сельскохозяйственных культур под урожай 2004 года: Стат. бюл. — Улан-Удэ: Госкомстат РБ, 2004.

*Байкальский институт природопользования
СО РАН, Улан-Удэ*

*Поступила в редакцию
28 июня 2005 г.*