

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 582.29:543.42 (470.331)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ ГОРОДА РЖЕВА С ПОМОЩЬЮ ФУРЬЕ-ИК СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА СЛОЕВИЩ *HYROGYMNA PHYSODES*

А.Ф. Мейсунова, А.А. Нотов, У.М. Мейсуров

Тверской государственной университет

С помощью Фурье-ИК спектрального анализа эпифитных лишайников проведена оценка состояния атмосферы в городе Ржев. В воздухе обнаружены серо- (SO_2 и/или H_2SO_4) и азотсодержащие поллютанты (NO_2 и/или HNO_3 , NH_3 и/или NH_4^+). Однако специфику города определяет кислотное загрязнение с участием SO_2 . Высокие концентрации этого поллютанта отмечены на северо-западе города, где находится основной промышленный потенциал. Результаты текущих разовых измерений SO_2 с помощью ИК газоанализатора показали, что деятельность этих предприятий определяет высокие концентрации данного газа и в настоящее время. Комплексная оценка состояния атмосферы г. Ржева позволила разработать рекомендации по улучшению экологической обстановки в городе.

Ключевые слова: *Ржев, мониторинг, кислотное загрязнение атмосферы, эпифитные лишайники, Фурье-ИК спектроскопия, поллютант, промышленные предприятия, транспорт, сульфоны, аммонийная соль, алкилнитраты.*

Введение. Одним из наиболее интересных с ботанико-географической точки зрения природных комплексов Тверской обл. является Ржевско-Старицкое Поволжье [10–12]. Сложные долинные ландшафты с обнажениями карбонатных пород характеризуются очень богатой и гетерогенной флорой. На их территории встречаются многие виды занесенные в Красную книгу области [3]. Сохранение уникальных фитоценозов и ландшафтов Ржевско-Старицкое Поволжье – задача федерального уровня. Однако эта территория испытывает значительную антропогенную нагрузку и является одним из наиболее значимых промышленных районов Тверского региона. В административном центре района – г. Ржеве сосредоточено наибольшее число предприятий, осуществляющих выбросы [1; 2]. В 2006–2009 гг. отмечен максимальный выброс поллютантов в расчете на 1 человека (более 400 кг/чел). В г. Ржев пересекаются железные дороги Москва – Рига, Мурманск – Новороссийск, сосредоточены крупные предприятия тяжелого машиностроения. ОАО «Ржевский экспериментальный

ремонтно-механический завод» обеспечивает строительные организации средствами малой механизации, грузоподъемными машинами, дорожной и строительной техникой [15]. ОАО «Ржевмаш» является ведущим производителем оборудования для приготовления бетонных смесей [13]; ОАО «Ржевский краностроительный завод» – подъемной техники [14]. Имеются Ржевский завод автотракторного электрооборудования – ОАО «Элтра», Ржевская нефтебаза (филиал ОАО «Тверьнефтепродукт»).

В этой связи актуальна комплексная оценка состояния экосистем специальный анализ степени загрязнения атмосферы в районном центре – г. Ржев. Необходимость подобных исследований определяется также отсутствие каких-либо систематических наблюдений за состоянием атмосферы [2]. Сбор данных о качестве атмосферного воздуха в городе проводили у маршрутного поста (Зубцовское шоссе) в г. Ржеве в 2009 г. Все это сильно снижает эффективность мониторинговых наблюдений. Для динамично развивающегося города необходимо расширение сети пунктов наблюдения и спектра измеряемых поллютантов.

Цель работы – анализ состояния атмосферы в г. Ржеве методом Фурье-ИК спектроскопии индикаторных видов лишайников. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: 1) анализ промышленной и хозяйственной инфраструктуры города; 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) разовые измерения поллютантов в воздухе с помощью портативного инфракрасного (ИК) газоанализатора; 7) разработка рекомендаций по улучшению экологической обстановки в городе.

Материал и методика.

