

УДК 631.4

Войтенко Ю. В.

## СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ПОТОКІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ У ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ АТМОСФЕРИ

*У статті з'ясовано ефективність сучасних методів вимірювання потоків парникових газів у приземному шарі атмосфери на прикладі торф'яників Фінляндії. На основі проведених польових досліджень та великої кількості зібраних даних доведено прийнятність використання методу закритої камери для вимірювання потоків парникових газів з метою відстеження реакцій рослинних угруповань на глобальні зміни клімату. Підтверджено універсальність цього методу та можливість застосування його для моніторингу парникових газів різних трав'янистих екосистем. Рекомендовано використання «точкового» камерного методу в Україні з метою прогнозування наслідків процесів глобальної зміни клімату планети.*

Світова спільнота визнала кліматичні зміни як проблему планетарного масштабу. Рослинні угруповання зазнають впливу глобального потепління, насамперед внаслідок зсувів в основних екосистемних процесах та балансі карбону на планеті. Особливу екологічну групу становить рослинність боліт. Торф'янисті екосистеми є унікальною базою для з'ясування механізмів відповіді від первинної продукції до анаеробно-

го розкладу, а відтак є чудовими індикаторами змін клімату. Така реакція рослин на глобальні зміни клімату може бути зафіксована шляхом застосування ряду методів дослідження варіацій радіаційно активних, кліматоутворювальних газових складових атмосфери і, в першу чергу, парникових газів - карбон діоксиду та метану.

Методи вимірювання потоків парникових газів у приземному шарі атмосфери застосову-

ються у багатьох країнах світу, однак в Україні поки що така практика відсутня. Перевагою зазначених методів є прийнятність їх застосування для різних екосистем України.

Пропоноване дослідження присвячене з'ясуванню ефективності сучасних методів вимірювання потоків парникових газів на прикладі торф'яників Фінляндії. Практична частина роботи виконувалася протягом липня – серпня 2004 р. у Фінляндії в рамках реалізації спільного проекту Фінського інституту досліджень лісу (METLA) та Гельсінкського університету «Поклади та потоки карбону на торф'яниках» («Pools and Fluxes of Carbon on Peatlands») за грантом, виділеним для Національного університету «Києво-Могилянська академія».

### Обґрунтування дослідження

Болота займають 4,4 % території сухоходлу [1]. Вони відіграють важливу роль у підтриманні складу атмосферного повітря, що полягає у збагаченні атмосфери киснем, емісії вуглекислого газу та метану. Враховуючи суттєвий внесок двох останніх газів в утворення парникового ефекту, болота становлять цікаву експериментальну базу для досліджень процесів глобального потепління. В Україні площа заболочених ділянок невелика – всього 1,6 % від загальної території [2], тоді як більшість лісів Фінляндії (69 % площі країни) розташована на осушених торф'янистих болотах [3].

Прогнозоване глобальне потепління є немінучим і може призвести до зміни рослинності земної кулі [4]. Очікується, що глобальні зміни клімату спричинять зниження рівня води (на певних ділянках планети, в тому числі і на північних торф'яниках) через підвищене випаровування, транспірацію, змінні опади та підвищену частоту посух. Якщо зміняться гідрологічні умови, то не лише водний рівень, а й поживний статус болота (як і будь-якої екосистеми) зміниться, що, своєю чергою, вплине на рослинність.

Важливо відстежити такий вплив на рослини та на їх фотосинтетичну здатність. Адже будь-які порушення рівноваги в обмінах парникових газів ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  та ін.) можуть призвести до непередбачених процесів на планеті. Сьогодні існує можливість спрогнозувати деякі з цих процесів шляхом вимірювання потоків парникових газів, які йдуть від рослин.

Карбон діоксид ( $\text{CO}_2$ ) зв'язується з атмосферою екосистемами внаслідок фотосинтезу рослин ( $P_G$ ) та вивільняється за рахунок дихання рослин ( $R_{VEGE}$ ) та гетеротрофних мікроорганізмів ( $R_{SOIL}$ ). Карбон втрачається із системи також шляхом вилучування ( $L$ ) [5]. Чиста первинна продукція екосистеми (*Net Ecosystem Exchange of Carbon* –

*NEE*), тобто баланс карбону в екосистемі, визначається за різницею між зв'язаним та вивільненим карбоном [5]:

$$NEE = P_G - R_{VEGE} - R_{SOIL} - L. \quad (1)$$

Дихання ґрунту зазвичай визначають за вивільненим  $\text{CO}_2$  під час розкладу органічної речовини (тобто  $R_{SOIL}$ ), але воно може також включати дихання живих коренів.

