

УДК 615.322

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ФУРЬЕ-ИК СПЕКТРОСКОПИИ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
POTENTILLA ERECTA(L.) RAEUSCH.
ПОД ДЕЙСТВИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

**Н.В. Ильяшенко, В.Д. Ильяшенко, С.М. Дементьева,
С.Д. Хижняк, П.М. Пахомов**

Тверской государственный университет

*Методом ИК спектроскопии исследован химический состав корневища *Potentilla erecta* (L.) Raeusch., собранного в фоновой зоне и зоне с антропогенным загрязнением (ТЭЦ-3 г. Твери) при разной степени удаления от источника загрязнения. Обнаружено увеличение интенсивности некоторых ИК полос поглощения в спектрах образцов корневища *P. erecta* в зависимости от роста степени загрязнения. Данные метода ИК спектроскопии доказывают наличие двуокиси серы, одного из основных загрязнителей атмосферы г. Твери в воздушных выбросах ТЭЦ-3.*

*Ключевые слова: *Potentilla erecta* (L.) Raeusch., Фурье-ИК спектроскопия, лекарственные растения.*

Введение. Использование лекарственных растений в медицине становится все более актуальным, особенно сейчас, поскольку наблюдается увеличение числа заболеваний различной природы, так как применение синтетических лекарственных препаратов не всегда эффективно.

Большой интерес в фармакогнозии представляет лапчатка прямостоячая (*Potentilla erecta* (L.) Raeusch.) корневище которой обладает ценными фармакологическими свойствами: противовоспалительным, бактерицидным, кровоостанавливающим и др. [7]. Известно, что растения способны накапливать разные вещества из окружающей среды, поэтому их сбор желательно производить в местах с минимальной антропогенной нагрузкой. Важным этапом производства лекарственных препаратов является анализ растительного сырья. Применение ИК спектроскопического метода для изучения влияния разных факторов на химический состав корневищ является перспективным направлением и имеет большое практическое значение.

Цель данной работы – изучение устойчивости *P. erecta* к воздействию антропогенных факторов окружающей среды с помощью метода Фурье-ИК спектроскопии.

Материал и методика. Объектом исследования были корневища средневозрастных генеративных растений *P. erecta*, собранные во время цветения (июнь – сентябрь 2008 г.) в Осташковском р-не Тверской обл., являющейся фоновой зоной, и г. Твери в местах с различным антропогенным загрязнением (табл. 1). В каждом месте сбора были выполнены геоботанические описания.

Места сбора *Potentilla erecta*

№ образца	Местообитание
I	г. Тверь, в 0,5 м от канала ТЭЦ-3, участок с признаками загрязнения
II	г. Тверь, в 50 м от канала ТЭЦ-3, участок с признаками загрязнения
III	г. Тверь, в 100 м от канала ТЭЦ-3, участок с признаками загрязнения
IV	г. Тверь, в 30 – 40 м от ограждения ТЭЦ-3, участок с признаками загрязнения
V	Осташковский р-н Тверской обл., окрестности оз. Сиг, чистый участок (фоновая зона)

Растения высушивали в соответствии с правилами заготовки лекарственного сырья [8]. Для получения ИК спектров разных частей растений использовали стандартную методику приготовления таблеток с бромидом калия (KBr) [5]. Для этого отдельные части растений измельчали в вибрмельнице. Из полученного порошка брали навеску 2,2 – 2,3 мг, которая смешивалась с кристаллами KBr (0,7 г), затем смесь прессовали под вакуумом в специальной пресс-форме. Образец для исследования получался в виде прозрачной таблетки. Регистрация спектров осуществлялась на Фурье-ИК спектрометре «Equinox 55» фирмы «Bruker».

