

УДК 581.133.4: 633.877.3  
AGRIS: F40

## ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ СЕРЫ В ХВОЕ *PINUS SYLVESTRIS* L. В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ОТВАЛА

©*Цандекова О. Л.*, ORCID:0000-0002-9768-3084, канд. с.-х. наук  
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук «Институт экологии человека», г. Кемерово, Россия, zandekova@bk.ru

## FEATURES OF SULFUR ACCUMULATION IN NEEDLES *PINUS SYLVESTRIS* L. IN CONDITIONS OF INDUSTRIAL DUMP

©*Tsandekova O.*, ORCID:0000-0002-9768-3084, Ph.D., Federal Research Centre Coal and Coal Chemistry of SB RAS “Institute of Human Ecology”, Kemerovo, Russia, zandekova@bk.ru

*Аннотация.* В статье анализируются результаты по содержанию общей и экзогенной серы в хвое *Pinus sylvestris*, произрастающей в условиях отвала Кедровского угольного разреза.

Выявлены некоторые изменения процессов метаболизма, которые выразались в аккумуляции диоксида серы. В хвое сосны отмечено увеличение данного показателя в среднем на 18–32% относительно контроля.

Уровень накопления экзогенной серы в исследуемых образцах не превысил фоновых значений. Экспериментальные данные можно использовать в оценке состояния древесных растений в техногенной среде.

*Abstract.* The article analyzes the results of the content of total and exogenous sulfur in the needles of *Pinus sylvestris*, growing in conditions of the Kedrovsky coal mine. Some changes in metabolic processes were revealed, which were expressed in the accumulation of sulfur dioxide.

In pine needles an increase in this indicator was observed on average by 18–32% relative to control.

The level of accumulation of exogenous sulfur in the samples under study did not exceed the background values. Experimental data can be used in assessing the state of woody plants in anthropogenic environment.

*Ключевые слова:* *Pinus sylvestris*, хвоя, аккумуляция, сера, угольный отвал.

*Keywords:* *Pinus sylvestris*, needles, accumulation, sulfur, coal dump.

Добыча угля наносит огромный вред естественным местообитаниям растений, происходят изменения природных ландшафтов, которые вызывают деградацию биогеоценозов. При открытых горных разработках пылевые выбросы составляют значительную долю в потоке поллютантов, загрязняющие атмосферу и приводящие к техногенным аномалиям почв. Избыточное количество отходов, поступающих в процессе функционирования горнодобывающих предприятий, приводит к нарушению устойчивого равновесия в природных экосистемах. Наиболее чувствительными к воздействию поллютантов являются хвойные древесные растения. Основной лесобразующей породой на

территории углепромышленного отвала является *Pinus sylvestris* L. Сосновые насаждения длительное время испытывают воздействие промышленных выбросов Кемеровского угольного разреза. Они поглощают и нейтрализуют часть атмосферных поллютантов, задерживают пылевые частицы, сохраняя прилегающие территории от пагубного воздействия экотоксикантов [1].

Длительное воздействие техногенных эмиссий в невысоких концентрациях вызывает глубокие нарушения важнейших процессов обмена веществ. Повреждения на уровне метаболизма являются очень опасными, поскольку в таких условиях резко повышается вероятность накопления в растительных тканях цитотоксических соединений, снижается устойчивость и продуктивность растений, что способствует нарушению экологического равновесия в лесных экосистемах. У деревьев под влиянием почвы и воздуха, испытывающих большие техногенные нагрузки, отмечается аккумуляция серы [2–4]. Несмотря на то, что сера является важным биогенным элементом, повышение ее содержания в хвое вызывает нарушение обменных процессов. Многие авторы отмечают аккумуляцию серы в хвое сосны обыкновенной в техногенных условиях [5–10], однако недостаточно сведений о ее роли в механизмах адаптации растений, произрастающих в экологических условиях промышленных отвалов.

