

## МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 582.29:543.42 (470.331)

### **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ В Г. ТВЕРИ С ПОМОЩЬЮ ФУРЬЕ-ИК СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА *HYROGYMNA PHYSODES***

**А.Ф. Мейсунова, А.А. Нотов**

Тверской государственной университет

*Методом Фурье-ИК спектроскопии эпифитных лишайников проведена оценка состояния атмосферы в г. Твери. Доминирующим экотоксикантом является  $SO_2$  и/или  $H_2SO_4$ . Их основным источником можно рассматривать Тверские ТЭЦ, использующие в качестве топлива, кроме газа, мазут, обладающий высокой сернистостью. О высоких концентрациях  $SO_2$  в атмосфере свидетельствует образование в слоевищах лишайника сульфатов и существенное содержание сульфонов.*

**Ключевые слова:** *город Тверь, мониторинг, загрязнение атмосферы, эпифитные лишайники, Фурье-ИК спектроскопия, загрязнитель, экотоксикант, промышленные предприятия, сульфаты, сульфоны, ТЭЦ, *Hyrogymnia physodes*.*

**Введение.** Одним из эффективных подходов к оценке динамики состояния атмосферы в промышленных районах является Фурье-ИК спектральный анализ слоевищ индикаторных видов лишайников [7; 9; 20; 21]. Целесообразно его дальнейшее практическое внедрение на модельных территориях со сложной инфраструктурой, неоднородных в ландшафтном и культурно-историческом отношении. К числу таких объектов относится город Тверь.

Город Тверь (Калинин в 1931–1990 гг.) является одним из древнейших городов Средней России. Он расположен на берегах реки Волги в районе впадения в неё рек Тьмаки и Тверцы. Площадь территории города составляет 152,22 км<sup>2</sup>. С одной стороны, город уникален с культурно-исторической точки зрения и сохранившихся компонентов природного разнообразия [12]. С другой стороны, он имеет сложную промышленную инфраструктуру. Крупные предприятия по производству и распределению энергии, машиностроения, строительных материалов, а также автотранспорт актуальность оценки состояния атмосферы и организаций мониторинговых исследований [1].

По сравнению с другими городами в Центральном Федеральном округе уровень загрязнения воздуха существенно ниже [1]. Однако в Твери, как и во всей Тверской обл., отмечается тревожная тенденция увеличения объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [22].

Растет содержание в воздухе взвешенных веществ, диоксида азота, формальдегида, бенз(а)пирена [2].

Данные об экологическом состоянии г. Твери, включая атмосферу, на основе данных физико-химического анализа и фондовых материалов предприятий в последний раз проводили в начале 90-х гг. XX в. [18]. Полученные результаты позволили выделить узлы экологической напряженности в городе. В 2000–2004 гг. в Твери проводили лишеноиндикационные исследования, на основе которых удалось выявить зоны с различным уровнем загрязнения воздуха [4; 5]. Полученные данные лишеноиндикационных исследований дополнены материалами физико-химического анализа. В настоящее время наблюдения за качеством атмосферного воздуха в городе ограничены, оценка уровня загрязнения воздуха на газоанализаторе проводится только на единственном стационарном посту. Все это сильно снижает эффективность мониторинговых наблюдений. Для динамично развивающегося города необходимо расширение сети пунктов наблюдения и спектра выявляемых поллютантов. Актуальны исследования характера воздействия поллютантов на живые системы.

Целью работы – анализ состояния атмосферы в г. Твери методом Фурье-ИК спектроскопии слоевищ индикаторных видов лишайников. Решались следующие задачи: 1) анализ промышленной и хозяйственной инфраструктуры города Твери; 2) оценка экологического состояния Твери по данным литературы; 3) выбор пунктов мониторинга; 4) спектральный анализ слоевищ эпифитных лишайников; 5) оценка состояния атмосферы; 6) районирование с учетом полученных данных; 7) разработка рекомендаций по улучшению экологической обстановки в городе.

**Материал и методика.** В качестве индикаторного вида использована *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. – среднеустойчивый к атмосферному загрязнению вид лишайника. Данный вид широко распространен в урболихенофлорах, характеризуется значительными изменениями в химическом составе при загрязнении воздуха [7; 10; 20].

Пунктами сбора материала стали различные по размерам и типам растительности рекреационные зоны (РЗ), располагающиеся в разных районах города (Пролетарский, Московский, Центральный и Заволжский) (рис. 1, табл. 1). Пролетарский район включает западную часть города, Московский район – восточную, которая ориентирована вдоль Московского шоссе. Центральный район занимает центральную часть города, включая его исторический центр и прилегающие к нему территории. Заволжский район охватывает всю левобережную часть города, граничит с другими районами города по форватеру Волги.

