

Е.Н. Киптенко, Т.В. Козленко

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ И ПОГЛОЩЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В УКРАИНЕ В СЕКТОРЕ “ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО”

Представлены результаты инвентаризации выбросов и поглощений парниковых газов в Украине за период 1990-2003 гг. в секторе “Изменение землепользования и лесное хозяйство” на основе материалов земельного и лесного фондов, полученные при подготовке кадастра парниковых газов в Украине в 2004 году. Рассмотрены источники выбросов и поглощения парниковых газов, связанные с биомассой и почвами.

Вступление

Химическое загрязнение атмосферы – одно из отрицательных воздействий человека на окружающую среду и, прежде всего, это проявляется в выбросах парниковых газов.

Часть из них поступает также в больших количествах из природных источников. Атмосферный цикл некоторых парниковых газов, включая как источники, так и стоки, до сих пор до конца не исследован наукой.

В настоящее время выделяют шесть категорий источников выбросов в атмосферу парниковых газов:

1. Энергетика.
2. Индустриальные процессы.
3. Использование сольвентов.
4. Изменение землепользования и лесное хозяйство.
5. Сельское хозяйство.
6. Отходы.

К парниковым газам прямого действия относятся диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), перфторуглероды, гидрофторуглероды и гексафторид серы, а также косвенного действия – окись углерода (CO), окислы азота (NO_x) и летучие неметановые органические соединения.

В последнее время большое внимание уделяется проблемам, связанным с глобальными изменениями климата, ролью в этих процессах углекислого газа и других парниковых газов, содержащихся в атмосфере.

Обязательства Украины по выполнению Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК) и Киотского протокола к ней делают важным учет такой функции лесов, как атмосферная абсорбция важнейшего парникового газа – диоксида углерода (CO_2). Наибольшее внимание уделяется увеличению поглощения CO_2 при повышении продуктивности лесных экосистем и сокращению его выбросов. Поэтому актуальными становятся задачи, направленные на получение новых и уточнение существующих оценок выбросов и поглощений парниковых газов.

В работе представлены результаты национальной инвентаризации выбросов парниковых газов и их поглощения за период 1990-2003 гг. в Украине в секторе “Изменение землепользования и лесное хозяйство”.

Расчеты проводились в соответствии с основным Методическим руководством межправительственной группы экспертов по изменению климата [1-3].

Следует отметить, что расчеты выбросов и поглощения парниковых газов в секторе “Землепользования, изменения в землепользовании и лесном хозяйстве” принципиально отличаются от расчетов в других секторах и практически являются лишь ориентировочной оценкой вследствие больших неопределенностей.

Приоритетные расчеты выбросов и стоков двуокиси углерода (CO_2), обусловленные изменениями в землепользовании и лесном хозяйстве, охватывают три наиболее важных вида деятельности:

- 1) изменения в лесах и других резервуарах древесной биомассы;
- 2) конверсия лесных и луговых угодий;
- 3) прекращение эксплуатации земель.

Наряду с выбросами и поглощениями CO_2 рассчитываются малые газовые составляющие, образующиеся непосредственно во время сгорания биомассы (лесные пожары). Исследуются следующие источники выбросов и поглощений парниковых газов: лесное хозяйство; землепользование; лесные пожары.

Выбросы CO_2 при конверсии лесных и луговых угодий вследствие отсутствия информации не анализировались.

Изменения в лесах и других резервуарах древесной биомассы

В данном подсекторе рассматриваются поглощения и выбросы углерода и двуокиси углерода, обусловленные изменениями в лесах и других резервуарах древесной биомассы под воздействием человеческой деятельности.

По данным государственного учета лесов площадь земель лесного фонда Украины составляет в среднем более 10 млн. га, из них покрытых лесной растительностью – более 9 млн. га., таким образом, лесистость (часть покрытых лесной растительностью земель от общей территории страны) составляет 15,6%. Это значительно ниже расчетно-оптимального показателя (20-22%), необходимого для достижения сбалансированности между сырьевыми запасами леса, объемом лесопотребления и экологическими требованиями. Исходя из выше изложенного, современное состояние лесных ресурсов нельзя считать удовлетворительным как со стороны сырьевых потребностей, так и в отношении стабильности экологического состояния территории и вековой структуры лесов (табл. 1) [4].