Метан ( $\text{CH}_4$ ) формується анаеробними мікроорганізмами (метаногенами) та вивільняється в атмосферу шляхом дифузії крізь торф'янисту товщу через судинні рослини. Метанотрофні мікроби споживають  $\text{CH}_4$  в аеробних ділянках ґрунту. Таким чином, частина утвореного метану може бути окислена до  $\text{CO}_2$ , а на деяких ділянках  $\text{CH}_4$  може бути зв'язаний просто з атмосферою.

### Матеріали та методи

Існує два базових прямих методи вимірювання газового балансу між атмосферою та екосистемою:

- метод вихрової коваріації (*eddy covariance method*);
- метод закритої камери (*chamber method*).

За методом вихрової коваріації чисту первинну продукцію екосистеми визначають з вежі одночасним вимірюванням газової концентрації, швидкості та напрямку вітру в одній точці над екосистемою. У цьому методі площа земельної поверхні, з якої надходить газовий потік, може бути змінною. Метод вихрової коваріації, при якому вежі височать над поверхнею (рис. 1), є єдиним прямим методом вимірювання чистої первинної продукції у деревних фітоценозах. Однак цей метод потребує значної гомогенної площі (радіус навколо вежі принаймні 200 м), яку досить складно забезпечити, і компоненти карбонового циклу не можна виокремити (визначається лише валовий фотосинтез та сумарна респірація). Застосування методу вежі також обмежене через високі інвестиційні витрати на обладнання та з інших практичних причин.

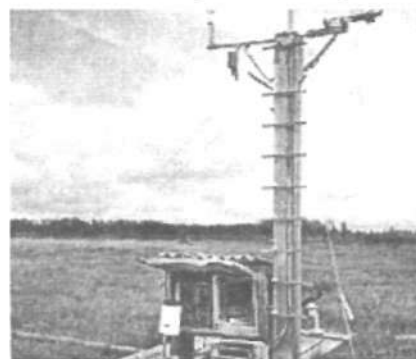


Рис. 1. Вимірювальний комплекс тепла, вологи та концентрації вуглекислого газу на верховому болоті [6]

ють після встановлення статичної або динамічної камери над репрезентативною ділянкою екосистеми за допомогою EGM (Environmental Gas Monitor) - портативного інфрачервоного газового аналізатора. Фотознімок аналізатора наведено на рис. 2.

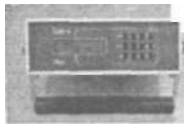


Рис. 2. Портативний інфрачервоний газовий аналізатор EGM 4 (Environmental Gas Monitor)

Газовий потік вимірюють у просторі герметично закритої камери, що має вентилятор для забезпечення гомогенної концентрації парникового газу в камері та охолоджувальну систему для підтримання сталої температури. Таким чином, площа поверхні залишається постійною впродовж вимірювального періоду. Метод застосовують лише у випадку, коли вся рослинність уміщається всередину камери (наприклад, у трав'янистих фітоценозах). Потоки  $\text{CH}_4$  можна вимірювати прямо, використовуючи закриті камери, оскільки інші шляхи міграції є менш важливими. Вимірювання потоків  $\text{CO}_2$  проводять за різних рівнів освітлення та у повній темряві. При порівнянні «світлових» та «темнових» вимірювань визначається сумарний фотосинтез. Цей метод - один з найбільш використовуваних у цьому дослідженні.

### Основні результати

Вимірювання потоків карбон діоксиду ( $\text{CO}_2$ ) та метану ( $\text{CH}_4$ ) з використанням методу камери проводили на таких місцевостях:

- лісовий відновлений після осушення торф'яник Конілампі (Оривесі, Середня Фінляндія);
- лісовий відновлений після осушення торф'яник Віхеріайнен (Руовесі, Середня Фінляндія);
- незайманий торф'яник Сіканева (Руовесі, Середня Фінляндія);
- болото Лаккасуо, що має помірний рівень води та умови, які моделюють вплив зміни клімату (Оривесі, Середня Фінляндія).

