

На правах рукописи

МАЛХАНОВА Елена Владимировна

**ЭМИССИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА
МЕРЗЛОТНЫМИ ПОЧВАМИ
ЮГА ВИТИМСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ**

03.00.27 – почвоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Улан-Удэ
2007

Работа выполнена на кафедре почвоведения и экспериментальной биологии ФГОУ ВПО «Бурятский государственный университет»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Чимитдоржиева Галина Доржиевна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
профессор
Абашеева Надежда Ефимовна
доктор биологических наук, с.н.с.
Ведрова Эстелла Федоровна

Ведущая организация: ФГОУ ВПО «Бурятская
государственная
сельскохозяйственная академия
им. В.Р. Филиппова»

Защита состоится «29» мая 2007 г. в «9⁰⁰» час. на заседании диссертационного Совета Д. 003.028.01 в Институте общей и экспериментальной биологии Сибирского Отделения РАН по адресу: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6; факс (3012) 433034; e-mail: ioeb@biol.bsc.buryatia.ru. Сайт: www.igaeb.bol.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Бурятского научного центра СО РАН.

Автореферат разослан «28» апреля 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук

Убугунова В.И.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Почвенный покров, находящийся в контакте с атмосферой, литосферой и надземной фитосферой, занимает ключевую позицию в биосферном круговороте газов на континентах. Известно, что диоксид углерода атмосферы примерно на 90% имеет почвенное происхождение (Добровольский, 2003; Добровольский, Никитин 1990). Среди эмитирующих в атмосферу потоков CO_2 его выделение с поверхности почв является одним из мощных источников углекислоты, поэтому даже незначительные нарушения почвенного дыхания в глобальном масштабе могут привести к серьезным изменениям концентрации CO_2 в атмосфере.

В ходе анализа имеющихся исследований по определению продуцирования углекислоты почвами было выявлено, что Восточная Сибирь является одним из приоритетных регионов для организации мониторинговых наблюдений за эмиссией CO_2 (Кудеяров, Курганова, 2005).

Продуцирование углекислоты мерзлотными почвами исследовано чрезвычайно слабо и имеются лишь фрагментарные сведения (Паников, Зеленев, 1992; Кононов, 2006). Так, в условиях переходной зоны от островного к сплошному распространению мерзлоты такие исследования не проводились. В связи с этим изучение эмиссии диоксида углерода почвами Витимского плоскогорья является актуальной задачей.

Цель работы: определение эмиссии углекислоты из мерзлотных почв юга Витимского плоскогорья и оценка баланса углерода в них.

Задачи исследования:

1. Выявить суточную, сезонную динамику CO_2 в дерново-таежных и лугово-черноземных мерзлотных почвах.
2. Определить количественные показатели накопления углерода микробной биомассой в почвах.
3. Оценить интенсивность потока органического вещества за вегетационный период и установить баланс углерода на мерзлотных почвах.

Защищаемые положения:

1. Дерново-таежные и лугово-черноземные мерзлотные почвы Витимского плоскогорья характеризуются низкими количественными показателями эмиссии CO_2 и углерода биомассы.
2. Положительный баланс углерода в лугово-черноземных

мерзлотных почвах обусловлен интенсивностью накопления подземной фитомассы.

Научная новизна: впервые определены интенсивность дыхания, суммарные потери углерода, а также углерод микробной биомассы за вегетационный сезон в дерново-таежных и лугово-черноземных почвах Еравнинской лесостепной мерзлотной котловины Витимского плоскогорья.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных результатов по эмиссии CO₂ мерзлотными почвами Забайкалья в централизованной базе данных «Дыхание почв России», объединяющей экспериментальный материал сезонной и годовой динамики потоков углекислого газа из почв различных климатических зон России, а также в учебном процессе ВУЗов.

Апробация работы. Материалы работы доложены и обсуждены на заседаниях кафедры почвоведения и экспериментальной биологии БГУ (2004 - 2007), на международных конференциях: «Почвы холодного климата: генезис, экология, использование» (Архангельск, 2005), «Экология Южной Сибири и сопредельных территорий» (Абакан, 2005), «Ломоносов – 2006» (Москва, 2006), «ENVIRONIS - 2006» (Томск, 2006); всероссийских: «Биосферные функции почвенного покрова» (Пушино, 2005), «Биоразнообразие экосистем Внутренней Азии» (Улан-Удэ, 2006), «Экология в современном мире: взгляд научной молодежи» (Улан-Удэ, 2007); межрегиональных: «Научный и инновационный потенциал Байкальского региона» (Улан-Удэ, 2006).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 10 работ.

