

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет»
Красноярское отделение общества почвоведов им. В.В. Докучаева

**ПОЧВЫ СИБИРИ: ОСОБЕННОСТИ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ**

*Материалы научной конференции, посвященной 90-летию
доктора сельскохозяйственных наук, профессора П.С. Бугакова*

Красноярск 2012

Почвы Сибири: особенности функционирования, использования и охраны: мат-лы науч. конф., посвящ. 90-летию д-ра с.-х. наук, проф. П.С. Бугакова / под общ. ред. В.В. Чупровой, Н.Г. Рудого, Н.Л. Кураченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012. – 142 с.

Под общей редакцией: В.В. Чупровой, Н.Г. Рудого, Н.Л. Кураченко

Представлены научные статьи, подготовленные по материалам научной конференции «Почвы Сибири: особенности функционирования, использования и охраны». Она посвящена 90-летию со дня рождения известного ученого и педагога, основателя научной школы сибирского агропочвоведения, профессора Петра Семеновича Бугакова. Статьи включают современные данные по оценке состояния и особенностям функционирования почв Сибири, их продуктивности и рациональному использованию.

Предназначено для почвоведов, агрохимиков и экологов.

ББК 40.3я431

Таким образом, результаты предпринятых исследований свидетельствуют о том, что внесение вермикомпоста в почву способствует ускорению круговорота азота, осуществляемого микроорганизмами, задействованными в циклах превращения этого элемента. Преимущественное накопление азота в биомассе растений, а не в виде легкодоступных форм в почве, имеет важное экологическое значение, поскольку способствует аккумуляции азота в составе органического вещества, а значит в дальнейшем и в составе почвенного гумуса. С другой стороны, преимущественное депонирование азота удобрений в растительной биомассе существенно снижает риск развития сукцессии гумусразрушающих микроорганизмов из-за сокращения количества доступных для данной микрофлоры источников азота в почве.

Литература

1. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. М.: Наука, 1990. 261 с.
2. Глазовская М.А. Почвы мира. М.: Изд-во МГУ, 1972. 231 с.
3. Кузнецов А.Е., Градова Н.Б. Научные основы экобиотехнологии. М.: Мир, 2006. 503 с.
4. Евдокимова Т.И., Быстрицкая Т.Л., Васильевская В.Д. Биогеохимические циклы элементов в природных зонах Европейской части СССР // Биогеохимические циклы в биосфере. М.: Наука, 1976. С. 154–183.
5. Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences / P.M. Vitousek [et al.] // *Applied Soil Ecology*. 1997. № 7. P. 737–750.
6. Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide / N. Wrage [et al.] // *Soil Biology & Biochemistry*. 2001. № 33. P. 1723–1732.
7. Терещенко Н.Н., Наплекова Н.Н. Влияние различных экологических групп дождевых червей на интенсивность азотфиксации // *Известия АН. сер. Биологическая*. 2002. № 6. С. 763–768.
8. Winsome T., McColl J.G. Changes in chemistry and aggregation of a California forest soil worked by the earthworm *Argilophilus papillifer eisen* (Megascolecidae) // *Soil Biology & Biochemistry*. 1998. № 30. P. 1677–1687.
9. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an Oxisol in the process of forest to pasture conversion / E. Barros [et al.] // *Geoderma*. 2001. № 100. P. 193–213.
10. Amador Jose. A., Gorres Josef H. Role of the anecic earthworm *Lumbricus terrestris* L. in the distribution of plant residue nitrogen in a corn (*Zea mays*)–soil system // *Applied Soil Ecology*. 2005. № 30. P. 203–214.

БИОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ГАЗОВЫЙ РЕЖИМ ЭВТРОФНОГО ТОРФЯНОГО БОЛОТА

Л.И. Инишева, О.А. Голубина, М.А. Сергеева, Е.В. Порохина, О.Н. Смирнов

Введение. В настоящее время, в связи с проблемой изменения климата, большое внимание исследователи уделяют изучению цикла углерода и его составляющих в экосистемах биосферы [1–3]. По оценкам, выполненным на основе разных методов, ежегодный сток углерода в экосистемах России составляет от $5 \pm 0,5$ млрд т или почти 10 % от глобального стока в наземные ЭС за счет нетто-продукции, оцениваемой как разность между ассимиляцией диоксида углерода и дыханием растений. Доля болот в земном углеродном балансе достигает 15 % мировых запасов. Однако все эти цифры подлежат проверке. Биохимические процессы, протекающие в торфяных залежах, приводят к высвобождению углерода в виде метана и диоксида углерода, которые и определяют газовый режим болот.