Постійні вимірювання потоків  $\text{CH}_4$  проводили один раз на два тижні на торф'яниках Сіканева, Конілампі, Віхеріайнен та Лаккасуо. Оскільки даних, зібраних протягом двох місяців дослідів, недостатньо для ґрунтового аналізу та прогнозу, в цій статті обговорюватимуться лише результати вимірювань потоків карбон діоксиду.

Постійні вимірювання потоків  $\text{CO}_2$  проводили щотижня на торф'яниках Віхеріайнен, Конілампі та Сіканева. Вимірювання в Лаккасуо проводили один раз на два тижні. У статті проаналізовано дані, зібрані під час дослідів протягом травня - серпня 2004 р. на торф'яниках Конілампі та Віхеріайнен.

ділянок торф'яника здійснювалося протягом зими 1994-1995 рр. шляхом перекриття дренажних каналів та спрямування поверхневого та підземного стоку з прилеглого мінерального ґрунту на дослідну місцевість за допомогою каналу живлення [7]. З відновленої площі було видалено деревостан. Інша частина торф'яника була залишена без змін з метою контролю та порівняння.

Торф'яник Конілампі розбитий на 15 дослідних ділянок, кожна з яких пронумеровано. Рослинність на трьох ділянках видалено. Це так звані темні ділянки, на яких проводили лише вимірювання респірації ґрунту. П'ять ділянок належить до вже згаданої контрольної ділянки.

Віхеріайнен - це торф'яник, схожий до описаної вище екосистеми Конілампі. Він розбитий на 10 дослідних ділянок, на двох з яких рослинність повністю видалено, а чотири належать до контрольної ділянки.

На основі зібраних даних було обчислено середні значення концентрації  $\text{CO}_2$  для «темнових» дослідів та середні значення концентрації  $\text{CO}_2$  і фотосинтетично активної радіації (ФАР) для «світлових» дослідів по кожному торф'янику в окремий дослідний день. Ці результати проаналізовано за датою вимірювань у таблицях (табл. 1-4). До таблиць також включено значення ґрунтового рівня води, середньої температури камери, температур ґрунту на глибині 5, 10 і 20 см, а також дані про камеру та аналізатор.

Зміни значень середніх концентрацій  $\text{CO}_2$ , температури та рівня занурення води в часі при темнових вимірюваннях на одному з торф'яників наведено на графіку (рис. 3). На осі абсцис відкладено дату проведених дослідів. Для зручності порівняння згаданих екологічних параметрів на осі ординат відкладено їх відносні значення. Вони обчислюються відношенням поточної величини параметра до його максимального значення.

Із врахуванням даних вимірювань ФАР, зібраних під час «світлових» дослідів, було побудовано аналогічні залежності, які показують зміни цих екологічних параметрів у світлий період доби.

Експеримент з відновлення торф'яника Конілампі засвідчив значний вплив водного рівня на респірацію ґрунту вже в перші роки після відновлення [7], а відтак - і на концентрацію вуглекислого газу в приземному шарі атмосфери. Нашими дослідями було підтверджено цю залежність. Середній рівень води на контрольній ділянці за нашими даними становить -38 см, що значно менше, ніж на відновлених ділянках торф'яника (-21 см). Середнє значення концентрації карбон діоксиду у приземному шарі повітря, що вказує

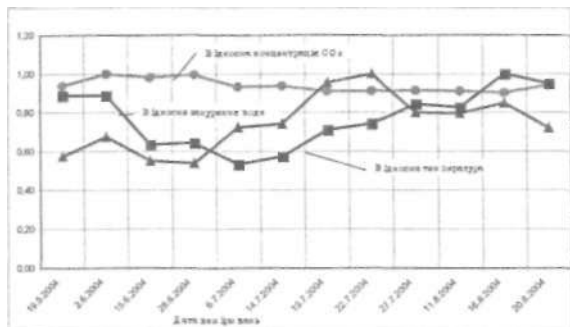


Рис. 3. Зміна середніх значень концентрації CO<sub>2</sub>, температури та рівня занурення води при темпових вимірюваннях на торф'янику Конілампі

на респірацію ґрунту, становить 390,31 часток на мільйон (чнм) та 373,69 чнм на контрольній та дослідній ділянках відповідно. Можна побачити, що зі збільшенням рівня занурення води зростає і концентрація вуглекислого газу. Встановлену залежність підтверджують також графіки зміни значень концентрації CO<sub>2</sub> та рівня занурення води, наведені на рис. 3.

