

Biogeochemical Properties of the Accumulation of Zn, Cu, Pb AND Cd on Plants in the Mires after a Fire Event

Lyudmila P. Gashkova

Siberian Institute of Agriculture and Peat – a branch of the Siberian Federal Research Center
for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tomsk;
National Research Tomsk State University, Tomsk

Abstract. The article discusses Zn, Cd, Pb and Cu concentration change in plants and their biogeochemical activity in the post-pyrogenic areas of mires. We note that in the areas affected by the fire, there is an increase in biogeochemical activity of about three times. There is also an increase in the concentration of Cu in all plant species and Pb in sphagnum mosses. Relative biogeochemical activity is maximal in *Ledum palustre* and *Carex rostrata*.

Keywords: zinc, cadmium, lead, copper, relative biogeochemical activity of species

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ZN, CU, PБ И CD РАСТЕНИЯМИ ПОСТПИРОГЕННЫХ БОЛОТ

Гашикова Л.П.

Сибирский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий РАН, Томск;

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск

В статье рассматривается изменение содержания в растениях Zn, Cd, Pб и Cu и их биогеохимической активности на постпирогенных участках болот. Отмечено, что на участках, пострадавших от пожара, происходит увеличение биогеохимической активности примерно в три раза. Также происходит увеличение концентрации Cu во всех видах растений и Pб в сфагновых мхах. Относительная биогеохимическая активность максимальна у багульника и осоки.

Ключевые слова: цинк, кадмий, свинец, медь, относительная биогеохимическая активность видов

Пожары на болотах приводят к выгоранию растительности и торфа, в результате чего в воздух высвобождается множество загрязняющих веществ, которые в течение многих лет связываются растениями и откладываются в торфяной залежи. Данные процессы приводят к изменению геохимической структуры болота. В частности, пожары ускоряют биогеохимический цикл микроэлементов на болотах, переводя их из органической в неорганическую, доступную для растений форму, благодаря чему улучшается обеспечение болотных растений микроэлементами [1]. Концентрация тяжёлых металлов в биодоступной форме в смоге от торфяных пожаров может превышать предельно допустимые нормы ВОЗ и представлять серьёзную угрозу для жизни человека [2].

Целью работы было оценить степень изменения состава растений постпирогенных болот и их биогеохимической активности.

Исследования включали в себя геоботаническое описание участков, измерение уровня болотных вод от средней поверхности болота [3], определение мощности торфяной залежи, отбор проб растений (Берёза - *Betula pubescens* Ehrh., Сосна – *Pinus sylvestris* L., Хамедафне – *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, Багульник – *Ledum palustre* L., Пушица – *Eriophorum vaginatum* L., Осока – *Carex rostrata* Stokes, Морозка – *Rubus chamaemorus* L., Сфагнум – *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr. и проб торфа для определения содержания тяжёлых металлов. Отбор проб торфа производился нами при помощи пробоотборочного бура ТБГ-1 с глубины 0–25 см.

Определение массовых концентраций Zn, Cd, Pб и Cu в растениях, торфе и воде проводилось методом инверсионной вольтамперометрии после предварительной подготовки проб. Пробоподготовка включает в себя: высушивание до абсолютно сухого веса; измельчение до порошкообразного состояния в лабораторной мельнице; озоление в муфельной печи с предварительным добавлением азотной кислоты и пероксида водорода; растворение полученной золы в концентрированной соляной кислоте. Анализ проводился по методике МУ 31-04/04 (ФР.1.31.2004.00986) в лабораторно-аналитическом центре СибНИИСХиТ (аналитик Кириллова М.Е.).

В качестве основной геохимической меры качества окружающей среды применялось определение массовой доли химического элемента [4].

Для установления связей между основными компонентами геосистемы, геохимических особенностей накопления тяжёлых металлов применялся сравнительный анализ на основе определения биогеохимических коэффициентов. В частности, определялся коэффициент биологического поглощения (КБП), отражающий отношение содержания элемента в золе растения к его содержанию в торфе [4]; биогеохимическая активность видов (БХА), представляющая собой сумму коэффициентов биологического поглощения; а также относительная биогеохимическая активность видов, предложенная автором работы, которая рассчитывается как отношение БХА на нарушенных участках к БХА на естественных участках [5].