Таблица 1

Лесистость территории Украины (по данным Совета по изучению продуктивных сил Украины), %

| Природная зона | Лесистость в прошлом | Лесистость сейчас | Оптимальная лесистость |
|-----------------|----------------------|-------------------|------------------------|
| Полесье | 72,8 | 26,1 | 37,1 |
| Лесостепь | 52,0 | 13,0 | 16,8 |
| Степь | 20,0 | 3,5 | 7,7 |
| Карпаты | 76,0 | 40,2 | 50-53 |
| Крым | 14,2 | 10,0 | 12-13 |
| Украина в общем | 44,4 | 15,6 | 20-22 |

Практически все леса Украины находятся под влиянием хозяйственной деятельности.

Для расчета нетто поглощения двуокиси углерода используется следующая информация:

- площадь лесов (тыс. га);
- площадь леса по породам деревьев (тыс. га);
- объемы заготовленной древесины (тыс. м³);
- ежегодный прирост биомассы (в тоннах сухого органического вещества на гектар).

Для оценки общего содержания углерода в ежегодном приросте эксплуатируемых и выращиваемых лесов использованы данные [4-9, 13].

Для оценки количества биомассы при заготовке древесины использована информация о трех категориях заготовки древесины: лесоматериалы круглые, дрова для отопления и древесина для технологических потребностей [10, 11]. Эти же статистические данные по заготовке древесины и распределению ее по направлениям использованы для расчета потерь углерода при рубках леса.

Поскольку значительная часть вырубленной древесины используется для длительного хранения, поэтому оценки выбросов парниковых газов несколько завышены. Результаты расчетов в подсекторе лесное хозяйство представлены на рис. 1:

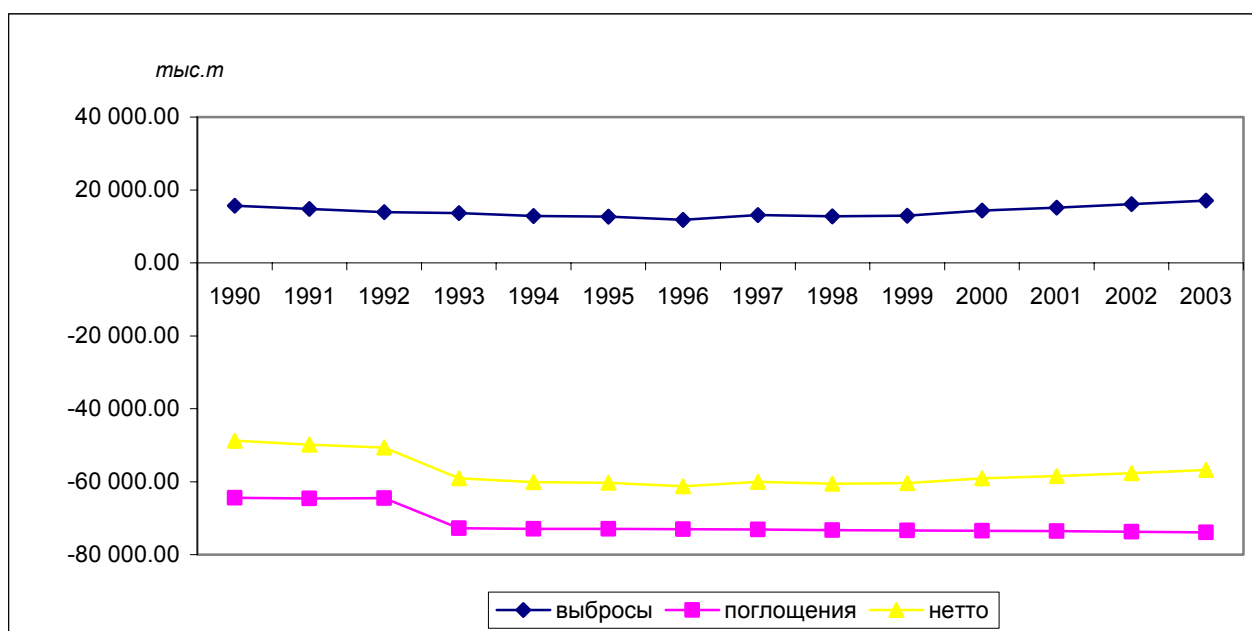


Рис. 1. Выбросы (+), поглощения (-) CO₂

Выбросы и поглощения двуокиси углерода из почвы при изменении землепользования и ведения хозяйства

