

## СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПРОДУЦИРОВАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА МЕРЗЛОТНЫМИ ПОЧВАМИ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Малханова Е.В.

*Бурятский Государственный Университет*

670000. г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24 «а». [rae@biol.bsc.buryatia.ru](mailto:rae@biol.bsc.buryatia.ru)

*На основе двухлетних полевых наблюдений получены данные по динамике эмиссии CO<sub>2</sub> за вегетационный период из лугово-черноземных мерзлотных и дерново-таежных почв Еравнинской лесостепной котловины Витимского плоскогорья. Показано, что в холодные сезоны интенсивность была невысокая и составляла в среднем 1,4 -1,6 кг CO<sub>2</sub>/га сут. В теплый период эмиссия CO<sub>2</sub> почвами была выше, достигая максимума в июле – 30,4 кг CO<sub>2</sub>/га сут. В целом потери углерода в виде углекислоты исследуемыми почвами были ниже по сравнению с таковыми других природно-климатических зон, что связано с жестким гидротермическим режимом, наличием постоянной и длительной сезонной мерзлоты в почвах, коротким вегетационным сезоном.*

Одной из актуальных проблем современности, в связи с угрозой глобального потепления, стала оценка углеродного баланса отдельных регионов. Приоритетным направлением в этих исследованиях является определение продуцирования CO<sub>2</sub> из почв в атмосферу как основной расходной статьи в бюджете углерода. По географической принадлежности экспериментальных площадок большинство исследований проводилось в центральном регионе европейской части России. Практически неизученными являются районы Восточной Сибири и Дальнего Востока, горные и полупустынные регионы (6).

Продуцирование CO<sub>2</sub> из почв в определенной мере характеризует функциональное состояние экосистемы в целом в каждый конкретный момент времени. Выделение двуокиси углерода с поверхности почвы тесно связано с активностью живых организмов, обитающих в ней, жизнедеятельностью растений и протеканием физико-химических процессов. Таким образом, биологический фактор имеет первостепенное значение в формировании почвенного профиля и многих свойств самой почвы. Но в разных природных зонах процессы почвообразования имеют свои особенности. Еравнинская лесостепная мерзлотная котловина Витимского плоскогорья – регион с чрезвычайно разнообразными, во многом уникальными, свойствами природной среды. Суровые климатические условия, а также многолетняя мерзлота, распространенная здесь островными и сплошными массивами, предопределили современный ландшафтный облик края и характер его почвенного покрова (3). География исследований, касающихся режима почвенной углекислоты, недостаточно затрагивала Забайкалье, поэтому изучение эмиссии CO<sub>2</sub> в регионе с широким распространением многолетнемерзлотных пород и грунтов наиболее актуально.

Целью настоящего исследования является количественное определение продуцирования углекислоты в экосистемах мерзлотной зоны с различными режимами, а также сравнительная оценка выделения углекислоты из разных типов почв.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являются дерново-таежные и лугово-черноземные мерзлотные почвы Еравнинской лесостепной котловины Витимского плоскогорья. Исследования проводили в 2004 году с июля по октябрь, в 2005 году с мая по октябрь и с мая 2006 года также начато измерение эмиссии CO<sub>2</sub> в лесном, луговом ценозах и под посевами ячменя в режиме оперативного мониторинга с недельным интервалом.

Опытные площадки расположены на Еравнинском почвенно-агрохимическом стационаре в с. Сосновоозерск (лугово-черноземные мерзлотные почвы) и на увале Дархитуй на юге Витимского плоскогорья (дерново-таежные почвы).

Эмиссию  $\text{CO}_2$  определяли в трехкратной повторности абсорбционным методом в модификации И.Н.Шаркова (25): использовали полипропиленовые сосуды ( $d = 10$  см,  $h = 15$  см) с крышками. Сосуд-изолятор врезается в почву на глубину 7 см. И в агроценозе и в лесу сосуды-изоляторы помещали между растениями, на целине – надземную часть растений срезали на уровне почвы. Внутри ставится чашечка ( $d = 5$  см) с 10 мл 1н NaOH. Сосуд закрывается крышкой на 24 часа, после чего чашечка извлекается, закрывается крышкой и доставляется в лабораторию. В период между измерениями сосуды остаются в почве со снятыми крышками. В лаборатории раствор переносится в стакан и титруется 0,2н раствором HCl по фенолфталеину. Выделенное почвой за 24-часовую экспозицию количество  $\text{CO}_2$  рассчитывается с учетом холостого титрования (щелочь на период экспозиции помещается в сосуд без почвы объемом, равным объему свободного пространства в рабочем сосуде) по формуле:

$$V = ((a - b) * 0,88 * 100) / 86,5 \quad (I)$$

где  $V$  - скорость продуцирования  $\text{CO}_2$  почвой, кг/га\*24ч;

$a$  и  $b$  - количество мл 0,2н HCl, пошедшее на титрование соответственно в холостом и рабочем определениях;

0,88 - коэффициент, характеризующий количество мг  $\text{CO}_2$ , эквивалентное 1 мл 0,2н HCl;

86,5 - площадь почвы, накрываемая сосудом-изолятором,  $\text{см}^2$ ;

100 - коэффициент для пересчета мг  $\text{CO}_2/\text{см}^2 * 24\text{ч}$  в кг  $\text{CO}_2/\text{га} * 24\text{ч}$ .