Целью исследования является изучение биохимического и газового режимов эвтрофного болота Таган. Исследования проводились на территории южно-таежной подзоны Западной Сибири, относящейся по болотному районированию по О.Л. Лисс и др. [4] к северобарабинскому округу подтаежных эвтрофных осоково-гипновых болот. На этой территории отмечается активный линейный прирост торфяных отложений со средней скоростью 1,1 мм/год, что обусловлено высокой биологической продуктивностью характерной для болотных комплексов травяно-гипнового типа.

Объекты и методы исследования. Эвтрофное болото Таган с площадью 4068 га располагается в 11 км на юго-западе от г. Томска в древней ложбине стока р. Томи, подстилающими породами служат пески, супеси и суглинки [5, 6]. На болоте исследования проводились в 2 пунктах. Пункт 1, координаты: $56^{\circ}21'$ с.ш., $84^{\circ}47'$ в.д. Торфяная залежь имеет мощность около 3 м и возраст – 3445 ± 50 лет. Торфяная

залежь сложена травяным и древесно-травяным торфом со степенью разложения от 25 (с поверхности) до 55 % на глубине 3 м. Торфяная залежь на п. 3 (56°14' с.ш., 84°30' в.д.), мощностью 3 м, подстилается сапрелем, возраст торфяной залежи – 4035±50 лет [6].

Радиоуглеродное датирование торфяных залежей было проведено на радиоуглеродной установке QUANTULUS-1220 в лаборатории геологии и палеоклиматологии кайнозоя Института геологии и минералогии СО РАН (Новосибирск), ботанический состав и степень разложения торфа по ГОСТ 28245-89.

В период с мая по сентябрь в пунктах наблюдений проводились наблюдения за УБВ по методике [7], окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП) и температурой стационарно заложеными в торфяную залежь датчиками. В этих же пунктах были заложены штанги для определения газового режима «реергс»-методом [11]. Анализ газа проводился на газовом хроматографе «Кристалл-5000.2».

Для изучения биохимической активности ежемесячно с помощью торфяного бура ТБГ-1 производился отбор образцов. Активность каталазы определяли газометрическим методом в модификации Ю.В. Круглова и Л.Н. Пароменской [9, 10] в мл $O_2/2$ мин на 1 г (далее по тексту – ед.). Полифенолоксидазную и пероксидазную активность определяли по методу Л.А. Карягиной и Н.А. Михайловской [10] в мг 1,4-п-бензохинона/30 мин (далее – ед). Статистическая обработка результатов анализа проведена с помощью пакета Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждения. Погодные условия вегетационного периода 2011 г. в целом близки к многолетнему ряду, но отдельные месяцы существенно различаются. Так, количество выпавших осадков в мае, июне – в 1,5–2 раза ниже нормы. В июле количество осадков превысило норму в 2,2 раза. Это оказало влияние на динамику уровня болотных вод (УБВ) (рис. 1).

