

УДК 582.29:543.42 (470.331)

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ
АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
ВЫШНЕВОЛОЦКО-НОВОТОРЖСКОГО ВАЛА
С ПОМОЩЬЮ ФУРЬЕ-ИК СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА
СЛОЕВИЩ *HYROGYMNIA PHYSODES***

А.Ф. Мейсунова, А.А. Нотов, С.М. Дементьева, У.М. Мейсунов

Тверской государственной университет

Методом Фурье-ИК спектроскопии эпифитных лишайников проведена оценка состояния атмосферы в городах Вышний Волочек и Торжок. Преобладает кислотное загрязнение с участием SO₂ и/или H₂SO₄. Основными источниками серосодержащих поллютантов являются предприятия по производству и распределению энергии (ТЭЦ, мини-ТЭЦ промышленных предприятий, котельные и т.д.), выбросы дизельного транспорта. Существенную роль в загрязнении воздуха играют трансграничные выпадения окисленной серы.

Ключевые слова: *Вышневолоцко-Новоторжаский вал, Вышний Волочек, Торжок, мониторинг, кислотное загрязнение атмосферы, эпифитные лишайники, Фурье-ИК спектроскопия, поллютант, промышленные предприятия, транспорт, сульфоны, аммонийная соль, алкилнитраты.*

Введение. Быстрые темпы развития промышленности и транспорта способствуют ухудшению состояния атмосферы во многих регионах Центральной России. Экотоксиканты, попадающие в воздух, оказывают значительное воздействие на биологические системы разного уровня. Динамику изменения уровня загрязнения атмосферы необходимо учитывать при разработке региональных стратегий сохранения биоразнообразия. В этой связи особое значение приобретают исследования, направленные на оценку состояния атмосферы в промышленных центрах, расположенных на территории уникальных природных комплексов или рядом с ними.

Одним из наиболее интересных с ботанико-географической точки зрения природных комплексов является Вышневолоцко-Новоторжский вал. Его основу составляет моренная гряда, расположенная между городами Торжок и Вышний Волочек. Она оригинальна в геоморфологическом отношении [13; 14]. Особенности рельефа и близкое расположение известняков обусловили значительное своеобразие флоры этого физико-географического района [10–12]. Сохранение уникальных фитоценозов и ландшафтов Вышневолоцко-Новоторжского вала – задача федерального уровня. В этой связи

необходима комплексная оценка состояния экосистем специальный анализ степени загрязнения атмосферы в районных центрах, расположенных в пределах этого района. Актуальность подобных исследований определяет также отсутствие каких-либо систематических наблюдений за состоянием атмосферы в районных центрах – городах Вышний Волочек и Торжок [1; 2].

В центральной части территории Вышневолоцко-Новоторжского вала были расположены преимущественно сельскохозяйственные объекты. Однако на южной и западной границах находятся два крупных промышленных центра, в которых сосредоточен практически весь промышленный потенциал Вышневолоцкого и Торжокского районов. Вдоль восточной границы проходит также крупная транспортная магистраль Москва – Санкт-Петербург (трасса М10).

Цель работы – анализ состояния атмосферы в городах Вышний Волочек и Торжок методом Фурье-ИК спектроскопии индикаторных видов лишайников. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: 1) анализ промышленной и хозяйственной инфраструктуры городов Вышний Волочек и Торжок; 2) выбор пунктов мониторинга; 3) спектральный анализ образцов слоевищ лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.; 4) анализ состояния атмосферы; 5) районирование с учетом полученных данных; 6) разработка рекомендаций по улучшению экологической обстановки в городах.

Материал и методика. В качестве индикаторного вида использован среднеустойчивый к атмосферному загрязнению лишайник *Hypogymnia physodes*. Данный вид широко распространен в урболихенофлорах, характеризуется значительными изменениями в химическом составе при загрязнении воздуха [4; 8; 16].

Материал собрали в двух антропогенно-трансформированных территориях Вышневолоцко-Новоторжского вала – городах Вышний Волочек и Торжок (табл. 1). Города находятся на центральной и северной частях Тверской обл., сопоставимы по площади (54,0 и 58,8 км² соответственно), численности населения (51 403 и 47 326 человек), природным условиям, гидрологическим характеристикам (реки Цна, Тверца), степенью антропогенной трансформации. Оба города располагаются по маршруту скоростной автомобильной дороги Москва – Санкт-Петербург (М10), которая проходит рядом с г. Торжок, а в г. Вышний Волочек – по его центральной части, становится там однополосной, что затрудняет проезд большого потока автомобилей, в том числе и грузовикам-фурам.