Раздел включает в себя оценку нетто поглощение/выбросы двуокиси углерода (стоков и источников), связанных с тремя процессами:

- изменениями запаса углерода в почве и подстилке эксплуатируемых почв, вызванными изменениями в землепользовании;
- выбросами из органических (торфяных) почв на землях, где началось ведение сельского хозяйства или были заложены лесные плантации;

- выбросами двуокиси углерода от известкования почв, используемых в сельскохозяйственных целях.

Унифицированной статистической базы данных для расчетов не имеется. Необходимая для расчетов первичная информация должна включать данные о пространственном распределении различных типов почв и практике землепользования [6-8, 16-22].

Расчет выбросов и поглощения двуокиси углерода из минеральных почв основывается на подсчете изменений запасов углерода в почве (и подстилке), как функции изменений землепользования и практики ведения сельскохозяйственных работ. Для расчета изменений запаса углерода берется двадцатилетний период инвентаризации, то есть, распределение земель по типу использования и типу почв на год данной инвентаризации и двадцать лет назад.

Площадь, просуммированная по всем системам землепользования в год инвентаризации и двадцать лет назад, должна быть одинаковой.

Выбросы двуокиси углерода на торфяных почвах, эксплуатируемых в настоящее время, рассчитывались путем оценки ежегодных выбросов, зависящих от климатической зоны и типа землепользования.

Информация для оценки выбросов двуокиси углерода от известкования почв получена из статистических данных использования извести [14, 15].

Учитывая, что климат оказывает значительное влияние на землепользование, в методике МГЭИК (по умолчанию) определено восемь климатических зон. В регионах с умеренным климатом выделяют шесть основных групп почв:

1. Почвы с высокой активностью глины.
2. Почвы с низкой активностью глины.
3. Песчаные почвы.
4. Группа почв вулканического происхождения.
5. Заболоченные почвы.
6. Торфяные почвы.

Для территории Украины выделены почвы с высокой активностью глины, песчаные, заболоченные и торфяные (согласно характеристикам сельскохозяйственных угодий по механическому составу почв состоянием на 01.01.1996 г.) [16].

Системы землепользования следующие:

1. Пашня.

2. Многолетние насаждения.
3. Земли, предназначенные для сенокосов и пастбищ.
4. Леса и покрытые лесом земли.
5. Земли под застройкой.
6. Заболоченные земли.
7. Земли без растительности (под водой, овраги, пески).
8. Оставшиеся земли (с растительностью).

Запасы углерода для естественных и эксплуатируемых экосистем (за исключением лесов и земель, покрытых лесом) выбраны типичными «по умолчанию» [1-3] и представлены в табл. 2.

Таблица 2

Примерное содержание углерода в почве (в слое 0 – 30см) и типичные значения потерь углерода торфяных почв (т С/га)

| Типы почв | Содержание углерода в почве | Потери углерода в торфяных почвах |
|---|-----------------------------|-----------------------------------|
| Почвы с высокой активностью глины | 110 | |
| Песчаные | 25 | |
| Заболоченные | 230 | |
| Торфяные: <i>растениеводство (пашня, многолетние)</i> | | 10 |
| <i>Пастбища</i> | | 2,5 |

При расчете годовых запасов почвенного углерода в эксплуатируемых землях (пашнях) учитывается почвенный углерод, содержащийся в естественных (не эксплуатируемых) землях и коэффициенты (базовый, вспашки и добавления).