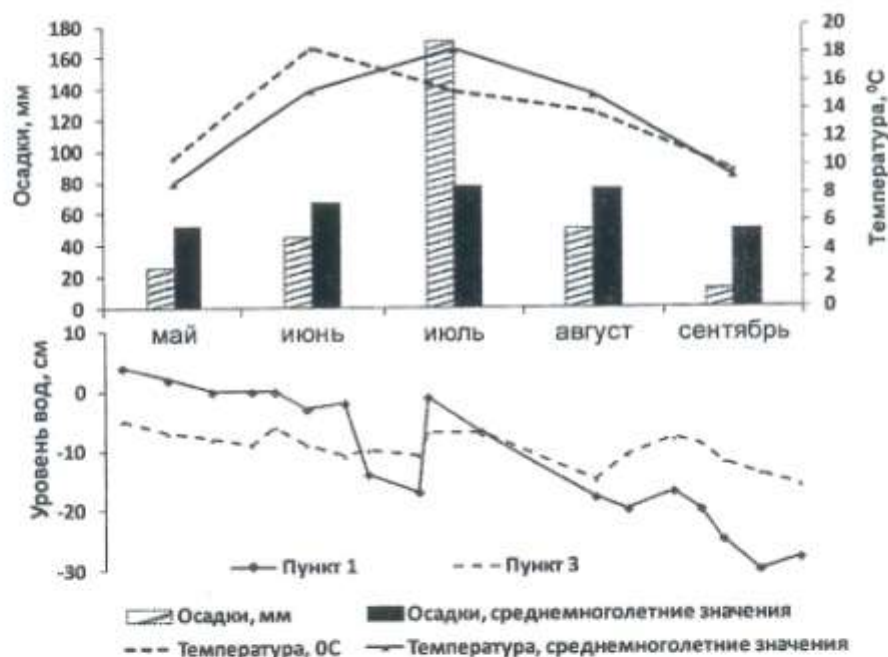


Рисунок 1 – Погодные условия (<http://www.thermochron.ru>)

В результате снижения УБВ за вегетационный период окислительные условия прослеживаются в торфяных залежах пунктов 1 и 3 до глубины 20–40 см, ниже по профилю отмечаются резко восстановительные условия. В торфяной залежи п. 1 динамика окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) имеет следующую закономерность: в мае окислительные условия (500–600 мВ) устанавливаются в слое 0–10 см с резкой сменой на восстановительные условия уже в слое 10–20 см. В конце июня окислительные условия формируются и в слое 10–20 см (183–283 мВ). Граница окислительных условий достигает 40 см глубины с середины августа и сохраняется в этом слое до конца вегетационного периода. Следует отметить и особенность окислительно-восстановительных условий в торфяной залежи п. 1, которая заключается в резкой

смене ОВП на глубине 40 см на отрицательные значения, указывающие на резко восстановительные условия $-69/ -1 -270/ мВ$.

Пониженные УБВ в торфяной залежи п.3 в весенний период по сравнению с п. 1 определяют и более окислительные условия в слое 0–20 см в мае (до 720 мВ). Вместе с тем, дальнейшее проникновение высоких значений окислительно-восстановительных потенциалов ограничивается глубиной 30 см, что меньше по сравнению с п. 1. Более низкие значения ОВП характерны и для инертного слоя торфяной залежи (до $-350/ мВ$). Таким образом, можно констатировать наличие окислительных условий в весенний период в торфяной залежи п. 3, которые в дальнейшем сохраняются в слое 0–20 см до конца вегетационного периода (в п. 1 – до 40 см), а также резко восстановительных условий в более глубоких слоях торфяной залежи.

При таких окислительно-восстановительных условиях формировалась биологическая активность в торфяных залежах. Общее представление о биологической активности, по мнению многих авторов [12, 13], дает определение фермента каталазы. Каталазная активность в торфяной залежи эвтрофного болота изменялась в течение вегетационного периода от 2,22 до 12,88 ед. (рис. 2). Доля неферментативной каталазной активности в торфяной залежи эвтрофного болота невелика и составляет в среднем 11,5 % от общей каталазной активности. При этом самые высокие ее показатели (в среднем 14,4 % от общей каталазной активности) наблюдались в торфяной залежи п. 1 при одинаковых значениях зольности торфов обоих пунктов наблюдений.

Наименьшая активность общей каталазы отмечалась в торфяной залежи п. 1 с выраженными гидроморфными условиями. Уровень болотных вод в мае-июне были выше поверхности почвы, а высокие значения ОВП были только в слое 0–10 см. Более высокая активность фермента наблюдалась в торфяной залежи п. 3, что определяется более богатым водно-минеральным питанием.

Верхний слой (0–20 см), характеризующийся устойчивыми окислительными условиями с высокими значениями ОВП, имеет наибольшую активность каталазы. С глубиной наблюдается тенденция к снижению каталазной активности, особенно заметная в торфяной залежи п. 3 (см. рис. 2).