Спектральные исследования. В качестве индикаторного вида использован среднеустойчивый к атмосферному загрязнению лишайник *Hypogymnia physodes*. Данный вид широко распространен в урболихенофлорах, характеризуется появлением значительных изменений в химическом составе при загрязнении воздуха [5; 8; 17].

Пунктами сбора материала были различные по размерам и типам растительности рекреационные зоны (РЗ), располагающиеся в двух исторических районах (Советская и Красноармейская стороны) города, разделенных р. Волга (табл. 1). Всего исследовали 10 РЗ. На Красноармейской стороне, которая охватывает правобережную историческую часть города, определили 8 пунктов сбора материалов. Среди них на северо-западе – скверы и древесные насаждения около предприятий тяжелого машиностроения и железнодорожной станции по ул. Гарибальди, Осташковскому и Ленинградскому шоссе; на востоке – древесные насаждения по ул. Краностроителей. Другие пункты –

скверы на пл. Революции и Никиты Головни, Городской сад и парк им. В.В. Грацинского сосредоточены в центральной части города, окружены плотной жилой застройкой и внутригородской транспортной сетью. На Советской стороне, охватывающей левобережную часть города по р. Волга образцы лишайников собрали в скверах по ул. Октябрьская и Мира, которые окружены транспортными путями и жилыми домами. Здесь располагается Ржевская нефтебаза (филиал ОАО «Тверьнефтепродукт»).

Образцы лишайников снимали 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 [16]. 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. При количественном анализе ИК спектров применяли программу OPUS-NT, которая позволяет рассчитать оптическую плотность анализируемой полосы (A_v). С целью исключения влияния толщины образца на результаты расчетов оптическую плотность анализируемой полосы поглощения (A_v) относили к оптической плотности полосы стандарта (A_c) – A_v/A_c [5; 7; 8]. Полосой стандарта служила структурно-нечувствительная полоса при 2925 см^{-1} , характеризующая валентные асимметричные колебания CH_2 -группировок в образце $\nu_{as}(\text{CH}_2)$. Отношение A_v/A_{2925} количественно характеризует относительное изменение содержания конкретной химической группировки в процессе антропогенного воздействия.

При интерпретации ИК спектров использовали основные отечественные и зарубежные руководства [9; 21], учитывали результаты спектральных исследований биологических систем других исследователей [18; 24; 25; 19; 20], а также результаты ранее проведенного спектрального анализа лишайников, испытавших воздействие различных поллютантов [4; 5; 6].

Разовые измерения SO_2 с помощью ИК газоанализатора. При выборе мест для разовых измерений SO_2 , руководствовались данными Фурье-ИК спектрального анализа исследованных образцов лишайников в городе, информацией о расположении промышленных объектов и крупных автомагистралей. Разовые измерения SO_2 в воздухе проводили на фоне конкретной газовой смеси в пунктах 1,2,4,7,10 – по ул. Гарибальди, на Осташковском шоссе, пл. Революции, парке им. В.В. Грацинского, по ул. Мира.

Разовые измерения SO_2 осуществляли с помощью портативного

инфракрасного (ИК) газоанализатора «Miran Sapphire» американской фирмы «Thermo Electron Corporation». Продолжительность измерений разовых концентраций в пунктах составила 20 мин. Измерения выполняли на высоте 1,5–1,7 м от поверхности земли, единицы измерения мг/м^3 . Фиксировали метеорологические параметры – направление и скорость ветра, температуру воздуха. Продолжительность метеорологических наблюдений составила 10 мин.