Результаты и обсуждение. На рис. 1, 2 изображены ИК спектры образцов корневищ *P. erecta*, собранные в фоновой зоне (V место сбора) и из мест с антропогенной нагрузкой, а именно: I место сбора, где растения непосредственно находились в контакте с водой канала ТЭЦ-3, и IV – у ограждения предприятия ТЭЦ-3. Были зарегистрированы ИК спектры образцов корневищ *P. erecta*, собранных на участках в разной степени удалённых от источника загрязнения (г. Тверь, окрестности канала ТЭЦ-3) (рис. 1, 2).

При сравнении спектров образцов корневищ из разных мест сбора обнаружено их значительное сходство в области валентных и деформационных колебаний: ~ 3420 , ~ 1732 , ~ 1620 , ~ 1025 см^{-1} (табл. 2), что указывает на определенную устойчивость химического состава данной части растения к антропогенному воздействию (рис. 1, 2) [1; 3; 4; 9].

Во всех спектрах исследованных образцов обнаружены полосы поглощения, отражающие общий химический состав корневищ растения, который представлен углеводами ~ 80 % (клетчатка, растворимые углеводы), белками ~ 9 %, жирами $\sim 3,7$ %, дубильными веществами и специфическими действующими веществами [7].

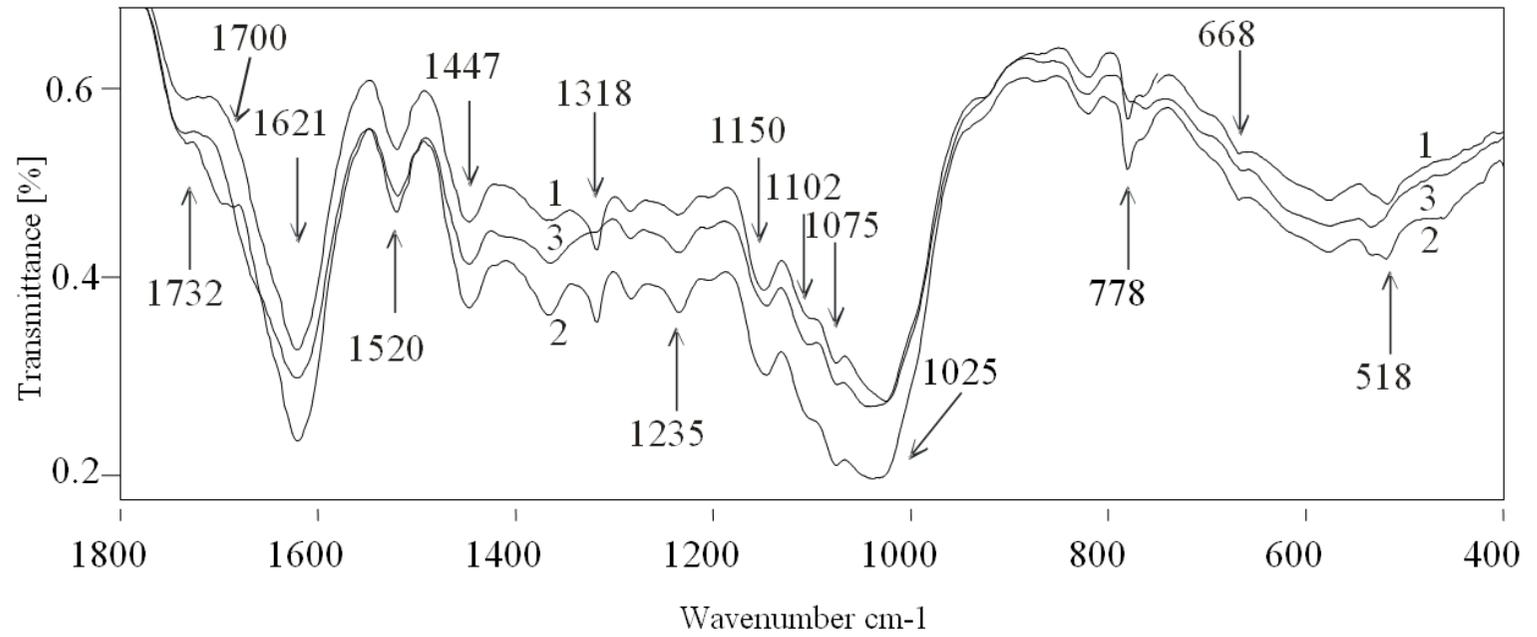


Рис. 1. ИК спектры образцов корневищ *Potentilla erecta*:
1 – I; 2 – IV; 3 – V

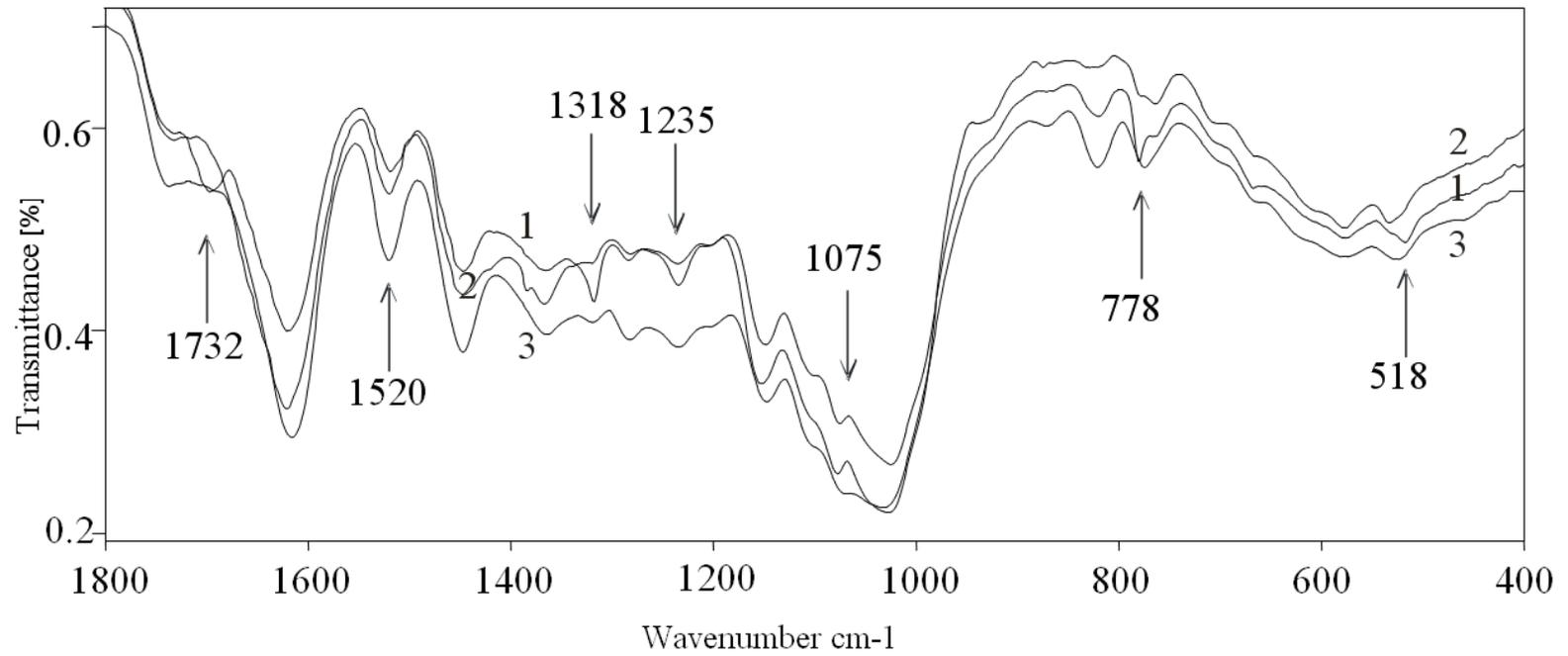


Рис. 2. ИК спектры образцов корневища *Potentilla erecta*:
1 – I; 2 – II; 3 – III

Углеводный состав корневища определяется следующими полосами поглощения, обусловленными валентными и деформационными колебаниями метиленовых групп на частотах: ~ 2926 , ~ 1447 см^{-1} и гидроксильных групп на частотах ~ 3404 , ~ 1621 , ~ 1075 см^{-1} (табл. 2) [2; 5; 9].