В Пролетарском районе города исследовали 4 РЗ (сквер около ДК «Пролетарка», парк Текстильщик, лесопарк Мигалово, Первомайская роща). Все РЗ, кроме лесопарка Мигалово, располагаются

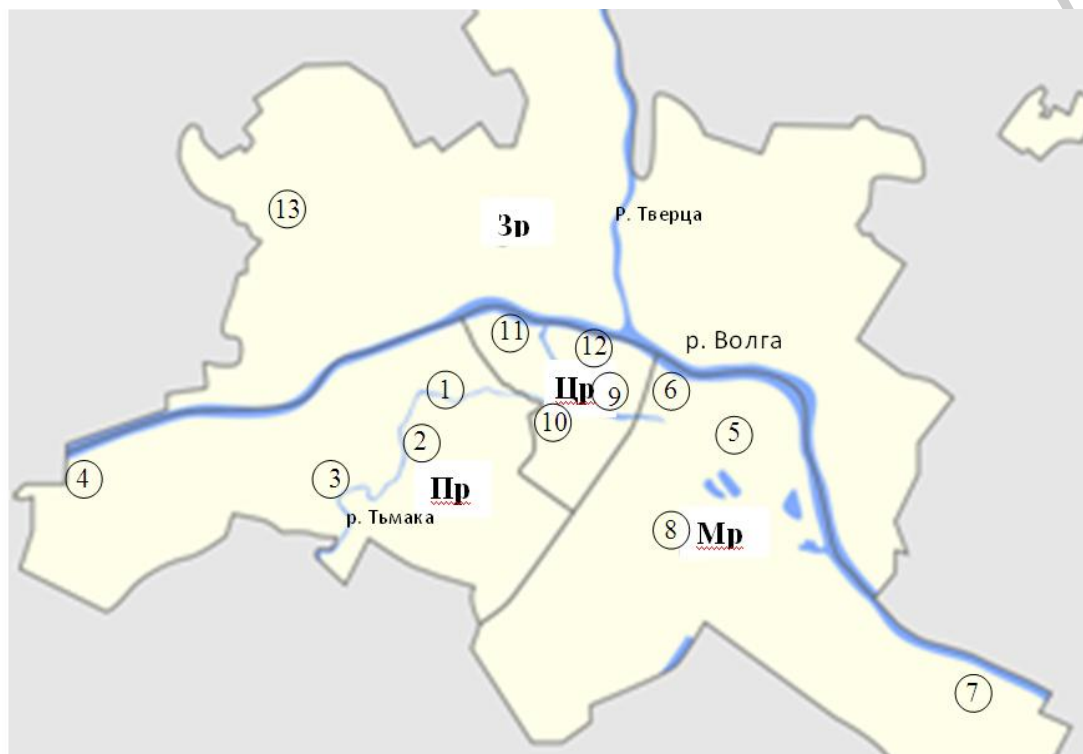
вблизи Тверской ТЭЦ–1, Октябрьской железной дороги, ограничены магистралями с интенсивным автодвижением (табл. 1). В данном районе в настоящее время функционирует ОАО «Тверская фармацевтическая фабрика», ранее предприятие легкой промышленности ОАО «Товарищество Тверская мануфактура». К лесопарку Мигалово прилегает военный аэродром «Мигалово» с взлетно-посадочной полосой для обслуживания самолетов крупнотоннажной транспортной авиации и военный полигон.

В Московском районе изучены 4 РЗ – парк на пл. Гагарина, сквер на Смоленском переулке («Чернобылец»), а также Березовую и Бобачевскую рощи. В районе имеются предприятия химической отрасли – ОАО «Тверьхимволокно – Полиэфир», ОАО «Тверьхимволокно – Вискоза», ОАО «Искож-Тверь», современный завод ОАО «Сибур-ПЭТФ» с передовой технологией; энергетической – Тверская ТЭЦ–4; машиностроительной – ОАО «Тверской экскаваторный завод», ЗАО «Тверской экспериментально-механический завод». Основной продукцией ОАО «Тверьхимволокно – Полиэфир» являются полиэфирные нити, полипропиленовые шпагаты, ткани тарные полипропиленовые, тросы, тесьма, шнуры [19]; ОАО «Тверьхимволокно – Вискоза» – нити вискозные текстильные, волокно вискозное, сульфат натрия [14]. ОАО «Искож – Тверь» изготавливает искусственные кожи различного назначения, линолеум, пленочные материалы, киноэкраны, тентовые материалы, кровельные покрытия, резинотехнические изделия [19]; ОАО «Сибур-ПЭТФ» – бутылочный гранулят [13]. Предприятия машиностроительной отрасли выпускают экскаваторы и подъемно-строительное оборудование [16; 17]

В Московском районе города проходят крупные магистрали, в том числе осуществляется выезд на скоростную автомобильную дорогу Москва – Санкт-Петербург (федеральная автомобильная дорога М11).

В Центральном районе изучены 4 РЗ (парки Победа и Детский, Городской сад, сквер при Клинической областной больнице (КОБ)). Это старейший район города давно освоен, результатом чего, является высокая интенсификация производства. Преимущественно здесь сконцентрированы предприятия легкой (ОАО «Тверская швейная фабрика», ОАО «Тверская прядильно-ткацкая фабрика им. А.П. Вагжанова») и пищевой промышленности (ОАО «Волжский пекарь», ЗАО «Хлеб» и т.д.), развита внутригородская транспортная сеть.

В Заволжском районе работу проводили в Комсомольской роще, которая располагается на окраине города вдоль скоростной автомобильной дороги Москва – Санкт-Петербург (табл. 1).