После упрощения формула ( I ) примет вид:

$$V = 1,02 * (a - b).$$

Суммарные потери углерода из почвы в виде  $\text{CO}_2$  за период наблюдения оцениваются с помощью метода линейного интерполирования по формуле:

$$A = (((V_1 + V_2)/2) * t_1 + ((V_2 + V_3)/2) * t_2 + \dots + ((V_{n-1} + V_n)/2) * t_{n-1}) * 0,273, \quad (II)$$

где  $A$  - суммарное количество  $\text{C} - \text{CO}_2$ , выделившееся из почвы за период наблюдения, кг/га;

$V_1, V_2, V_3 \dots V_n$  - соответственно величины 1-го, 2-го, 3-го и  $n$ -го измерений скорости продуцирования  $\text{CO}_2$  почвой, кг/га\*24ч;

$t_1, t_2, t_{n-1}$  - периоды времени между измерениями, сутки;

0,273 - коэффициент пересчета  $\text{CO}_2$  в  $\text{C}$ .

Одновременно производили измерение температуры и влажности почвы в слое 0 -10 см.

В 2005 году для определения биологической активности исследуемых почв применяли метод аппликации (21) с закладкой в 5-кратной повторности льняного полотна в слой почвы 0-20 см с экспозицией 120 суток. В мае 2006 года на экспериментальных объектах также заложен эксперимент по определению целлюлозоразрушающей активности почв.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Неповторимый и не имеющий аналогов на обширной территории Сибири климат Забайкалья, характеризующийся коротким теплым периодом, малоснежьем, глубоким промерзанием почв и наличием в их профиле многолетней мерзлоты, большими амплитудами температур в годичном, сезонном и суточном циклах, формирует самобытные почвы с контрастными генетическими свойствами и жестким гидротермическим режимом. В совокупности климатические особенности создают жесткие условия для вегетации растений, обуславливают специфику почвенных процессов и способствуют формированию генетически самобытных почв в Забайкальском регионе.

Лугово-черноземные мерзлотные почвы (гумус 7,3 - 7,6 %, рН – нейтр) сформировались в условиях горной мерзлотной лесостепи юга Витимского плоскогорья под лугово-степной растительностью на относительно выровненных и

слабодренированных остепненных территориях (5). Водно-физические свойства лугово-черноземных мерзлотных почв имеют благоприятные показатели в перегнойно-аккумулятивном горизонте. На целинном участке в напочвенном покрове из злаковых преобладают полевица Триниуса, вострец ложнопырейный, овсец Шелля, зубровка душистая и осоки, а из разнотравья – кровохлебка лекарственная, полынь разнолистная, одуванчик монгольский и др. В настоящее время лугово-черноземные мерзлотные почвы почти полностью вовлечены в пашню. В них за счет обработки, внесения удобрений и других причин намечаются некоторые изменения в содержании гумуса. Дерново-таежные почвы в Забайкалье преобладают в структуре почвенного покрова южной тайги, по верхним частям увалистых форм рельефа под разнотравными разреженными листовенничниками. Многолетняя мерзлота залегает здесь на глубине 2 - 3 м и ниже. В отличие от лугово-черноземных мерзлотных водно-физические свойства этих почв недостаточно благоприятны (4). Сведение леса или его изреживание, как правило, приводит к неудовлетворительному гидротермическому режиму, их сильному иссушению и остепнению, с одной стороны, а с другой – почвы при насыщении влагой, оттаивании мерзлоты и выпадении концентрированных осадков подвергаются водной эрозии. Своеобразие почвенных и климатических условий влияло на характер, сезонную продолжительность и суммарную за сезон эмиссию  $\text{CO}_2$  из исследуемых типов почв. Динамика ее в течение вегетации на разных почвах в разные годы была примерно одинаковой, однако наблюдались отличия в скорости эмиссии (см рис. 1).

Наблюдения за эмиссией  $\text{CO}_2$  в 2004 году показали, что динамика дыхания на всех типах почв отражается одновершинной кривой с максимумом в середине вегетационного сезона. Так, на дерново-таежных почвах за период со 2 июля по 2 октября выделение  $\text{CO}_2$  колебалось от 3,8 до 20,7 кг/га сут. Прогревание почвы до  $19^\circ\text{C}$  в начале июля сопровождался резким подъемом эмиссии, достигшим наибольшего значения за весь период наблюдений – 20,7 кг/га сут. Далее следует спад эмиссии почти вдвое, составляющий 9,7 кг/га сут и находящийся в этих пределах до сентября. На целинных лугово-черноземных мерзлотных почвах в начале наблюдений также отмечаются высокие показатели продуцирования углекислоты, составившие 2 июля 19,9 кг/га сут. Затем следуют сначала спад эмиссии до 11,5, а затем ее резкий скачок до 24,9 кг/га сут, которому предшествует обильное выпадение осадков. Это, отчасти, вероятно, связано с резко возросшей активностью микробного комплекса целинных лугово-черноземных мерзлотных почв, в которых возникли благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов. В динамике дыхания в последующих наблюдениях отмечается равномерность без резких перепадов. Кривая продуцирования углекислоты на парующихся лугово-черноземных мерзлотных почвах имеет также один максимум в середине вегетации, составивший 2 июля 18,6 кг/га сут. Дальнейшие наблюдения показали, что эмиссия  $\text{CO}_2$  из этих почв колеблется в пределах от 3 до 10,2 кг/га сут. Прогревание атмосферного и почвенного воздуха после первых осенних заморозков, начинающихся в Забайкалье во второй половине августа, незначительно увеличил дыхание на всех типах почв. Здесь отмечается прямая связь между эмиссией и температурой почв, где корреляция в разных почвах сильная и колеблется в пределах от 0,7 до 0,9 (см. табл. 1).