*Цель работы* — оценить особенности накопления общей и экзогенной серы в хвое *Pinus sylvestris* L. в условиях породного отвала угольного разреза «Кедровский».

#### *Материал и методы исследования*

Исследования проведены в 2015–2016 гг. Объектом исследований служили насаждения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающие на территории породного отвала угольного разреза «Кедровский». Эксперимент проведен на двух площадках наблюдений: контроль — фоновый участок, расположенный в 5 км от породного отвала, опыт — спланированный породный отвал со сформированным фитоценозом естественного происхождения. Отвал имеет равнинно–наклонный рельеф с высотой 58 м, площадь составляет 599,3 га, возраст — 30–35 лет. Определение содержания серы проводили спектрофотометрическим методом [11]. Статистическая обработка полученных данных выполнена с помощью стандартного пакета программ STATISTICA 8.0. for Windows.

#### *Результаты и обсуждение*

Загрязнение воздуха диоксидом серы приводит к поглощению его ассимиляционными органами хвойных пород, что влечет за собой повышение накопления серы в клетках, изменение и нарушение метаболических процессов. В литературе отсутствуют данные по токсичности серосодержащих соединений для растений, в основном определены предельно допустимые концентрации токсикантов в воздушной среде, при которых наблюдаются процессы деградации лесных сообществ [12].

По мнению ряда исследователей, уровень накопления серы в хвое сосны, достигающий двойного значения по сравнению с контрольным содержанием, считается токсичным [13–14].

Анализ проведенных исследований показал, что в течение вегетации содержание общей серы варьировало в пределах 0,04–0,21% как у контрольных, так и у опытных образцов. В хвое *Pinus sylvestris*, произрастающей на породном отвале, отмечено повышение уровня содержания данного показателя в среднем на 18–32%, по сравнению с фоновыми растениями (Рисунок 1).

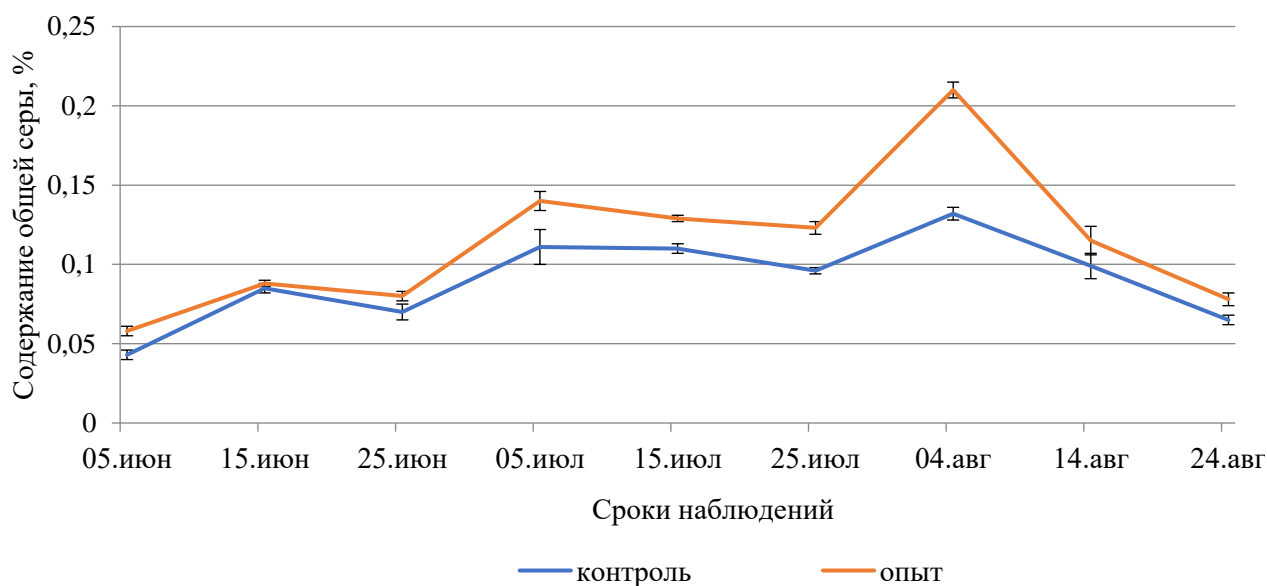


Рисунок. Динамика накопления общей серы в хвое *Pinus sylvestris* (средние данные за 2015–2016 гг.).

