

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 двуоксида 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:

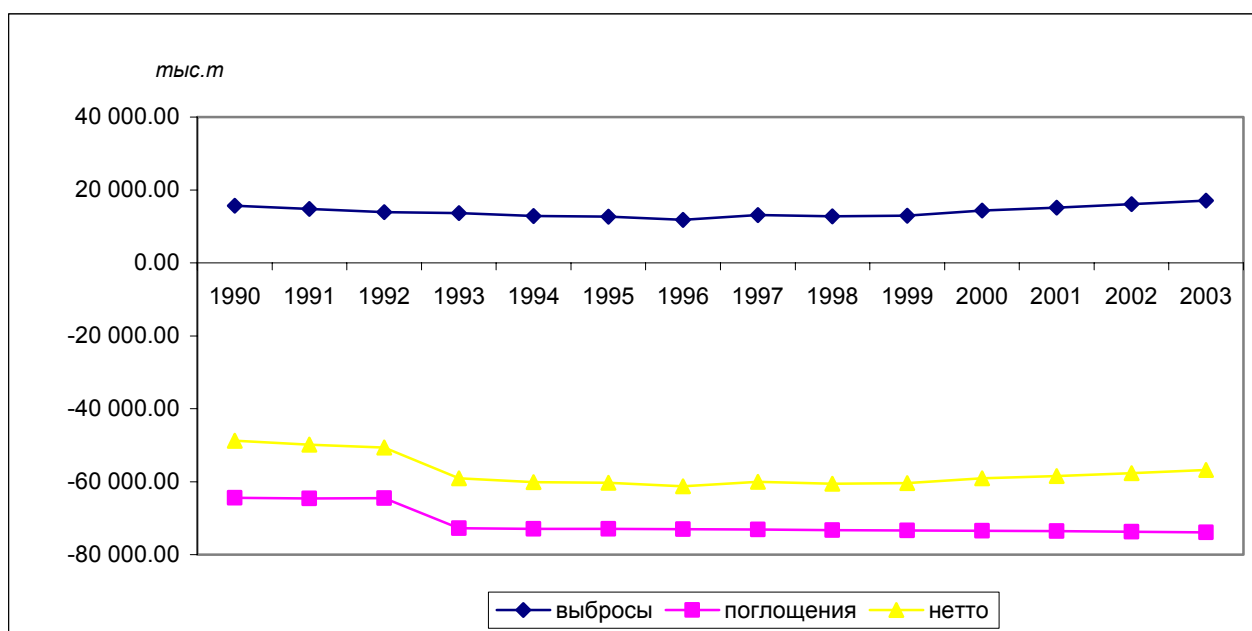


Рис. 1. Выбросы (+), поглощения (-) CO₂

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.

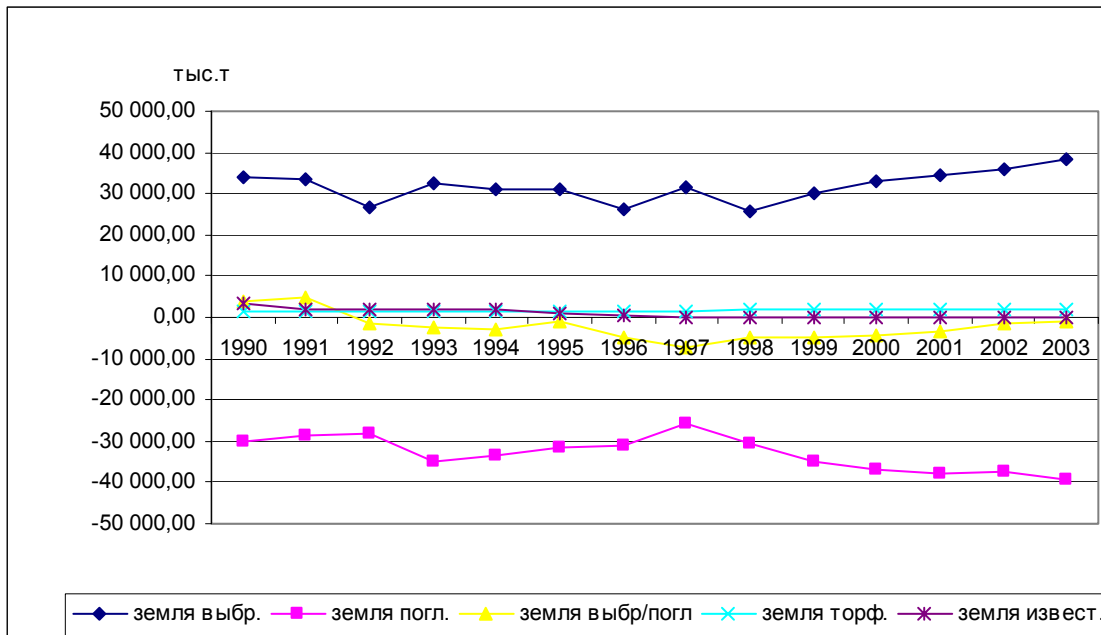


Рис. 2. Годовые выбросы/поглощения CO₂ („+“ – выброс, „-“ – поглощение)