Результати експериментів вказують на те, що вплив додаткового зволоження (моделювання підвищення рівня води) є протилежним до впливу осушення, яке знижує рівень води та підвищує активність аеробних мікробів і, таким чином, збільшує респірацію ґрунту. Тобто якщо за глобальних змін клімату водний рівень знизиться на певних територіях відповідно до зробленого прогнозу, то загалом це призведе до підвищення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері і до посилення парникового ефекту.

Середня концентрація карбон діоксиду в приземному шарі атмосфери за травень - серпень 2004 р. на торф'янику Конілампі в темний час доби становила 382,65 чнм, у світлий період - 376,37 чнм, а середньодобова - 379,5 чнм. Ці значення можна вважати досить високими, адже дана місцевість є залісною та достатньо продуктивною. Середнє ж значення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері планети, що враховує дані як з високопродуктивних екосистем (Світового океану, тропічних лісів), так і, наприклад, пустель, у 2004 р. становило 375 чнм [8]. Однак при цьому мінімальні концентрації CO<sub>2</sub> на торф'янику Конілампі було зафіксовано з початку липня до середини серпня (табл. 1, 2). Встановлено [2], що в Північній півкулі мінімальні концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері припадають на червень - липень. Деяке відхилення можна пояснити географічним розташуванням Фінляндії, що зумовлює більш пізнє настання вегетаційного сезону в цій місцевості.

Експеримент з відновлення торф'яника Віхеріайнен теж засвідчив значний вплив водного рівня на дихання ґрунту вже в перші роки після відновлення [8]. Нашими дослідженнями було підтверджено цю ж залежність. Середній рівень води на контрольній ділянці становить

-22,39 см, що значно менше, ніж на відновлених ділянках торф'яника (-7,64 см). Середнє значення концентрації карбон діоксиду в приземному шарі повітря становить 383,38 чнм та 381,58 чнм на контрольній та дослідній ділянках відповідно. Як і на торф'янику Конілампі, зі збільшенням рівня занурення води зростає і концентрація вуглекислого газу, хоча ця відмінність є значно меншою для місцевості Віхеріайнен (табл. 3, 4).

Такими результатами ще раз підтверджується гіпотеза інтенсивнішого надходження CO<sub>2</sub> в атмосферу із природних джерел за умов глобального потепління.

Середня концентрація карбон діоксиду в приземному шарі атмосфери за травень - серпень 2004 р. на торф'янику Віхеріайнен у темний час доби становила 382,84 чнм, у світлий період - 380,47 чнм, а середньодобова - 381,65 чнм, що вище за середньодобову концентрацію на торф'янику Конілампі. З нашої точки зору, ці значення є досить високими, адже досліджувана місцевість є так само залісною та достатньо продуктивною. Глобальні зміни клімату планети можуть відігравати не останню роль у тих процесах, що відбуваються на цій місцевості.

На торф'янику Віхеріайнен мінімальні концентрації CO<sub>2</sub> зафіксовано з кінця червня до середини серпня, що відповідає піку вегетаційного сезону та, відповідно, максимальному поглинанню карбон діоксиду в процесі фотосинтезу. З другої половини травня до кінця червня простежується чітка кореляція між зростанням температури повітря та зниженням вмісту CO<sub>2</sub> у приземному шарі атмосфери (табл. 3, 4), що і свідчить про підвищення продуктивності цієї торф'янистої екосистеми у зв'язку з настанням вегетаційного сезону. Ця залежність стає менш вираженою в кінці липня - на початку серпня, коли температура, досягнувши певного максимуму, починає різко коливатися. Таке зниження продуктивності може бути пов'язане або із занадто високими значеннями температури (24 °C в останній тиждень липня), що несприятливо впливає на рослинність боліт, або із завершенням вегетаційного сезону.

Описані в цій статті методи вимірювання потоків парникових газів досить широко застосовуються у світовій практиці. Це стосується не лише проектів, які виконуються у Фінляндії. Методи практикуються декількома університетами Канади, Ірландії [7], США, Великобританії, Естонії, Росії та інших країн.

