

9. Организационно-технологические мероприятия проведения полевых работ в Красноярском крае: рекомендации. – Красноярск: ООО ИД «Класс», 2008. – 59 с.
10. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах. – Л., 1975.
11. Шарков И.Н. Минерализация и баланс органического вещества в почвах агроценозов Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1997. – 37 с.
12. Чупрова В.В. Углерод и азот в агроэкосистемах Средней Сибири. – Красноярск: Изд-во КГУ, 1997. – 166 с.
13. Шпелт А.А. Влияние зеленых удобрений на баланс растительного вещества и лабильные формы гумусовых веществ в черноземе выщелоченном Красноярской лесостепи: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. – Красноярск, 1995. – 20 с.
14. Шпелт А.А. Градации содержания гумусовых веществ в черноземах Красноярского края применительно к зерновым культурам // Мат-лы V Всерос. съезда почвоведов им. В.В.Докучаева. – Ростов н/Д: Ростиздат, 2008. – С. 212.



УДК 630.548:630.114.61(571.51)

Н.Д. Сорокин, Д.Е. Александров, С.Н. Сырцов

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ CH₄ И CO₂ В КРИОГЕННЫХ ПОЧВАХ ЛИСТВЕННИЧНИКОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭВЕНКИИ (опыт с искусственным прогреванием мерзлоты)

Авторами установлено, что искусственное прогревание мерзлотного слоя почвы (криозема гомогенного) инициирует дыхательную активность микробных комплексов и эмиссию метана на опытном участке по сравнению с контролем. Однако превышение температуры нагревания почвенного слоя на 3–4°C не дает эффекта существенного повышения выделения метана с поверхности почвы по сравнению с контролем.

Ключевые слова: Центральная Эвенкия, экология микроорганизмов, трансформация углерода, эмиссия парниковых газов.

N.D. Sorokin, D.E. Alexandrov, S.N. Syrtsov

MICROBIOLOGICAL EMISSION OF CH₄ AND CO₂ IN CRYOGENIC SOILS OF CENTRAL EVENKIA LARCH FORESTS (experiment with the permafrost simulated warming-up)

It is established by the authors that the simulated warming-up of the permafrost soil layer (homogeneous cryozem) initiates the microbial complex respiratory activity and the methane emission on the experimental plot in comparison with the control plot. However, the excess in the soil layer heating temperature by 3–4°C does not give the effect of the significant increase in methane emission from the soil surface in comparison with control.

Key words: Central Evenkia, microorganism ecology, carbon transformation, greenhouse gas emission.

Введение. Значительная часть наземных экосистем Сибири и их неотъемлемая составляющая – лесные биогеоценозы – функционируют в экстремальных условиях криолитозоны. При этом их устойчивое развитие обусловлено, наряду с другими факторами, биогеоценотическими функциями микробного сообщества – одного из самых реактивных компонентов лесного биогеоценоза. В результате глобальных изменений климата и роста антропогенных воздействий в первую очередь существенно меняются структурно-функциональные параметры микробных комплексов криогенных почв [3, 4]. Особенно негативными могут быть последствия глобального потепления и выхода в атмосферу больших количеств парниковых газов в виде метана и диоксида углерода. Прогноз микробиологической эмиссии CH₄ и CO₂, а также изменения

функциональной активности микробных комплексов в случае глобального потепления можно получить в условиях природных модельных опытов при искусственном прогревании почвенного мерзлотного слоя.

Цель исследований. Провести сопряженный сравнительный анализ микробиологической активности и эмиссии парниковых газов (CH_4 , CO_2) в криогенных почвах лиственничников Центральной Эвенкии при их искусственном экспериментальном прогревании.

Объекты и методы исследований. В лиственничниках Центральной Эвенкии (Тура), в зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты заложен модельный эксперимент по искусственному нагреванию почвы, который включает 3 подготовленных площадки (5×5 м), состоящих из 3 вариантов: 1) ненарушенная почва (**Контроль 1**); 2) нарушенная закладкой кабеля почва – **Нагревание** (эксперимент); 3) контроль нарушения почвенного покрова (**Контроль п**). Прогревание мерзлотного слоя почвы проводилось с помощью проложенного по площадке кабеля и генератора переменного электрического тока.