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

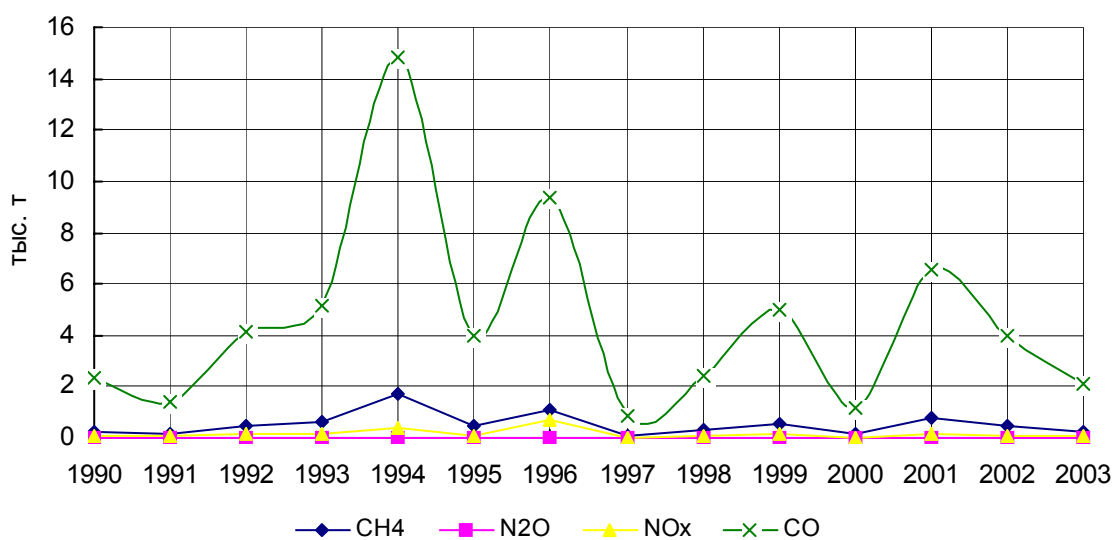


Рис. 3. Динамика выбросов парниковых газов от лесных пожаров

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

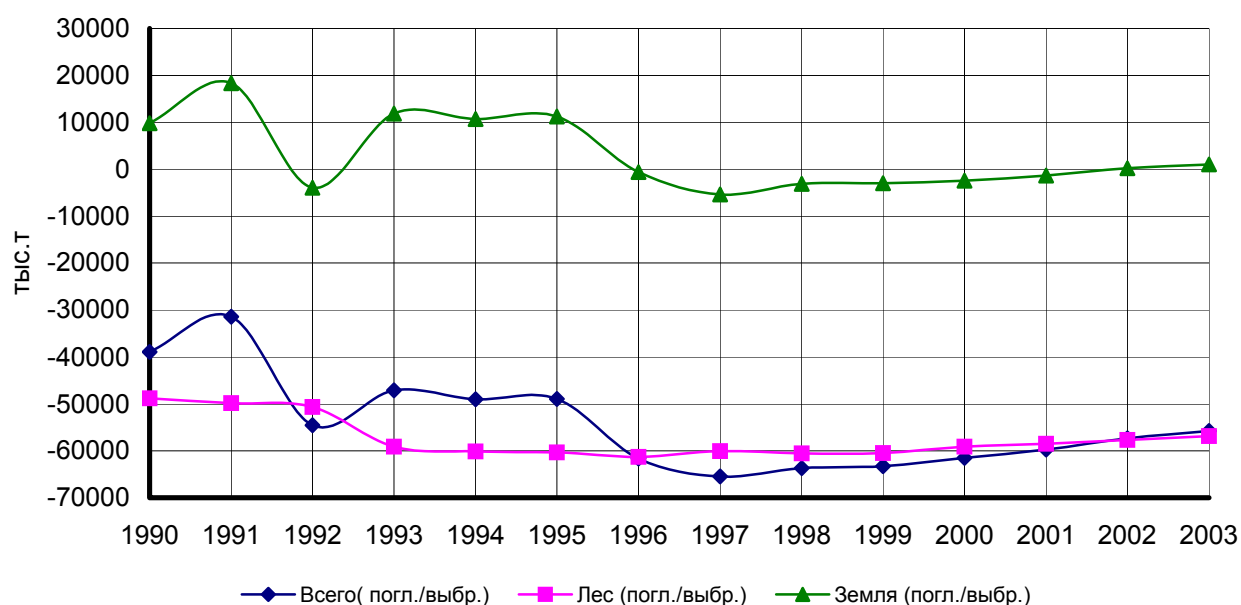


Рис. 4. Поглощение/выбросы двуокиси углерода (CO₂)
(„-“ – поглощения, „+“ – выбросы)

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.

*Український науково-дослідницький
гідрометеорологічний інститут, Київ*