Таблица 1.

**Парные коэффициенты корреляции между эмиссией CO<sub>2</sub> и температурой (Tn) и влажностью (Wn) верхнего слоя мерзлотных почв.**

<i>Период, год</i>	<i>Показатель</i>	<i>Целинные лугово-черноземные мерзлотные</i>	<i>Парующиеся лугово-черноземные мерзлотные</i>	<i>Дерново-таежные</i>	<i>Лугово-черноземные под посевами ячменя</i>
Июль-04	Tn	0.85	0.7	0.78	-
	Wn	-0.7	-0.3	-0.2	-
Август-04	Tn	0.56	-0.2	-0.62	-
	Wn	0.3	0.96	0.83	-
Сентябрь-04	Tn	0.69	0.9	0.94	-
	Wn	-0.5	-0.9	-0.7	-
Май-05	Tn	1,0	-1,0	1,0	-
	Wn	-1,0	-1,0	1,0	-
Июнь-05	Tn	-0.59	0.43	0.84	1,0
	Wn	0.89	0.58	-0.59	-0.93
Июль-05	Tn	-0.73	0.55	-1,0	-0.8
	Wn	0.59	0.92	0.98	0.84
Август-05	Tn	0.71	0.89	0.89	0.9
	Wn	0.25	0.61	0.67	0.04
Сентябрь-05	Tn	0.97	0.98	0.28	0.95
	Wn	-0.97	-0.75	0.74	-0.87
Май-06	Tn	0.63	0.1	0.76	1,0
	Wn	0.86	1,0	-0.95	0.7
Июнь-06	Tn	0.99	0.85	1,0	0.69
	Wn	-0.92	-0.96	-1,0	-0.95

В 2005 году в начале вегетационного сезона скорость эмиссии CO<sub>2</sub> на целинных и парующихся лугово-черноземных мерзлотных, а также на дерново-таежных почвах была одинаково низкой: 2,9 кг CO<sub>2</sub> / га сут, 2,6 и 2,8 соответственно. Это обусловлено низкими температурными показателями почв (3°C в слое 0-10 см), когда биологическая активность в них невысокая. Кроме того, углекислота в этот период может сорбироваться в почве (19). Начиная с июня, наблюдения проводили одновременно на всех почвах, а также в посевах ячменя. Выпадения осадков в третьей декаде июля сопровождалась резким всплеском эмиссии CO<sub>2</sub>, которая достигла максимальных за вегетацию значений: на целине лугово-черноземных мерзлотных почв – 30,4, на пару – 18,4, на дерново-таежных – 24,6, под посевами ячменя – 26,2 кг CO<sub>2</sub> / га сут. Здесь отмечена положительная корреляционная связь между эмиссией CO<sub>2</sub> и влажностью почвы, ее коэффициент

равнялся 0,59-0,98. Максимальные значения эмиссии в этот период обусловлены прогреванием и увлажнением пахотного слоя, когда возникают благоприятные условия для жизнедеятельности почвенной микрофлоры, соответственно усиливаются процессы минерализации растительных остатков и почвенного органического вещества. В посевах повышение продуцирования углекислоты может быть связано с усилением дыхания корней (9). Известно, что последнее возрастает пропорционально нарастанию биомассы и максимума достигает в фазу цветения. В целом вклад дыхания корней в эмиссию может варьировать от 6 до 80% от эмиссии  $\text{CO}_2$  из почвы (1, 7).

Особенности климатических условий Забайкалья находят отражение и в эмиссии  $\text{CO}_2$  за вегетационный сезон. Так, первые осенние заморозки приводят к спаду температуры почвы ниже  $10^\circ\text{C}$ , то есть той точки, которая принимается за рубеж биологической активности (2, 20). Показатель эмиссии снизился, достигнув в среднем  $3,5 \text{ кг CO}_2 / \text{га сут}$ . Дальнейшее прогревание и увлажнение почв привели к подъему кривой дыхания, связанному с минерализацией микробной некромассы. Показатель эмиссии составил: на целине – 5,5, в пару – 6,2, на дерново-таежных – 4,2 и в посевах – 6,0  $\text{кг CO}_2 / \text{га сут}$ . Корреляционная связь между эмиссией  $\text{CO}_2$  и температурой почв была также тесной и находится в пределах 0,71-0,9.