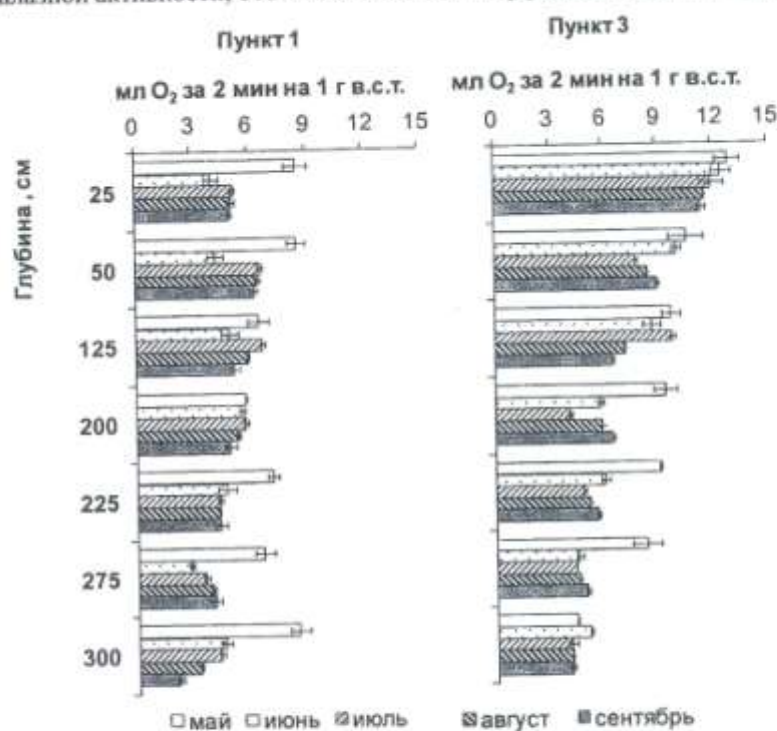


Рисунок 2 – Динамика каталазной активности

В целом, согласно шкале Д.Г. Звягинцева [14] исследуемые торфа по степени обогащенности каталазой относятся к очень бедным.

Поступая в торфяную залежь, растительные и микробные органические остатки попадают в сферу сложных превращений, которые катализируются полифенолоксидазой (ПФО). Активность ПФО в течение вегетационного периода изменялась в широких пределах 0,12–23,40 ед. и в 4,5 раза превышает ранее известные результаты активности ПФО для торфов эвтрофного типа [15, 16]. Надо

полагать, что невысокая зольность торфов исследуемого эвтрофного болота и преобладающий древесно-травяной ботанический состав в торфяной залежи стимулирует окислительно-восстановительную деструкцию органического вещества торфов, слагающих торфяную залежь.

Именно поэтому высокая активность ПФО отмечается в торфяной залежи п. 1, несмотря на то, что УБВ почти до середины вегетационного периода поддерживался у поверхности. При этом активнее процессы гумификации на этом пункте протекают в самом верхнем слое (0–25 см), где наблюдаются высокие значения ОВП, и в придонном (275–300 см). Ранее проведенными исследованиями было показано, что активность ПФО определяется соотношением фракций в составе органических веществ торфов. Так, в осоковых торфах, по сравнению с травяными, преобладают легкогидролизуемые вещества, в то время как содержание фракций гуминовых кислот в них значительно меньше, а отсюда и снижение активности ПФО (рис. 3).

Пероксидаза (ПДО) катализирует процессы трансформации органических веществ [17, 18]. Пределы изменения активности ПДО в торфяных залежах составляют 0,00–109,06 мг ед. (рис. 4). Анализ полученных данных показывает, что активность ПДО выше в глубоких, анаэробных слоях торфяной залежи эвтрофного болота, где развиваются восстановительные условия и отмечаются пониженные температуры. Динамика ПДО активности в торфяных залежах по пунктам наблюдений характеризовалась более высокими значениями в летний период, по сравнению с весенними и осенними показателями, что особенно проявилось в торфяной залежи п. 1.

Таким образом, динамика активности ферментов отмечается как в течение вегетационного периода, так и по всей глубине торфяной залежи, в аэробных и анаэробных условиях, что сказывается на образовании газов как конечных продуктов распада органических веществ в торфяной залежи. Рассмотрим изменение концентрации CO_2 и CH_4 в торфяных залежах болота Таган.