Анализ концентраций CO_2 и CH_4 в полевых условиях проводили с помощью газоанализатора Li-Cor 6200, в отобранных образцах – методом газовой хроматографии с разными детекторами (FID, IR, и ECD) на хроматографе Agilent 6890N. Дыхательную активность микробных сообществ определяли хроматографически, методом субстрат-индуцированного дыхания (СИД), вследствие чего регистрировали базальное дыхание (БД), микробную биомассу (БМ) и метаболический коэффициент ($q\text{CO}_2$) [1, 5]. Сопряженно проведен агрохимический и микробиологический анализ почвы криозема гомогенного [2].

Результаты исследований и их обсуждение. Исследовались два экспериментальных участка (№1 и №2), заложенных в 2011 г. (с закопанным на них кабелем), которые находятся в стадии минимального восстановления. Отмечено, что через год (2012 г.) нарушения почвенного покрова все еще остаются максимальными и оказывают существенное влияние на функционирование микробных сообществ. Установлено, что количество выделяемого метана по месяцам и в среднем в течение вегетационного сезона на обоих участках различается несущественно. На участке № 1 наибольшее количество метана отмечено в варианте **Контроль 1** – 10,6 ppm, наименьшее – 7,1 ppm в варианте **Нагревание**. При этом максимальное выделение метана во всех трех вариантах опыта наблюдалось в слое 0-20 см (рис.1, 2). На участке № 2 также максимальная концентрация метана регистрируется в варианте **Контроль 1** – 9.23 ppm и наименьшее – в варианте **Нагревание** – 7.74 ppm.