Начало вегетационного периода 2006 года оказалось особенно холодным, что отразилось и на дыхании почвы: минимальные показатели дыхания – на дерново-таежных –  $0,2 \text{ кг CO}_2 / \text{га сут}$ , максимальные – на целинных лугово-черноземных мерзлотных – 1,2. Под посевами ячменя этот показатель составил 1,1, а в парующихся –  $0,9 \text{ кг CO}_2 / \text{га сут}$ . Здесь отмечена тесная положительная корреляционная связь между эмиссией  $\text{CO}_2$  и температурой верхних слоев почвы. Для продуцирования углекислоты почвами в течение мая и первой декады июня были характерны невысокие показатели, колеблющиеся в пределах  $0,4 - 3,8 \text{ кг CO}_2 / \text{га сут}$ . Температура почвы в слое 0 – 20 см изменялась в пределах от  $0^\circ\text{C}$  на дерново-таежных до  $5,2^\circ\text{C}$  под посевами ячменя. Для экспериментальных объектов характерна высокая влажность, находящаяся в пределах 57 – 65%. Далее наблюдается прогревание верхних слоев почвы, активное «пробуждение» растительности, сопровождаемые подъемом эмиссии углекислого газа из почв в атмосферу. Кроме того, переувлажнение почв и их быстрое прогревание до  $12^\circ\text{C}$  обуславливали увеличение эмиссионной составляющей: на целинных лугово-черноземных мерзлотных почвах показатель составил 10,3, на парующихся – 5,5, под посевами – 4,2, на дерново-таежных – 5,1  $\text{кг CO}_2 / \text{га сут}$ . Здесь отмечается сильная положительная корреляция между дыханием почвы и температурой, а также полная обратная связь с ее влажностью.

Интерес представляет сравнение скорости эмиссии в экспериментальных почвах с оценками, имеющимися в литературе. Так, по наблюдениям за биологической активностью в условиях Воркутинской тундры показатели выделения  $\text{CO}_2$  на торфяных почвах равный  $40,8 \text{ кг CO}_2 / \text{га сут}$  (13). Эти параметры под целинной растительностью пятнистой тундры Западного Таймыра составляют  $32,3 \text{ кг CO}_2 / \text{га сут}$  (14), на дерново-подзолистых суглинистых почвах южной тайги Ангаро-Енисейского региона – 30,7 (18), а в серых лесных среднесуглинистых Подмоскovie –  $16,9 \text{ кг CO}_2 / \text{га сут}$  (8). Эмиссия углекислоты из обыкновенного чернозема Красноярского края составляет в среднем  $47,1 - 66,7 \text{ кг CO}_2 / \text{га сут}$  в агроценозе и  $60,2$  – в пару (17), а в агроценозах каштановых почв Бурятии этот показатель ниже и равен  $7,9 - 19,2$  (23). Среднесуточные значения продуцирования углекислоты за вегетационный сезон на наших экспериментальных объектах отличаются значительно и колеблются в пределах от  $5,8$  до  $7,8 \text{ кг CO}_2 / \text{га сут}$ . В почвах мерзлотной и холодной формации климат генетических горизонтов определяет биологическую активность и эмиссию  $\text{CO}_2$  (22). Здесь – очевидно, что низкие показатели эмиссии связаны в первую очередь с жестким гидротермическим режимом, наличием постоянной и длительной сезонной мерзлоты в почвах, коротким вегетационным сезоном. Также следует учитывать зависимость дыхания почвы не только от почвенных и погодных

условий, но и от физиологического состояния растений и микробных сообществ, видового состава и густоты растительного покрова, ресурса гумуса.

Суммарные потери углерода в виде углекислоты из исследуемых почв за вегетационный сезон дают оценку их вклада в поступление  $\text{CO}_2$  в атмосферу (см. рис. 2). Суммарная эмиссия за неполный вегетационный период в 2004 году изменялась в зависимости от типа почв и угодий. Максимальные значения потерь углерода из почвы отмечаются на целинных лугово-черноземных мерзлотных почвах 263,5 кг/га. В пару этих почв и на дерново-таежных показатель потерь углерода в виде углекислоты был низким, составив 209,3 и 209,2 кг/га соответственно.

В 2005 году в посевах ячменя суммарные потери углерода в виде  $\text{CO}_2$  за полный вегетационный сезон составили 302,2 кг/га. Это связано с интенсивной минерализацией органического вещества вследствие нарушения экологического равновесия в первый год сельскохозяйственного использования (12). Экспериментально выявлено, что агроэкосистема является значительным источником поступления углерода в атмосферу вследствие незамкнутости циклов (16). На парующихся лугово-черноземных мерзлотных почвах уменьшение растительных остатков и изменение их качества способствовали снижению эмиссии  $\text{CO}_2$ . Суммарные потери углерода в виде углекислоты составили минимальное значение из всех анализируемых типов – 206 кг/га. Как известно, в пару газообразные потери углерода происходят за счет гетеротрофного дыхания, поэтому величину выделения  $\text{C-CO}_2$  можно использовать как показатель минерализации органического вещества почв (24). На целинных лугово-черноземных мерзлотных почвах суммарные потери  $\text{C - CO}_2$  составили 276,7 кг/га. На дерново-таежных почвах этот показатель невысокий за счет замедленного протекания здесь микробиологических процессов, что можно связать с кислой реакцией среды и низким содержанием органического вещества по сравнению с другими экспериментальными типами, и составил 233,7 кг/га.