Р и с . 1 . Пункты сбора материала [по: 3, с изменениями]:

Зр – Заволжский; Мр – Московский; Пр – Пролетарский; Цр – Центральный районы;

1 – сквер около ДК «Пролетарка»; 2 – парк Текстильщик; 3 – Первомайская рошча; 4 – лесопарк Мигалово; 5 – парк на пл. Гагарина;

6 – сквер на Смоленском переулке («Чернобылец»); 7 – Березовая рошча; 8 – Бобачевская рошча; 9 – парк Победы;

10 – Детский парк; 11 – Городской сад; 12 – сквер при клинической областной больнице; 13 – Комсомольская рошча

Характеристика пунктов сбора образцов *Hypogymnia physodes*

№ образца	Рекреационные зоны	Тип РЗ	Источники загрязнения		
			промышленность	транспорт	прочие
1	<i>Пролетарский р-н:</i> сквер около ДК «Пролетарка»	и	Тверская ТЭЦ-1, ОАО «Тверская фармацевтическая фабрика», ранее ЗАО «Тверской камвольный комбинат», ОАО «Товарищество Тверская мануфактура», Тверская ТЭЦ-1	автотранспорт	АЗС, отопительные системы частного жилого сектора, бытовые свалки
2	парк Текстильщик	и		железнодорожный транспорт (Октябрьская железная дорога)	
3	Первомайская роща	е		автотранспорт, (выезд на Старицкое шоссе)	
4	лесопарк Мигалово	е	–	военный аэродром «Мигалово»	
5	<i>Московский р-н:</i> парк на пл. Гагарина	и	ОАО «Тверьхимволокно – Полиэфир», ОАО «Тверьхимволокно – Вискоза», ОАО «Искож–Тверь», ОАО «Сибур–ПЭТФ», Тверская ТЭЦ–4,	автотранспорт (выезд на федеральную автомобильную дорогу М11), трамвайные и троллейбусные линии	АЗС, склады горюче-смазочных материалов, бытовые свалки
6	сквер на Смоленском пер. («Чернобылец»)	и	ОАО «Тверской экскаваторный завод», ЗАО «Тверской экспериментально-механический завод»		
7	Березовая роща	е			
8	Бобачевская роща	и			
9	<i>Центральный р-н:</i> парк Победы	и	ОАО «Тверская швейная фабрика», ОАО «Тверская прядильно-ткацкая фабрика им. А.П. Вагжанова», АОЗТ «Тверьпищепром», ОАО «Волжский пекарь»	автотранспорт, трамвайные и троллейбусные линии	отопительные системы частного жилого сектора
10	Детский парк	и			
11	Городской сад	и			
12	Сквер при КОБ	и			
13	<i>Заволжский р-н:</i> Комсомольская роща	е	ОАО «Тверской вагоностроительный завод»	автотранспорт (выезд на федеральную автомобильную дорогу М11)	бытовые свалки

Примечание. и – искусственные посадки; е – РЗ с фрагментами естественной растительности.

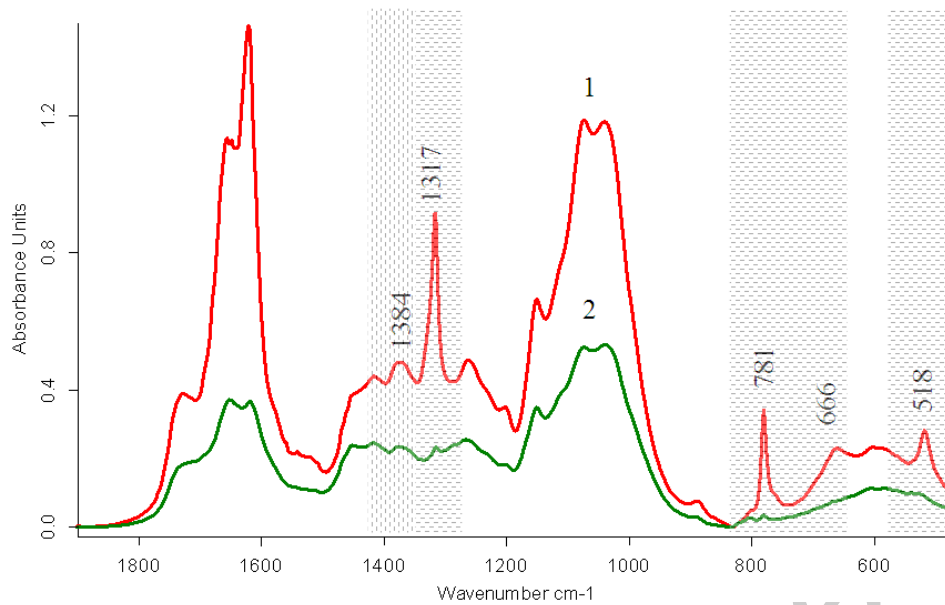
Образцы лишайников (1–14) были взяты со стволов деревьев одного вида, которые не имели аномалий в развитии коры, механических повреждений и явных признаков заболеваний. Образцы снимали со стволов деревьев острым ножом на высоте 1,5 метра преимущественно с северо-восточной стороны.