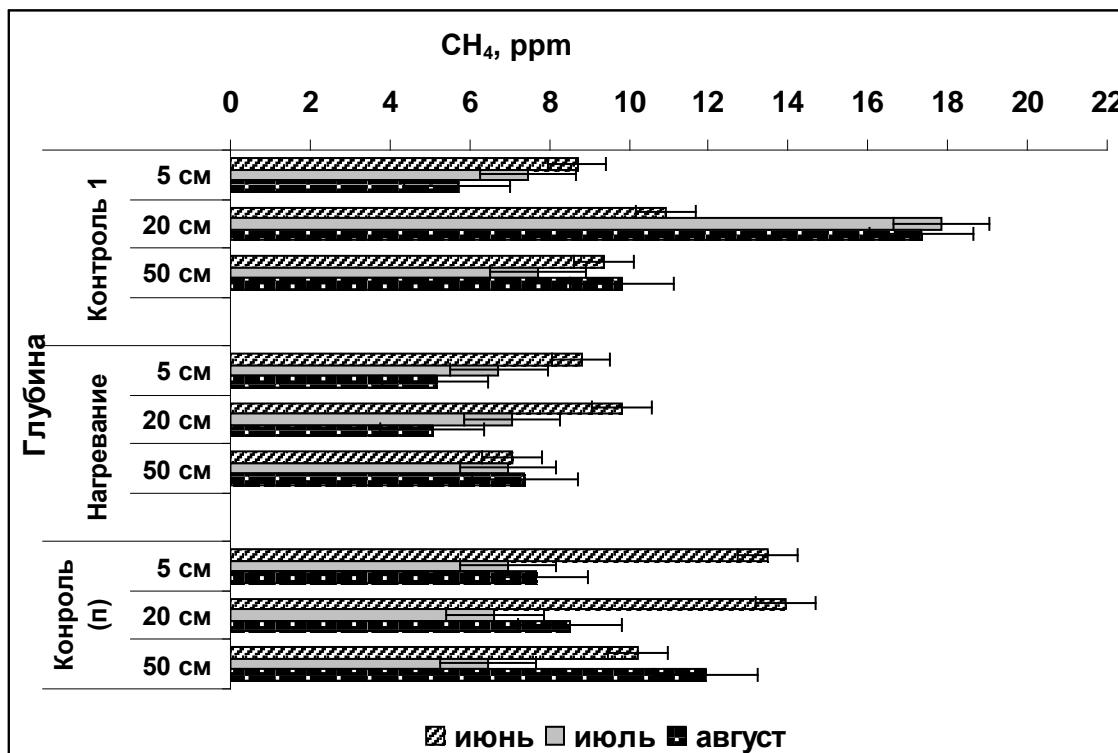


Рис. 1. Количество выделенного CH_4 (ppm) по почвенному профилю участка №1

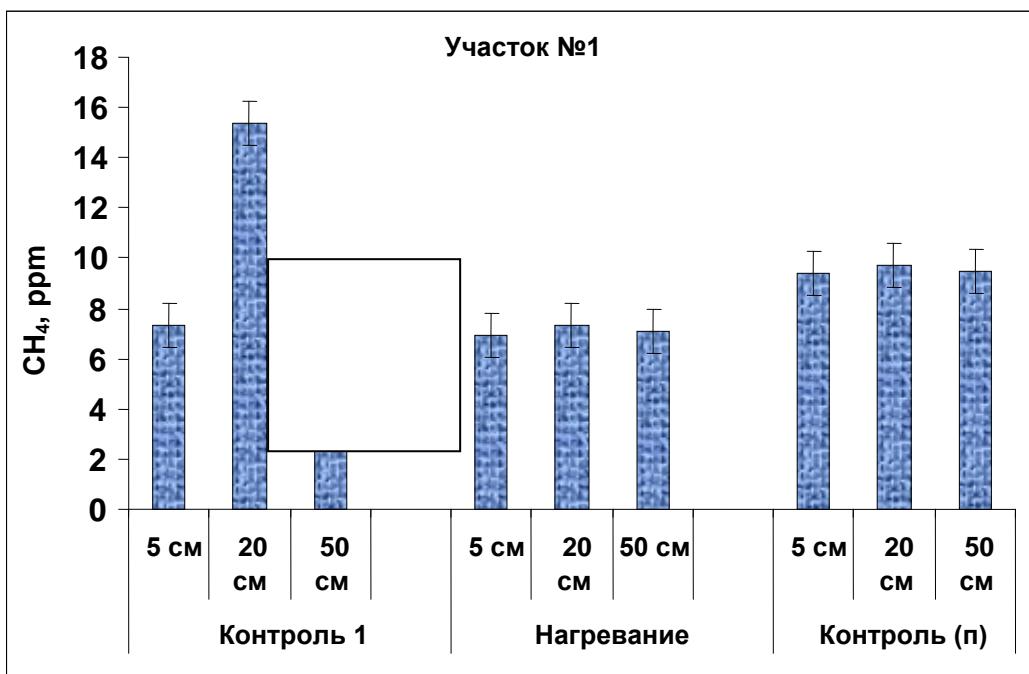


Рис. 2. Среднее количество выделенного метана на участке №1

Дыхательная активность микроорганизмов, выраженная через значения микробной биомассы, базального дыхания и микробного метаболического коэффициента, была наибольшей в августе (рис. 3). Отмечены высокие интенсивность микробного дыхания и значения $q\text{CO}_2$ в конце вегетационного периода, что свидетельствует о стрессовом состоянии микробных сообществ во всех вариантах опыта, т.е. функциональная активность микробоценозов не восстановлена после закладки кабеля.

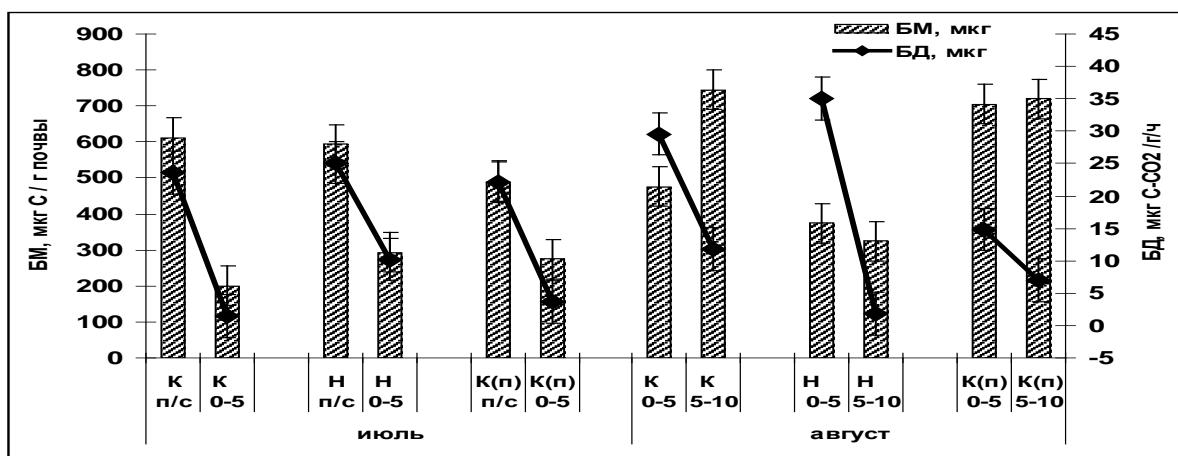


Рис. 3. Изменение микробной биомассы (БМ) и интенсивности дыхания (БД) в почве различных вариантов опыта на экспериментальных участках