Структура и объем диссертационной работы: диссертация изложена на 126 страницах, состоит из введения, 6 глав, основных выводов, содержит 10 таблиц, 18 рисунков. Список литературы включает 246 наименований, в том числе 45 работ зарубежных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ ЕРАВНИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

В главе дана характеристика основных факторов почвообразования Еравнинской межгорной котловины Витимского плоскогорья: рельефа, почвообразующих пород, климата, растительности.

Глава 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований были лугово-черноземные и дерново-таежные почвы Еравнинской лесостепной мерзлотной котловины Витимского плоскогорья. Опытные площадки располагались на территории Еравнинского почвенно-агрохимического стационара в с. Сосновоозерск (лугово-черноземные почвы) и на увале Дархитуй на юге Витимского плоскогорья (дерново-таежные почвы). Исследования проводили в 2004 году с июля по сентябрь, в 2005 году с мая по октябрь и в 2006 году с мая по сентябрь в лесном, луговом ценозах и под посевом ячменя.

Эмиссию CO_2 определяли абсорбционным методом в модификации И.Н.Шаркова (1987). Суммарные потери углерода из почвы в виде CO_2 за период наблюдения оценивали с помощью метода линейного интерполирования. На экспериментальных площадках одновременно с определением эмиссии углекислоты проводили измерение температуры и влажности почвы в слое 0 -10 см. С-микробной биомассы определяли регидратационным методом (Благодатский и др., 1987); целлюлозоразрушающую активность - методом аппликации (Хазиев, 1990) с закладкой в 5-кратной повторности льняного полотна в слой почвы 0-10 см с экспозицией 120 суток; углерод в растительных образцах - методом Анстета в модификации Пономаревой-Никитиной (Пономарева, Плотникова, 1975); углерод гумуса почвы - микрохромовым методом Тюрина (Аринушкина, 1970). В качестве опытного биогеоценоза для наблюдения за динамикой надземной фитомассы, корней, ветоши и подстилки был выбран участок разнотравного луга на лугово-черноземной мерзлотной почве. Определение интенсивностей потоков углерода проводили по системе балансовых уравнений (Титлянова, 1971).

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена в среде электронной таблицы Microsoft Excel 2003 из пакета Microsoft Office.

Глава 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ

В почвенном покрове Забайкалья площадь лугово-черноземных мерзлотных почв составляет 161 тыс. га, из них в Бурятии – 57 тыс. га, основной ареал которых находится в Еравнинской котловине. Почвы на исследуемой территории почти полностью распаханы и

используются в основном под посевы зернофуражных (ячмень, овес) и кормовых (корнеплоды, травы) культур. Дерново-таежные почвы в Забайкалье преобладают в структуре почвенного покрова южных склонов нижней тайги. Генезис, география и агрохимия этих почв даны в ряде работ (Семенова, 1957; Ногина, Уфимцева, 1964; Ишигинов, Бухольцева, 1974; Пигарева, 1984; Дугаров, Куликов, 1990; Чимитдоржиева, 1990; Абашеева, 1992; Бадмаев и др., 2006).

Глава 4. ЭМИССИЯ CO₂ ИЗ ПОЧВ

4.1. Суточная динамика эмиссии CO₂

На дерново-таежных почвах значительная интенсивность продуцирования CO₂ отмечается в послеполуденные часы (рис. 1). С 14 ч наблюдается подъем кривой дыхания, которая достигает максимальных значений в период между 16–20 ч, где показатель эмиссии составляет 4,4 и 4,7 кг CO₂/га сут, далее наблюдается спад ее интенсивности.