Расчет годовых выбросов из органических (торфяных) почв проводится путем учета площади, занятой торфяными почвами, в соответствии с делением на климатические зоны и типы использования земель. Годовая скорость потерь углерода т/га представлена в табл. 2 [1-3].

Потери углерода от известкования почв определялись путем умножения внесенного в почву количества извести на конверсионный коэффициент, используемый «по умолчанию» [1-3].

Результаты расчетов выбросов двуокиси углерода при известковании представлены в табл. 3.

Таблица 3
Выбросы двуокиси углерода при известковании

| Год | Выбросы двуокиси углерода, тыс. т |
|------|-----------------------------------|
| 1990 | 3620,26 |
| 1991 | 1784,76 |
| 1992 | 1784,76 |
| 1993 | 1784,76 |
| 1994 | 1784,76 |
| 1995 | 738,28 |
| 1996 | 375,71 |
| 1997 | 103,13 |
| 1998 | 3,43 |
| 1998 | 2,74 |
| 2000 | 86,75 |
| 2001 | 90,48 |
| 2002 | 74,46 |
| 2003 | 60,50 |

Таким образом, годовые выбросы двуокиси углерода в землепользовании определяются изменениями содержания углерода в минеральных почвах, выбросами двуокиси углерода из органических почв и выбросами двуокиси углерода при известковании (рис 2).

Необходимо отметить, что результаты поглощения/выбросов углекислого газа из почвы при изменении землепользования носят ориентировочный характер из-за отсутствия полной информации.

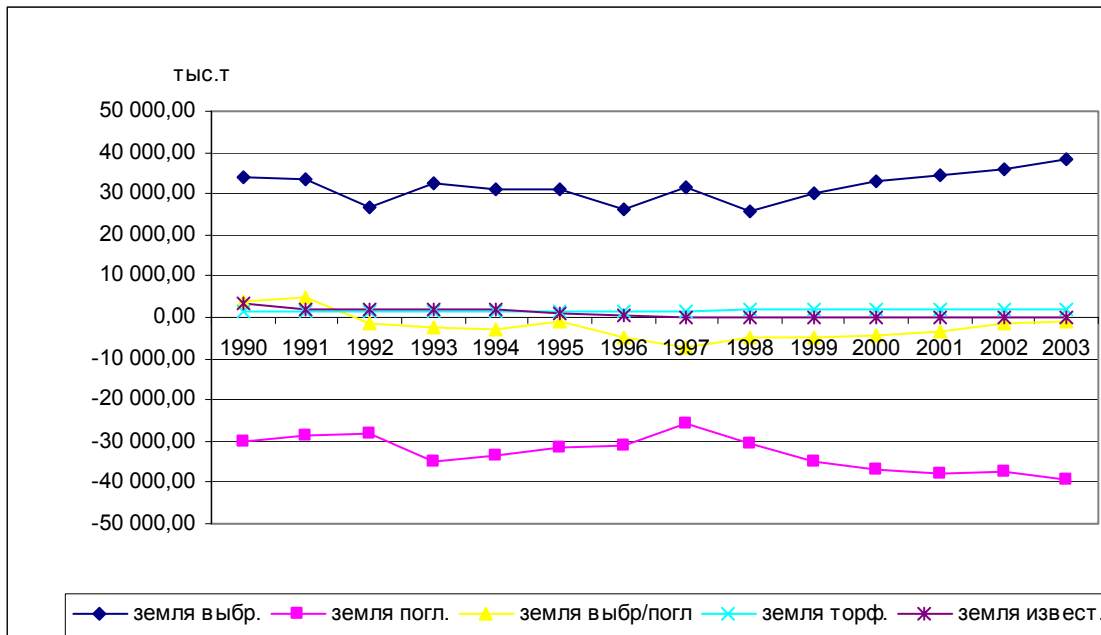


Рис. 2. Годовые выбросы/поглощения CO₂ („+“ – выброс, „-“ – поглощение)

Выбросы парниковых газов при лесных пожарах

Источниками выбросов парниковых газов вследствие лесных пожаров являются такие процессы: 1) выбросы во время сгорания

органических материалов; 2) биологический процесс медленного освобождения углерода в результате разложения органического вещества на пожарищах.

