

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 582.29:543.42 (470.331)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ В КОНАКОВСКОМ РАЙОНЕ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ ФУРЬЕ-ИК СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА *HYROGYMNA PHYSODES*

А.Ф. Мейсурова, М.В. Смирнова, С.М. Дементьева, А.А. Нотов

Тверской государственный университет

Методом Фурье-ИК спектроскопии слоевищ *Hyrogymnia physodes* проведена оценка состояния атмосферы в Конаковском районе Тверской области. Выяснено, что основными экотоксикантами воздуха являются диоксиды серы и азота, соединения ароматической природы. Загрязнение атмосферы связано с деятельностью крупных промышленных предприятий – ОАО «Конаковская ГРЭС», ОАО «Конаковский фаянс» и ОАО «Редкинский опытный завод». В окрестностях этих предприятий было обнаружено максимальное количество поллютантов.

Ключевые слова: мониторинг, загрязнение атмосферы, индикаторные лишайники, Фурье-ИК спектроскопия, поллютант, экотоксикант, диоксид серы, диоксид азота, Тверская область, Конаковский район.

Введение. Одним из крупнейших промышленных районов Тверской обл. является Конаковский. Он располагается в юго-восточной части Тверского региона. На юге он граничит с Московской обл. [5]. В районе развита энергетическая и химическая инфраструктура. Ведущие промышленные предприятия района представляют энергетическую (ОАО «Конаковская ГРЭС»), химическую (ОАО «Редкинский опытный завод» (ОАО «РОЗ»)) и металлургическую (ОАО «Конаковский завод механизированного инструмента», ОАО «Энергостальконструкция») отрасли. По выпуску промышленной продукции Конаковский р-н занимает третье место в области, уступая лишь административному центру области – г. Твери и Удомельскому р-ну [6].

Развитая промышленная инфраструктура района определила высокий уровень загрязнения воздуха. Согласно данным, Государственного доклада о состоянии окружающей среды в Тверском регионе за 2010 г. средняя за год концентрация NO_2 и SO_2 превышает норму ПДК в 2–3 раза [1].

В этой связи, актуальным является проведение мониторинговых исследований состояния атмосферы в г. Конаково и пос. Редкино.

Целесообразно использование Фурье-ИК спектрального анализа индикаторных видов лишайников [3; 4; 8–10]. Данный способ позволяет определить качественный и количественный состав поллютантов, выявить характер воздействия поллютантов на живые системы [3; 4].

Цель – оценка состояния атмосферы в г. Конаково и пос. Редкино Конаковского р-на Тверской обл. методом Фурье-ИК спектроскопии индикаторных видов лишайников [3]. Задачи:

- 1) анализ хозяйственной и промышленной инфраструктуры Конаковского р-на Тверской обл.;
- 2) определение пунктов сбора материала и методики проведения мониторинговых исследований;
- 3) спектральный анализ слоевищ лишайников г. Конаково и пос. Редкино;
- 4) разработка рекомендаций по улучшению экологической обстановки в районе.

Материал и методика. В качестве индикаторного вида выбран среднеустойчивый к атмосферному загрязнению лишайник *Нурогунния physodes* (L.) Nyl. Основными пунктами сбора материала для анализа стали рекреационные зоны (РЗ), а также лесные насаждения около крупных промышленных предприятий. Общая характеристика пунктов сбора материала, использованного в наших исследованиях, представлена в таблице. Образцы слоевищ (1–12) собраны летом 2011 г.

Слоевища собрали на коре деревьев одного вида, которые не имели аномалий в развитии, механических повреждений и явных признаков заболеваний. Образцы снимали со стволов деревьев острым ножом на высоте 1,5 метра преимущественно с северо-восточной стороны.

ИК спектральный анализ образцов проводили по стандартной методике [7]. Регистрацию ИК спектров осуществляли на Фурье-ИК спектрометре «Equinox 55», немецкой фирмы Bruker. Дополнительно, для экспресс записи ИК спектров образцов лишайников, применяли современную приставку «Golden Gate».