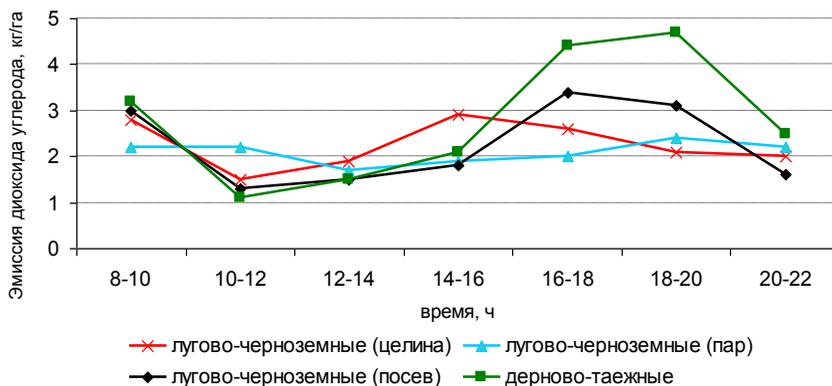


Рис. 1. Суточная динамика эмиссии CO₂, кг/га

Для целинных лугово-черноземных почв характерен равномерный ход кривой дыхания с небольшими максимумами: с 8 до 10 ч – 2,8 и с 14 до 16 ч – 2,9 кг CO₂/га сут. Первый пик связан с завершением максимальной ночной интенсивности выделения CO₂, свидетельствующий о дыхании корней при прекращении световой фазы фотосинтеза, второй – с прогреванием почвы в полуденные часы. После 18 ч интенсивность продуцирования углекислоты заметно снижается, составляя в 22 ч 2 кг CO₂/га сут.

Под посевом ячменя максимальное выделение CO₂ из почвы

наблюдается во второй половине дня: в период с 16 до 18 часов - 3,4 кг CO₂/га сут, а с 20 до 22 ч выделение CO₂ начинает снижаться до 1,6 кг CO₂/га сут.

В пару отмечается равномерно низкий ход эмиссии. Незначительный максимум обнаружен с 18 до 20 ч, равный 2,4 кг CO₂/га сут, соответствующий наибольшему прогреванию почвы.

Таким образом, изменения суточного хода CO₂ из почв в атмосферу носят схожий характер – максимальные значения эмиссии соответствуют наибольшему прогреванию пахотного слоя, т.е. его в большей степени определяет температурная инерционность почвы. Картина суточной динамики эмиссии углекислоты совпадает с суточным ходом фотосинтетической активности зеленого растения.

4.2. Сезонная динамика эмиссии CO₂

Низкие показатели суточной эмиссии CO₂ обуславливают аналогичную картину в сезонной динамике.

Результаты наблюдений за интенсивностью продуцирования углекислоты почвой указывают на динамичность процесса дыхания почвы на протяжении вегетационного периода. Эмиссия в значительной степени зависела от гидротермических условий, а также особенностей функционирования микробных сообществ (Курганова и др., 2004).

В силу низких температуры и сорбции CO₂ в начале вегетации скорость эмиссии для всех почв незначительна (рис. 2).

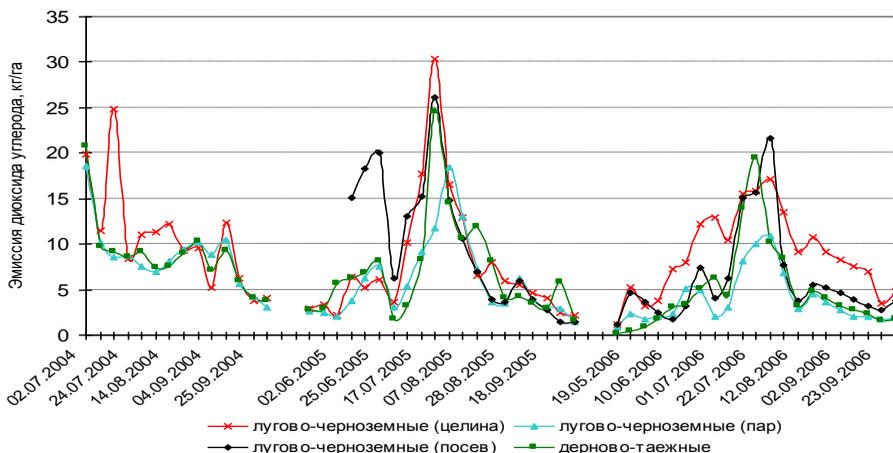


Рис. 2. Эмиссия диоксида углерода за вегетационный сезон 2004 – 06 г.г., кг/га сут.

С повышением температуры, в течение сезона, эмиссия CO_2 постепенно увеличивалась, вследствие усиления активности биоты, а также за счет десорбции. Первый всплеск CO_2 совпадает с предшествующим выпадением осадков и наступлением теплого периода, которые усилили биологическую активность почв.

В третьей декаде августа отмечаются первые осенние заморозки. Под действием резких перепадов температуры и влажности происходит отмирание мелких корней и отдельных микробных клеток, что ведет к частичной стерилизации почвы. Показатель эмиссии CO_2 из всех почв снизился.