Таблица 1

Характеристика пунктов сбора образцов *Hypogymnia physodes*

МТ	№	РЗ	Тип РЗ	Источники загрязнения		
				промышленность	транспорт	другие источники
г. Вышний Волочек	1	древесные насаждения по ул. Лесозаводская	и	ОАО «Вышневолоцкий мебельный ДОК»	автотранспорт, федеральная автомобильная дорога М10	отопительные системы частного жилого сектора
	2	древесные насаждения по ул. Стеклозаводская	и	ООО «Стекольный завод им. 9 января»		
	3	древесные насаждения по ул. Большая Садовая	и	ОАО «Вышневолоцкая зеркально-багетная фабрика»		
	4	древесные насаждения по ул. Красноармейская	и	ОАО «Вышневолоцкий леспромхоз»	автотранспорт, федеральная автомобильная дорога М10	отопительные системы частного жилого сектора
	5	древесные насаждения по ул. Ворошилова	и	ООО «Вышневолоцкий механический завод»	автотранспорт (выезд на Удомельское шоссе)	отопительные системы частного жилого сектора
	6	древесные насаждения по ул. Восточная	и	филиал ОАО Метровагонмаш «Вышневолоцкий машиностроительный завод»		–
	7	древесные насаждения по ул. Красная	и	ФЛ Вышневолоцкая ТЭЦ ГУ ОАО «ТГК-2», ООО «Вышневолоцкий Хлопчатобумажный Комбинат»		–
г. Торжок	8	древесные насаждения по Калининскому шоссе	и	ОАО «Торжокские золотошвей»	автотранспорт (выезд на федеральную автомобильную дорогу М10 на юго-востоке)	склады горюче смазочных материалов
	9	древесные насаждения по ул. Мира	и	ОАО «Торжокский завод полиграфических красок»	автотранспорт, железнодорожный транспорт	несанкционированные свалки
	10	парк около Городского дома культуры на пл. Пушкина	и	–	автотранспорт	отопительные системы частного жилого сектора несанкционированные свалки
	11	сквер по ул. Луначарского	е	ОАО «Торжокский деревообрабатывающий завод»		
	12	древесные насаждения по ул. Дзержинского	и	ОАО «Кожгалантерейная фабрика», ОАО «Торжокский вагоностроительный завод»	автотранспорт (выезд на федеральную автомобильную	
	13	древесные насаждения по ул. Энгельса	и	ОАО «Торжокский вагоностроительный завод»	дорогу М10 на востоке)	

Примечание. МТ – модельные территории; № – номер пункта наблюдений; и – искусственный тип растительности; е – естественный тип растительности.

Пунктами сбора материала (1–13) служили парки, скверы, древесные насаждения около различных промышленных предприятий (табл. 1). В г. Вышний Волочек выбрали 7 пунктов сбора материала. На правом берегу р. Цна образцы снимали на улицах Лесозаводская (около ОАО «Вышневолоцкий мебельный ДОК»), Стеклозаводская и Большая Садовая (около предприятий стекольной промышленности). На левом берегу р. Цна – по улицам Красноармейская, Ворошилова, Восточная и Красная, где сконцентрированы предприятия лесозаготовки и лесопереработки, тяжелого машиностроения, энергетической и легкой промышленности.

В Торжке выбрали 6 пунктов сбора материала (табл. 1). Среди них на правой берегу р. Тверца – парк около Городского дома культуры на пл. Пушкина и сквер по ул. Луначарского. Парк около Городского дома культуры – это исторический центр, основное место отдыха горожан. Парк окружен застройками частного жилого сектора, внутригородской транспортной сетью автомобильных дорог. Сквер по ул. Луначарского находится на северо-западе города около ОАО «Торжокский деревообрабатывающий завод». На левом берегу р. Тверца образцы лишайников сняли с древесных насаждений в северо-восточной части города около ОАО «Торжокский вагоностроительный завод» – по улицам Дзержинского и Энгельса и на юго-восточной части около ОАО «Торжокский завод полиграфических красок» – по Калининскому шоссе и ул. Мира. Все древесные насаждения растут вдоль широко используемых дорог, имеющих выход на скоростную автомобильную дорогу Москва – Санкт-Петербург (М10).

Образцы лишайников в городах Вышний Волочек и Торжок сняли с деревьев одного вида, не имеющих аномалий в развитии коры, механических повреждений и явных признаков заболеваний. Образцы лишайников брали с коры деревьев острым ножом на высоте 1,5 метра преимущественно с северо-восточной стороны.

ИК спектральный анализ собранных образцов проводили по стандартной методике [15]. ИК спектры образцов регистрировали на Фурье-ИК спектрометре «Equinox 55» в диапазоне $400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$, разрешение составляло 4 см^{-1} , количество сканов – 32.