ИК спектральный анализ образцов 1–14 проводили по стандартной методике [16]. ИК спектры образцов регистрировали на Фурье-ИК спектрометре «Equinox 55» в диапазоне  $400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$ , разрешение составляло  $4\text{ см}^{-1}$ , количество сканов – 32. Дополнительно, для экспресс-анализа собранных образцов лишайника, использовали современную приставку «Golden Gate».

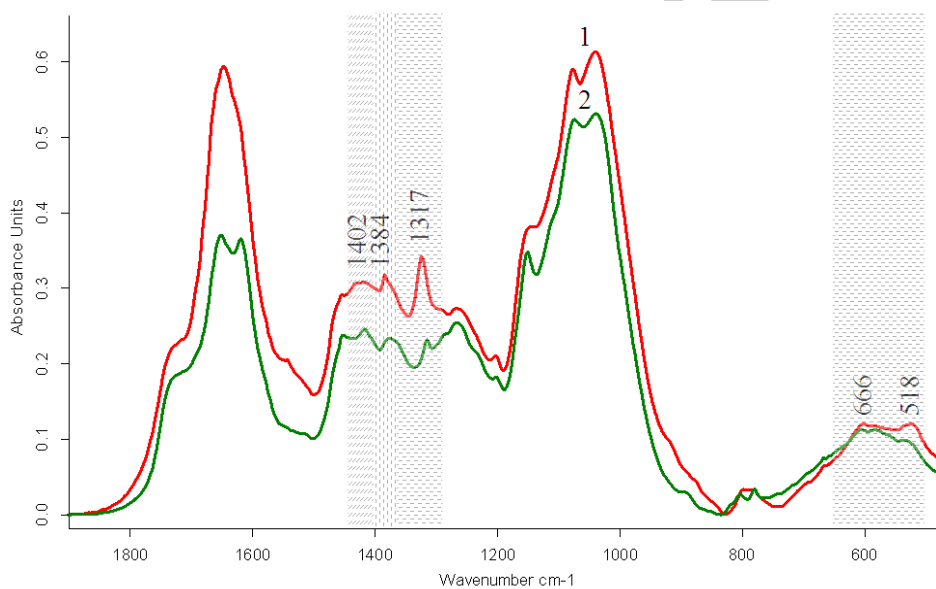
Для проведения количественного спектрального анализа использовали английскую версию пакета OPUS-NT спектрометра «Equinox 55», которая позволяет рассчитать оптическую плотность анализируемой полосы ( $A_v$ ). С целью исключения влияния толщины таблетки на результаты расчетов, использовали отношение  $A_v/A_c$ , где  $A_c$  – оптическая плотность полосы стандарта [8; 9]. В качестве полосы стандарта выбрали полосу  $2925\text{ см}^{-1}$ , которая характеризует валентные колебания  $\text{CH}_2$ -группы и является структурно-нечувствительной. Отношение  $A_v/A_{2925}$  количественно характеризует изменение анализируемой полосы в процессе антропогенного воздействия.

Для интерпретации спектров использовали основные отечественные и зарубежные руководства [11; 23], а также учитывали полученные нами ранее результаты ИК спектрального анализа лишайников, испытавших воздействие различных поллютантов ( $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) [6–8; 10].

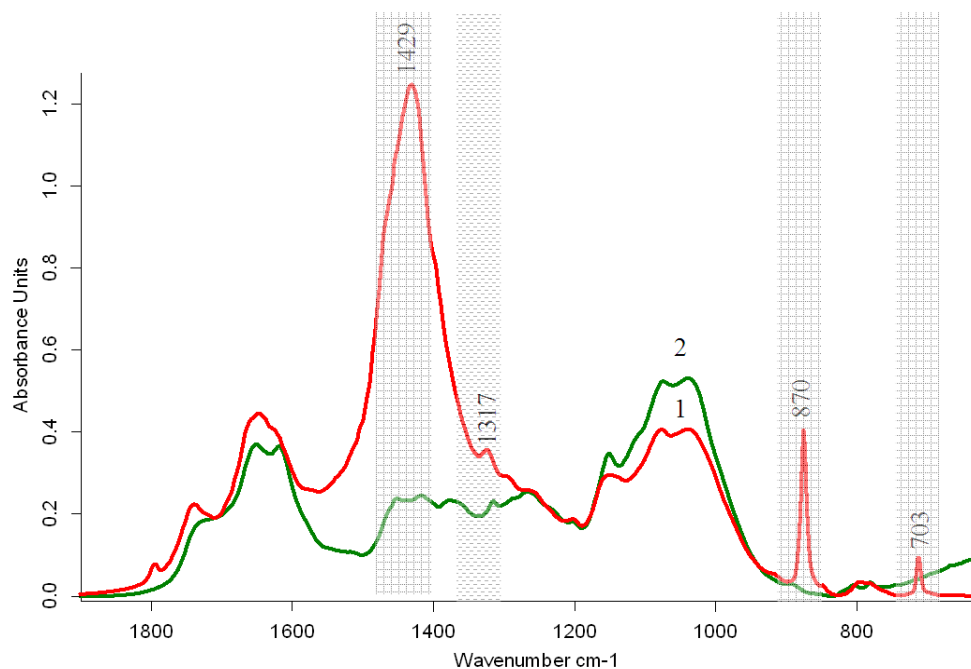
**Результаты и обсуждение.** С помощью спектрального анализа, в образцах лишайников (1–13) из Твери удалась обнаружить четыре типа соединений. Наличие сульфонов ( $\text{R-SO}_2\text{R}$ ) подтверждают изменения в спектрах при  $\sim 1317\text{ см}^{-1}$   $\nu_a(\text{SO}_2)$ , 781, 666 и  $518\text{ см}^{-1}$   $\nu(\text{S-O-C})$ ; сульфатов ( $\text{R-O-SO}_2\text{-OR}_1$ ) –  $1429\text{ см}^{-1}$   $\nu_a(\text{SO}_2)$ , 870 и  $703\text{ см}^{-1}$   $\nu_s(\text{SO}_2)$ ; алкилнитратов ( $\text{R-O-NO}_2$ ) –  $1384\text{ см}^{-1}$   $\nu_s(\text{-O-NO}_2)$ ; аммонийной соли ( $\text{R-COONH}_4$ ) –  $1402\text{ см}^{-1}$   $\delta(\text{N-H})$  (рис. 2–4) [6–8; 10; 11; 23]. Данные типы соединений образуются в результате поглощения и взаимодействия с химическими компонентами лишайника соответствующих поллютантов. Подробно механизм их образования описан в работах по моделированию антропогенного загрязнения в лабораторных условиях [6; 8–10; 24].