Исследования проводились на 5 участках осушенных болот, в различной степени пострадавших от пожара. В качестве фоновых (1) приняты средние значения для тех же видов растений болот, удалённых от всех видов загрязнения. Участок 2 представляет собой сосново-берёзово-вейниково-моховое переходное болото в междуречье рек Оби и Томи. После пожара стволы деревьев обгорели снизу до 1–1,5 м. Мощность торфа на данном участке составляет 4,5 м. Следующие три участка расположены на междуречье рек Икса и Шегарка, к северу от трассы Томск-Бакчар, пострадавшие от пожара в 1998 году. Участок 3 представляет собой сосново-кустарничково-сфагновое болото. После пожара остались погибшие стволы сосен высотой до 10 м. Мощность торфяной залежи составляет 1,4 м. Участок 4 представляет собой березово-сосново-кустарничково-сфагновое верховое болото, микрорельеф которого осложнён упавшими после пожара соснами. Оставшийся после выгорания слой торфяной залежи составляет 0,6 м. Участок 5 находится на окраине осушительной сети и наименее пострадал от пожара. Представляет собой сосново-кустарничково-сфагновое болото. Мощность торфяной залежи составляет 1,5 м. Участок 6 представляет собой сосново-берёзово-пушицево-моховое переходное болото, расположенное на террасе р. Обь. Мощность торфяной залежи составляет 2,1 м.

Сравнение биогеохимической активности видов на фоновых и постпирогенных болотах показало, что БХА увеличивается на постпирогенных участках почти в 3 раза (рисунок 1).

Увеличение данного коэффициента происходит благодаря переходу элементов в биодоступную форму и накоплению их в торфе, благодаря чему растения лучше усваивают микроэлементы, чем на ненарушенных болотах, на которых содержание доступных форм гораздо ниже.

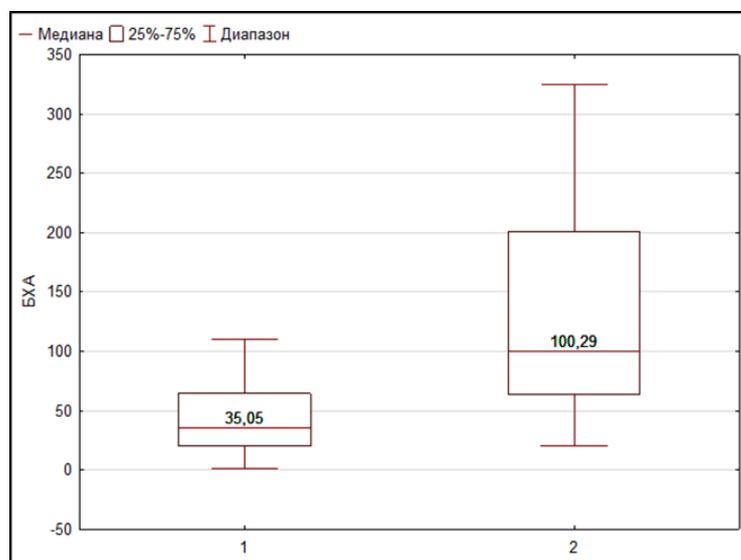


Рис. 1. Сравнение биогеохимической активности видов на фоновых (1) и постпирогенных (2) участках болот

Сравнение рассчитанной нами биогеохимической активности видов на различных болотах показало, что данный показатель увеличивается на всех рассмотренных участках, но на участке 4 (березово-сосново-кустарничково-сфагновое верховое болото на междуречье рек Икса и Шегарка) увеличение статистически недостоверно, хотя относительная БХА на данном участке больше 1. Сравнение относительной БХА показало, что данный коэффициент наиболее высок на 3 и 6 участках (сосново-кустарничково-сфагновое верховое болото на междуречье рек Икса и Шегарка и сосново-берёзово-пушицево-моховое переходное болото террасе р. Обь) (рисунок 2). Низкое значение относительной биогеохимической активности видов на участке 4 объясняется малой мощностью торфяной залежи на данном участке, оставшейся после пожара. Содержание элементов в оставшихся после пожара слоях низинного и переходного торфа выше, чем в верховом торфе с других участков, что является причиной низкой биогеохимической активности видов на участке 4.