Для проведения количественного спектрального анализа использовали английскую версию пакета OPUS-NT спектрометра «Equinox 55», которая позволяет рассчитать оптическую плотность анализируемой полосы (A_v). Для того, чтобы исключить влияния толщины таблетки на результаты расчетов, использовали отношение A_v/A_c , количественно характеризующее изменение анализируемой полосы в процессе антропогенного воздействия [4; 5; 7; 8]. При этом, величина A_c – оптическая плотность полосы стандарта, в качестве которой выбрали структурно-нечувствительную полосу при 2925 см^{-1} ,

характеризующую валентные колебания CH_2 -группы.

Для интерпретации спектров использовали основные отечественные и зарубежные руководства [9; 17], учитывали полученные ранее результаты ИК спектрального анализа лишайников, испытывавших воздействие различных поллютантов [3; 4–6; 8].

Результаты и обсуждение. С помощью спектрального анализа, в образцах лишайников антропогенно-трансформированных территорий Вышневолоцко-Новоторжского вала (города Вышний Волочек и Торжок), обнаружили три типа соединений – сульфоны ($\text{R-SO}_2\text{R}$), алкилнитраты (R-O-NO_2) и аммонийная соль (R-COONH_4). О присутствии в слоевищах лишайников сульфонов свидетельствуют изменения в спектрах при $\sim 1312(\pm 2)\text{cm}^{-1}$ $\nu_a(\text{SO}_2)$, $781(\pm 2)$, $663(\pm 2)$ и $515(\pm 2)$ $\nu(\text{S-O-C})$; алкилнитратов – 1377 $\nu_s(\text{-O-NO}_2)$ (рис. 1; табл. 2) [4–9; 17]. Аммонийная соль в слоевищах выявляется благодаря слабым изменениям в спектрах в области $3450\text{--}3030$ cm^{-1} – $3427(\pm 3)$, 3340 и $3067(\pm 2)$ cm^{-1} ν_s и ν_{as} (N-H) [17]. Ожидаемые изменения в области $1430\text{--}1390$ cm^{-1} ($\delta(\text{N-H})$) не обнаружены. Отсутствие основной полосы поглощения при $\sim 1400(\pm 5)$ cm^{-1} , вероятно, может быть следствием крайне низкого содержания аммонийных солей в результате незавершенного процесса их образования.

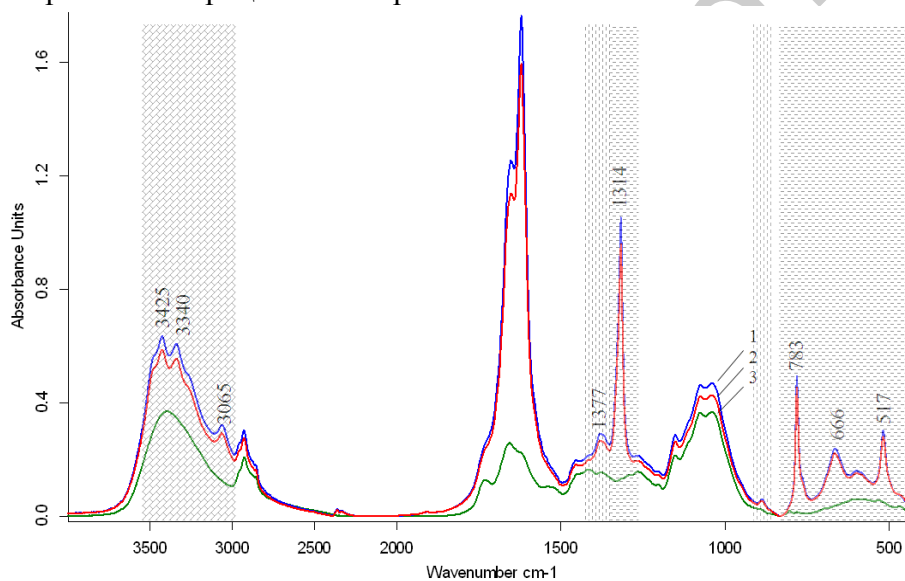


Рис. 1. ИК спектры образцов *Hypogymnia physodes*:

1, 2 – с древесных насаждений по улицам Красноармейская и Ворошилова (г. Вышний Волочек); 3 – из фоновой зоны;
сульфоны; алкилнитраты; аммонийная соль

Наличие сульфонов в лишайниках свидетельствует о присутствии в воздухе аэрозоля SO_2 и/или H_2SO_4 ; алкилнитратов – NO_2 и/или HNO_3 [5; 7; 8; 18; 19]. Встречаемость аммонийной соли в

слоевищах обусловлено загрязнением воздуха NH_3 и/или NH_4^+ [3; 6; 8]. Механизмы образования сульфонов, алкилнитратов и аммонийной соли подробно описаны в прежних работах по моделированию антропогенного загрязнения в лабораторных условиях [3; 5–8; 18; 19].