Установлено, что в короткий период летней вегетации микробиологическая активность надмерзлотного горизонта ненарушенной почвы достаточно высокая за счет активной деятельности копиотрофов (прототрофов) и олиготрофов (рис. 4). Она сопоставима с микробиологической активностью микробных комплексов лесных почв южнотаежной подзоны Сибири [4]. Минимальной численностью всех групп микроорганизмов характеризуется слой 20-40 см, но вместе с тем процессы минерализации поступивший органики в нем выше, чем в других слоях ($K_{\min} = 3,7$, $K_{\text{олиг}} = 4,5$), что, вероятно, связано со снижением кислотности в данном горизонте.

Отмечена высокая корреляция между БМ и аммонификаторами ($r=0,5$), а также аммонификаторов с рН ($r=-0,43$), с валовым и подвижными формами азота ($r=0,44-0,5$), с С_{тум} ($r=-0,46$) и с калием ($r=-0,57$); прототрофов с pH ($r=0,9$) и с магнием ($r=-0,53$); олиготрофов с С_{тум} ($r=-0,9$), с фосфором ($r=0,54$), с общим и подвижным азотом ($r=0,4-0,44$).

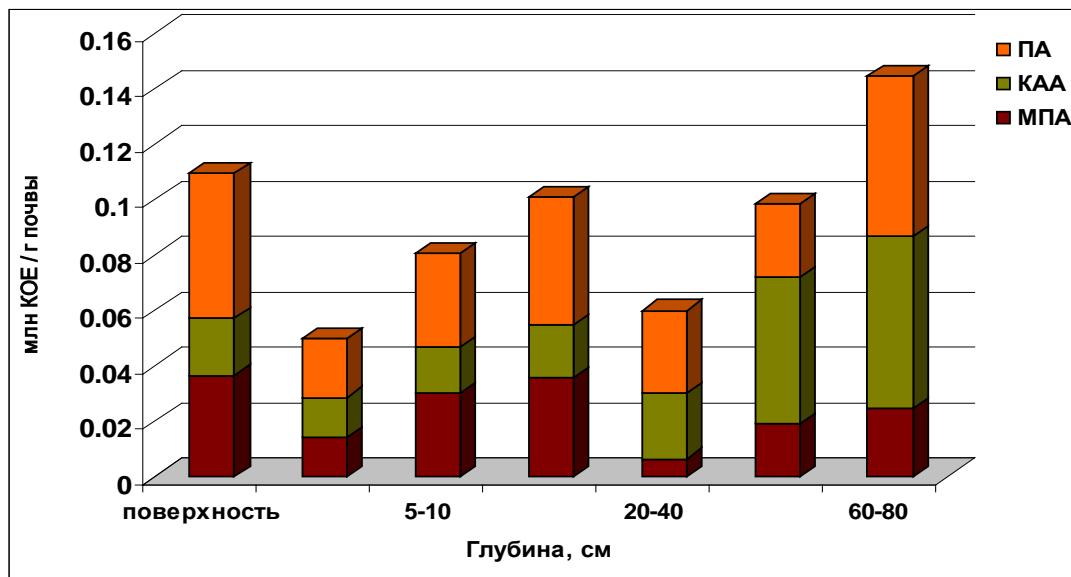


Рис. 4. Распределение основных функциональных групп микроорганизмов по профилю разреза:
МПА – аммонификаторы; КАА – прототрофы; ПА – олиготрофы

Наибольшей дыхательной активностью выделяется поверхностный слой (рис. 5) – это показатель того, что в процессе дыхания участвуют не только микроорганизмы, но и растения (мхи), в минеральном профиле наибольшая микробная биомасса зарегистрирована в надмерзлотном слое (354 мкг С / г почвы). Корреляция между БМ и pH довольно высокая ($r=0,83$), что свидетельствует о прямой зависимости микробной биомассы от кислотности среды.