Если сравнить полученные данные с таковыми Иркутской области, то следует, что величина потерь углерода в виде углекислоты из наших экспериментальных почв значительно ниже. Так, эти значения на не загрязняемой серой лесной почве в посевах соседнего региона составили 1828, а в посевах загрязняемой серой лесной – 1838 кг/га. В пару эти данные колеблются в пределах 1359 и 1233 кг/га соответственно (15).

В 2005 году для определения биологической активности исследуемых почв применяли метод аппликации с закладкой в 5-кратной повторности льняного полотна в слое почвы 0 - 20 см. Срок экспозиции составил 120 суток. Результаты показали, что наибольшая целлюлозоразрушающая активность присуща многолетнему пару и целинным лугово-черноземным мерзлотным почвам. Убыль массы льняной ткани за период экспозиции составила 76,4 и 88,8 % соответственно. Минерализация целлюлозы на дерново-таежных мерзлотных почвах менее интенсивна и составляет в гумусовом горизонте всего 23 %, что обусловлено жесткими условиями климата (11) (см. рис. 3).

В условиях континентального климата, вследствие резкого спада и подъема температуры и влажности почв в течение вегетационного сезона, динамика почвенного  $\text{CO}_2$ -газообмена характеризуется одновершинной кривой с максимальным значением в середине лета. В условиях дефицита тепла и неустойчивого увлажнения изменения почвенного дыхания носят пульсирующий характер с чередующимися подъемами и спадами (10).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, продукция  $\text{CO}_2$  в почве - интегральный показатель биологической активности, включающий дыхание корней растений и почвенных организмов, а также физико-химические и биохимические процессы, происходящие в почве.

В Забайкалье величина продуцирования углекислоты низкая по сравнению с таковой других регионов, что обусловлено в первую очередь не продолжительным вегетационным периодом, жесткими климатическими условиями, наличием мерзлоты в почвах, маломощностью гумусового горизонта.

Анализ сезонной динамики показал, что гидротермические условия вегетационного сезона в экспериментальных экосистемах определяли характер эмиссии CO<sub>2</sub>: в условиях континентального климата весной и осенью преимущественное действие на выделение углекислоты почвой оказывает температура, а в летний – влажность. Убывающий суммарный показатель потерь углерода из почв в виде CO<sub>2</sub> за вегетацию изменялся в ряду: посев > целина > лес > пар, что связано с различием в скорости минерализации и качеством и количеством органического вещества. Целлюлозоразрушающая активность почв уменьшается в ряду: целина > пар > лес и характеризует состояние микробного комплекса этих угодий и почвенный климат.

В целом, мерзлотные почвы являются стоком углекислоты на планете и их значение в общей эмиссии нельзя недооценивать, поскольку при значительном протаивании мерзлоты может произойти усиленное дыхание этих почв и они могут превратиться в мощный источник CO<sub>2</sub>.