Р и с . 2. ИК спектры образцов *Nyrogymnia physodes* из Городского сада (1) и фоновой зоны (2):  
 сульфоны;  алкилнитраты



Р и с . 3. ИК спектры образцов *Nyrogymnia physodes* из парка Победы (1) и фоновой зоны (2):  
 сульфоны;  аммонийная соль;  алкилнитраты



Р и с . 4 . ИК спектры образцов *Hypogymnia physodes* из парка Текстильщик (1) и фоновой зоны (2):  
 сульфоны;  сульфаты

Наиболее распространенным типом соединения, обнаруженным в слоевищах *Hypogymnia physodes* являются сульфоны. Во всех ИК спектрах образцов города выявлены полосы поглощения, ответственные за его присутствие (табл. 2). Другие типы соединений в лишайниках отмечены не во всех РЗ. Алкилнитраты найдены в образцах всех РЗ, кроме лесопарка Мигалово, Березовой и Бобачевской рощ. Аммонийная соль отмечена в образцах Центрального р-на (парк Победа). Сульфаты найдены только в образцах из Пролетарского р-на (парк Текстильщик).

Широкое распространение слоевищ, в которых отмечены сульфоны свидетельствует о доминировании в воздухе серосодержащих поллютантов, например диоксида серы и/или аэрозоля серной кислоты ( $\text{SO}_2$  и/или  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). В пользу кислотного загрязнения воздуха, в первую очередь  $\text{SO}_2$  и/или  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , говорит и наличие в слоевищах лишайника сульфатов. Сульфоны образуются в лишайниках при хроническом (постоянном) воздействии низких концентраций, а сульфаты – при действии высоких концентраций поллютанта [7; 8].

Воздействие значительных концентраций серосодержащего поллютанта выявлено в Пролетарском районе – в районе парка Текстильщик. Содержание сульфатов в образцах из этой РЗ высокое – величина  $A_{1429}/A_{2925}$  составляет 3,9 (табл. 2). Загрязнение воздуха  $\text{SO}_2$  и/или  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в данном районе обусловлено, по-видимому, в первую



очередь деятельностью Тверской ТЭЦ–1, в непосредственной близости от которой находится парк Текстильщик. На Тверской ТЭЦ–1 в качестве органического топлива в разные периоды времени использовали различные виды органического топлива – торф, газ, мазут. До 1962 г. на станции применяли торф. В пересчете на единицу произведенной энергии торф является один из самых экологически грязных видов топлива. В настоящее время основным видом топлива на Тверской ТЭЦ–1 являются природный газ и мазут. Газ можно отнести к экологически чистым видам топлива, то при сжигании богатого серой мазута (содержание серы достигает от 0,5 до 5,0%) в атмосферу попадает SO<sub>2</sub>.

Таблица 2  
Значения отношения  $A_{\nu}/A_{2925}$  в ИК спектрах образцов *Hypogymnia physodes*, собранных в РЗ города Твери