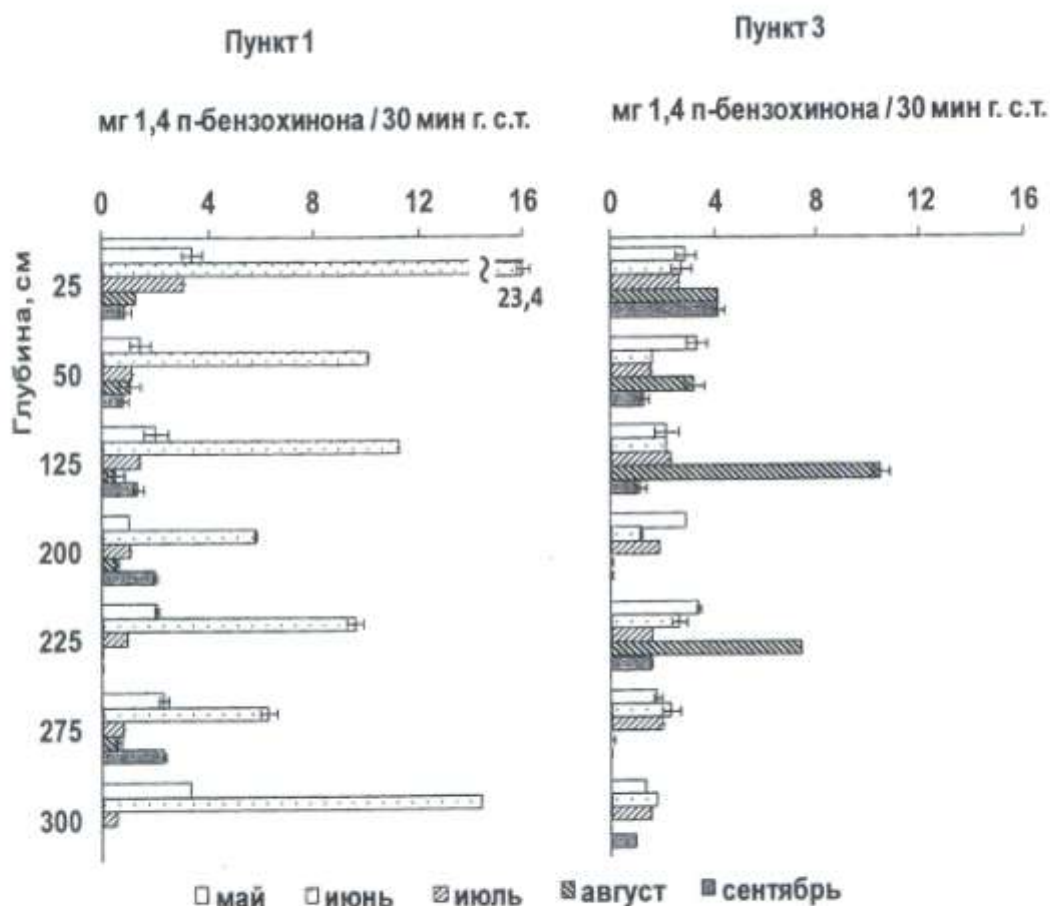


Рисунок 3 – Динамика полифенолоксидазной активности

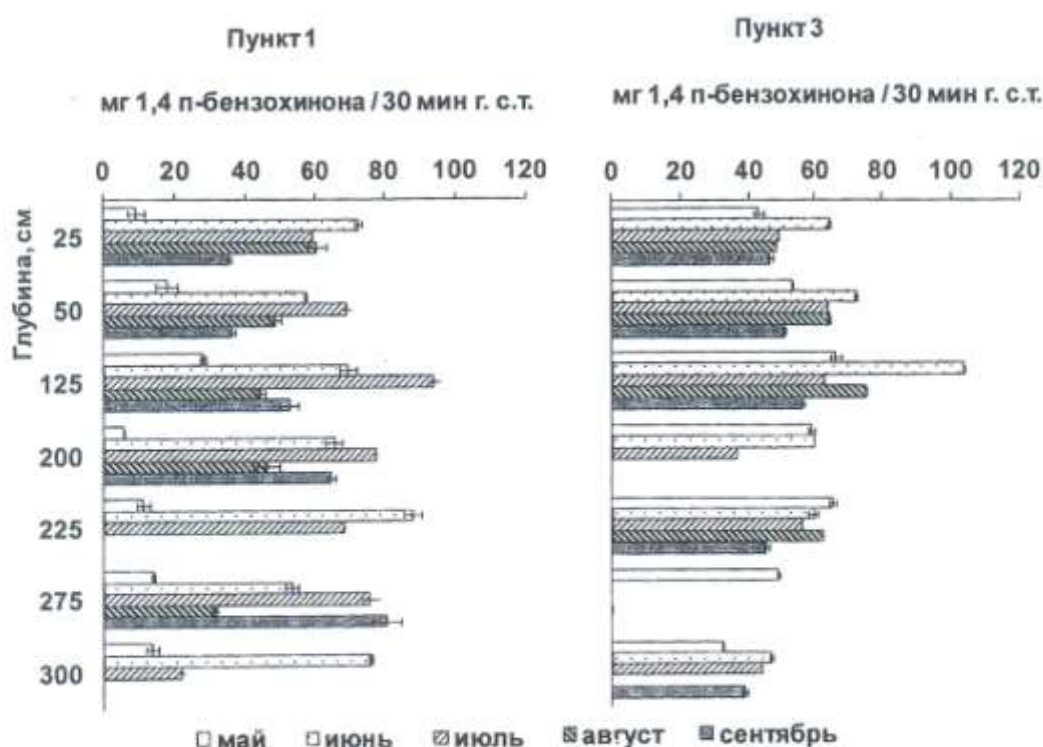


Рисунок 4 – Динамика пероксидазной активности

В среднем за вегетационный период концентрация CO_2 была 0,41 ммоль/л (далее – ед.) с пределами от 0,00 до 0,81 ед. Менее активно процесс образования CO_2 протекал в профиле п. 3 (0,21 ед.). С глубиной концентрация CO_2 увеличивается в 1,5–3 раза, наиболее интенсивное увеличение CO_2 отмечается в августе (рис. 5). В торфяной залежи п. 1 в августе концентрация CO_2 в верхнем слое составила 0,08 ед., на глубине 