Повторное прогревание почвы в сентябре спровоцировало новый, но незначительный подъем кривой дыхания почвы, связанный, вероятно, с минерализацией микробной некромассы.

Таким образом, кривая сезонной эмиссии CO_2 имеет одновершинный характер с максимумом в июле.

Рассчитаны парные коэффициенты корреляции между дыханием, температурой (T_n) и влажностью (W_n) за весь период наблюдений ($n = 56$). Выявлена тесная положительная связь между температурой почвы и эмиссией CO_2 в естественных ценозах за весь период наблюдений ($r = 0,56 - 0,99$). В агроценозе этот параметр выражен слабее.

В засушливый 2005 год обнаруживаются максимальные коэффициенты корреляции между дыханием почвы и ее влажностью.

В 2006 году - наиболее холодном - влажность не оказывала достоверного влияния на величину потока диоксида углерода.

Анализ коэффициентов корреляции свидетельствует, что наиболее тесная связь выявлена между дыханием почвы и температурой, особенно в осенне-весенние периоды, что подчеркивает приоритетную роль тепла в мерзлотных почвах.

4.3. Оценка скорости эмиссии CO_2

Средняя за сезон скорость выделения CO_2 характеризует биологическую активность почв (Макаров, 1988; 1993) и используется для расчетов эмиссии углекислоты почвенным покровом (Кудеяров и др., 1995).

В 2004 году средняя скорость эмиссии CO_2 из дерново-таежных почв составила $0,87 \text{ г } \text{CO}_2/ \text{ м}^2$. На целине лугово-черноземных мерзлотных почв этот показатель составил - $1,1 \text{ г } \text{CO}_2/ \text{ м}^2$, на пару -

0,86.

С 2005 года наблюдения вели за дыханием почвы, занятой посевом ячменя, где средняя скорость эмиссии CO_2 была максимальной по сравнению с другими вариантами – 0,99 г $\text{CO}_2/\text{м}^2$. На пару этот показатель был ниже - 0,59 г $\text{CO}_2/\text{м}^2$. На целине средняя скорость продуцирования достигала 0,78, а в дерново-таежных - 0,69 г $\text{CO}_2/\text{м}^2$.

В 2006 году средняя скорость эмиссии CO_2 была минимальной на пару – 0,39, максимальной на целине – 0,89, а под посевом ячменя составила 0,61 г $\text{CO}_2/\text{м}^2$. На дерново-таежных этот показатель низкий – 0,48 г $\text{CO}_2/\text{м}^2$.

Таким образом, низкие показатели средней скорости эмиссии углекислоты из дерново-таежных и лугово-черноземных почв связаны с коротким вегетационным сезоном, низкой биологической активностью, жестким термическим режимом, обусловленных наличием многолетней и сезонной мерзлоты в почвах.

4.4. Оценка суммарной эмиссии CO_2 и потери углерода из почв

Поскольку эмиссия углекислоты из почв внутри суток и за сезон низкая, суммарные показатели, как и следовало ожидать, будут незначительными.

Суммарные потери углерода в виде углекислоты из исследуемых почв за вегетационный период дают оценку их вклада в поступление CO_2 в атмосферу и меняются в зависимости от типа почв и угодий.

В 2004 году максимальные значения потерь углерода из лугово-черноземных почв отмечены на целине - 263,5, а в пару они составили 209,3 кг/га. На дерново-таежных почвах суммарная эмиссия была также невысокой - 209,2 кг/га.

В 2005 году под посевом ячменя суммарные потери углерода за вегетационный сезон были самыми максимальными (308,1 кг/га), что связано с минерализацией органического вещества и дыханием корней. Агроценозы традиционно рассматривают как один из основных источников CO_2 в атмосфере из-за нарушений круговорота углерода в экосистеме (Ларионова и др., 2002). На целине суммарные потери $\text{C} - \text{CO}_2$ составили 296,1 кг/га, а в пару были минимальными - 220,9 кг/га.

Дерново-таежные почвы отличаются лучшим увлажнением. Избыток влаги и дефицит тепла ограничивают деструкцию

органического вещества и дыхание почвы, в связи с чем, показатель суммарных потерь невысокий - 258,6 кг/га.

В 2006 году суммарные потери С в виде CO_2 составили: на целине – 350,5, в пару – 154 кг/га. Снижение потерь углерода в длительно парующихся почвах связано с отсутствием растительных остатков и с изменениями в микробном сообществе. Под посевом этот показатель в сравнении с прошлым годом ниже и составил 239,5 кг/га. Здесь потери углерода определяются уже не первоначальным содержанием органического вещества, а количеством корневых и пожнивных остатков, внесенных органических и минеральных удобрений, а так же погодными условиями (Курганова и др., 2002). Суммарные потери углерода в виде углекислоты на дерново-таежных почвах составили 191,8 кг/га.