Анализ частоты встречаемости и количественные характеристики содержания различных типов соединений в образцах *Hypogymnia physodes* позволил определить специфику загрязнения атмосферы антропогенно-трансформированных территорий Вышневолоцко-Новоторжского вала.

Для городов Вышний Волочек и Торжок характерно кислотное загрязнение воздуха, где доминирующими поллютантами являются, прежде всего, SO_2 и/или H_2SO_4 . Сульфоны, свидетельствующие о длительном постоянном воздействии на лишайники серосодержащих поллютантов, отмечены во всех собранных образцах модельных территорий. По сравнению с другими типами соединений, идентифицированными с помощью Фурье-ИК спектрального анализа, их содержание в лишайниках наиболее высоко.

Количественные расчеты величины $A_{1312(\pm 2)}/A_{2925}$ образцов исследуемых территорий позволили уточнить основные источники загрязнения воздуха и провести районирование в городах Вышний Волочек и Торжок (рис. 2, 3).

В г. Вышний Волочек высокое содержание сульфонов характерно для образцов собранных с обширной территории, охватывающей центральную часть города – с древесных насаждений по улицам Лесозаводская, Красноармейская и Ворошилова (значение величины A_{1314}/A_{2925} составляет 3,2–3,5) (рис. 2; табл. 2). Источники загрязнения воздуха SO_2 и/или H_2SO_4 динамичные (транспорт) и стационарные (предприятия). Здесь расположена значительная часть участка скоростной автомобильной дороги Москва – Санкт-Петербург (М10), сконцентрированы предприятия ОАО «Вышневолоцкий мебельный ДОК», ОАО «Вышневолоцкий леспромхоз», ООО «Вышневолоцкий механический завод», в составе которых работают собственные мини-ТЭЦ, котельные на жидком топливе.

Западные и юго-западные ветра в г. Вышний Волочек способствуют перемещению серосодержащих поллютантов с воздушными массами, обуславливая присутствие сульфонов в образцах собранных в западной части города на правом берегу р. Цна – с древесных насаждений по улицам Стеклозаводская и Большая Садовая (значение величин A_{1314}/A_{2925} варьирует от 2,0 до 2,5). Вероятность существенного воздействия на лишайники со стороны предприятий стекольной промышленности (ООО «Стекольный завод им. 9 января», ОАО «Вышневолоцкая зеркально-багетная фабрика») незначительная. Известно, что предприятия стекольной промышленности загрязняют окружающую

среду не значительно – преимущественно это стеклобой, пыль при транспортировке шихты, отходы от упаковочных материалов, порошковые продукты цехов обработки стекла, отходы огнеупорных материалов печей. Возможны газообразные выбросы в атмосферу – продукты сгорания природного газа, содержащие CO_2 и NO_2 , потоки стекловарения и подготовки шихты.

Самое низкое содержание сульфонов обнаружено в образцах собранных в северо-восточной части г. Вышний Волочек – с древесных насаждений по улицам Восточная и Красная (значение величин A_{1314}/A_{2925} составляет 1,7–1,9). Низкое содержание сульфонов в лишайниках собранных в районе ФЛ Вышневолоцкой ТЭЦ ГУ ОАО «ТГК-2», указывает на незначительное присутствие в воздухе SO_2 и/или H_2SO_4 . Низкий уровень поллютантов в приземном слое воздуха около ФЛ Вышневолоцкой ТЭЦ ГУ ОАО «ТГК-2» обусловлен оптимальной высотой трубы, через которую выбросы переносятся на значительные расстояния в центральную и западную части города, усиливая там загрязнение.