Результаты и обсуждение

Спектральные исследования. Спектральный анализ образцов *Нурогумния physodes*, собранных в различных РЗ административного центра Ржевского р-на – г. Ржев (пункты сбора материала 1–10) позволил обнаружить в лишайниках три типа соединений. На сульфоны ($\text{R-SO}_2\text{R}$) в лишайниках указывают изменения в спектрах при $1314 \nu_{\text{as}}(\text{SO}_2)$, 779 , 659 и $507 \text{ см}^{-1} \nu(\text{S-O-C})$; алкилнитраты (R-O-NO_2) – $1381 \text{ см}^{-1} \nu_{\text{s}}(\text{-O-NO}_2)$, $888 \delta(\text{O-N-O})$ [5–9; 22]. Аммонийная соль (R-COONH_4) в слоевищах выявляется благодаря слабым изменениям в спектрах в области $3450\text{--}3030 \text{ см}^{-1}$ – 3430 , 3340 и $3070 \text{ см}^{-1} \nu_{\text{s}}$ и $\nu_{\text{as}}(\text{N-H})$ [21] (рис. 1). Отсутствие основной полосы поглощения в области $1430\text{--}1390 \text{ см}^{-1} (\delta(\text{N-H}))$ не обнаружено вследствие крайне низкого содержания аммонийных солей в слоевище. Механизмы образования сульфонов, алкилнитратов и аммонийной соли подробно описаны в прежних работах по моделированию антропогенного загрязнения в лабораторных условиях [4; 6–8; 22; 23].

Распространенным типом соединения в слоевищах исследованных РЗ города являются сульфоны. Они обнаружены в образцах лишайников всех РЗ и свидетельствует о доминировании в воздухе г. Ржев серосодержащих поллютантов, прежде всего SO_2 и/или H_2SO_4 . Другие типы соединений отмечены в образцах не из всех РЗ (рис. 2). Алкилнитраты, которые указывают на загрязнение воздуха NO_2 и/или HNO_3 , обнаружены образцах *Нурогумния physodes* двух РЗ – скверах на пл. Революции и по ул. Октябрьская. Следовое присутствие аммонийных солей обнаружено в образцах собранных на окраинах города – севере и северо-западе правобережной части (скверы на Осташковском и Ленинградском шоссе, по ул. Н. Головни), юге левобережной части города (сквер по ул. Мира).

Количественные расчеты спектров образцов позволили уточнить источники загрязнения и провести зонирование в городе (рис. 2; табл. 2). Высокое содержание сульфонов характерно для образцов собранных на северо-западе правобережной части города, где сконцентрирован основной потенциал тяжелого машиностроения – ОАО «Ржевский экспериментальный ремонтно-механический завод», ОАО «Ржевмаш», а также находится узловая железнодорожная станция Ржев-Белорусский

Таблица 1

Характеристика пунктов сбора образцов *Hyrogymnia physodes*

№	РЗ	Тип РЗ	Источники загрязнения		
			промышленность	транспорт	другие источники
1	древесные насаждения по ул. Гарибальди	и	ОАО «Ржевский экспериментальный ремонтно-механический завод»	автотранспорт	–
2	сквер на Осташковском шоссе	и	ОАО «Ржевмаш»	–	–
3	сквер на Ленинградском шоссе	и	ОАО «Ржевмаш», железнодорожная станция Ржев-Белорусский	автотранспорт, железнодорожный транспорт	несанкционированные свалки
4	сквер на пл. Революции	и	–	автотранспорт	–
5	сквер по ул. Никиты Головни	е	–		–
6	Городской сад	е	–		–
7	парк им. Грацинского В.В.	е	–		–
8	сквер по ул. Краностроителей	и	ОАО «Ржевский краностроительный завод»		–
9	сквер по ул. Октябрьская	и, е	–		охраняемая автостоянка
10	сквер по ул. Мира	и, е	Ржевская нефтебаза (филиал ОАО «Тверьнефтепродукт»)		–

Примечание. № – номер пункта сбора материала; и – посадки; е – фрагменты естественных фитоценозов.