Таким образом, целинные и пахотные лугово-черноземные мерзлотные почвы в сравнении с парующимися отличаются высокими показателями потерь С - CO_2 , что указывает об их большем вкладе в поступление CO_2 в атмосферу. На дерново-таежных почвах суммарные потери углерода в виде углекислоты незначительны.

Глава 5. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ В ПОЧВАХ

5.1. Условия формирования микробоценозов

Гидротермические условия мерзлотных почв - важные компоненты экологической обстановки развития почвенных микроорганизмов. Влажность почвы варьирует в очень широких пределах, как в течение вегетационных периодов, так и в различные годы. При выпадении большого количества атмосферных осадков создаются анаэробные условия в почвах вследствие тяжелого гранулометрического состава. В первую половину лета лугово-черноземные почвы иссушаются, несмотря на присутствие мерзлоты. Максимальное прогревание верхних слоев почвы (0-20 см) до 20 – 22⁰С на непродолжительное время не обеспечивает оптимальных условий для микроорганизмов и протекания биохимических процессов. На лугово-черноземных почвах период с активной температурой (≥ 10 °С) в гумусовом горизонте составляет 100-110 дней, на дерново-таежных - 70-90 (Дугаров и др., 1990).

5.2. Сезонная динамика углерода микробной биомассы

Специфика формирования мерзлотных почв в значительной мере

проявляется в их биологической активности, определяемой не только эмиссией углекислоты из почв, но и накоплением С-биомассы и интенсивностью разложения целлюлозы в природных условиях. Известно, что в природных условиях динамика микробной биомассы обусловлена сукцессией микробного сообщества в изменяющихся условиях среды (Аристовская, 1980; Мишустин, 1982; Паников, 1986; Кожевин, 1989).

В связи со сложившимся гидротермическим режимом содержание углерода микробной биомассы сильно варьировало в течение вегетационного сезона. В мае 2005 года на целинных лугово-черноземных почвах содержание углерода микробной биомассы составляло 31,6 мг/100 г почвы, которое в июне снизилось до 29,3. В это же время на парующихся почвах этот показатель был равен 21,2.

В середине вегетации показатель С-биомассы на целинном варианте составил 26,8 мг/100 г почвы. Под посевом ячменя количество углерода микробной биомассы было несколько ниже – 26,1, а в пару оно составило 19,9 мг/100 г. В августе показатель С-биомассы на целине падает до 20,4, на пару до 19,5, под посевом ячменя до 25,9 мг/100 г. В сентябре на целине лугово-черноземных почв углерод микробной биомассы резко возрастает до 33 мг/100 г почвы, на пару – до 20,3, под посевом ячменя – до 25,8. В октябре наблюдается также значительное количество С-биомассы. Обнаружена сильная прямая корреляция между С-биомассы и влажностью в парующихся почвах ($r = 0,8$), под посевом ячменя – слабая отрицательная связь ($r = -0,3$), что объясняется более интенсивным прогреванием почв в агроценозе.

На дерново-таежных почвах количество углерода микробной биомассы составило 20,4, возрастая в августе до 23,5 мг/100 г почвы, что обусловлено прогреванием верхних слоев почвы. К осени этот показатель снижается до 19,2 мг/100 г почвы. Сильная корреляционная связь С-биомассы с влажностью почвы ($r = 0,8$) связана с дефицитом почвенной влаги в засушливом вегетационном сезоне 2005 года.

В вегетационном сезоне 2006 года динамика углерода микробной биомассы носила сходный характер с динамикой 2005 года (рис. 3).