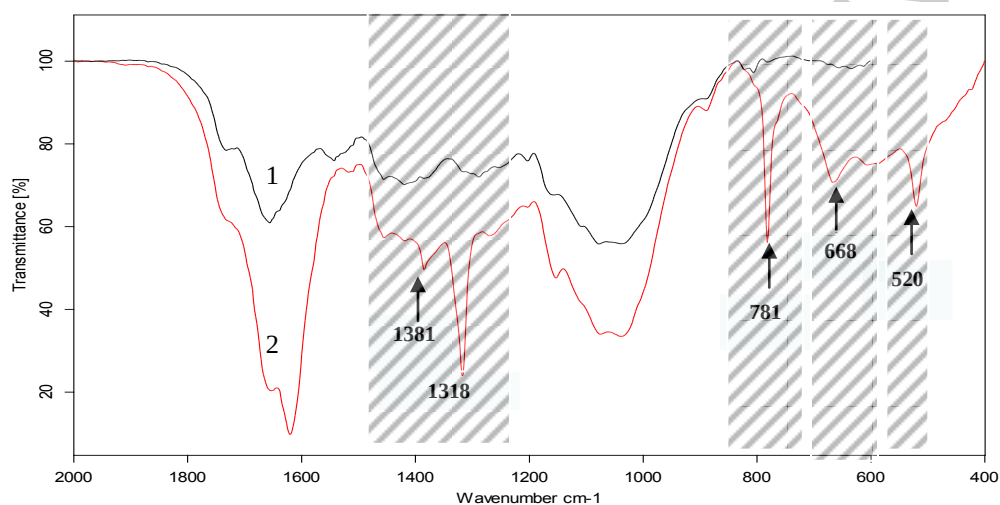
Для проведения количественного спектрального анализа использовали английскую версию пакета OPUS-NT спектрометра «Equinox 55», которая позволяет рассчитать оптическую плотность анализируемой полосы (D_v). С целью исключения влияния толщины таблетки на результаты расчетов, использовали отношение D_v/D_c , где D_c – оптическая плотность полосы стандарта [2; 4]. В качестве полосы стандарта выбрали полосу 2925 см^{-1} , которая связана с валентными колебаниями CH_2 -группы и является структурно-нечувствительной. Отношение D_v/D_{2925} количественно характеризует изменение анализируемой полосы при антропогенном воздействии.

Характеристика пунктов сбора образцов *Hypogymnia physodes*

г. Конаково			пос. Редкино		
№	рекреационные зоны	источники загрязнения	№	рекреационные зоны	источники загрязнения
1	Сквер по ул. Комсомольский сквер	ООО «Завод Микроприбор», автотранспорт	6	Древесные насаждения (ДН) около ОАО «РОЗ»	ОАО «РОЗ»
2	Сквер по ул. Новопочтовая	ОАО «Конаковский фаянсовый завод», ОАО «Конаковский завод механизированного инструмента», мехлесхоз, автотранспорт	7	ДН в 2 км юго-восточнее промышленной зоны	
			8	ДН в 3 км юго-западнее ОАО «РОЗ»	
3	Конаковский сосновый бор «Зеленый бор»	ОАО «Энергосталь-конструкция»	9	ДН в 5 км северо-восточнее ОАО «РОЗ»	
4	Сосновый бор «Заборье»	ОАО «Крупнопанельного домостроения», автотранспорт, ОАО «Конаковский завод механизированного инструмента»	10	Сквер по ул. Фадеева (в 4 км северо-восточнее ОАО «РОЗ»)	
			11	Сквер по ул. Калинина (в 4 км северо-западнее ОАО «РОЗ»)	
5	Аллея по ул. Промышленная	ОАО «Конаковская ГРЭС», ОАО «Завод металлоконструкций»	12	Сквер по ул. Гагарина (в 3 км севернее ОАО «РОЗ»)	