250 см – 0,18 ед., в профиле торфяной залежи п. 3. на аналогичных глубинах соответственно 0,14 и 0,81 ед.

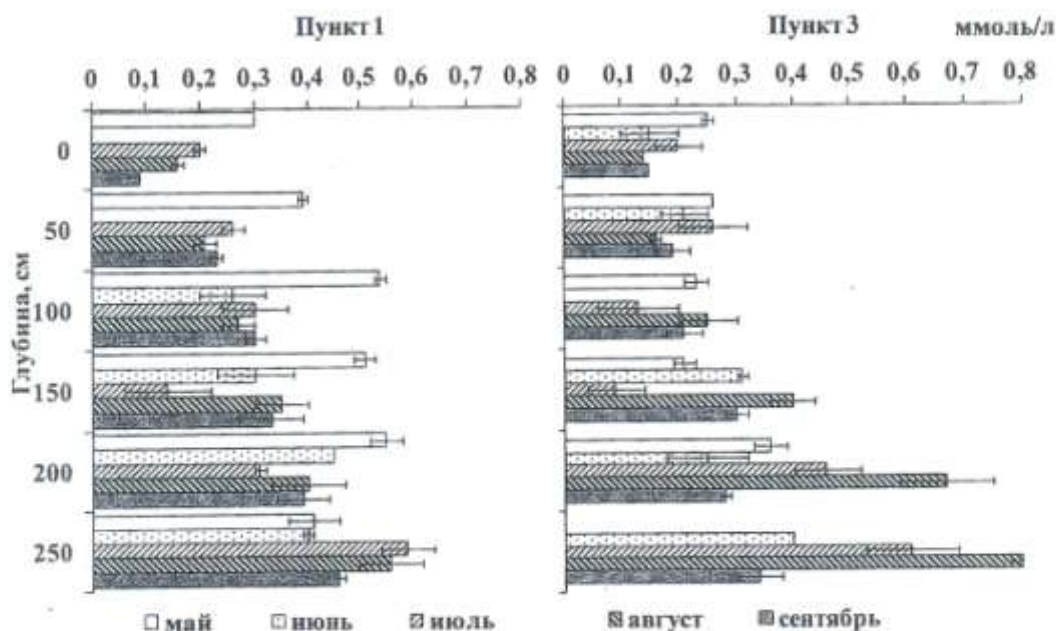


Рисунок 5 – Динамика диоксида углерода в торфяных залежах

Полученные данные совпадают с результатами других авторов [19–21]. В августе, как уже отмечалось выше, в торфяных залежах наблюдалось резкое снижение УБВ, поэтому в верхнем полуметровом слое большая часть образовавшегося CO_2 выделилась в атмосферу. В восстановительных условиях торфяных залежей, вероятно, происходило растворение образовавшегося CO_2 , что фиксировалось «репергс»-методом.