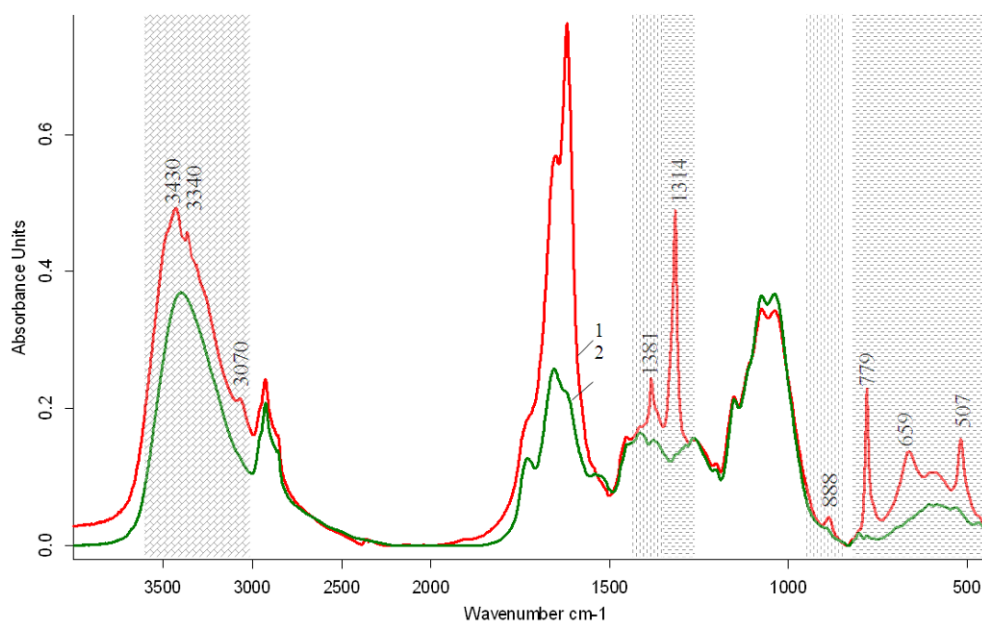


Рис. 1. ИК спектры образцов *Hypogymnia physodes*:

1 – из сквера по ул. Мира; 2 – из фоновой зоны;

сульфоны; алкилнитраты; аммонийная соль.

Значения величин A_{1314}/A_{2925} в спектрах образцов, собранных с древесных насаждений по ул. Гарибальди и скверах по Осташковскому и Ленинградскому шоссе, варьируют от 2,8 до 3,1. По мере удаления от промышленных предприятий, которые определяют основное загрязнение воздуха в городе, содержание сульфонов снижается. Область с пониженным содержанием сульфонов в лишайниках охватывает территории оставшихся РЗ (рис. 2; табл. 2). Значение величин A_{1314}/A_{2925} варьирует от 1,8 до 2,3. Преобладание ветров южных направлений в городе обуславливает перемещение загрязнения с воздушными массами в область расположения других РЗ – скверы на пл. Революции, улицам Краностроителей, Октябрьская, Мира и Никиты Головни, Городском саде и парке им. Грацинского. Большинство РЗ окружены плотной сетью дорог с интенсивным движением автотранспорта, который является дополнительным источником загрязнения воздуха. В городе активно используется старый автотранспорт, который сжигает большее количество топлива на фоне отсутствия средств обезвреживания отработанных газов. Естественная близость к водоемам Городского сада, парка им. Грацинского и сквера по ул. Октябрьская, создает благоприятные условия для интенсивного поглощения слоевищем лишайников загрязнителей и объем конечных продуктов их взаимодействия с компонентами слоевища.