Результаты и обсуждение. Фурье-ИК спектральный анализ образцов *Hypogymnia physodes*, собранных в г. Конаково и пос. Редкино Конаковского р-на, позволил установить изменения в химическом составе слоевища, связанные с загрязнением воздуха. В ИК-спектрах образцов 1–12 были обнаружены полосы поглощения при $\approx 1315 \text{ см}^{-1}$ и 780 см^{-1} соответствующие $\nu_{\text{as}}\text{SO}_2$, 662 см^{-1} — $\nu_{\text{s}}\text{-S-O-C}$, связанные с накоплением сульфонов ($\text{R-SO}_2\text{-OH}$), а также при $\approx 1380 \text{ см}^{-1}$, вызванные $\nu_{\text{s}}(\text{-O-NO}_2)$ (алкилнитраты R-O-NO_2) (рис. 1). Наличие сульфонов в лишайниках свидетельствует о присутствии в воздухе

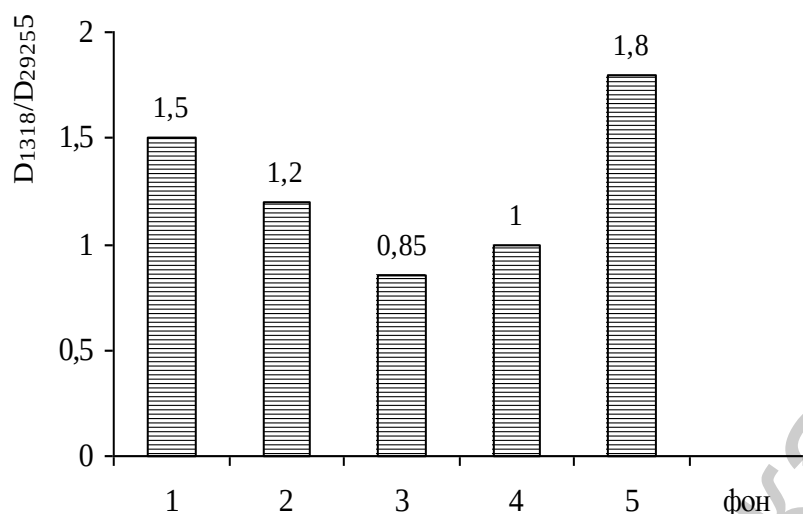
аэрозоля серной кислоты или диоксида серы [3]. Встречаемость алкилнитратов в слоевище обусловлена наличием в воздухе аэрозоля азотной кислоты или оксидов азота [4].



Р и с . 1 . ИК спектры образцов *Nurogymnia physodes* фоновой зоны (1) и образцов, собранных в 3 км юго-западнее ОАО «РОЗ» (2)

Количественный спектральный анализ лишайников из г. Конаково показал максимальное содержание сульфонов в образцах собранных около ООО «Конаковская ГРЭС» и ОАО «Конаковский фаянс» (рис. 2) [8; 9; 10]. Оно связано с деятельностью электростанции и фаянсового завода, где в качестве топлива длительное время использовали мазут и каменный уголь, которые обладают высокой сернистостью. ООО «Конаковский фаянс» выбрасывает диоксид серы в атмосферу при сжигании топлива в доменных печах для обжига посуды [9; 10]. Наименьшее содержание сульфонов характерно для образцов из Конаковского соснового бора «Зеленый бор» и соснового бора «Заборье» (образцы 3–4). По-видимому, основным источником загрязнения воздуха диоксидом серы является деятельность ОАО «Конаковская ГРЭС». В розе ветров в г. Конаково преобладают ветры северо-западного направления [5], выбросы диоксида серы с ОАО «Конаковская ГРЭС» также перемещаются вместе с воздушными массами в северо-западном направлении [9]. По мере удаления от ОАО «Конаковская ГРЭС» содержание сульфонов в образцах *Nurogymnia physodes* снижается.

Дополнительным источником загрязнения воздуха в РЗ (скверы по улицам Комсомольский сквер, Новопочтовая, Народная, Маяковская), может быть автотранспорт.