В целом за рассматриваемый вегетационный период наиболее высокие концентрации CO_2 были отмечены в августе, а наименьшие – в июне.

Концентрация CH_4 изменялась в пределах 0,00–0,69 ед. при среднем значении 0,3 ммоль/л. С глубиной концентрация CH_4 в исследуемых залежах увеличивается примерно в 1,5–2 раза (рис. 6), что согласуется с результатами других исследователей [20, 22, 23]. Так, в профиле торфяной залежи п. 1 концентрация CH_4 изменялась в пределах 0,00–0,46 ед., при этом максимальные значения были зафиксированы в июле в придонных слоях (0,46 ед. на глубине 250 см).

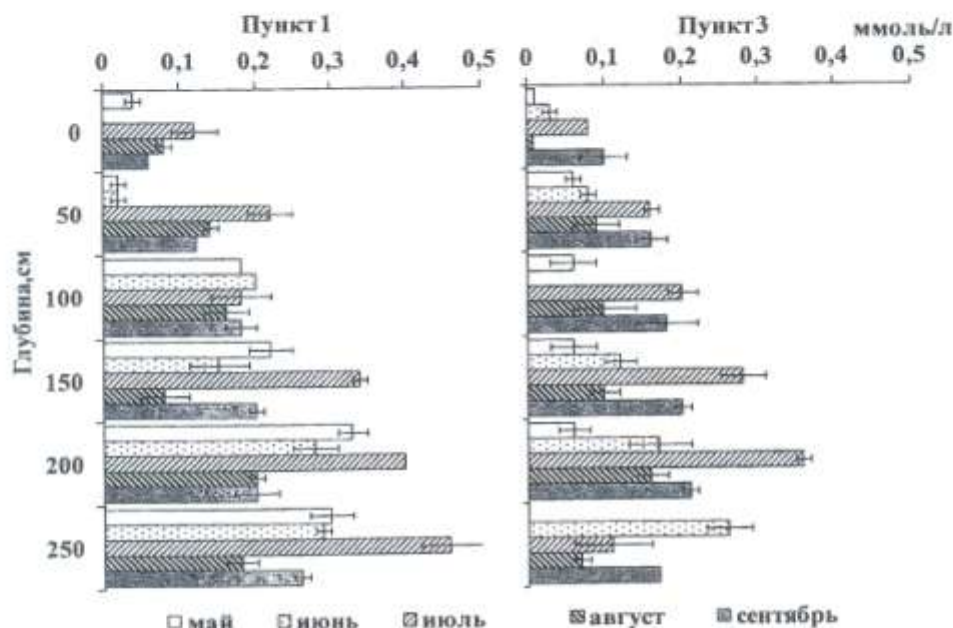


Рисунок 6 – Динамика метана в торфяных залежах

Торфяная залежь п. 3 характеризуется повышенным содержанием CH_4 в июле (0,36 ед.) на глубине 200 см. Вместе с тем июль отличается более активным процессом образования CH_4 по всему профилю торфяных залежей. Резкое понижение УБВ в августе привело к снижению концентрации CH_4 в торфяных залежах, при этом в верхних слоях концентрация CH_4 близка к нулевым значениям (п. 1 – 0,08, п. 3 – 0,01 ед.).

Выводы

1. На основании проведенных исследований показано, что торфяные залежи эвтрофного болота Таган биологически активны по всему профилю. Исследуемые торфяные залежи по степени обогащенности ферментами, согласно шкале Д.Г. Звягинцева, относятся к бедным.

2. Наиболее высокая активность каталазы отмечается в верхнем, хорошо аэрированном слое торфяной залежи п. 3. Максимальные значения ПФО и ПДО активности наблюдаются в слое 100–125 см. В сезонной динамике каталазной активности выделяется весенний максимум. Высокая активность полифенолоксидазы и пероксидазы отмечается в летний период.