В июле и начале августа выявлено наибольшее увеличение поглотительной способности хвои сосны обыкновенной от 0,14% до 0,21%. Так, 5 июня и 25 июля содержание общей серы в хвое сосны превысило контроль в 1,3 раза, 4 августа — в 1,6 раза. Газопоглотительная способность исследуемых деревьев определялась нами по величине экзогенной серы в ее ассимиляционных органах, которую находили по разнице между общей серой в органе растения и ее содержанием в контроле. Содержание экзогенной серы в ассимиляционном аппарате сосновых насаждений служит достоверным показателем их индикаторной способности.

Уровень накопления экзогенной серы в хвое *Pinus sylvestris* в июне составил в среднем 0,009%, в июле — 0,025%, в августе — 0,036%. Данные значения могут служить признаком проявления небольших количеств серы в атмосфере, не превышающих фоновые значения.

#### Заключение

В условиях породного отвала Кедровского угольного разреза в хвое *Pinus sylvestris* выявлены некоторые изменения процессов метаболизма, которые выражались в аккумуляции диоксида серы.

Отмечено увеличение содержания общей серы в ассимиляционном аппарате сосны в среднем на 18–32% относительно контроля. Уровень накопления экзогенной серы в исследуемых образцах не превысил фоновых значений.

Экспериментальные данные можно использовать в оценке состояния древесных растений в техногенной среде.

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания ФИЦ УУХ СО РАН (Проект №0352-2016-0002).

#### Список литературы:

1. Кулагин А. А., Шагиева Ю. А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей. М.: Наука, 2005. 190 с.

2. Неверова О. А. Особенности накопления серы и азота деревьями различных экологических зон города Кемерово // *Современные наукоемкие технологии*. 2008. №8. С. 50-51.
3. Михайлова Т. А., Калугина О. В., Шергина О. В. Фитомониторинг атмосферного загрязнения в Байкальском регионе // *Сибирский экологический журнал*. 2013. Т. 20. №5. С. 725-731.
4. Цандекова О. Л. Аккумулирующая способность листьев древесных растений в условиях породного отвала Кедровского угольного разреза // *Бюллетень науки и практики*. 2016. №8 (9). С. 39-43.
5. Афанасьева Л. В., Кашин В. К., Михайлова Т. А. Влияние промышленного загрязнения на накопление серы в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в юго-западном Забайкалье // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2005. Т. 13. №3. С. 461-467.
6. Прожерина Н. А., Валкама Е. Г. Реакция сосны обыкновенной на атмосферное загрязнение в районе Архангельской агломерации // *Лесоведение*. 2008. №2. С. 27-32.
7. Тарханов С. Н. Содержание серы и тяжелых металлов в хвойных насаждениях бассейна Северной Двины при аэротехногенном загрязнении // *Лесоведение*. 2011. №3. С. 26-33.
8. Колясникова Н. Л., Паршакова К. А. Структурно-функциональные изменения хвои сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения // *Естественные и технические науки*. 2010. №3. С. 65-68.
9. Торлопова Н. В., Робакидзе Е. А. Химический состав хвои сосны обыкновенной в условиях аэротехногенного загрязнения Сыктывкарского лесопромышленного комплекса // *Сибирский экологический журнал*. 2012. Т. 19. №3. С. 415-422.
10. Туменбаева А. Р., Сарсекова Д. Н., Боранбай Ж. Т. Содержание химических элементов (углерод, азот и серы) в лесонасаждениях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в санитарно-защитной зоне г. Астаны // *Евразийский союз ученых*. 2018. №1-2 (46). С. 50-53.
11. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
12. Павлов И. Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2006. 359 с.
13. Сергейчик С. А. Эколого-физиологический мониторинг устойчивости сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в техногенной среде // *Биосфера*. 2015. Т. 7. №4. С. 384-391.
14. Николаевский В. С., Николаевская Т. В. Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха и состояния лесной растительности в составе ОВОС // *Экология, мониторинг и рациональное природопользование*. 1995. Вып. 268. С. 33-46.