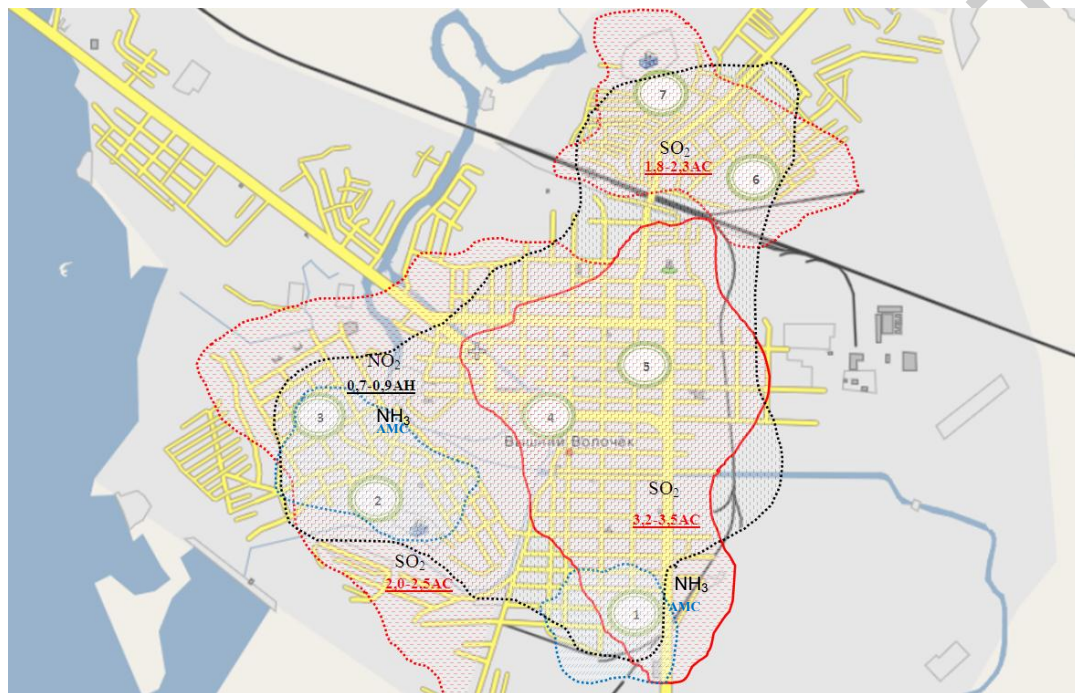
В г. Торжок высокое содержание сульфонов обнаружено в образцах собранных с древесных насаждений по ул. Энгельса – около предприятия тяжелого машиностроения ОАО «Торжокский вагоностроительный завод» (значение величины A_{1310}/A_{2925} составляет 3,4) (рис. 3; табл. 2). Несколько ниже содержание сульфонов в образцах собранных в западном направлении от ОАО «Торжокский вагоностроительный завод» – с древесных насаждений по ул. Дзержинского, сквере по ул. Луначарского и парке около Городского дома культуры на пл. Пушкина (значение величин A_{1310}/A_{2925} варьирует от 2,6 до 2,8). Возможное перемещение загрязнения от ОАО «Торжокский вагоностроительный завод» с воздушными массами из-за преобладающих западных ветров в городе, а также ОАО «Кожгалантерейная фабрика», ОАО «Торжокский деревообрабатывающий завод», плотная сеть дорог, отопительные системы частного жилого сектора определяют загрязнение воздуха в данной части города. В образцах собранных с древесных насаждений по ул. Мира, а также вдоль Калининского шоссе при выезде из города на автомобильную дорогу Москва – Санкт-Петербург (М10) содержание сульфонов низкое – значение величины A_{1310}/A_{2925} изменяется в интервале от 1,6 до 1,8.