О присутствии белков свидетельствуют характеристические полосы амидных групп на частотах ~ 1621 (Амид I), ~ 1520 см^{-1} (Амид II). Жирам соответствуют полосы поглощения на частотах ~ 1732 ($\nu_{\text{C=O}}$), ~ 1447 ($\delta_{\text{-CH}_2-}$) [3; 9].

Особое внимание привлекает область деформационных колебаний ($400 - 1750$ см^{-1}), поскольку именно в этой области для ряда характеристических полос поглощения установлены основные различия. Обнаружено закономерное появление ряда характеристических полос сульфосодержащих групп. Заметные различия ИК спектров образцов корневищ *P. erecta*, собранных в районе канала ТЭЦ-3, имеются для полос с колебанием ~ 1317 см^{-1} , что, вероятно, связано с разрушением третичной структуры белка и дальнейшим окислением серы. Данная полоса относится к валентным колебаниям SO_2 -группы (сульфоны), наибольшая интенсивность которой отмечается в спектрах образцов из I, IV мест сбора. При снижении антропогенной нагрузки интенсивность данной полосы поглощения уменьшается (II, III места сбора), а в спектрах из фоновой зоны отсутствует (рис. 1, 2) [1; 3; 9].

При удалении от канала ТЭЦ-3 интенсивность полосы ~ 778 см^{-1} , соответствующая деформационным колебаниям сульфогрупп уменьшается (табл. 2). Так в спектрах образцов из II, III мест сбора данная полоса проявляется в виде плеча, а в спектре из фоновой зоны ее интенсивность минимальна (рис. 1, 2). Также обнаружены небольшие различия на частотах ~ 668 , ~ 517 см^{-1} (сульфоны), наибольшая интенсивность которых наблюдается в спектрах корневищ из I, IV мест сбора [1; 3; 9].

В спектрах образцов из фоновой и загрязненных зон были зарегистрированы изменения в области валентных колебаний карбонильной и эфирной групп ($\nu_{\text{C=O}}$): разное по интенсивности поглощение в спектрах корневищ обнаружено на частоте ~ 1621 см^{-1} и ~ 1732 см^{-1} , что, вероятно, связано с изменением содержания действующего вещества (табл. 2). Полоса поглощения ~ 1235 см^{-1} имеется в спектрах всех образцов, но более интенсивна она в корневищах из мест сбора II, IV (рис. 1, 2) [2; 3].

Ниже представлена таблица, в которой дана интерпретация полос поглощения в ИК спектрах исследованных образцов.

В ходе исследования был проведен сравнительный анализ спектров образцов сердцевин и коры корневища *P. erecta*. Выяснено, что спектры образцов корневищ *P. erecta*, собранных на участках с признаками загрязнения (I место сбора) имеют меньшее сходство, чем спектры образцов сердцевин и коры корневища из фоновой зоны (V место сбора) (рис. 3, 4).

ИК спектры образцов сердцевин и коры корневищ *P. erecta* из фоновой зоны, основные полосы поглощения которых сходны, а отличия проявляются лишь в их интенсивности, представлены на рис. 3.