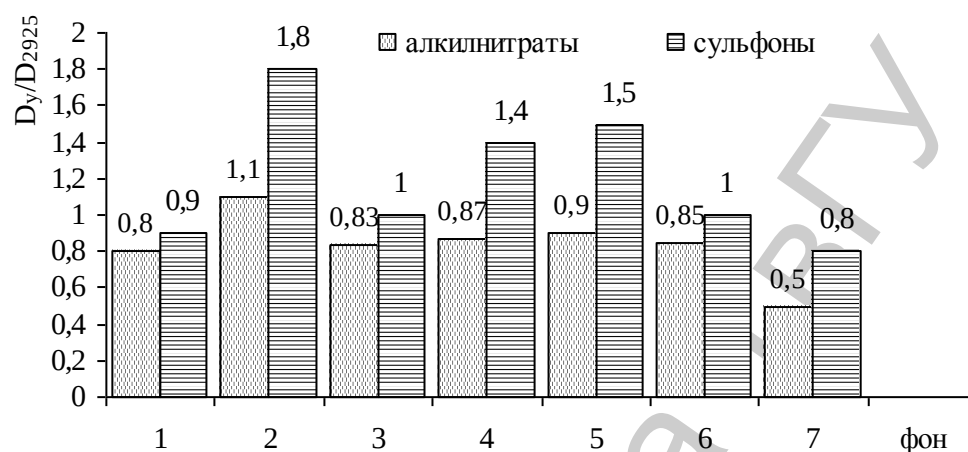


Р и с . 2. Изменение величины D_{1318}/D_{2925} в образцах *Hypogymnia physodes*, собранных в РЗ г. Конаково:

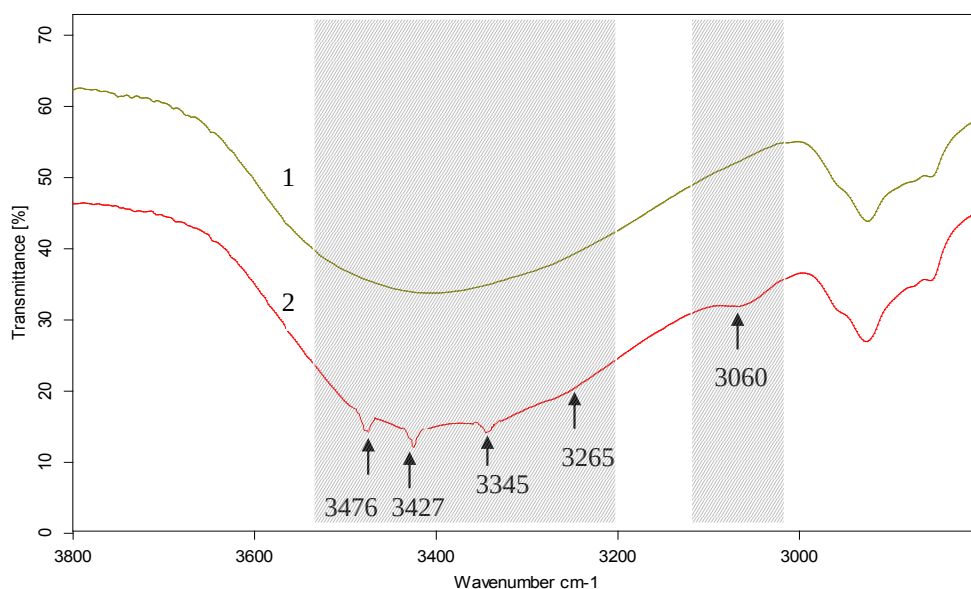
1 – сквер по ул. Комсомольский сквер, 2 – сквер по ул. Новопочтовая,
3 – Конаковский сосновый бор «Зеленый бор», 4 – сосновый бор «Заборье»,
5 – древесные насаждения на территории ГРЭС;
по оси абсцисс указаны номера образцов