Таблица 2

Значения отношения A_v/A_{2925} в ИК спектрах образцов *Нурогумния physodes*

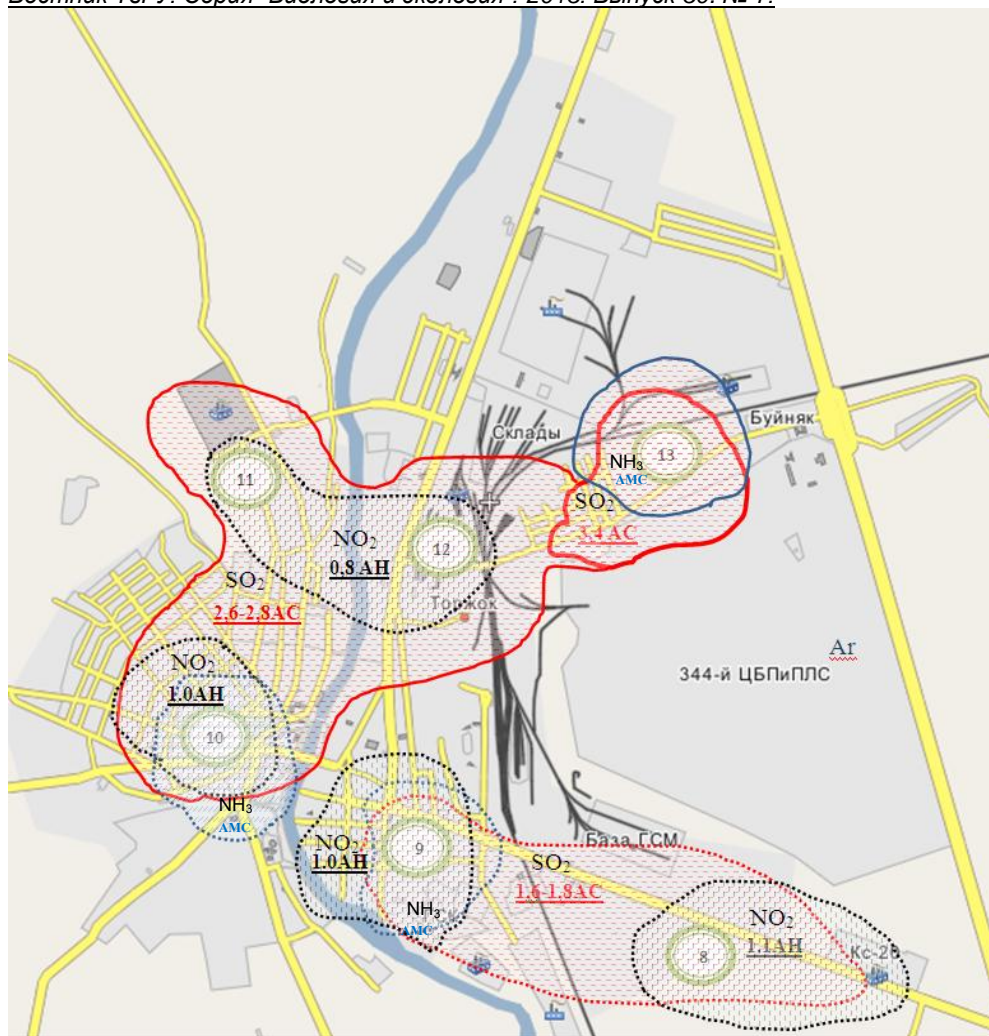
МТ	№	РЗ	$\nu, \text{см}^{-1}$					
			3427(± 3)	3340	3067(± 2)	~ 1402	~ 1377	$\sim 1312(\pm 2)$
г. Вышний Волочек	1	древесные насаждения по ул. Лесозаводская	+	+	+	–	0,91	3,42
	2	древесные насаждения по ул. Стеклозаводская	+	+	+	–	0,76	2,51
	3	древесные насаждения по ул. ул. Большая Садовая	+	+	+	–	0,71	2,04
	4	древесные насаждения по ул. Красноармейская	–	–	–	–	0,85	3,53
	5	древесные насаждения по ул. Ворошилова	–	–	–	–	0,92	3,24
	6	древесные насаждения по ул. Восточная	–	–	–	–	0,79	2,34
	7	древесные насаждения по ул. Красная	–	–	–	–	0,74	1,81
г. Торжок	8	древесные насаждения по Калининскому шоссе	–	–	–	–	1,12	1,64
	9	древесные насаждения по ул. Мира	+	+	+	–	1,01	1,82
	10	парк около Городского дома культуры на пл. Пушкина	+	+	+	–	1,00	2,64
	11	сквер по ул. Луначарского	–	–	–	–	0,83	2,76
	12	древесные насаждения по ул. Дзержинского	–	–	–	–	0,82	2,84
	13	древесные насаждения по ул. Энгельса	+	+	+	–	–	3,42

Примечание. МТ– модельные территории; № – номер образца; «–» – отсутствие полос поглощения в ИК спектрах; «+» – полосы поглощения в ИК спектрах имеются, однако трудно провести корректную интерпретацию из-за отсутствия основной полосы.



Р и с . 2 . Показатели содержания поллютантов в образцах *Hypogymnia physodes* из г. Вышний Волочек по данным ИК спектроскопического анализа:

1–7 – пункты сбора образцов; контурами ограничены предполагаемые области распространения поллютантов:
-- SO₂ и/или H₂SO₄, -- NO₂ и/или HNO₃, -- NH₃ и/или NH₄⁺; количественные показатели (значение A_v/A₂₉₂₅) – содержание поллютантов в слоевищах: AC – сульфоны, AN – алкилнитраты, AMC – аммонийная соль



Р и с . 3 . Показатели содержания поллютантов в образцах *Hypogymnia physodes* из г. Торжка по данным ИК спектрального анализа:

8–13 – пункты сбора образцов; контуры – предполагаемые области распространения поллютантов – — SO_2 и/или H_2SO_4 , — — NO_2 и/или HNO_3 , — — NH_3 и/или NH_4^+ ; количественные показатели (A_v/A_{2925}) – содержание поллютантов в слоевищах: АС – сульфоны, АН – алкилнитраты, АМС – аммонийная соль

Таким образом, загрязнение воздуха азотсодержащими поллютантами (NO_2 и/или HNO_3 , NH_3 и/или NH_4^+) антропогенно-трансформированных территорий Вышневолоцо-Новоторжского вала в целом не существенно.

В образцах из г. Вышний Волочек отмечено повсеместное присутствие алкилнитратов, которые указывают на содержание в воздухе NO_2 и/или HNO_3 (рис. 2; табл. 2). Значение величин A_{1377}/A_{2925} варьирует от 0,7 до 0,9. Низкое содержание алкилнитратов во всех

образцах из г. Вышний Волочек позволяет определить основной источник NO_2 и/или HNO_3 – выхлопные газы автотранспорта, число которого ежегодно растет.