Таблица 2

Интерпретация полос поглощения в ИК спектрах образцов *Potentilla erecta*

Частоты, см ⁻¹	Интерпретация полос поглощения
~3404	Валентные колебания –ОН группы, (ν_{OH}), [1; 3; 5; 9]
~2926	Ассиметричные валентные колебания CH ₂ – и CH ₃ – группы, (ν_{CH_2}) и (ν_{CH_3}), [2; 3; 4; 9]
~1732	Валентные колебания карбонильной группы (C=O), сложные эфиры ($\nu_{C=O}$), [1; 3; 9]
~1700	Валентные колебания карбоновых кислот, ($\nu_{C=O}$), [3; 9]
~1621	Деформационные колебания –ОН, –NH групп, (δ_{OH} , δ_{NH}), Амид I (C=O), [3; 9]
~1520	Амид II, (δ_{NH}), тритерпеновые соединения – C=C сопряженные, [1; 3; 9]
~1447	Деформационные колебания –CH ₂ –, (δ_{CH_2}), [2; 3; 9]
~1318	Ассиметричные валентные сульфоны, R–SO ₂ –R (ν_{SO_2}), [1; 3; 9]
~1235	Ассиметричные валентные C–O–C, (δ_{C-O-C}), [2; 3; 9]
~1150	Ассиметричные валентные C–O–C, (δ_{C-O-C}), [2; 3; 9]
~1102	Валентные –C–N–, (δ_{C-N}), [1; 3; 9]
~1075	Валентные –C–OH, (δ_{C-OH}), [1; 3; 9]
1040–1025	Скелетные колебания –CO, (ν_{CO}), [1; 2; 3; 9]
~778	Сульфоны, R–SO ₂ –R, [3; 9]
~668	Сульфоны, R–SO ₂ –R, [3; 9]
~517	Сульфоны, R–SO ₂ –R, [3; 9]

На рис. 4 изображены ИК спектры коры и сердцевин корневич *P. erecta* из загрязненной зоны (I место сбора). В спектрах из экологически загрязнённого места произрастания (место сбора I), имеются явные различия: в спектре сердцевин меняется интенсивность полос сульфосодержащих групп (~1318, ~778, ~668, ~517 см⁻¹) (рис. 3, 4).

В результате исследования были обнаружены изменения в спектрах корневич *P. erecta* из места сбора I. Здесь имеются различия в поведении полос поглощения в области 1080 – 1020 см⁻¹, а именно: в спектре сердцевин увеличивается интенсивность полосы с отнесением ~1075 см⁻¹ и прослеживаются изменения в области низкочастотных колебаний (580 – 440 см⁻¹), что, вероятно, связано с функциональными особенностями разных частей корневича (рис. 4).

С помощью ИК спектроскопического метода установлено, что химический состав корневич является чувствительным к воздействию антропогенных факторов (в данном случае к загрязнению окружающей среды выбросами ТЭЦ-3 г. Твери), что имеет большое значение, так как в фармакогнозии используются именно корневича растений.