В пос. Редкино наибольшее содержание сульфонов и алкилнитратов характерно для образцов, собранных в 3 км юго-западнее ОАО «РОЗ» [9; 10] (рис. 3). Вероятно, оно обусловлено деятельностью ОАО «РОЗ». Редкинский опытный завод является крупным химическим предприятием Конаковского р-на Тверской обл. Роза ветров в пос. Редкино имеет юго-западное направление. По мере удаления от завода содержание сульфонов и алкилнитратов в лишайниках снижается. Дополнительным источником загрязнения воздуха в РЗ (скверы по улицам Калинина, Фадеева, Гагарина) является автотранспорт, а также деятельность котельной на территории завода, на которой в качестве топлива до 2003 г. использовали мазут, обладающий высокой сернистостью [8].

На территории пос. Редкино и г. Конаково обнаружены соединения ароматической природы, алкиламины и ацетелен (рис. 4). Полосы поглощения в спектрах при $\sim 3476 \text{ см}^{-1}$ $\nu\text{-NH}_2$, 3427 и 3345 см^{-1} $\nu_s\text{-NH}_2$ соответствуют алкиламиновым солям [9–12] и свидетельствуют о присутствии в воздухе соединений, содержащих алкиламины [9; 10]. Наличие алкиламинов в воздухе пос. Редкино связано с производством красителей, синтетических смазочно-охлаждающих жидкостей, антикоррозионных добавок [9; 10]. В воздухе г. Конаково наличие этого загрязнителя связано с покраской металлических изделий на территории ОАО «Завод металлоконструкций».



Р и с . 3 . Изменение величины D_{1318}/D_{2925} и D_{1381}/D_{2925} в образцах *Нурогутния physodes*, собранных в различных РЗ пос. Редкино: по оси абсцисс указаны номера образцов



Р и с . 4 . ИК спектры образцов *Нурогутния physodes* фоновой зоны (1) и образцов, собранных в 3 км юго-западнее ОАО «РОЗ» (2)

В образцах, собранных в пос. Редкино, обнаружены соединения ароматической природы. Их присутствие подтверждают изменения в спектрах при 3060 см^{-1} $\nu(\text{C-H})$ [8; 10]. Скорее всего, их встречаемость в слоевищах обусловлена загрязнением воздуха парами бензола. Ароматические соединения используются как реагенты при синтезе самых разнообразных соединений, а также в виде растворителей [9; 10].

Заключение. Таким образом, с помощью Фурье-ИК спектроскопического анализа слоевищ *Hypogymnia physodes* удалось идентифицировать в воздухе в г. Конаково и пос. Редкино серо- и азотсодержащие поллютанты. О распространении серосодержащих поллютантов свидетельствует наличие в слоевищах сульфонов ($R-SO_2-OH$). Азотсодержащие компоненты идентифицируются алкилнитратами ($R-O-NO_2$), алкиламиновыми солями (RNH_2). На территории пос. Редкино обнаружены соединения ароматической природы. Наиболее крупными промышленными предприятиями Конаковского р-на оказывающие негативное воздействие на живые системы являются ОАО «Конаковская ГРЭС», ООО «Конаковский фаянс», ОАО «РОЗ». В образцах *Hypogymnia physodes*, собранных вблизи этих источников загрязнения, обнаружено наибольшее содержание поллютантов. Широкий спектр поллютантов, выявленных в пос. Редкино (диоксид азота, диоксид серы, алкиламины, соединения ароматической природы, возможно бензол), а также их высокое содержание в лишайниках, свидетельствует о том, что экологическая ситуация в поселке менее благоприятна, чем в г. Конаково. Целесообразно проведение мероприятий по улучшению экологической обстановки в соответствии с полученными данными.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды на территории Тверской области в 2010 году» / Департамент управления природными ресурсами и охраны окружающей среды. Тверь: Лаборатория деловой графики, 2011. 206 с.
2. Мейсурова А.Ф. Мониторинг окружающей среды. Ч. 3. Тверь: Изд-во Твер. гос. ун-та, 2009. 76 с.
3. Мейсурова А.Ф., Хижняк С.Д., Деметьева С.М., Пахомов П.М. ИК-спектроскопическое изучение образцов *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. подвергнутых атмосферному загрязнению. Модельный эксперимент // Ползуновский вестник. 2006. № 2. С. 348–352.
4. Мейсурова А.Ф., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. Методы исследования химического состава слоевища эпифитных лишайников в условиях аэротехногенного загрязнения. // Вестн. Твер. гос. ун-та. Сер. Биология и экология. 2009. Вып. 15, № 17. С. 199–209.
5. Мирзоев Е.С., Мирзоева А.Е. Конаковский район. Тверь, 1995. 332 с.
6. Петропавловский Б.И. Конаково и Конаковский район: Исторический очерк: [Электрон. ресурс]. 1997. Режим доступа: www.tverlib.ru (дата обращения: 10.09.2010).
7. Смит А. Прикладная ИК спектроскопия. М.: Мир, 1982. 328 с.