В образцах лишайников из г. Торжок алкилнитраты отмечены локально (рис. 3; табл. 2). Преимущественно это места с более высокой плотностью сети внутригородского транспорта или выезда на федеральную автомобильную дорогу М10. Значение величины A_{1377}/A_{2925} варьирует от 0,8 до 1,1.

Следовое содержание аммонийных солей в образцах из городов Вышний Волочек и Торжок, которые свидетельствуют о наличии в воздухе NH_3 и/или NH_4^+ , носит локальный характер. В образцах из г. Вышний Волочек аммонийную соль идентифицировали в образцах собранных на правом берегу р. Цна – по улицам Лесозаводская, Стеклозаводская и Большая Садовая; в г. Торжок – по улицам Мира и Энгельса, а также в парке около Городского дома культуры на пл. Пушкина. Однако, отсутствие в ИК спектрах образцов из городов Вышний Волочек и Торжок основной полосы поглощения при $\sim 1400(\pm 5) \text{ см}^{-1}$ не позволяет провести точные количественные расчеты содержания аммонийных солей. Основным источником следов NH_3 и/или NH_4^+ в воздухе может быть почва, где разрушаются органические вещества определенными бактериями.

Исходя из специфики выявленного загрязнения в городах, целесообразно проведение ряда основных мероприятий по улучшению экологической обстановки. С целью снижения выбросов SO_2 , целесообразен переход работы ТЭЦ на природный газ; усиление контрольно-надзорных функций за выбросами поллютантов. Снижение выбросов от автотранспорта можно добиться путем оптимальной планировки маршрутов по улицам и дорогам, создания магистралей–дублеров, кольцевых дорог, развязок на разных уровнях. Необходимо также усиление контроля технического состояния автотранспортных средств, улучшение состояния дорожного покрытия. Целесообразна также оптимизация системы управления дорожным движением. Следует также провести комплексную экспертизу проекта создания высокоскоростной транспортной автомагистрали, которая частично проходит по территории Вышневолоцко-Новоторжского вала. Необходима организация комплексных мониторинговых исследований.

Заключение. Таким образом, с помощью Фурье-ИК спектроскопического анализа слоевищ *Hypogymnia physodes* удалось идентифицировать наличие в воздухе антропогенно-трансформированных территорий Вышневолоцко-Новоторжского вала (городах Вышний Волочек и Торжок) серо- и азотсодержащих поллютантов. О присутствии серосодержащих поллютантов в воздухе (в основном SO_2 и/или H_2SO_4) свидетельствует наличие в слоевищах

сульфонов (R-SO₂-OH), азотсодержащих (NO₂ и/или HNO₃, NH₃) – алкилнитратов (R-O-NO₂) и аммонийных солей (R-COONH₄). Специфику атмосферного загрязнения в городах Вышний Волочек и Торжок определяет кислотное загрязнение, прежде всего посредством SO₂ и/или H₂SO₄. Основные источники серосодержащих поллютантов – предприятия по производству и распределению энергии (ТЭЦ, мини-ТЭЦ промышленных предприятий, котельные и т.д.), выбросы дизельного транспорта. Существенный вклад в загрязнение воздуха исследованных городов серосодержащими поллютантами вносят, по-видимому, выпадения окисленной серы в результате трансграничных переносов. С учетом характера распределения поллютантов на модельных территориях даны рекомендации по улучшению экологической ситуации на территории Вышневолоцко-Новоторжского вала.

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. Мейсуро́ва А.Ф. Мониторинг воздушного загрязнения в районе свиноводческого комплекса // VIII Всероссийская конференция по анализу объектов окружающей среды «ЭКОАНАЛИТИКА – 2011» и Школа молодых ученых, посвященные 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова, 26 июня–2 июля 2011 г.: тез. докл. Архангельск, 2011. С. 190.
4. Мейсуро́ва А.Ф., Хи́жняк С.Д., Пахо́мов П.М. Оценка токсичного воздействия диоксидов азота и серы на химический состав *Hurogymnia physodes* (L.) Nyl.: ИК спектральный анализ // Сиб. экол. журн. 2011. Т. 18, № 2. С. 251–261.
5. Мейсуро́ва А.Ф., Пахо́мов П.М., Хи́жняк С.Д. Патент на изобретение. Способ определения экотоксикантов в атмосфере промышленных зон. №2430357, от 27.09.2011.
6. Мейсуро́ва А.Ф., Хи́жняк С.Д., Пахо́мов П.М. Анализ воздействия нитрата аммония на индикаторные лишайники с помощью метода Фурье-ИК спектроскопии // Вестн. Твер. гос. ун-та. Сер. Биология и экология. 2011. Вып. 23, № 20. С. 150–162.
7. Мейсуро́ва А.Ф., Хи́жняк С.Д., Пахо́мов П.М. ИК спектральный анализ химического состава лишайника *Hurogymnia physodes* (L.) Nyl. как метод оценки состояния атмосферы // Журн. прикл.