Такі прецеденти свідчать про стурбованість суспільства глобальними процесами та зацікавленість пошуком нових методів прогнозування раніше непередбачуваних змін. Важливо, щоб така зацікавленість з'явилася і серед українських дослідників та науковців сьогодні.

Описаний метод камери, який з огляду на отримані результати дослідження, працює досить ефективно, є прийнятним для України, зважаючи на його невисоку енерго- та матеріалоемність. На можливий аргумент, що в Україні недоцільно здійснювати подібні вимірювання, зважаючи на незначну площу заболочених територій, можна зазначити:

по-перше, хоч болота і становлять лише 1,6 % території України, вони, як уже підкреслювалося, виконують надзвичайно важливу роль у забезпеченні кругообігу карбону. Крім того, як і у Фінляндії, в Україні значна їх частина була осушена для розвитку лісництва, а, отже, питання відновлення торф'янистих екосистем на території нашої країни залишається відкритим;

по-друге, метод камери є зручним завдяки його універсальності. Адже його можна застосовувати для моніторингу парникових газів у приземному шарі атмосфери не лише болотяних, а й інших трав'янистих екосистем, зокрема степових. Це аж ніяк не може бути неактуальним для України;

по-третє, вважається [9], що якби зараз антропогенна емісія карбон діоксиду в атмосферу припинилася взагалі, то вплив штучно створеної компоненти парникового ефекту людство відчувало б ще принаймні протягом наступних 50 років. Тобто у людини сьогодні немає іншого виходу, окрім як пристосовуватися до наслідків глобальних кліматичних змін. Це означає і пристосування різних сфер життя, зокрема ведення сільського господарства, селекцію рослинних культур, які були б найбільш толерантними до згаданих змін. Таке поле діяльності розширює можливості використання описаного методу камери для ефективного планування сільського господарства.

У кінцевому підсумку можна стверджувати, що «точковий» камерний метод вимірювання потоків парникових газів у приземному шарі атмосфери має реальні перспективи застосування в Україні.

### Висновки та рекомендації

Проведені теоретичні та практичні дослідження дають змогу стверджувати, що сучасний рівень розвитку засобів вивчення екологічних процесів дозволяє прогнозувати реакцію рослинних угруповань на глобальні зміни клімату.

Одним з найприйнятніших методів відстеження таких реакцій є вимірювання потоків парникових газів шляхом застосування закритої камери. Ефективність цього методу перевірено дослідженнями потоків парникових газів у приземному шарі атмосфери на торф'яниках Фінляндії.

Зі зниженням ґрунтового рівня води респірація ґрунту і виділення карбон діоксиду зростають. Це підтверджено результатами вимірювань на торф'яниках Конілампі та Віхеріяйнен. Найнижчі концентрації карбон діоксиду зафіксовано з початку липня до середини серпня та з кінця червня до середини серпня. Цей результат у певних межах відповідає даним для Північної півкулі.

Метод камери є універсальним. Його можна застосовувати для моніторингу парникових газів не лише болотяних, а й інших трав'янистих екосистем, зокрема степових, агроугідь тощо. «Точковий» камерний метод вимірювання потоків парникових газів у приземному шарі атмосфери має реальні перспективи до застосування в Україні.

**Таблиця 1. Середні значення основних екологічних параметрів при «темнових» вимірюваннях на торф'янику Конілампі в 2004 р.**

№	Дата	Концентрація CO <sub>2</sub> , чим	Рівень води, см	Температура камери, °C	Температура ґрунту, °C, на глибині:			Камера	Аналізатор
					5 см	10 см	20 см		
1	19.5.2004	382,61	-25,20	15,15	11,96	8,88	5,95	1,0	EGM3A
2	2.6.2004	407,24	-25,13	17,91	10,55	8,75	7,60	1,0	EGM3A
3	15.6.2004	399,25	-18,07	14,63	12,02	10,51	9,81	1,0	EGM3B
4	28.6.2004	405,30	-18,27	14,24	12,81	11,67	10,43	1,0	EGM3B
5	6.7.2004	379,55	-15,07	19,17	14,83	13,00	12,34	1,0	EGM3B
6	14.7.2004	381,40	-16,20	19,72	16,53	14,29	13,03	4,0	EGM3B
7	19.7.2004	371,28	-20,20	25,38	20,90	17,33	14,77	4,0	EGM3A
8	22.7.2004	370,54	-21,00	26,52	15,14	13,39	12,29	4,0	EGM4
9	27.7.2004	372,05	-23,87	21,19	15,67	14,67	14,02	1,0	EGM4
10	11.8.2004	371,65	-23,40	21,05	18,43	16,38	14,83	1,0	EGM4
11	16.8.2004	367,43	-28,33	22,48	16,11	13,52	12,53	4,0	EGM3A
12	20.8.2004	383,54	-27,00	19,10	15,70	13,60	11,93	4,0	EGM3A