Объем выбросов углекислого газа и других парниковых газов зависит от массы органического вещества, его химического состава и условий горения.

Различие условий возникновения и развития лесных пожаров, их тип и интенсивность усложняют определение общей массы выбросов парниковых газов во время пожаров. Много неопределенностей в оценке выбросов парниковых газов после пожаров, поскольку процесс разложения зависит от размеров и химического состава отмерших растений и их частей, а также почвенных условий.

Лесные горящие материалы подразделяются на три группы: наземные, надземные и подземные, отличающиеся особенностями сгорания и распространения огня. Объектами первичного сгорания чаще всего являются наземные материалы (опавшие листья, лесная подстилка, остатки рубки и т.д.), а вторичными – надземные материалы (высокий подлесок, стволы и кроны деревьев и т.д.).

Выделяют верховые, низовые и подземные лесные пожары. Для расчета выбросов парниковых газов при лесных пожарах использована информация о площади лесов, охваченных верховыми, низовыми и подземными пожарами (га), и о запасах сгоревшей и поврежденной древесины на пне и поврежденной лесопроодукции (тыс. м³) [22].

Расчет выбросов парниковых газов проводился по методике, изложенной в [2, 9]. Согласно [9] масса лесных горючих наземных материалов колеблется в пределах от 5 до 25 т/га в зависимости от состава, возраста, типа леса и т.д. Учитывая закономерности распространения низовых пожаров, принято, что при этом в среднем сгорает 8-10 т/га. Верховые и подземные пожары приводят к гибели древостоев, хотя сразу сгорает лишь часть древесины.

При лесных подземных пожарах массу выгоревшего органического вещества (без древостоя) в среднем принимают за 100 т/га. Потери биомассы при пожарах составляют 8 т/га при низовых пожарах и 100 т/га – при подземных.

Для расчета сгоревшей биомассы при верховых пожарах использована статистическая отчетность про объемы (м³) сгоревшей и поврежденной древесины, предполагая, что из приведенного количества

древесины потери составляют 70% биомассы. Для определения потерь углерода умножают объемы сгоревшего леса на переводной коэффициент (0,40) и часть потери биомассы (0,70) [9].

При пожарах выбрасывается не только двуокись углерода, но и другие парниковые газы (метан (CH₄), окись углерода (CO), закись азота (N₂O) и окислы азота (NO и NO₂). Метан и окись углерода оцениваются, как доли потока углерода, высвобождаемого при горении. Общее содержание азота рассчитывается с помощью отношения азот/углерод в сухой массе (типичное значение отношения 0,01). Закись азота и окислы азота оцениваются как доли общего потока этого азота [1-3].

В табл. 4 приведены пропорции выбросов при сжигании лесной биомассы [1-3].

Таблица 4
Пропорции выбросов при открытом сжигании лесной биомассы

| Газ | Средние значения |
|------------------|------------------|
| CH ₄ | 0,012 |
| CO | 0,06 |
| N ₂ O | 0,007 |
| NO _x | 0,121 |

Для получения выбросов метана и окиси углерода (все выражено в единицах углерода) количество высвобождаемого углерода умножается на пропорции выбросов для метана и окиси углерода. Для перерасчета на полный молекулярный вес выбросы метана и окиси углерода

умножаются соответственно на 16/12 и 28/12.

Для оценки выбросов закиси азота и окислов азота количество высвобождаемого углерода умножалось на 0,01 для получения общего количества освобожденного азота (N), затем количество освобожденного азота умножалось на пропорции выбросов закиси азота и окислов азота (выражено в единицах азота). Для перерасчета на полный молекулярный вес выбросы закиси азота и окислов азота соответственно умножались на 44/28 и 46/14.

Окончательные расчеты выбросов газов при пожарах проводятся по формулам:

$$Q_{CH_4} = A \cdot B \cdot 16/12,$$

$$Q_{CO} = A \cdot B \cdot 28/12,$$

$$Q_{N_2O} = A \cdot B \cdot D \cdot 44/28,$$

$$Q_{NO_x} = A \cdot B \cdot D \cdot 46/14,$$

где Q – выбросы парниковых газов; A – освобожденный углерод; B – пропорция выбросов; D – отношение N/C.