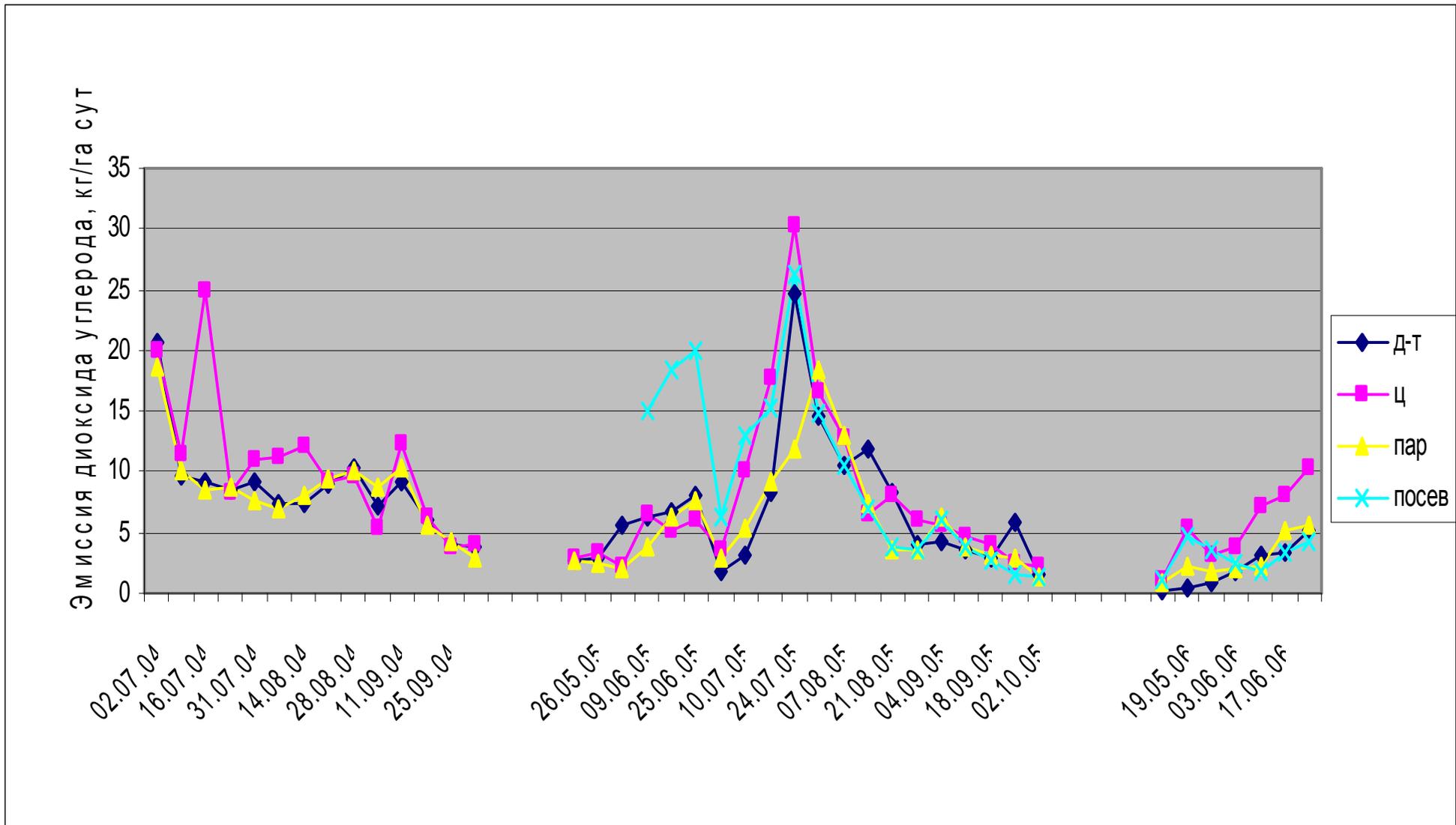


Рис.1. Эмиссия CO<sub>2</sub> мерзлотными почвами.