*References:*

1. Kulagin, A. A., & Shagieva Yu. A. (2005). Woody plants and biological preservation of industrial pollutants. Moscow, *Nauka*, 190.
2. Neverova, O. A. (2008). Features of accumulation of sulfur and nitrogen by trees of various ecological zones of the city of Kemerovo. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, (8), 50-51.
3. Mikhailova, T. A., Kalugina, O. V., & Shergina, O. V. (2013) Phytomonitoring of atmospheric pollution in the Baikal region. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*, 20(5), 725-731.

4. Tsandekova, O. (2016). Heat-sink ability of leaves of wood plants in the conditions of the pedigree dump of Kedrovsky coal mine. *Bulletin of Science and Practice*, (8), 39-43. doi:10.5281/zenodo.60237.

5. Afanasyeva, L. V., Kashin, V. K., & Mikhailova, T. A. (2005) Influence of industrial pollution on the accumulation of sulfur in needles of scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) in the southwestern Transbaikalia. *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya*, 13(3), 461-467.

6. Prozherina, N. A., & Valkama, E. G. (2008). The reaction of Scots pine to atmospheric pollution in the area of the Arkhangelsk agglomeration. *Lesovedenie*, (2), 27-32.

7. Tarkhanov, S. N. (2011). The content of sulfur and heavy metals in coniferous plantations of the Northern Dvina basin under aerotechnogenic pollution. *Lesovedenie*, (3), 26-33.

8. Kolyasnikova, N. L., & Parshakova, K. A. (2010). Structural and functional changes in pine needles in conditions of technogenic pollution. *Natural and technical sciences*, (3), 65-68.

9. Torlopova, N. V., & Robakidze, E. A. (2012). Chemical composition of pine needles in conditions of aerotechnogenic contamination of the Syktyvkar timber industry complex. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*, 19(3), 415-422.

10. Tumenbaeva, A. R., Sarsekova, D. N., & Boranbay, Zh. T. (2018). The content of chemical elements (carbon, nitrogen and sulfur) in forest stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the sanitary-protective zone of Astana. *Evrasiiskii soyuz uchenykh*, (1-2). 50-53.

11. Ermakov, A. I., Arasimovich, V. V., & Yarosh, N. P. (1987). Methods of biochemical research of plants. Leningrad, Agropromizdat, 430.

12. Pavlov, I. N. (2006). Woody plants in conditions of technogenic pollution. Ulan-Ude, Publishing house of the BSC Center of the SB RAS, 359.

13. Sergeichik, S. A. (2015). Ecological and physiological monitoring of *Pinus sylvestris* L. resistance in anthropogenic environment. *Biosphere*, 7(4). 384-391.

14. Nikolaevsky, V. S., & Nikolaevskaya, T. V. (1995). Bioindication of atmospheric air pollution and the state of forest vegetation as part of the EIA. *Ecology, monitoring and rational nature management, issue 268*, 214.

Работа поступила  
в редакцию 22.05.2018 г.

Принята к публикации  
26.05.2018 г.

Ссылка для цитирования:

Цандекова О. Л. Особенности накопления серы в хвое *Pinus sylvestris* L. в условиях промышленного отвала // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №6. С. 33-37. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/tsandekova-1> (дата обращения 15.06.2018).

Cite as (APA):

Tsandekova, O. (2018). Features of sulfur accumulation in needles *Pinus sylvestris* L. in conditions of industrial dump. *Bulletin of Science and Practice*, 4(6), 33-37.