Выбросы парниковых газов от лесных пожаров представлены в табл. 5 и на рис. 3.

Таблица 5

Выбросы парниковых газов от лесных пожаров (тыс. т)

| Год | Газ | | | |
|------|-----------------|------------------|-----------------|-------|
| | CH ₄ | N ₂ O | NO _x | CO |
| 1990 | 0,27 | 0,00 | 0,007 | 2,34 |
| 1991 | 0,16 | 0,00 | 0,04 | 1,40 |
| 1992 | 0,48 | 0,00 | 0,12 | 4,16 |
| 1993 | 0,59 | 0,00 | 0,15 | 5,13 |
| 1994 | 1,70 | 0,01 | 0,42 | 14,84 |
| 1995 | 0,46 | 0,00 | 0,11 | 4,01 |
| 1996 | 1,07 | 0,01 | 0,27 | 9,40 |
| 1997 | 0,10 | 0,00 | 0,03 | 0,88 |
| 1998 | 0,28 | 0,00 | 0,07 | 2,43 |
| 1999 | 0,57 | 0,00 | 0,14 | 4,99 |
| 2000 | 0,14 | 0,00 | 0,03 | 1,19 |
| 2001 | 0,75 | 0,01 | 0,19 | 6,59 |
| 2002 | 0,46 | 0,00 | 0,11 | 3,99 |
| 2003 | 0,24 | 0,00 | 0,06 | 2,09 |

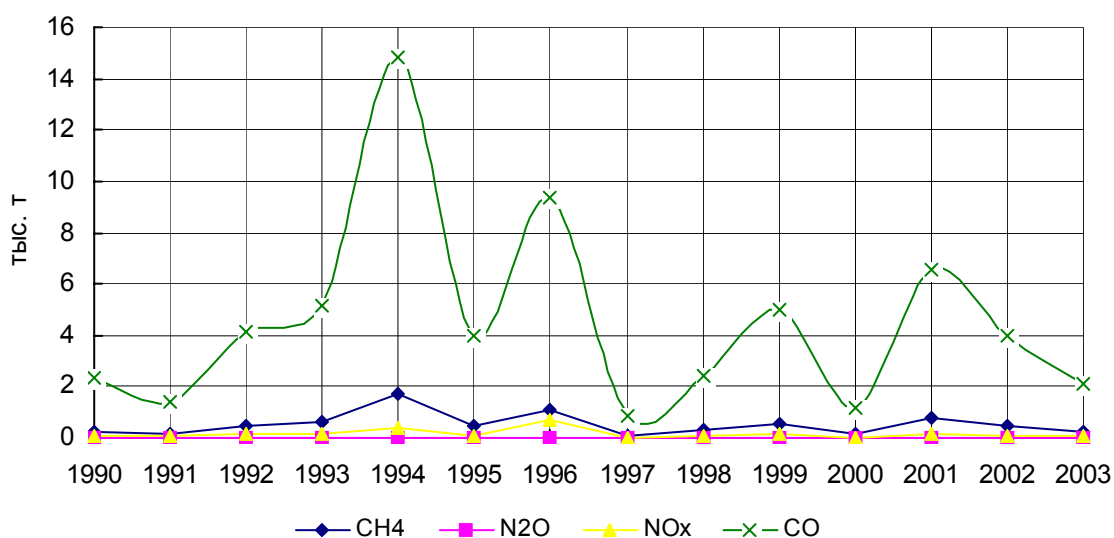


Рис. 3. Динамика выбросов парниковых газов от лесных пожаров

Объемы поглощения/выбросов CO₂ за 1990 – 2003 годы приведены в табл. 6 и на рис. 4.