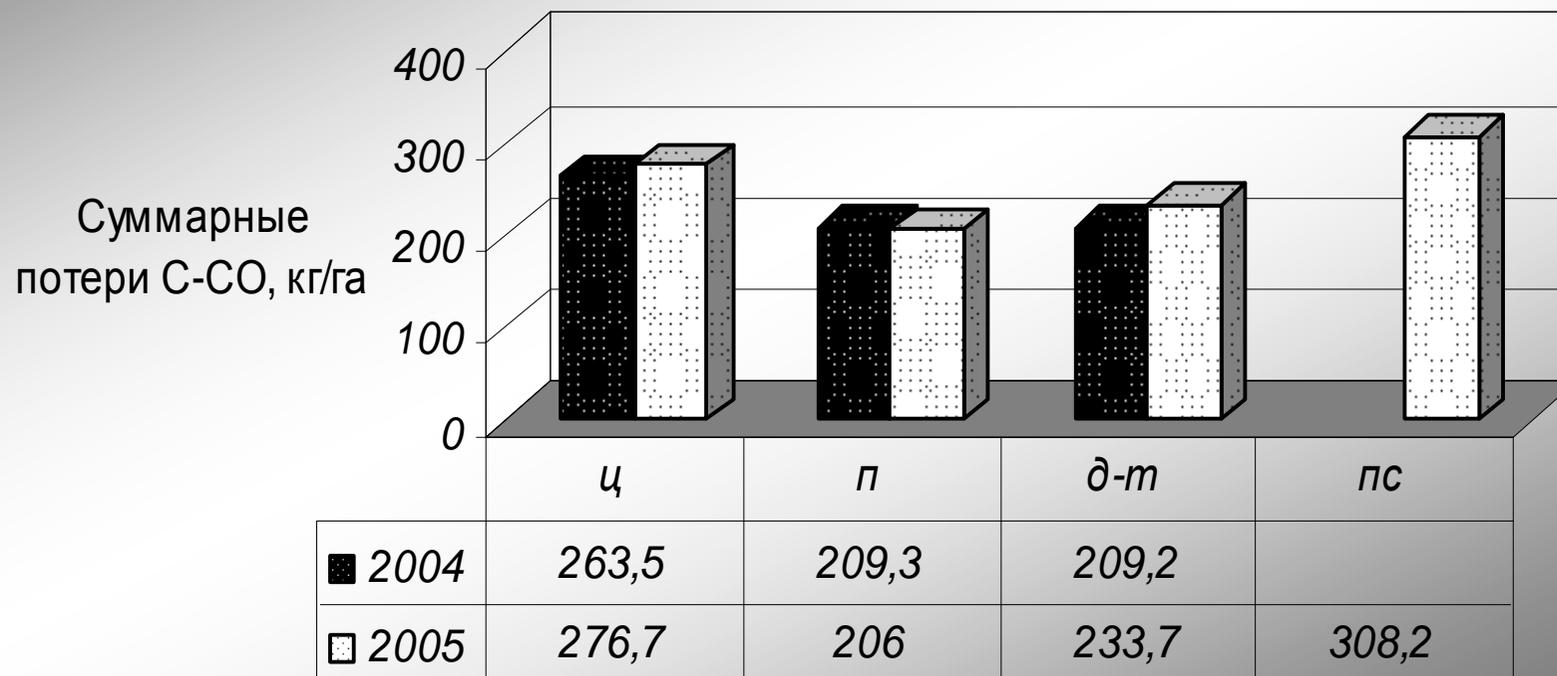


Рис.2 Суммарные потери углерода в виде углекислоты, кг/га за вегетационный период 2004-2005гг.