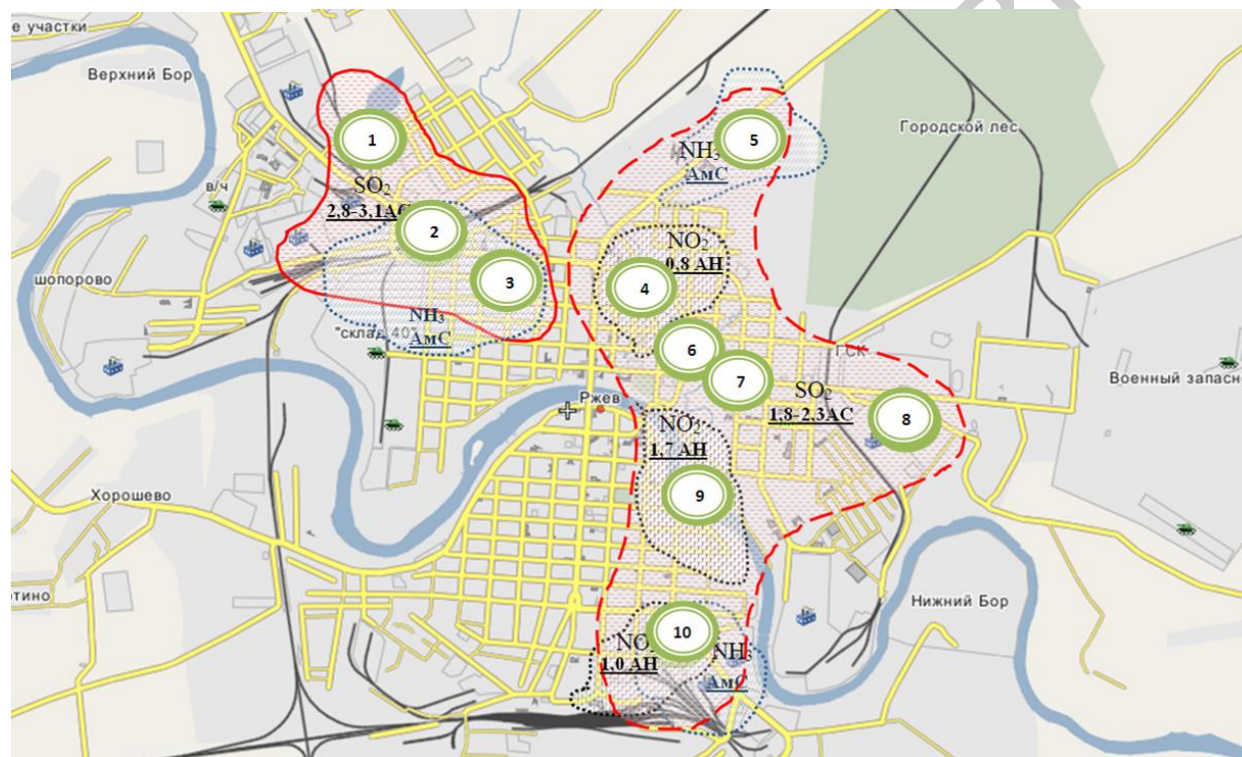


Рис. 2. Характер количественного распределения загрязнителей в г. Ржев по данным ИК спектроскопического анализа образцов *Hypogymnia physodes*: 1–10 – номера пунктов сбора образцов; контурами ограничены предполагаемые области распространения загрязнителей: --- SO_2 и/или аэрозоль H_2SO_4 , -- NO_2 и/или аэрозоль HNO_3 ; - - - NH_3 и/или NH_4^+ ; количественные показатели содержания загрязнителей (значение A_{ν}/A_{2925}) в слоевищах индикаторных лишайников: AC – сульфаты, AH – алкилнитраты, AMC – аммонийная соль

Содержание сульфонов в образцах *Hypogymnia physodes* этих РЗ несколько выше, чем в других скверах города этой области (значение величин A_{1314}/A_{2925} варьирует от 2,1 до 2,3).

Загрязнение воздуха NO_2 и/или HNO_3 в городе локально, приурочено к местам главных транспортных линий и узлов. Например, на въезде и выезде из города со стороны Старицкого шоссе (на севере) и федеральной трассы «Балтия» (Москва–Рига) (на юге). Плотная сеть дорог, множество парковочных мест, стоянок, светофоры в центре левобережной части города (Советская сторона) обуславливают загрязнение воздуха выхлопными газами автотранспорта. Содержание алкилнитратов в образцах по сравнению с сульфонами ниже – значение величины A_{1381}/A_{2925} варьирует от 0,8 до 1,7 (рис. 2; табл. 2).