Таблиця 2. Середні значення основних екологічних параметрів при «світлових» вимірюваннях на торф'янику Конілампі в 2004 р.

№	Дата	Концентрація CO <sub>2</sub> , чим	Рівень води, см	ФАР, кал/см <sup>2</sup>	Температура камери, °С	Температура ґрунту, °С на глибині:			Камера	Аналізатор
						5 см	10 см	20 см		
1	19.5.04	378,69	-27,00	564,90	15,73	11,50	9,3	6,1		EGM3A
2	2.6.04	401,77	-22,00	676,46	19,36	10,49	8,5	7,5		EGM3A
3	15.6.04	392,10	-19,38	428,27	15,09	11,97	10,3	9,5		EGM3B
4	28.6.04	404,14	-19,24	113,90	14,16	12,66	11,5	10,2		EGM2C
5	6.7.04	373,35	-16,92	346,40	19,30	13,99	12,5	12,1		EGM3B
6	14.7.04	368,45	-17,92	364,11	20,41	16,05	14,1	12,8	4	EGM3B
7	19.7.04	368,02	-21,83	391,72	25,90	20,65	17,4	14,5	4	EGM3A
8	22.7.04	355,81	-20,10	682,56	28,86	14,96	13,0	12,0	4	EGM4
9	27.7.04	363,77	-23,41	353,40	21,04	15,38	14,4	13,7	1	EGM4
10	11.8.04	366,60	-24,33	283,29	21,21	18,50	16,4	14,8	1	EGM4
11	16.8.04	359,08	-28,06	575,72	23,44	15,82	13,4	12,3	4	EGM3A
12	20.8.04	384,70	-31,38	138,02	19,14	15,84	13,8	12,0	4	EGM3A

Таблиця 3. Середні значення основних екологічних параметрів при «темнових» вимірюваннях на торф'янику Віхеріайнену 2004 р.

Х»	Дата	Концентрація CO <sub>2</sub> , чим	Рівень води, см	Температура камери, °С	Температура ґрунту, °С, на глибині:			Камера	Аналізатор
					5 см	10 см	20 см		
1	20.5.04	403,09	-11,80	14,30	7,99	6,77	7,01	1,0	EGM3B
2	1.6.04	413,70	-12,80	16,17	10,33	8,86	8,67	1,0	EGM3B
3	10.6.04	415,61	-15,88	17,39	11,38	10,79	9,23	1,0	EGM3B
4	22.6.04	375,80	-13,30	19,04	12,11	11,09	11,03	1,0	EGM3B
5	29.6.04	379,77	-10,70	15,83	11,87	11,73	11,86	1,0	EGM3B
6	7.7.2004	380,92	-8,00	18,10	15,48	14,24	13,83	1,0	EGM3B
7	12.7.2004	377,40	-8,90	20,67	17,93	16,68	16,11	1,0	EGM3B
8	19.7.2004	378,26	-13,70	23,98	16,03	15,27	15,19	1,0	EGM3A
9	22.7.2004	359,62	-13,60	20,76	14,64	14,68	14,82	1,0	EGM4
10	27.7.2004	357,37	-17,50	24,00	20,83	18,15	16,75	1,0	EGM4
11	11.8.2004	378,10	-16,20	19,59	15,35	15,41	15,83	1,0	EGM4
12	16.8.2004	374,43	-18,80	14,13	10,77	11,42	12,62	1,0	EGM3A

Таблиця 4. Середні значення основних екологічних параметрів при «світлових» вимірюваннях на торф'янику Віхеріайнену 2004 р.