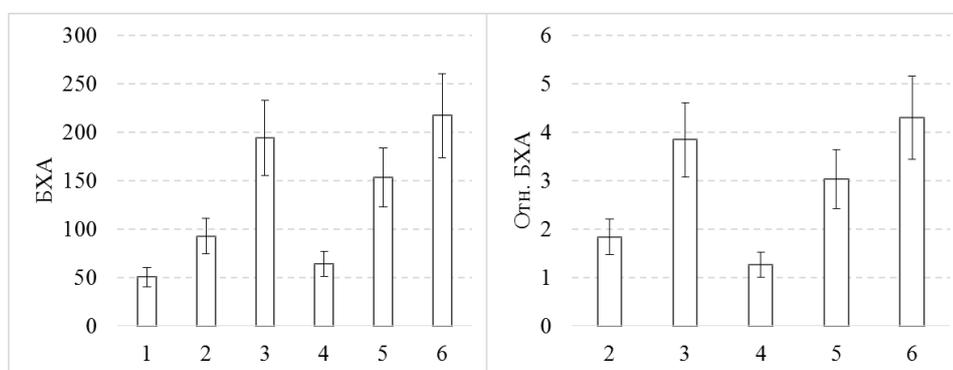


Рис. 2. Изменение биогеохимической активности видов (БХА) и относительной БХА на участках постпирогенных болот

В результате сравнения полученных данных по содержанию Zn, Cu, Pb и Cd в растениях разных видов постпирогенных участков болот с растениями фоновых болот выяснилось, что содержание данных элементов не всегда увеличивается на постпирогенных участках, по сравнению с фоном. Содержание Zn увеличивается лишь у сосны, багульника, пушицы и сфагнума. Содержание Cu достоверно увеличивается у всех исследованных видов. Содержание Pb статистически значимо увеличивается только у сфагнума. Содержание Cd увеличивается у берёзы, хамедафне, осоки и морошки. Таким образом, у разных видов содержание элементов изменяется неодинаково, и колебания концентрации довольно значительны (рисунок 3).

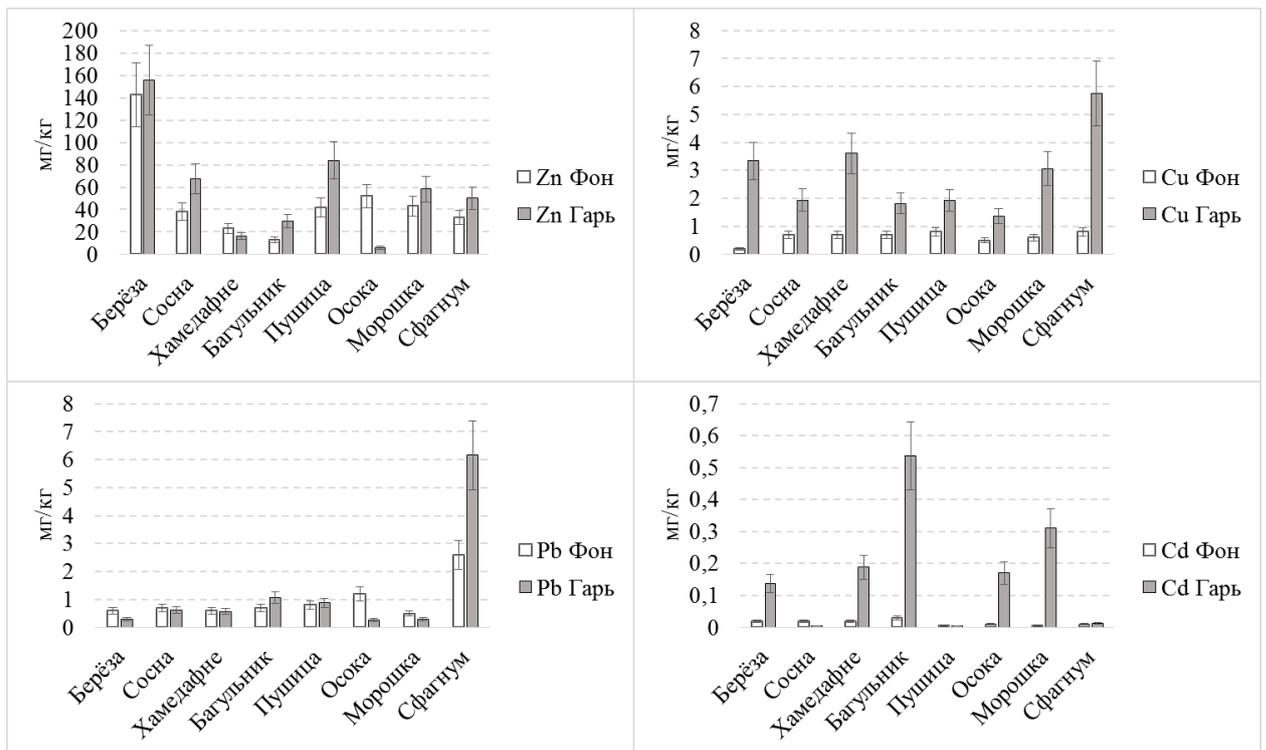


Рис. 3. Сравнение содержания элементов в растениях фоновых и постпирогенных участков

При рассмотрении биогеохимической активности разных видов выяснилось, что БХА увеличивается достоверно у всех рассмотренных видов. Наибольшая относительная БХА отмечена у багульника и осоки (рисунок 4).