На загрязнение воздуха г. Ржев NH_3 и/или NH_4^+ , указывает наличие в образцах лишайников аммонийных солей. Их распространение локально. Основные источники – почва, где происходит бактериальное разрушение органических веществ (сквер по ул. Н. Головни); мини котельные предприятий, производства тяжелого машиностроения (скверы на Осташковском и Ленинградском шоссе); предприятие нефтехимической промышленности (Ржевская нефтебаза – филиал ОАО «Тверьнефтепродукт») (сквер по ул. Мира).

Таким образом, с помощью Фурье-ИК спектроскопического анализа слоевищ *Hypogymnia physodes* удалось идентифицировать наличие в воздухе г. Ржев следующих поллютантов – SO_2 (H_2SO_4), NO_2 (HNO_3), NH_3 (NH_4^+). Специфику атмосферного загрязнения в городе определяет, прежде всего, SO_2 . Его основным источником являются предприятия тяжелого машиностроения, на территории большинства которых функционируют мини-котельные. В связи с тем, что во всех образцах *Hypogymnia physodes* зарегистрированы сульфоны целесообразно проведение дополнительных физико-химических исследований, которые позволят уточнить специфику загрязнения SO_2 , уточнить возможности применения Фурье-ИК спектроскопического метода в мониторинговых исследованиях. Подходящими являются измерения разовых концентраций SO_2 с помощью ИК газоанализатора.

Результаты разовых измерений с помощью ИК газоанализатора. Полученные данные позволили идентифицировать SO_2 в воздухе разных районов г. Ржева (табл. 3). Анализ значений разовых концентраций поллютанта в пунктах 1,2 (ул. Гарибальди, Осташковское шоссе) показал превышение значения максимально разовой предельно допустимой концентрации (ПДК_{МР}) более, чем в 3,5 раза; в пунктах 4–7 (пл. Революции, парк им. Грацинского) – в 1,7 раза.

Таблица 2

Значения отношения A_{ν}/A_{2925} в ИК спектрах образцов *Hypogymnia physodes*

№	ν , см ⁻¹	ν , см ⁻¹		
		3390(±50)	~1381	1314
1	древесные насаждения по ул. Гарибальди	–	–	3,14
2	сквер на Осташковском шоссе	+	–	2,99
3	сквер на. Ленинградском шоссе	+	–	2,83
4	сквер на пл. Революции	–	0,80	2,15
5	сквер по ул. Никиты Головни	+	–	1,87
6	Городской сад	–	–	2,25
7	парк им. В.В. Грацинского	–	–	2,34
8	сквер по ул. Краностроителей	–	–	1,83
9	сквер по ул. Октябрьская	–	1,74	2,24
10	сквер по ул. Мира	+	1,02	1,94

Примечание. № – номер образца; «–» – отсутствие полос поглощения в ИК спектрах; «+» – полосы поглощения в ИК спектрах имеются, однако трудно провести корректный количественный анализ из-за отсутствия основной полосы.

Таблица 3

Значения разовых измерений концентраций SO_2 и величин A_{ν}/A_{2925} в ИК спектрах образцов *Hypogymnia physodes* из РЗ г. Ржева

№	РЗ	Значение $C_{MP}(SO_2)$, мг/м ³	Значения величины A_{1314}/A_{2925}
1	древесные насаждения по ул. Гарибальди	1,77	3,14
2	сквер на Осташковском шоссе	1,83	2,99
4	сквер на пл. Революции	0,91	2,83
7	парк им. В.В. Грацинского	0,75	2,25
10	сквер по ул. Мира	0,39	2,24

Отметим, что данные о сильном загрязнении атмосферы SO_2 на северо-западе правобережной части города согласуются с данными Фурье-ИК спектрального анализа лишайников (рис. 2; табл. 2). В образцах из сквера по ул. Мира отмечено невысокое содержание сульфонов. Значение концентрации SO_2 в пункте 10 не превышает значения ПДК_{MP}.