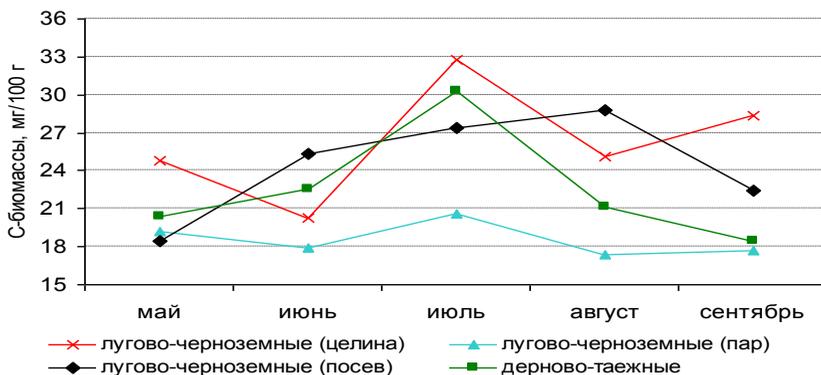


Рис. 3. Динамика С-биомассы на дерново-таежных, целинных, парующихся лугово-черноземных мерзлотных почвах и под посевами ячменя за вегетационный сезон 2006 г., мг/100 г

Отмечена слабая отрицательная корреляция между С-биомассы и влажностью почвы, что связано с более холодным вегетационным сезоном и тесная положительная между С-биомассы и температурой почв: на целине $r = 0,5$, под посевом ячменя $r = 0,9$, на дерново-таежных $r = 0,8$. Такие закономерности встречаются в литературе (Красильников, 1958; Гантимурова, 1974; Благодатский и др., 1989; Наумова, 1990; Демкина и др., 1991; Паников, 1991; Титлянова, Тесаржева, 1991; Титлянова и др., 1993; Орлова, 1996).

Основываясь на существующих в настоящее время экологических концепциях, можно полагать, что наблюдаемые в наших экспериментах динамические изменения С-биомассы связаны с изменениями в структуре почвенного микробного комплекса (Звягинцев, 1987; Паников, 1991). В целом сезонная динамика С-биомассы повторяет ход кривой CO_2 (рис.2), т.е. максимум его обнаружен также в июле, однако количественные показатели микробной массы низки.

5.3. Целлюлозолитическая активность почв

Результаты определения биологической активности показали, что в 2005 году наибольшей целлюлозоразрушающей активностью характеризуются целинные и парующиеся лугово-черноземные почвы, где убыль массы льняной ткани за период экспозиции в слое 0 – 10 см составила 76,4 и 88,8 % соответственно. Разложение целлюлозы на дерново-таежных почвах менее интенсивно и составляет всего 23 %,

что обусловлено низкими температурными условиями.

В 2006 году на целине лугово-черноземных почв отмечается максимальная активность разложения целлюлозы - 84,1 %, в пару этот показатель составил 62,2, на дерново-таежных - 17,7.

Таким образом, показатель целлюлозоразрушающей активности лугово-черноземных почв более значителен и убывает в следующем порядке: целина → пар → посев, что объясняется более динамичными условиями термо- и влагооборота, а также поступлением растительных остатков. На дерново-таежных почвах, вследствие жестких термических, а также неблагоприятных физико-химических условий, отмечается низкая целлюлозоразрушающая активность.

Глава 6. ЗАПАСЫ И БАЛАНС ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – РАСТЕНИЕ»

Большая часть органического вещества имеет в основе фотосинтезированный углерод. Эмиссия CO₂ характеризует потери органического С из почвы. В главе рассматривается перераспределение углерода между растительным покровом и атмосферой.

С точки зрения системного подхода, биоценоз представляет собой взаимодействующее единство блоков, характеризующихся определенным запасом органического вещества (эквивалентного С) и интенсивностью потоков, посредством которых осуществляется его перемещение из одного блока в другой (Лавренко, Понятовская, 1967; Лица, 1971; Ляпунов, Титлянова, 1974; Понятовская, Макаревич, 1973; Титлянова, 1977 и др).

6.1. Динамика органического вещества (ОВ)

При структурно-функциональном описании биогеоценоза, его можно рассматривать как систему, состоящую из определенных блоков, в каждом из которых существует запас разного вида субстанций (Титлянова, 1971). Блоки связаны между собой потоками субстанций, переходящими из одного блока в другой.

Анализ интенсивности динамики ОВ одного и того же потока в блоках полуприродной экосистемы (пастбище на разнотравном лугу) выявил, что его интенсивность отличается в различные месяцы вегетационного периода. Так, максимум прироста надземной фитомассы приходится на июнь - июль, максимум прихода ветоши - на август - сентябрь, максимум прихода подстилки - май - июнь, когда

в подстилку переходит прошлогодняя ветошь; максимум разложения подстилки - конец июня - конец июля, то есть в наиболее теплое время сезона. Прирост корней идет с начала вегетации с максимумом интенсивности в июле - августе. В августе начинается отмирание надземной фитомассы, поэтому прирост корней снижается.