Таблица 6

Поглощение/выбросы парниковых газов (CO₂) за 1990-2003 гг., (тыс. т)
(„-“ - поглощения, „+“ - выбросы)

| Год | Всего | Лес | Земли |
|------|-----------|-----------|----------|
| 1990 | -38937,98 | -48788,94 | 9789,66 |
| 1991 | -31443,79 | -49815,78 | 18335,25 |
| 1992 | -54521,87 | -50660,66 | -3970,27 |
| 1993 | -47108,10 | -59094,41 | 11851,96 |
| 1994 | -48997,81 | -60117,85 | 10731,47 |
| 1995 | -48936,04 | -60325,74 | 11284,28 |
| 1996 | -61625,07 | -61279,92 | -591,34 |
| 1997 | -65442,65 | -60070,46 | -5395,32 |
| 1998 | -63637,45 | -60541,07 | -3160,00 |
| 1999 | -63284,27 | -60439,18 | -2975,71 |
| 2000 | -61494,51 | -59101,30 | -2424,51 |
| 2001 | -59694,65 | -58496,30 | -1370,85 |
| 2002 | -57308,50 | -57649,61 | 236,51 |
| 2003 | -55761,28 | -56824,76 | 1008,86 |

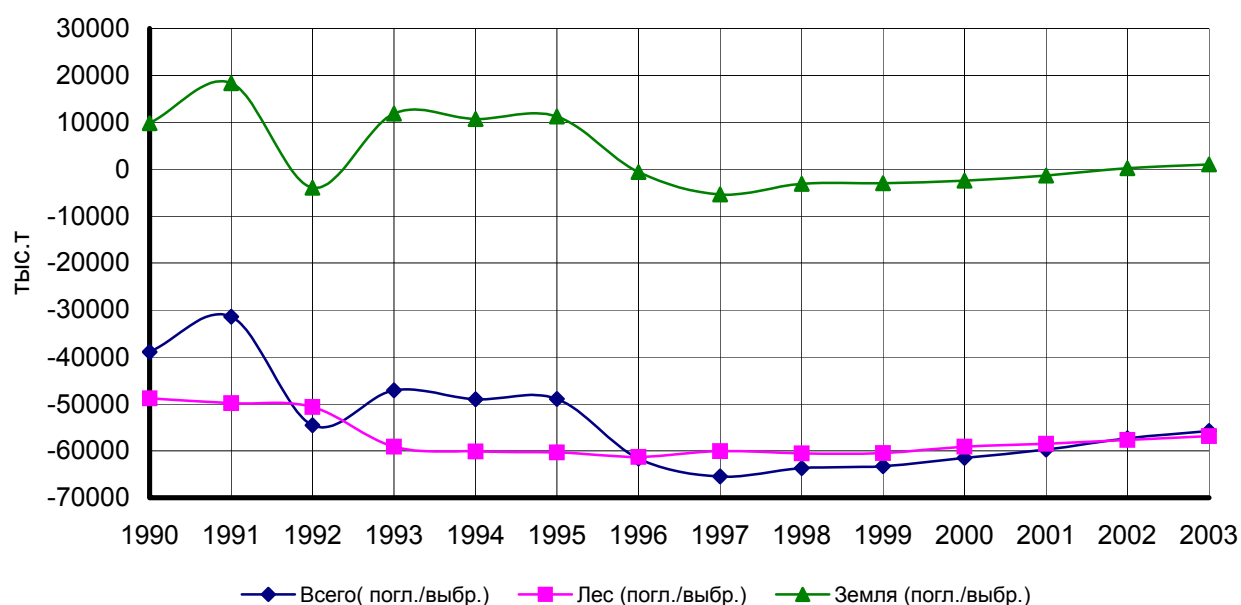


Рис. 4. Поглощение/выбросы двуокси углерода (CO₂)
(„-“ – поглощения, „+“ – выбросы)

В объемах поглощения выбросов CO₂ выделяются 1990-1991 гг. и 1993-1995 гг., когда выбросы от деятельности в землепользовании превышали поглощение. Такие различия связаны с изменениями площадей землепользования и методов ведения хозяйства.

Выводы

Значительные выбросы двуокиси углерода отмечаются из почвы при изменении землепользования и методов ведения хозяйства в период с 1990 по 1996 гг., что связано с изменением площадей землепользования в год инвентаризации и предшествующих двадцати лет, а также большими выбросами двуокиси углерода от известкования и гипсования почв. Именно в период с 1990 по 1996 гг. было внесено наибольшее количество известковой муки и гипса.