Результаты разовых измерений SO_2 с помощью ИК газоанализатора позволили оценить состояние атмосферы в конкретный момент времени. В воздухе выявлены высокие концентрации этого поллютанта на северо-западе правобережной части города, где сконцентрированы предприятия машиностроительной отрасли.

Исходя из специфики выявленного загрязнения в городе с помощью Фурье-ИК спектрального анализа лишайников и измерений на ИК газоанализаторе, особенностей распространения поллютанта, целесообразно проведение ряда общих мероприятий по улучшению

экологической обстановки: 1) усиление контрольно-надзорных функций за выбросами загрязнителей на предприятиях тяжелого машиностроения города; 2) развитие общественного транспорта в центральной части города; 3) ликвидация стихийных парковочных площадок; 4) проведение реконструкции и экологического обустройства существующих городских парков, садов; 5) повышение эффективности медико-экологического контроля состояния здоровья населения; б) организация комплексного мониторинга экосистем Ржевско-Старицкого Поволжья с учетом близкого расположения промышленных объектов г. Ржева.

Заключение. Таким образом, с помощью Фурье-ИК спектроскопического анализа слоевищ *Hypogymnia physodes* и измерений на ИК газоанализаторе удалось установить, что специфику атмосферного загрязнения в г. Ржев определяет кислотное загрязнение, прежде всего SO₂ (H₂SO₄). Основные источники этого загрязнителя сконцентрированы на северо-западе правобережной части города, где функционируют предприятия тяжелого машиностроения. С учетом характера распределения загрязнителей даны рекомендации по улучшению экологической ситуации в г. Ржеве.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году». М.: Министерство природных ресурсов и экологии, 2011а. 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, 2011б. 206 с.
3. *Зиновьев А.В., Нотов А.А., Сорокин А.С., Тюсов А.В.* О проекте создания национального парка «Ордино» // Вестн. Твер. гос. ун-та. Сер. Биология и экология. 2007. Вып. 6, № 22 (50). С. 219–229.
4. *Мейсунова А.Ф.* Мониторинг воздушного загрязнения в районе свиноводческого комплекса // Экоаналитика – 2011: тез. докл. VIII Всерос. конф. по анализу объектов окружающей среды и Школы молодых ученых, посвящ. 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова, 26 июня–2 июля 2011 г. Архангельск, 2011. С. 190.
5. *Мейсунова А.Ф., Хижняк С.Д., Пахомов П.М.* Оценка токсичного воздействия диоксидов азота и серы на химический состав *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.: ИК спектральный анализ // Сиб. экол. журн. 2011. Т. 18, № 2. С. 251–261.
6. *Мейсунова А.Ф., Хижняк С.Д., Пахомов 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. Мейсурова А.Ф., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. ИК спектральный анализ химического состава лишайника *Нурогунния physodes* (L.) Nyl. как метод оценки состояния атмосферы // Журн. прикл. спектроскопии. 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 спектроскопии // Журн. прикл. спектроскопии. 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. 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.
11. 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. 2005. № 4 (10). Сер. биология и экология. Вып. 1. С. 122–150.
12. Нотов А.А., Нотов В.А., Павлов А.В. Ботанико-географическая специфика флоры природных комплексов Верхневолжья с обнажениями карбонатных пород // Окская флора: материалы Всерос. школы-семинара по сравнительной флористике, посвящ. 100-летию «Окской флоры» А.Ф. Флерова (23–29 мая 2010 г., г. Рязань) / Под ред. М.В. Казаковой. Рязань, 2010. С. 173–182. (Тр. Рязан. отделения РБО; Вып 2, Ч. 1).
13. Ржевмаш: официальный сайт ОАО «Ржевмаш»: [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [http:// bcuscompany.n4.biz/](http://bcuscompany.n4.biz/) (дата обращения 03.11.2012).
14. Ржевский краностроительный завод: официальный сайт ОАО «Ржевский краностроительный завод»: [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.rkz-gzhev.ru/> (дата обращения: 03.11.2012).
15. Ржевский экспериментальный ремонтно-механический завод: официальный сайт ОАО «Ржевский экспериментальный ремонтно-механический завод»: [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [http:// www.remz.ru/](http://www.remz.ru/) (дата обращения: 03.11.2012).
16. Смит А. Прикладная ИК спектроскопия. М.: Мир, 1982. 328 с.
17. 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.
18. De Oliveira L.F.C, Edwards H.G.M., Feo-Manga J.C, Seaward M.R.D. Lucking R FT-Raman spectroscopy of three foliicolous lichens from Costa Rican rainforests // Lichenologist. 2002. Vol. 34, Iss. 3. P. 259–266.
19. Howell B., Edwards H.G.M., De Oliveira L.F.C, Seaward M.R.D.