3. Концентрация диоксида углерода и метана с глубиной увеличивается, максимальные значения отмечаются в слое 200–250 см. В сезонной динамике CO_2 наиболее высокие значения отмечаются в августе, CH_4 – в июле.

4. Динамика образования диоксида углерода и метана определяется биологической активностью и ОВП торфяных залежей.

Литература

1. Глаголев М.В. Метаногенез болот (результаты и перспективы исследований) // Вестник ТГПУ. 2008. Вып. 4 (78). С. 74–77.
2. Наумов А.В. Верховые болота лесостепной зоны как источник/сток парниковых газов // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее: мат-лы третьего Междунар. полевого симп. (Ханты-Мансийск, 27 июня – 5 июля 2011 г.). Новосибирск, 2011. С. 123–125.;
3. Сергеева М.А. Динамика образования диоксида углерода и метана в торфяных залежах эвтрофного болота «Таган» // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее: мат-лы третьего Междунар. полевого симп. (Ханты-Мансийск, 27 июня – 5 июля 2011). Новосибирск, 2011. С. 133–135.
4. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / О.Л. Лисс [и др.]. Тула: Гриф и К^о, 2001. 584 с.
5. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование / Л.И. Инишева [и др.]. Томск: Изд-во ТГПУ. 2007. 225 с.
6. Болотные стационары Томского государственного педагогического университета / Л.И. Инишева [и др.]; Томский государственный педагогический университет. Томск: Изд-во ТПУ, 2010. 118 с.
7. Наставления гидрометрическим станциям и постам. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1987.
8. Инишева Л.И., Юхлин В.И., Зелингер Ф.Ф. Определение температуры почв и торфов терморезисторами ММТ-4. Томск, 1975.
9. Круглов Ю.В., Пароменская Л.Н. Модификация газометрического метода определения каталазной активности // Почвоведение. 1966. № 1. С. 93–95.
10. Карягина Л.А., Михайлоуская Н.А. Визначення актиності поліфенолаксидази і пераксидазы у глебі / Весць АН БССР. Серыя сельскагаспадарчых навук. 1986. № 2. С. 40–41.
11. Eilrich B. Formation and transport of CH₄ and CO₂ in deep peatlands – Presentee a la Faculte des Sciences de l'Universite de Neuchatel (Suisse) pour l'obtention du grade de Docteur es Sciences, 2002. – p. 168.
12. Купревич В.Ф., Щербакова Т.А. Почвенная энзимология. Минск: Наука и техника, 1966. 275 с.
13. Курбатов И.М., Двойнишникова Е.И. Каталазная активность как показатель общей биологической активности почв // Сборник докладов симпозиума по ферментам почвы. Минск: Наука и техника, 1968. С. 100–107.
14. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48–54.
15. Савичева О.Г., Инишева Л.И. Биохимическая активность торфов разного ботанического состава // Химия растительного сырья. 2003. № 3. С. 41–50.
16. Инишева Л.И., Ивлева С.Н., Щербакова Т.А. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. 122 с.
17. Гулько А.Е., Хазиев Ф.Х. Фенолоксидазы почв: продуцирование, иммобилизация, активность // Почвоведение. 1992. № 11. С. 55–67.
18. Славнина Т.П., Инишева Л.И. Биологическая активность почв Томской области. Томск: изд. Том. ун-та. 1987. 216 с.
19. Генерирование и выделение парниковых газов в болотах / А.В. Смагин [и др.] // Почвоведение. 2000. № 9. С. 1097–1105.
20. Наумов А.В. Углекислый газ и метан в почвах и атмосфере болотных экосистем Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 313–318.
21. Локализация парниковых газов в торфяной толще болот Западной Сибири / А.И. Поздняков [и др.] // Физика почв. 2003. № 6. С. 697–700.
22. Сезонные изменения растворенного метана в вертикальном профиле болот западнодвинской низины / А.А. Сирин [и др.] // Докл. Академии наук. 1998. Т. 361. № 2. С. 1–4.
23. Мастепанов М.И. Кинетика газообмена в профиле сфагнового болота: от метаногенеза к эмиссии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 24 с.