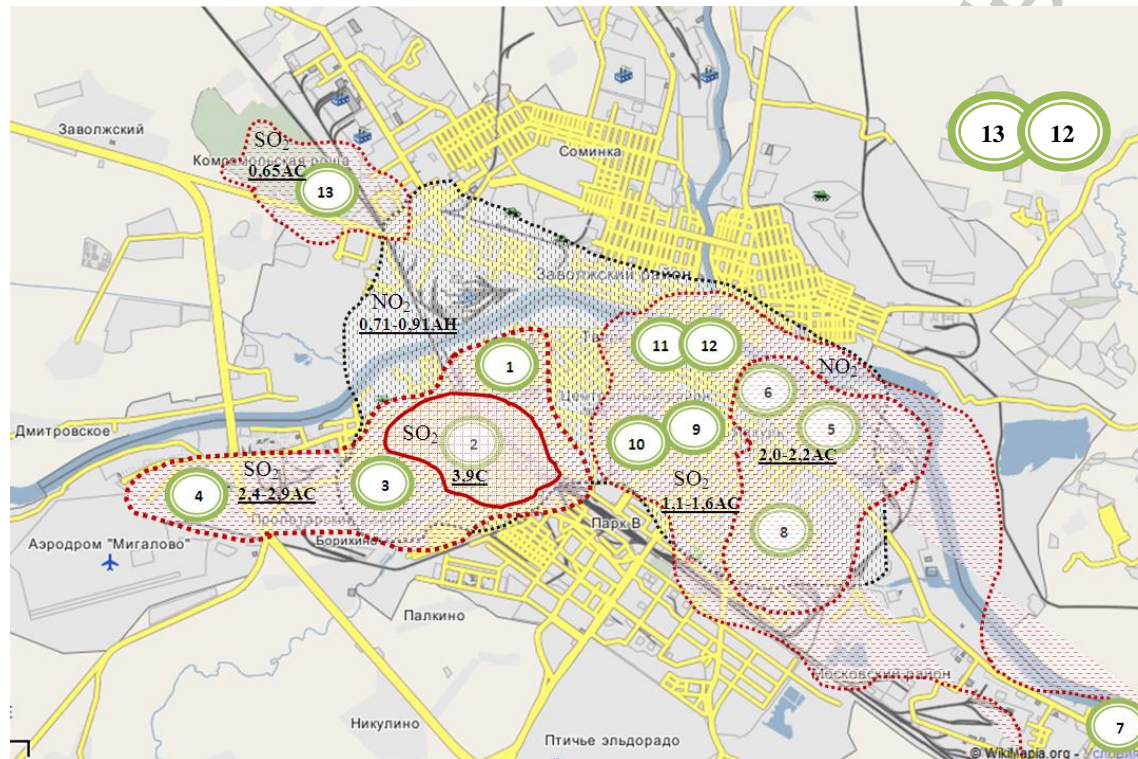
№	РЗ	$\nu, \text{см}^{-1}$			
		~1318	~1429	~1384	~1402
1	Пролетарский р-н: сквер около ДК «Пролетарка»	2,76	–	0,71	–
2	парк Текстильщик	2,90	3,9	0,68	–
3	Первомайская роща	2,61	–	0,79	–
4	лесопарк Мигалово	2,62	–	–	–
5	Московский р-н: парк на пл. Гагарина	2,10	–	0,91	–
6	сквер на Смоленском переулке («Чернобылец»)	2,07	–	0,8	–
7	Березовая роща	1,00	–	–	–
8	Бобачевская роща	2,20	–	0,80	–
9	Центральный р-н: парк Победы	1,70	–	0,87	0,18
10	Детский парк	1,10	–	0,78	–
11	Городской сад	1,35	–	0,85	–
12	Сквер при КОБ	1,6	–	0,71	–
13	Заволжский р-н: Комсомольская роща	0,65	–	–	–

Будучи рассеянными в атмосфере посредством дымовых труб, эти окислы основная причина кислотных дождей. В составе выбросов котлов, использующих мазут, может появляться также «голубой дым». Считается, что это оптическое явление связано с образованием сульфатов (SO<sub>2</sub> плюс пыль) и усиливается в присутствии ванадия,

входящего в состав мазута, и, возможно, катализатора установок селективного каталитического восстановления.

По сравнению с сульфатами, содержание сульфонов в лишайниках несколько ниже. Значение  $A_{1313}/A_{2925}$  варьирует от 0,65 до 2,9 (табл. 2). На основе количественных расчетов величины  $A_{1313}/A_{2925}$  образцов 1–14, все РЗ условно можно разделить на 3 группы (рис. 5). К первой группе относятся РЗ, где в образцах лишайников отмечено высокое содержание сульфонов ( $A_{1313}/A_{2925}$  варьирует от 2,6 до 2,9). Эту группу составляют РЗ преимущественно Пролетарского р-на (сквер около ДК «Пролетарка», парк Текстильщик, Первомайская роща, лесопарк Мигалово). Основным источником загрязнения воздуха здесь является Тверской ТЭЦ–1.