Динамичностью также отличается интенсивность разных потоков за период исследований. В 2004 году исследования были начаты в июле, угодие использовалось с большой нагрузкой. Максимальный укос составлял 8,1 ц/га. В августе эта величина составила 10,9, а в сентябре – 6,3 ц/га. Прирост надземной фитомассы достиг 13,2 ц/га. Половина образующегося в течение лета ОВ переходит в ветошь к сентябрю. Полный приход ветоши был больше прироста надземной фитомассы и составлял 21,4 ц/га. Приход подстилки за июль – октябрь составил 18,8 ц/га. Количество разложившейся подстилки в течение летнего сезона составляет одну вторую часть количества ветоши, перешедшей в подстилку.

2005 год. был засушливым по сравнению с 2004 годом, пастбище использовалось меньше и исследования проводились весь вегетационный сезон – с мая по октябрь. Сезонный цикл запаса фитомассы нарастал с начала лета и характеризовался максимумом в августе, после обильных осадков. Прирост надземной фитомассы составил 18 ц/га, полный приход ветоши - 15 ц/га, приход подстилки - 6,3 ц/га.

Таким образом, изученная часть биологического круговорота углерода, в выбранном биогеоценозе (разнотравный луг на лугово-черноземных мерзлотных почвах) характеризуется непрерывностью процессов, определяющих переходы ОВ из блока в блок в течение вегетационного периода. Однако имеют место существенные различия не только в интенсивности разных потоков, но и в интенсивности одного и того же потока в различные месяцы вегетационного периода.

6.2. Запасы и баланс углерода в блоках «фитомасса» и «почва»

Запасы углерода растительного органического вещества ($C_{РОВ}$) оценивались для травяной экосистемы на лугово-черноземных почвах (табл. 1). В растительное органическое вещество входят следующие фракции: зеленая фитомасса, ветошь, подстилка, живые и мертвые подземные органы в слое почвы 0 – 10 см.

Зеленая фитомасса приводится на моменте максимального развития. В неполный вегетационный сезон 2004 года запас углерода

РОВ ($C_{\text{РОВ}}$) составил 1000,2, а в 2005 – 1141,6 г/м², что согласуется с литературными данными (Титлянова и др., 2001), где $C_{\text{РОВ}}$ остепненных лугов и луговых степей на черноземах выщелоченных и обыкновенных Забайкалья составляет 1323 г/м².

Таблица 1
Запасы $C_{\text{РОВ}}$ (г/м²) на целинных лугово-черноземных почвах

Год	Зеленая фитомасса	Ветошь + подстилка	Живые подземные органы (0–10см)	Подземные растительные остатки (0-10см)	РОВ
2004 (июль-сентябрь)	106,2	90,2	484,6	319,2	1000,2
2005 (май-октябрь)	135,2	78,2	562,4	365,8	1141,6

Запасы углерода в системе «почва – растение» равны 7170,4 г/м² (табл. 2). Вклад $C_{\text{ГУМ}}$, $C_{\text{РОВ}}$ и $C_{\text{МБ}}$ в формирование почвенного органического вещества почв составляет соответственно 89, 10,8 и 0,2 %.

Таблица 2
Запасы углерода гумуса (ГУМ), растительного вещества (РОВ) и микробной биомассы (МБ) в системе «почва – растение» лугового ценоза, г/м²

$C_{\text{ГУМ}}$, слой почвы 0-10 см	$C_{\text{РОВ}}$			$C_{\text{МБ}}$	Накопление $C_{\text{ОРГ}}$ экосистемной	
	общая	надземная	подземная		общий запас	% надземной от общего
6380,0	775,8	213,4	562,4	14,6	7170,4	3

Оценка соотношения процессов углеродного цикла (фотосинтеза и дыхания) позволяет определить, является ли та или иная экосистема стоком углерода или его источником.

На исследованных нами почвах вход органического углерода и сухого вещества в почву превышает их выход. Баланс органического

вещества составляет +748 г С/м² (табл. 3).

Таблица 3

Распределение и баланс углерода на лугово-черноземных мерзлотных почвах, г С/м²

Статья баланса	г С/м ²	Ст. откл.
Поток СО ₂ с поверхности почв	29,6	1,6
Дыхание корней	1,8	0,4
Гетеротрофное дыхание	27,8	2,4
ЧПП = надземная + подземная	775,8	28,5
Баланс в экосистеме	+748	

Примечание: ЧПП без вычета отчуждения

Анализ данных таблиц 2 и 3 выявил, что при низких показателях эмиссии (расходная статья) в формировании приходной статьи баланса углерода преимущественная роль принадлежит подземной фитомассе.