№	Дата	Концентрація CO <sub>2</sub> , чим	Рівень води, см	ФАР, кал/см <sup>2</sup>	Температура камери, °С	5 см	10 см	20 см	Камера	Аналізатор
1	20.5.04	401,81	-13,00	801,49	14,57	7,91	6,8	7,1		EGM3B
2	1.6.04	418,01	-13,55	310,73	16,39	10,34	8,9	8,8		EGM3B
3	10.6.04	406,82	-18,56	748,10	18,13	11,52	10,7	9,4		EGM3B
4	22.6.04	376,57	-14,13	494,39	19,61	12,16	11,1	11,0		EGM3B
5	29.6.04	379,19	-11,75	199,61	15,90	11,93	11,7	11,8		EGM3B
6	7.7.04	378,64	-8,80	298,90	18,06	15,33	14,1	14,0		EGM3B
7	12.7.04	372,91	-9,76	472,77	21,44	17,80	16,6	16,1		EGM3B
8	19.7.04	372,20	-14,63	531,33	25,23	16,33	15,4	15,3		EGM3A
9	22.7.04	359,28	-14,25	578,99	20,74	14,88	14,8	15,1		EGM4
10	27.7.04	354,69	-18,25	407,48	24,56	21,00	18,3	16,9		EGM4
11	11.8.04	379,21	-17,13	221,89	19,68	15,39	15,5	15,9		EGM4
12	16.8.04	366,31	-19,63	270,66	14,89	11,00	11,5	12,7		EGM3A

Хроника Школы II Сайт Министерства образования Российской Федерации «Интеграция науки и высшего образования России на 2002-2006 годы. Биосфера болота». Доступно станом на 27.04.2005. - <http://www.ltorf.tom.ru/hron.htm>.

Природно-ресурсний потенціал України. Земельні ресурси // Національна доповідь України про гармонізацію життєдіяльності суспільства у навколишньому природному середовищі. Спец. вид. до 5-ї Всеєвропейської конф. міністрів навк. серед. «Довкілля для Європи». - К.: 2003.

Tomppo E. Forest resources of Finnish peatlands in 1951-1994 II International Peat Journal. -1999. -9. -P. 38-44.

Кондрашева Н. Ю., Кобак К. И., Турчинович И. Е. Возможные реакции наземной растительности на увеличение концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере и глобальное потепление// Лесоведение. -1993. - № 4. - С. 71-76.

Mink/cinen K., Korhonen R., Savoläinen J., Laine J. Carbon Balance and Radiative Forcing of Finnish Peatlands 1900—2100 - the Impact of Forestry Drainage II Global Change Biology. -2002. - № 8. - P. 785-799.

Результаты II Сайт лаборатории биогеоэкологии им. В. Н. Сукачева Доступно станом на 27.04.2005. - [http://www.sevin.ru/menus/index\\_rus.html?./laboratories/kozharinov\\_res.htm](http://www.sevin.ru/menus/index_rus.html?./laboratories/kozharinov_res.htm).

Laine J., Komulainen V.-M., Lai ho R., Minkkinen K. a. o. Lakkasuo: a Guide to Mire Ecosystem I Production Editor Kari Minkkinen). - Helsinki: Department of Forest Ecology, University of Helsinki, 2004. - 124 p.

Appenzeller T., Dimick D. R. Global Warming: Signs from Earth//National Geographic. -2004. - № 9. - P. 1-75.

Agriculture. Climate Change and Food Security II Climate, org. A Project of the Climate Institute. Доступно станом на 21.04.2005. -<http://www.climate.org/topics/agricul/index.shtml>.

*Yu. Voytenko*

## THE MODERN MEASUREMENT METHODS OF GREENHOUSE GAS FLUXES IN THE ATMOSPHERIC SURFACE LAYER

*The efficacy of the modern measurement methods of greenhouse gas fluxes in the atmospheric surface layer on Finnish peatlands is defined in the article. Based on the conducted field research and large amount of data gathered within the experiments the eligibility of the closed chamber greenhouse gas measurement method to monitor plant community reaction to global climate change is proved. The universality of this method and the possibility of its utilization for greenhouse gas monitoring on different herbaceous ecosystems are confirmed. It is recommended to apply the closed chamber method in Ukraine with an aim to forecast the global climate change consequences.*