8. Смирнова М.В., Мейсурова А.Ф. Мониторинг атмосферного загрязнения Конаковского района Тверской области // Материалы IX науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, май 2011 г. Тверь: Изд-во Твер. гос. ун-та, 2011б. С. 81.
9. Смирнова М.В. Мейсурова А.Ф. Мониторинг атмосферного загрязнения на основе Фурье-ИК спектрального анализа индикаторных видов лишайников г. Конаково // Физика и химия полимеров. Тверь: Изд-во Твер. гос. ун-та, 2012а. С. 123–127.
10. Смирнова М.В., Мейсурова А.Ф. Мониторинг атмосферного загрязнения в пос. Редкино и г. Конаково Тверской области // Материалы X науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, апр. 2012 г.: сб. ст. Тверь: Изд-во Твер. гос. ун-та, 2012б. С. 67–72.
11. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М.: Высш. шк., 1971. 264 с.
12. Infrared characteristic group frequencies. Tables and Charts / ed. G. Socrates. London: J. Wiley and Sons, 1994. P. 71–73, 98–100, 130–135.
13. Meisurova A.F., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M. IR spectral analysis of the chemical composition of the lichen *Hypogymnia physodes* to assess atmospheric pollution // J. Applied Spectroscopy. 2009. Vol. 76, № 3. P. 420–426.

**ASSESSMENT OF THE ATMOSPHERE CONDITION
IN THE KONAKOVSKY DISTRICT OF THE TVER REGION
BY MEANS OF FTIR SPECTROSCOPY
OF *HYPOGYMNIA PHYSODES***

A.F. Meysurova, M.V. Smirnova, S.M. Dementyeva, A.A. Notov

Tver State University

FTIR spectroscopy of *Hypogymnia physodes* carried out an assessment of a condition of the atmosphere in the Konakovsky district of the Tver region. It is found out that the main ekotoxikant of air are dioxides of sulfur and nitrogen, connection of the aromatic nature. Atmosphere pollution results from activity of the large industrial enterprises – «Konakovskaya GRES», «Konakovsky fayans» and «Redkinsky opytny zavod». In vicinities of these enterprises was revealed the greatest number of pollutant.

Keywords: monitoring, atmosphere pollution, indicator lichen, FTIR spectroscopy, pollutant, ecotoxikant, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, Tver region, Konakovo district.

Об авторах:

МЕЙСУРОВА Александра Федоровна—кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, ФГБОУ ВПО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: alexandrauraz@mail.ru

СМИРНОВА Мария Владимировна—магистр 1 курса биологического факультета, ФГБОУ ВПО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: mariya.smirnova.1990@inbox.ru

ДЕМЕНТЬЕВА Светлана Михайловна—кандидат биологических наук, профессор, заведующая кафедрой ботаники, ФГБОУ ВПО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: Dementyeva@tversu.ru

НОТОВ Александр Александрович—кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, ФГБОУ ВПО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: anotov@mail.ru