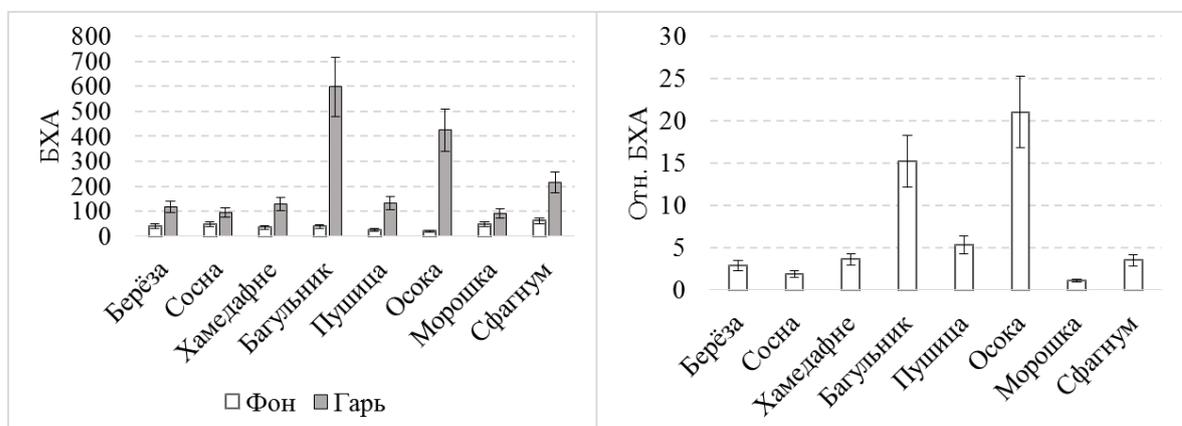


Рис. 4. Сравнение биогеохимической активности видов (БХА) и относительной БХА отдельных видов растений

Таким образом, в результате проведённого исследования можно сделать вывод о том, что биогеохимическая активность видов увеличивается на постпирогенных участках болот почти в три раза. Наименьшая относительная биогеохимическая активность видов наблюдается на том участке, где после пожара осталась минимальная, по сравнению с другими участками, мощность торфяной залежи. Абсолютное содержание элементов в растениях на постпирогенных участках увеличивается неравномерно. Наиболее возрастает концентрация Cu во всех видах растений и Pb в сфагновых мхах. Относительная

биогеохимическая активность на постпирогенных болотах максимальна у багульника и осоки.

Работа выполнена в рамках проведения фундаментальных научных исследований по Государственному заданию № 007-00496-16 ПР

ЛИТЕРАТУРА

1. Guoping W. Xiaofei Y., Kunshan B., Wei X., Chuanyu G., Qianxin L. Xianguo L. Effect of fire on phosphorus forms in Sphagnum moss and peat soils of ombrotrophic bogs // *Chemosphere Available*. 2015. Vol. 119. P. 1329–1334. doi: 10.1016/j.chemosphere. 2014.01.084
2. Bethaa R. Pradanib M., Lestarib P., Joshic U. M., Reidd J. S., Balasubramaniana R. Chemical speciation of trace metals emitted from Indonesian peat fires for health risk assessment // *Atmospheric Research* 2013. Vol. 122, March. P. 571–578. doi:10.1016/j.atmosres. 2012.05.024
3. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. Вып. 8. Гидрометеорологические наблюдения на болотах. 360 с.
4. Перельман А.И. Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: МГУ, 1999. 610 с.
5. Гашкова Л.П. Биогеохимическая активность растений по отношению к тяжёлым металлам в условиях осушенных болот (на примере Бакчарского и Иксинского болотных массивов) // *Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее: материалы Пятого международного полевого симпозиума. Томск: Издательский Дом ТГУ. 2017. С. 137–140.*