Таким образом, целинные лугово-черноземные почвы являются нетто-стоком углерода из атмосферы, так как луговой ценоз ассимилировал значительное количество углерода.

ВЫВОДЫ

1. В дерново-таежных и лугово-черноземных мерзлотных почвах юга Витимского плоскогорья выявлены низкие показатели суточной и сезонной эмиссии СО₂, обусловленные непродолжительным вегетационным периодом, низкой биологической активностью, маломощностью гумусового горизонта.
2. Величина продуцирования диоксида углерода мерзлотными почвами в большей степени определяется их температурным режимом.
3. Для дерново-таежных и лугово-черноземных мерзлотных почв характерны незначительные суммарные потери углерода в виде СО₂.
4. Накопление углерода биомассой микроорганизмов в мерзлотных почвах небольшое и убывает в ряду: целина → агроценоз → пар.
5. Максимальная интенсивность потока органического вещества в лугово-разнотравном биоценозе принадлежит блоку «корни».
6. В лугово-черноземных почвах складывается положительный углеродный баланс, свидетельствующий о том, что они являются стоком углекислоты из атмосферы.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Malkhanova E.V. Seasonal dynamics of carbon dioxide producing by frozen soils in Transbaikalye / E.V. Malkhanova // *Enviromis – 2006: the materials of internationals conference.* – Tomsk, 2006. – P. 94.
2. Малханова Е.В. Динамика продуцирования диоксида углерода мерзлотными почвами Забайкалья / Е.В. Малханова // *Измерение, моделирование и информационные системы для изучения окружающей среды.* - Томск: изд-во Томского ЦНТИ, 2006. – С. 123 – 126.
3. Малханова Е.В. Интенсивность продуцирования CO_2 в мерзлотных почвах Забайкалья / Е.В. Малханова // «*Экология Южной Сибири и сопредельных территорий*»: материалы IX Междунар. школы-конф. – Абакан, 2005. – С. 130.
4. Малханова Е.В. Мониторинг эмиссии CO_2 из мерзлотных и длительносезоннопромерзающих почв / Е.В. Малханова, Т.М. Лубсанова, Р.А. Егорова, Г.Д. Чимитдоржиева // «*Биоразнообразие экосистем Внутренней Азии*»: материалы Всерос. конф. с междунар. участием, посв. 25-летию ИОЭБ СО РАН. – Улан-Удэ, 2006. – С. 46 - 47.
5. Малханова Е.В. Сезонная динамика продуцирования диоксида углерода мерзлотными почвами Забайкалья / Е.В. Малханова // *Вестник БГУ. Серия 2: Биология.* – Вып. 9 – Улан-Удэ, 2006. – С.38 - 41.
6. Малханова Е.В. Сезонная динамика эмиссии углекислоты мерзлотными почвами Забайкалья / Е.В. Малханова // «*Ломоносов – 2006*»: материалы XIII Междунар. конф. студентов и аспирантов по фонд. наукам. – Москва, 2006. – С. 84 – 86.
7. Малханова Е.В. Суточная и сезонная интенсивность выделения углекислоты дерново-таежными и лугово-черноземными мерзлотными почвами Забайкалья / Е.В. Малханова // «*Экология в современном мире: взгляд научной молодежи*»: материалы Всерос. конф. молодых ученых, посвященная 50-летию СО РАН. – Улан-Удэ, 2007. – С. 184 - 185
8. Малханова Е.В. Эмиссия CO_2 в мерзлотных почвах Забайкалья / Е.В. Малханова, Р.А.Егорова, Г.Д. Чимитдоржиева // «*Биосферные функции почвенного покрова*»: материалы конф., посвященной 100 - летию со дня рожд. чл. корр. АН СССР В.А.Ковды. – Пушкино, 2005. – С. 60 – 61.
9. Малханова Е.В. Эмиссия CO_2 в мерзлотных почвах Забайкалья /

Е.В. Малханова // Труды молодых ученых и аспирантов Бурятского Государственного Университета. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2006. – С. 11 – 14.

10. Малханова Е.В. Эмиссия CO₂ из мерзлотных и холодных почв Забайкалья / Е.В. Малханова, О.Ю. Бычкова // Почвы холодного климата: генезис, экология, использование: IV междунар. конф. по криопедологии. – Архангельск, 2005. – С. 53.