Значения микробного метаболического коэффициента ($q\text{CO}_2$) поверхностного и верхних слоев высокие, что указывает на нестабильное состояние микробного сообщества, на нарушение экофизиологического статуса почвы.

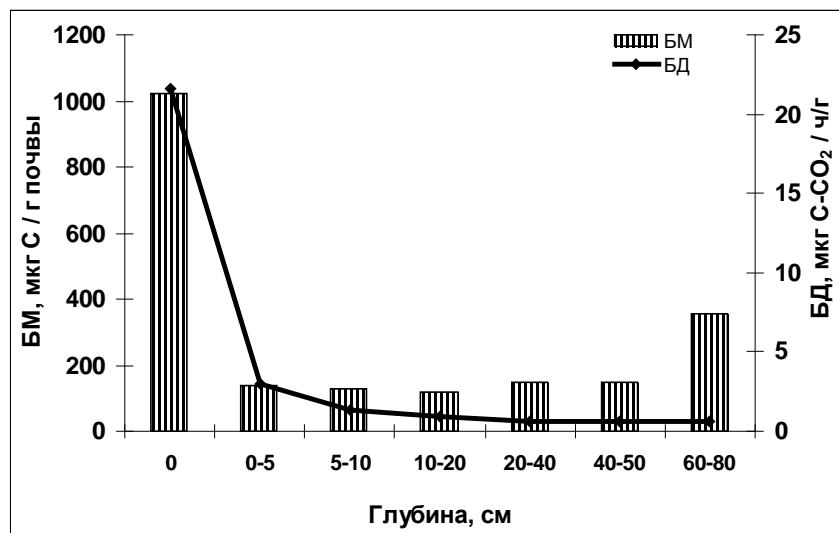


Рис. 5. Дыхательная активность (БМ и БД) микроорганизмов по профилю разреза криогенной почвы нагревательного эксперимента

Результаты измерений на третий год (2013) после закладки опытных площадок свидетельствуют о повышении уровня концентрации растворимого органического вещества (РОУ) и основных анионов до значений, характерных для неповрежденного участка. Такие параметры, как базальное дыхание (БД), активная микробная биомасса (БМ), метаболический коэффициент ($q\text{CO}_2$), также указывают на соответствие показателей биологической активности почвы опытной и контрольной площадок. При этом отмечено стабильное увеличение эмиссии метана с поверхности почвы на опытном участке по сравнению с контрольным в течение периода прогревания почвенного слоя с превышением температуры на 3–4°C. Однако показатели концентрации CH_4 при нагревании почвенного слоя на 3–4°C сопоставимы с концентрациями метана, выделяемого криоземами гомогенными на южных склонах в период летней вегетации, а различия в эмиссии газа на опытном и контрольном участке несущественны (достоверность различий $t=1,2-1,4$). Очевидно, чтобы получить эффект более высокой эмиссии CH_4 при нагревании мерзлоты, необходимо превышение температуры порядка 10°C. Как известно, при повышении температуры на 10°C скорость химических реакций (биохимических процессов) возрастает в два раза.

Заключение. В короткий период летней вегетации микробиологическая активность криогенных почв лиственничников севера Сибири (Центральная Эвенкия) достигает своего апогея и сопоставима с таковой в лесных почвах южнотаежной подзоны Сибири. Это выражается в показателях численности копиотрофных и олиготрофных групп микроорганизмов, величинах микробной биомассы, базального дыхания, коэффициентах метаболической активности микробных комплексов, микробиологической эмиссии CO_2 и CH_4 .

Искусственное прогревание мерзлотного слоя почвы (криозема гомогенного) инициирует дыхательную активность микробных комплексов и эмиссию метана на опытном участке по сравнению с контролем. Однако превышение температуры нагревания почвенного слоя на 3–4°C не дает эффекта существенного повышения выделения метана с поверхности почвы по сравнению с контролем.

Литература

1. Афаньева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. – М.: Наука, 2003. – 223 с.
2. Методы стационарного изучения почв. – М.: Наука, 1977. – 248 с.
3. Паринкина О.М. Микрофлора тундровых почв. – Л.: Наука, 1989. – 138 с.
4. Сорокин Н.Д. Микробиологическая диагностика лесорастительного состояния почв Средней Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 222 с.
5. Anderson T. H., Domsh K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil // Soil Biology and Biochemistry. – 1978. – № 10. – P. 215–221.