- спектрокопии. 2009. Т. 76, № 3. С. 447–453.
8. *Мейсурова А.Ф., Хижняк С.Д., Пахомов П.М.* Определение химического состава эпифитных лишайников по данным ИК спектрокопии // Журн. прикл. спектрокопии. 2011. Т. 78, № 5. С. 764–771.
 9. Методы исследования древесины и ее производных / под ред. Н.Г. Базарновой. Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2002. 160 с.
 10. *Невский М.Л.* О некотором своеобразии флоры и растительности Вышневолоцкого района Калининской области // Уч. записки Калинин. гос. пед. ин-та им. М.И. Калинина. Т. 20. Калинин: Обл. кн. изд., 1956. С. 5–46.
 11. *Нотов А.А.* Сопряженный анализ компонентов флоры как метод выявления флористической специфики природных комплексов разного уровня // Вестн. Твер. гос. ун-та. Сер. Биология и экология. 2012. Вып. 28, № 25. С. 80–101.
 12. *Нотов А.А., Волкова О.М., Спирина У.Н., Колосова Л.В., Рыбкина В.А.* О флористическом разнообразии некоторых физико-географических районов Тверской области // Вестн. Твер. гос. ун-та. Сер. Биология и экология. 2005. Вып. 1, №4 (10). С. 122–150.
 13. *Савина М.Ф.* Геологический очерк города Торжка и его окрестностей // Уч. записки Калинин. гос. пед. ин-та им. М.И. Калинина: тр. ф-та географии. Т. 13. Калинин, 1950. С. 128–139.
 14. *Савина М.Ф.* К вопросу о происхождении Вышневолоцко-Новоторжского вала // Уч. записки Калинин. гос. пед. ин-та им. М.И. Калинина: тр. ф-та естествознания. Вып. 1 (8). Калинин: Обл. кн. изд., 1938. С. 121–141.
 15. *Смит А.* Прикладная ИК спектрокопия. М.: Мир, 1982. 328 с.
 16. *Уразбахтина А.Ф., Хижняк С.Д., Дементьева С.М., Нотов А.А., Пахомов П.М.* Применение метода Фурье-ИК спектрокопии для лишеноиндикации атмосферного загрязнения в городских районах // Растительные ресурсы. 2005. Т. 41, вып. 2. С. 139–147.
 17. Infrared characteristic group frequencies. Tables and Charts / ed. G. Socrates. London: John Wiley and Sons, 1994. 256 p.
 18. *Meysurova A.F., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M.* Identification of the acidic air pollution by IR spectroscopic study of epiphytic lichens // 8th APGC Symposium: «Plant Functioning in a Changing Global and Polluted Environment», Groningen, The Netherlands, June 5–9, 2011. P. 29.
 19. *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 / 11th European Meeting on Environmental Chemistry – EMEC, Portooz, Slovenia, December 8–11. Nova Gorica: University, 2010. P. 30.

**ASSESSMENT OF THE ATMOSPHERE CONDITIONS
OF ANTHROPOGENOUS THE TRANSFORMED TERRITORIES
OF VYSHNEVOLOTSKO-NOVOTORZHISKY-SHAFT
BY MEANS OF FTIR SPECTROSCOPY *HYPOGYMNIA PHYSODES***

A.F. Meysurova, A.A. Notov, S.M. Dementyeva, U.M. Meysurov

Tver State University

FTIR spectroscopy of epiphytic lichens carried out an assessment of a condition of the atmosphere in the Vyshny Volochyok and Torzhok. Acid pollution with SO₂ and/or H₂SO₄ participation prevails. The main sources of sulfur-containing pollutant are the enterprises for production and energy distribution (heat station, mini-heat station, heat station of the industrial enterprises, boiler rooms, etc.), emissions of diesel transport. The essential role air pollution is played by cross-border losses of the oxidized sulfur.

Ключевые слова: *Vyshnevolotsko-Novotorzhsky-Shaft, Vyshny Volochyok, Torzhok, monitoring, acid pollution of the atmosphere, epiphytic lichens, FTIR spectroscopy, pollutant, industrial enterprise, transport, sulfons, ammonium salt, alkyl nitrates.*

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

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

МЕЙСУРОВ Усбан Магомедович—магистрант биологического факультета, ФГБОУ ВПО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: meisurov_1966@mail.ru