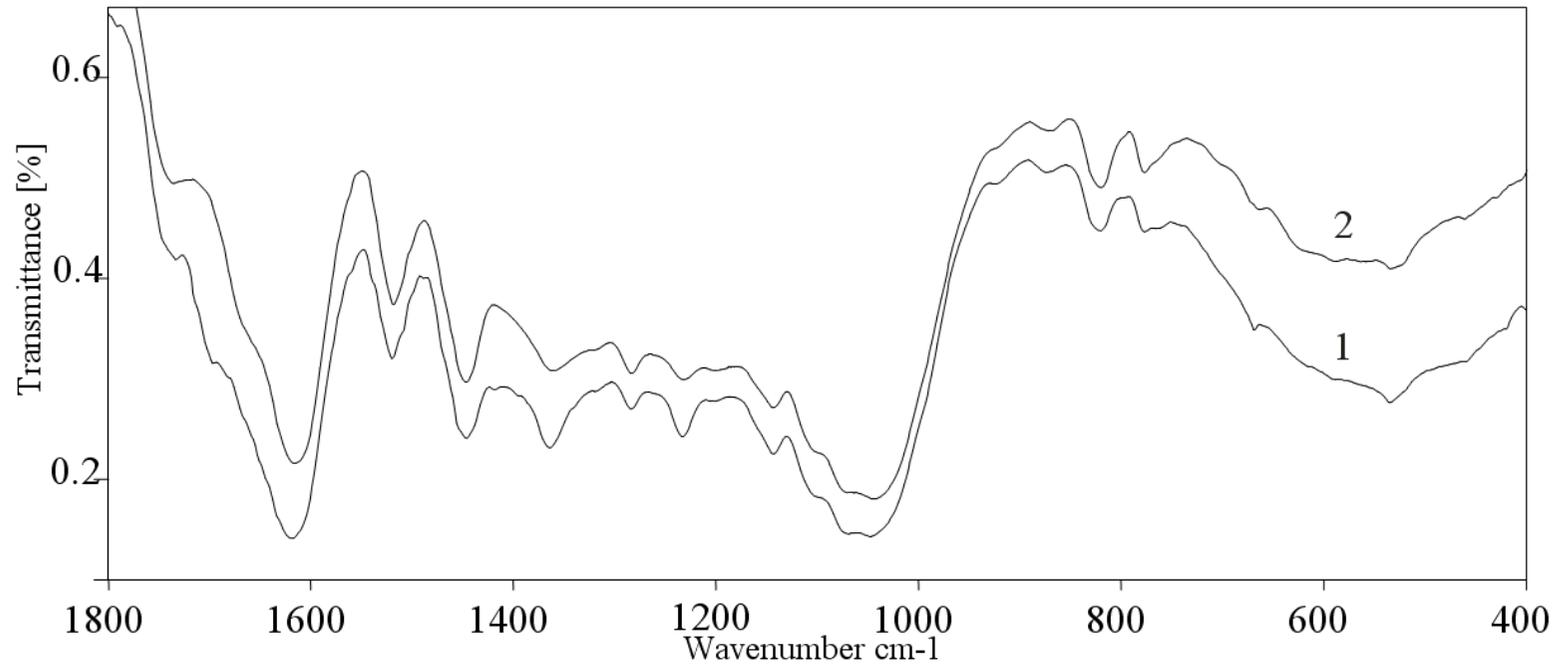


Рис. 3. ИК спектры образцов коры (1) и сердцевины (2) корневищ *Potentilla erecta* из фоновой зоны (V)