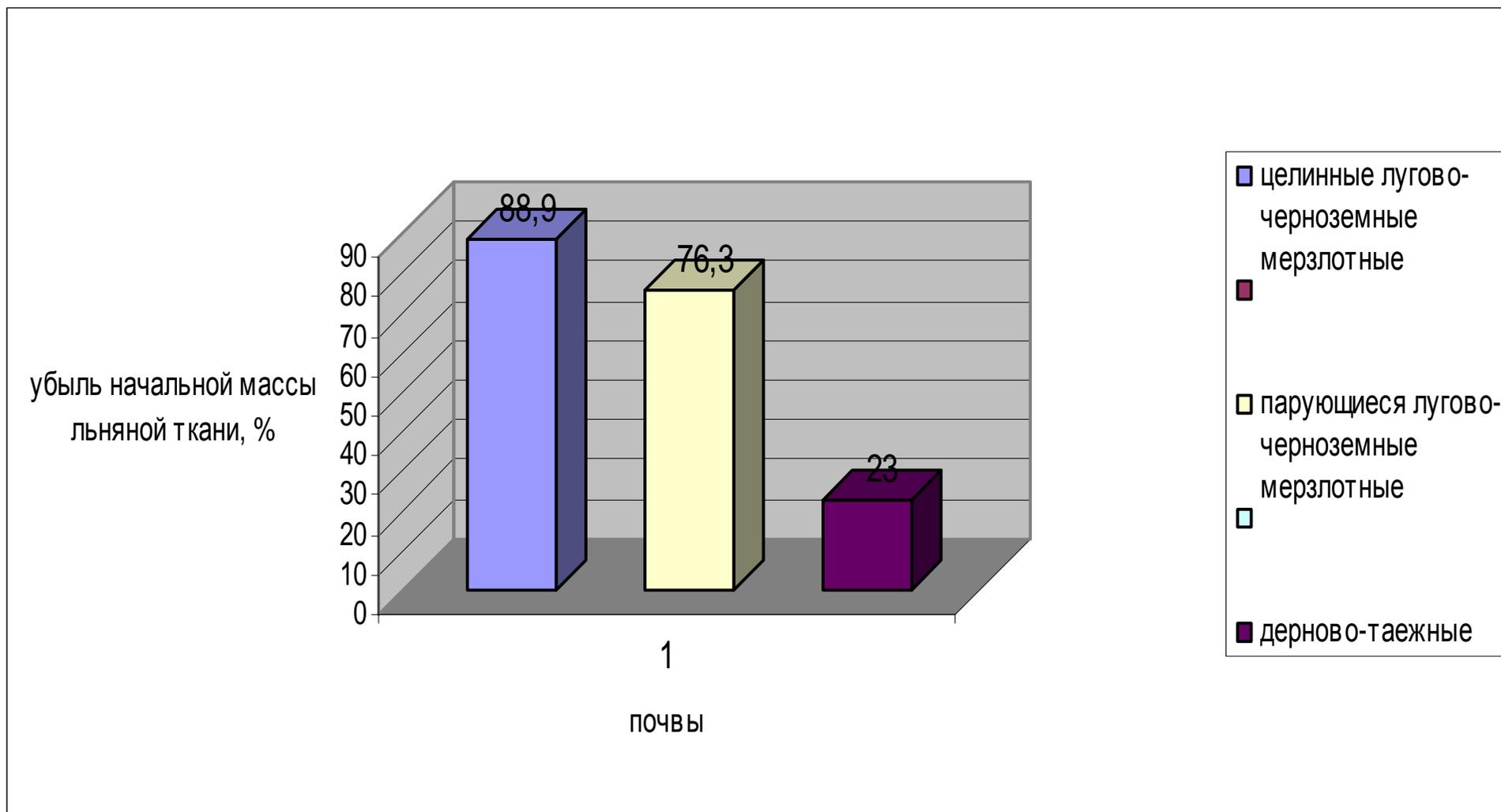


Рис. 3. Целлюлозоразрушающая активность мерзлотных почв.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Благодатский С.А., Ларионова А.А., Евдокимов И.В. Вклад дыхания корней в эмиссию  $\text{CO}_2$  из почвы // Дыхание почвы. – Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1993. С. 26-32.
2. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР. М.: Колос. 1972. 360 с.
3. Дугаров В.И. Аграрные проблемы мерзлотных почв Забайкалья. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. – 56 с.
4. Дугаров В.И. Гидротермический режим дерново-таежных мерзлотных почв Еравнинской котловины (Бурятская АССР)// Почвы зоны БАМ. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979.- С. 274-282.
5. Дугаров В.И., Куликов А.И. Агрофизические свойства мерзлотных почв. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 255 с.
6. Кудеяров В. Н. , Курганова И.Н. Дыхание почв России: анализ базы данных, многолетний мониторинг, общие оценки// Почвоведение. 2005. №9. С. 1112 – 1121.
7. Кузяков Я.В. Изотопно-индикаторные исследования транслокации углерода растениями из атмосферы в почву // Почвоведение. 2001. №1. С. 36 - 51.
8. Ларионова А.А., Розанова Л.Н., Демкина Т.С., Евдокимов И.В., Благодатский С.А. Годовая эмиссия  $\text{CO}_2$  из серых лесных почв южного Подмосковья // Почвоведение. 2001. №1. С. 72 - 80.
9. Ларионова А.А., Розанова Л.Н., Самойлов Т. И. Динамика газообмена в профиле серой лесной почвы // Почвоведение. 1988. №11. С. 68 - 74.
10. Наумов А.В. Сезонная динамика и интенсивность выделения  $\text{CO}_2$  в почвах Сибири // Почвоведение. 1994. №12. С. 77 - 83.
11. Нимаева С.Ш. Биологическая активность лугово-черноземных мерзлотных почв // Почвоведение. 1991. №11. С. 118 - 124.
12. Орлов Д.С. Химия почв. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 375 с.
13. Паников Н.С., Зеленев В.В. Эмиссия  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  из северных болот в атмосферу : динамика, влияние экотопических факторов и возможные механизмы регуляции // Материалы 1-ой Международной конференции «Криопедология». Пушино. 1992. С.174 - 181.
14. Паринкина О.М. Соотношение динамики численности и биомассы бактерий с дыханием почвы в зоне тундры // Динамика микробиологических процессов в почве. Таллин. 1974. Часть 1. С. 104 - 108.
15. Помазкина Л.В., Котова Л.Г., Лубнина Е.В. Биогеохимический мониторинг и оценка режимов функционирования агроэкосистем на техногенно загрязняемых почвах. Новосибирск: Наука, 1999. – 208 с.
16. Помазкина Л.В., Лубнина Е.В., Лесных Н.П. Эмиссия  $\text{CO}_2$  из разных типов почв лесостепи Прибайкалья // Почвоведение. 1998. №7. С. 876 - 882.
17. Попова Э.П. Интенсивность дыхания почв под различными культурами // Труды Красноярского с.-х. ин-та. Красноярск. 1968. Т.19. С. 157 - 163.
18. Сорокин Н.Д., Горбачев В.Н., Гилолян Д.К. Микробиоценозы и биологическая активность лесных почв Ангаро-Енисейского региона // Биологическая активность серых лесных почв. Красноярск, 1985. 121 с.
19. Турлюн И. А. К теории газообмена в почвах // Почвоведение. 1957. №7. С. 22 - 30.
20. Федоров-Давыдов Д.Г., Гиличинский Д.А. Особенности динамики выделения  $\text{CO}_2$  из мерзлотных почв // Дыхание почвы. - Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1993. С. 76 - 101.
21. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 1990. – С. 72 - 73

22. Худяков О.И. Климат генетических горизонтов и его влияние на эмиссию CO<sub>2</sub> мерзлотных и холодных почв // Эмиссия и сток парниковых газов на территории Северной Евразии. Пущино:ОНТИ ПНЦ РАН. 2004. С. 106 - 110.
23. Чимитдоржиева Г.Д., Егорова Р.А., Андрианова Л.В., Гомбоева Б.Б. Минерализационные потери органического вещества при применении нетрадиционных удобрений //Экол. оптимиз. агролесоландшафтов бассейна оз. Байкал. АН СССР. СО. Бурят. науч. центр. Ин-т биологии. Улан-Удэ, 1990. С. 164 - 173.
24. Шарков И.Н. Метод оценки потребности в органических удобрениях для создания бездефицитного баланса углерода в почве пара // Агрохимия. 1986. №2. С. 109 - 118.
25. Шарков И.Н. Определение интенсивности продуцирования CO<sub>2</sub> почвой адсорбционным методом // Почвоведение. 1984. № 7. С. 136 - 143.

### **SEASONAL DYNAMICS OF CARBON DIOXIDE PRODUCING BY FROZEN SOILS IN ZABAIKALYE**

Malkhanova E.V.

*The researches on turf-taiga and virgin meadow chernozem frozen soils during vegetation season showed the influence of temperature and soil humidity on CO<sub>2</sub> emission. Estimation of carbon dioxide entering the atmosphere during vegetation season from various areas of the studied soils is given. Average daily values of the carbon dioxide producing during vegetation season on the studied soils are lower than the ones of the other nature-climatic zones, that is due to, in the first place, strict hydrothermal regime, the presence of permanent and long seasonal congelation in soils and short vegetation season.*