Вторую группу составляют РЗ, где в образцах лишайников содержание сульфонов среднее ( $A_{1313}/A_{2925}$  варьирует от 2,0 до 2,2). Преимущественно это РЗ Московского р-на – парк на пл. Гагарина, сквер на Смоленском пер., Бобачевская роща. Источниками серосодержащих поллютантов в воздухе здесь являются предприятия энергетической (Тверская ТЭЦ–4) и химической отраслей. Согласно данным физико-химического анализа [18] обширный участок в восточной части города на правом берегу р. Волга в Московском р-не, образующий так называемый «1-й узел напряженности», находится в зоне влияния ОАО «Тверьхимволокно – Полиэфир», ОАО «Тверьхимволокно – Вискоза», Тверской ТЭЦ–4, ОАО «Искож–Тверь» и других предприятий. Приземной слой атмосферы здесь сильно загрязнен диоксидом серы, сероуглеродом, сероводородом, и другими газами (рис. 5; табл. 2) [18]. Преобладание юго-западных и западных ветров в городе обуславливает перемещение поллютантов с воздушными массами в район расположения таких РЗ, как парк Победы, сквер при КОБ, Городской сад, Детский парк. Повышенная влажность воздуха за счет их близости к естественным водоемам увеличивает интенсивность поглощения слоевищем лишайников экотоксикантов и объем конечных продуктов их взаимодействия с компонентами слоевища. Парк Победы, сквер при КОБ, Городской сад, Детский парк, а также Березовая и Комсомольская рощи образуют третью группу, содержание сульфонов в образцах лишайников здесь низкое (величина  $A_{1313}/A_{2925}$  варьирует от 0,65 до 1,7) (рис. 5, табл. 2). Дополнительным источником серосодержащего поллютанта в Московском и Центральном районах может быть автотранспорт. Он образуется, например, в процессе окисления резиновой пыли от автомобильных шин.



Р и с . 5. Характер распределения показателей содержания экотоксикантов в образцах *Hyrogymnia physodes* в г. Твери по данным ИК спектроскопического анализа: 1–13 – номера пунктов сбора образцов; контурами ограничены предполагаемые области распространения загрязнителей: — —  $\text{SO}_2$  и/или аэрозоль  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , — —  $\text{NO}_2$  и/или аэрозоль  $\text{HNO}_3$ ; количественные показатели содержания загрязнителей (значение  $A_V/A_{2925}$ ) в слоевищах лишайника: AC – сульфоны, AN – алкилнитраты, C – сульфаты.

Загрязнение воздуха азотсодержащими экотоксикантами в городе не существенно. Содержание алкилнитратов в образцах не высокое. Величина  $A_{1384}/A_{2925}$  варьирует в небольших пределах от 0,68 до 0,91. Наличие алкилнитратов в слоевищах указывает на присутствие в воздухе диоксида азота или аэрозоля азотной кислоты ( $\text{NO}_2$  и/или  $\text{HNO}_3$ ). Основным источником этого экотоксиканта являются выхлопные газы автотранспорта, объем которых ежегодно возрастет. Однако существенного влияния выбросы автотранспорта на лишайники не оказывают (рис. 5, табл. 2).

Накопление и взаимодействие аммиака с химическими компонентами слоевища лишайников приводит к образованию аммонийной соли [10]. Аммиак, имеющий в водном растворе щелочную реакцию, может играть значительную роль в регулировании динамики выпадения кислотных дождей, т. к. способен обеспечить их нейтрализацию. Однако результаты количественных измерений содержания аммонийной соли в лишайниках говорят о следовом присутствии аммиака в воздухе. По-видимому, его источником в парке Победа может быть почва. Известно, что находящиеся в почве органические вещества разрушаются определенными группами микроорганизмов. Одним из конечных продуктов этого процесса является аммиак. Наиболее активно образование аммиака происходит при высоких температурах и влажности. Величина  $A_{1402}/A_{2925}$  в слоевищах лишайников из парка Победы низкая – 0,18 (табл. 2).

Исходя из специфики характера загрязнения атмосферы в городе, целесообразно проведение специальных мероприятий по улучшению экологической обстановки. С целью снижения выбросов  $\text{SO}_2$ , необходим полный переход работы ТЭЦ на природный газ; усиление контрольно-надзорных функций за выбросами поллютантов. Снижение уровня выбросов от автотранспорта можно добиться путем оптимизации планировки улиц и дорог, создания магистралей-дублеров, кольцевых дорог, развязок на разных уровнях; контроля технического состояния автотранспортных средств, корректировки системы управления дорожным движением, улучшением состояния дорожного покрытия.

Таким образом, с помощью Фурье-ИК спектроскопического анализа слоевищ *Hypogymnia physodes* удалось идентифицировать наличие в воздухе в г. Твери серо- и азотсодержащие поллютанты. О присутствии серосодержащего (в первую очередь  $\text{SO}_2$  и/или  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) поллютанта в воздухе свидетельствует наличие в слоевищах сульфонов ( $\text{R-SO}_2\text{-OH}$ ), азотсодержащих ( $\text{NO}_2$  и/или  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ) алкилнитратов ( $\text{R-O-NO}_2$ ) и аммонийных солей ( $\text{R-COONH}_4$ ). Специфику атмосферного загрязнения в городе определяет, прежде всего,  $\text{SO}_2$  и/или  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Его основным источником являются предприятия энергетической отрасли. Деятельность этих предприятий

способствовала накоплению токсических компонентов в слоевищах лишайников. Для улучшения состояния атмосферы в г. Твери целесообразно использование в работе ТЭЦ экологически более безопасных видов топлива.

### Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году». М.: Министерство природных ресурсов и экологии, 2011. 571 с.
2. 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.
3. Википедия – свободная энциклопедия : [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%8C> (дата обращения: 27.09.2012).
4. Мейсунова (Уразбахтина) А.Ф. Эпифитная лишайнофлора промышленный районов Тверской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2004, 18 с.
5. Мейсунова (Уразбахтина) А.Ф., Дементьева С.М. Анализ эпифитных лишайнофлор зон с разным уровнем загрязнения атмосферы // Материалы науч. конф. студентов и аспирантов, 14 апр. 2004 г. Тверь: Изд-во Твер. гос. ун-та, 2005. С. 62–66.
6. Мейсунова А.Ф. Мониторинг воздушного загрязнения в районе свиноводческого комплекса // ЭКОАНАЛИТИКА–2011: VIII Всерос. конф. по анализу объектов окружающей среды и Школа молодых ученых, посвящ. 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова, 26 июня–2 июля 2011 г.: тез. докл. Архангельск, 2011. С. 190.
7. Мейсунова А.Ф., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. Оценка токсичного воздействия диоксидов азота и серы на химический состав *Нурогутния physodes* (L.) Nyl.: ИК спектральный анализ // Сибирский экологический журн. 2011. Т. 18, № 2. С. 251–261.
8. Мейсунова А.Ф., Пахомов П.М., Хижняк С.Д.. Способ определения экотоксикантов в атмосфере промышленных зон: патент на изобретение № 2430357 от 27.09.2011 г.
9. Мейсунова А.Ф., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. ИК спектральный анализ химического состава лишайника *Нурогутния physodes* (L.) Nyl. как метод оценки состояния атмосферы // Журн. прикл. спектроскопии. 2000. Т.76, № 3. С. 447–453.
10. Мейсунова А.Ф., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. Определение химического состава эпифитных лишайников по данным ИК спектроскопии // Журн. прикл. спектроскопии. 2011. Т. 78, № 5.

- С. 764–771.
11. Методы исследования древесины и ее производных / под ред. Н.Г. Базарновой. Барнаул: Изд. Алт. гос. ун-та, 2002. 160 с.
  12. *Нотов В.А., Нотов А.А.* Флора города Твери: динамика состава и структуры // Вестн. Твер. гос. ун-та. Сер. Биология и экология. 2011. Вып. 22, №12. С. 98–117.
  13. ОАО «Сибур-ПЭТФ»: официальный сайт: [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.tverpet.ru/default.htm> (дата обращения 18.08.2012).
  14. Официальный сайт Тверской области: [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.tverskayaobl.ru/business/company/3313.htm> (дата обращения: 17.08.2012).
  15. *Смит А.* Прикладная ИК спектроскопия. М.: Мир, 1982. 328 с.
  16. Тверской экспериментально-механический завод: [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://tvemz.ru/production> (дата обращения: 18.08.2012).
  17. Тверской экскаватор: [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.tvexc.ru/ozavode.htm> (дата обращения: 18.08.2012).
  18. *Тихомиров О.А., Емельянов А.Г.* Картографирование и оценка современного экологического состояния города Твери // Экологическое состояние города Твери. Тверь, Изд-во Твер. гос. ун-та, 1994. 112 с.
  19. Товаропроизводители Тверской области: Справочник. Тверь: Карта России, 2002. 126 с.
  20. *Уразбахтина А.Ф., Хижняк С.Д., Дементьева С.М., Нотов А.А., Пахомов П.М.* Применение метода Фурье-ИК спектроскопии для лишеноиндикации атмосферного загрязнения в городских районах // Растительные ресурсы. 2005. Т. 41, вып. 2. С. 139–147.
  21. *Уразбахтина А.Ф., Дементьева С.М.* Антропогенное изменение некоторых компонентов городской среды в процессе индустриализации // Региональные тенденции взаимодействия человека и природы в процессе перехода от аграрного к индустриальному обществу: материалы междунар. науч. конф., 19–21 марта 2003 г. Тверь: Золотая буква, 2003. С. 232–238.
  22. Чем мы дышим? // Вече Твери: общественно-политическая газета: [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.veche.tver.ru/index.shtml?news=22329> (Дата обращения 28.08.2012).
  23. Infrared characteristic group frequencies: Tables and Charts / Ed. G. Socrates. London: John Wiley & Sons, 1994. 256 p.
  24. *Meysurova A.F., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M.* IR spectroscopic study on indicator species of lichens for detection of nitrogen dioxide in atmosphere // Book of abstracts / 11<sup>th</sup> European Meeting on Environmental Chemistry – EMEC, Portooz, Slovenia, 8–11 December. Nova Gorica: University, 2010. P. 30.

**ASSESSMENT OF THE CONDITION OF THE ATMOSPHERE  
IN TVER BY MEANS OF FTIR SPECTROSCOPY  
OF *HYPOGYMNA PHYSODES***

**A.F. Meysurova, A.A. Notov**

Tver State University

FTIR method of spectroscopy of epiphyte lichens carried out an assessment of a condition of the atmosphere in Tver. A dominating pollutant is SO<sub>2</sub> and/or H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Their main source are Tver CHPP combined heat and power plants using as fuel, except gas, the fuel oil possessing a high sernistost. About impact on lichens of high concentration of this gas specifies formation in them of sulfates, and the essential content sulfons.

**Keywords:** *Tver, monitoring, atmosphere pollution, epiphyte lichens, FTIR spectroscopy, pollutant, ecotoxikant, industrial enterprises, sulfates, sulfons, combined heat and power plant, Hypogymnia physodes.*

*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

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