- FT-Raman spectroscopy of the Christmas wreath lichen, *Cryptothecia rubrocincta* (Ehrenb., Fr.) // *The Lichenologist*. 2005. Vol. 37. P. 181–189.
20. Howell G.M., Edwards H.G.M., Seaward M.R.D., Attwood S.J., Little S.J., De Oliveira L.F.C, Tretiach M. FT-Raman spectroscopy of lichens on dolomitic rocks: an assessment of metal oxalate formation // *Analyst*. 2003. Vol. 128. P. 1218-1221.
21. Infrared characteristic group frequencies. Tables and Charts / ed. G. Socrates. London: John Wiley and Sons, 1994. 256 p.
22. 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.
23. Meysurova A.F., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M. IR spectroscopic study on indicator species of lichens for detection of nitrogen dioxide in atmosphere // 11th European Meeting on Environmental Chemistry – EMEC, Portoroz, Slovenia, December 8–11: Book of abstracts. Nova Gorica: University, 2010. P. 30.
24. Sokolowski F., Modler A.J., Masuch R., Zirwer D., Baier M., Lutsch G., Moss D.A., Gast K., Naumann D. Formation of critical oligomers is a key event during conformational transition of recombinant syrian hamster // *Jour. of biolog. chemistry*. 2003. Vol. 278, № 42. P. 40481–40492.
25. Stehfest K., Boese M., Kerns G., Piry A., Wilhelm C. Fourier transform infrared spectroscopy as a new tool to determine rosmarinic acid in situ // *Jour. Plant Physiol*. 2003. Vol. 9. C. 78–86.

**ASSESSMENT OF THE CONDITION OF THE ATMOSPHERE
IN RZHEV BY MEANS OF FTIR SPECTROSCOPY
OF *HYPOGYMNIA PHYSODES***

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

Tver State University

By means of FTIR spectroscopy analysis of epiphytic lichens the assessment of a condition of the atmosphere in the city of Rzhev is carried out. In air are found gray (SO_2 and/or H_2SO_4) and nitrogen-containing pollutant (NO_2 and/or HNO_3 , NH_3 and/or NH_4^+). However specifics of the city is defined by acid pollution with SO_2 participation. High concentration of this pollutant are noted in the northwest of the city where there is the main industrial potential. Results of the current single measurements of SO_2 by means of IR of a gas analyzer showed that activity of these enterprises defines high concentration of it gas and now. The complex assessment of a

condition of the atmosphere of Rzhev allowed to develop recommendations about improvement of an ecological situation in the city.

Keywords: *Rzhev, monitoring, acid pollution of the atmosphere, epiphyte lichens, FTIR spectroscopy, pollutant, industrial enterprises, transport, sulfons, ammoni 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—доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники, ФГБОУ ВПО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: anotov@mail.ru

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