Наибольшие выбросы двуокиси углерода от лесных пожаров произошли в 1994, 1996 и 2001 гг. Так, пик выбросов двуокиси углерода отмечен в 1994 г., поскольку площадь, охваченная лесными пожарами, составляет более 10 тыс. га, а сгоревшей полностью заготовленной древесины – 391999 м³.

Полученные результаты носят ориентировочный характер из-за отсутствия полной информации по многим позициям, особенно это касается выбросов и стоков двуокиси углерода из почвы при изменении землепользования и методов ведения хозяйства.

Практически по всем видам деятельности коэффициенты приняты “по умолчанию”. Отсутствие данных по выбросам двуокиси углерода при конверсии лесных и луговых угодий не дало возможности провести соответствующие расчеты.

* *

Наведено результати інвентаризації викидів та поглинання парникових газів в Україні за період 1990-2003 рр. у секторі “Зміни землекористування та лісове господарство” на основі матеріалів земельного і лісового фондів. Розглянуто джерела викидів та поглинання парникових газів, які пов’язані з біомасою та ґрунтами.

* *

1. Руководство МГЭИК по составлению общенациональных кадастров газов с парниковым эффектом. Т. 1. Инструкция по отчетности для кадастра газов с парниковым эффектом. – 1994. – 100 с.
2. Пересмотренные руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. Т. 2. – Рабочая книга по инвентаризации парниковых газов. – 1996. – 53 с.
3. Inventory of Methane Emissions from Coal Mining Enterprises in Ukraine: 1990-2000. – Partnership for Energy and Environmental Reform, Centre of Alternative Fuels. – 74 с.

4. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 2001 році. – К. – 184 с.
5. Статистичний щорічник України за 2003 рік. – Держкомстат України. – К., 2004. – 405 с.
6. Довкілля України (статистичний збірник). – Держкомстат України – К., 2000. – 184 с.
7. Довкілля України (статистичний збірник). Держкомстат України. – К., 2002. – 326 с.
8. Довкілля України (статистичний збірник). Держкомстат України. – К., 2003. – 130 с.
9. Звіт про науково-дослідну роботу. Розробка нормативно-правової бази та методичних керівництв на виконання Україною Кіотського протоколу. – Харків, 2004. – 145 с.
10. Звіти про заготівлю та відпуск деревини і інших лісових ресурсів за формою 3-лг (річна) за 1990-1996 рр. Держкомстат України.
11. Статистичний бюлетень про заготівлю та відпуск деревини та інших лісових ресурсів у 2002 р., форма 3-лг (річна). - К.: Держкомстат України, 2003. – 248 с.
12. Короткий довідник лісового фонду України (за матеріалами чергового державного обліку лісів України станом на 01.01.1996 р. – 83 с.
13. Короткий довідник лісового фонду України за матеріалами обліку лісів станом на 1 січня 2002 р. – С. 4-11.
14. Статистичний збірник. Внесення мінеральних і органічних добрив. – 2003. – 537 с.
15. Звіти про наявність земель та розподіл їх за власниками землі, землекористувачами, угіддями та видами економічної діяльності за 1990-2003 рр. За формою 6 зем. Держкомстат України.
16. Земельный фонд Украинской ССР по состоянию на 01 ноября 1970 г. – К., 1971. – 17 с.
17. Земельный фонд Украинской ССР по состоянию на 01 ноября 1971 г. – К., 1972. – 17 с.
18. Земельный фонд Украинской ССР по состоянию на 01 ноября 1972 г. – К., 1973. – 17 с.
19. Земельный фонд Украинской ССР по состоянию на 01 ноября 1973 г. – К., 1974. – 17 с.
20. Земельный фонд Украинской ССР по состоянию на 01 ноября 1975 г. – К., 1976. – 17 с.
21. Статистичний бюлетень за формою 5-лг (річна) за 1990-2003 рр. – Держкомстат України. – 21 с.

*Украинский научно-исследовательский
гидрометеорологический институт, Киев*