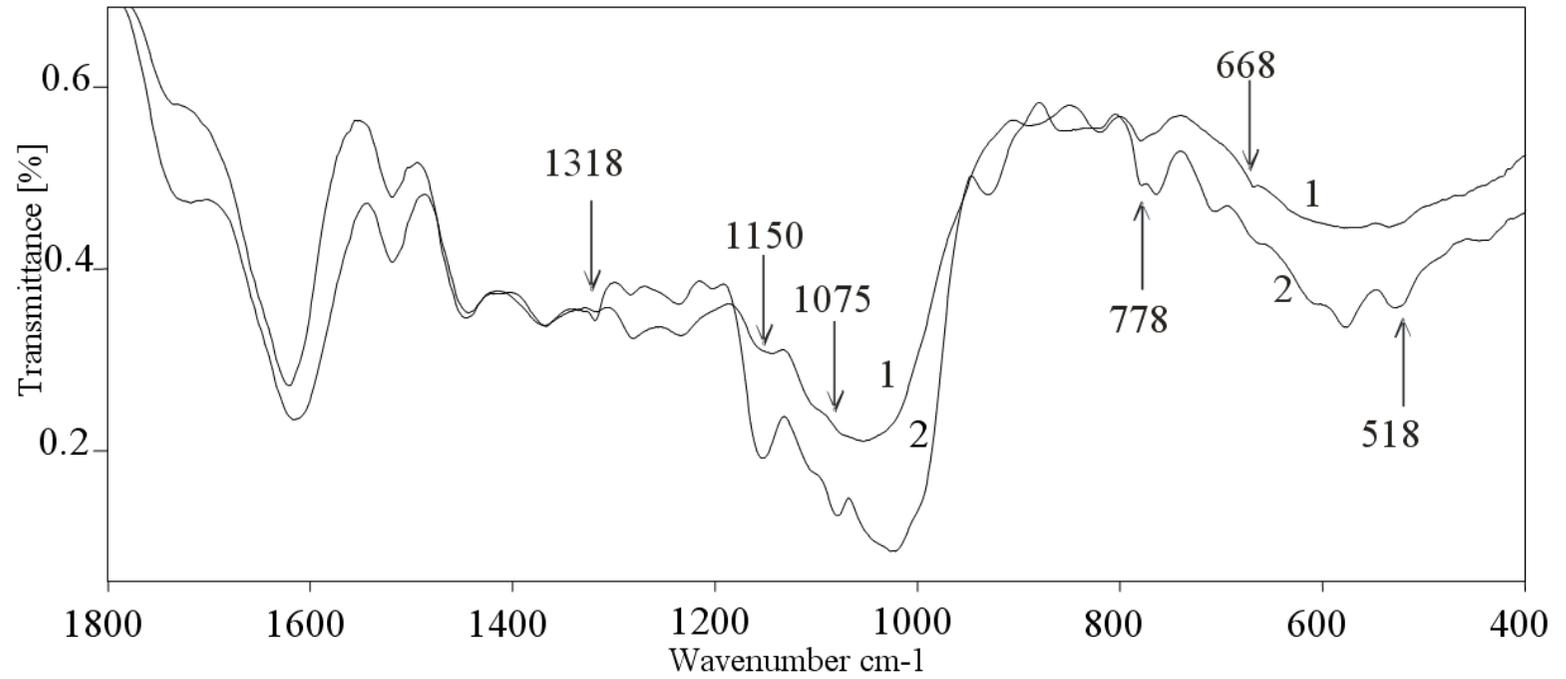


Рис. 4. ИК спектры образцов коры (1) и сердцевины (2) корневищ *Potentilla erecta* из места обитания I

Применение метода Фурье-ИК спектроскопии для изучения химического состава лекарственных растений может иметь широкое практическое значение как метод экспресс-анализа сырья, поступающего для производства лекарственных препаратов.

Таким образом, данные метода ИК спектроскопии подтверждают наличие выбросов в воздух двуокиси серы предприятием ТЭЦ-3, являющимся одним из основных загрязнителей атмосферы города Твери.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильяшенко Н.В., Ильяшенко В.Д., Дементьева С.М., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. Использование метода Фурье-ИК спектроскопии в изучении изменений химического состава *Videns tripartita* L. под действием антропогенных факторов // Регионы в условиях неустойчивого развития: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Вопросы дальнейшего развития регионов России в условиях мирового финансового кризиса», г. Шарья, 23 – 25 апр. 2009 г. / Сост. А.М. Базанков, И.Г. Криницын, А.П. Липаев. Шарья, 2009. Т.2. С. 85 – 87.
2. Ильяшенко В.Д., Ильяшенко Н.В., Дементьева С.М., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. Устойчивость химического состава надземных частей *Hypericum perforatum* L. к антропогенному воздействию. Данные метода Фурье-ИК спектроскопии // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2008. Вып. 8, №20 (80). С. 71 – 76.
3. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М., 1965.
4. Полежаева И.В., Полежаева Н.И., Меняйло Л.Н., Павленко Н.И., Левданский В.А. Изучение экстрактивных веществ *Chamerion angustifolium* (L.) Holub // Химия растительного сырья. 2005. Вып. 1. С. 25 – 29.
5. Рудакова О.А., Жуков В.К., Пармон С.В., Лучинина Я.Л. Химический состав экстрактов, выделенных из тростника // Химия растительного сырья. 2001. Вып. 1. С. 93 – 97.
6. Смит А. Прикладная ИК – спектроскопия. М., 1982.
7. Тихонова В. Л. Лапчатка прямостоячая // Биологическая флора Московской области. М., 1974. Вып. 1. С. 67 – 77.
8. Турова А.Д. Лекарственные растения СССР и их применение. М., 1982.
9. Socrates G. Infrared characteristic group frequencies: Tables and Charts. London, 1994.

**USE OF THE FOURIER IR SPECTROSCOPY
FOR THE STUDY OF CHEMICAL COMPOSITION CHANGES
OF *POTENTILLA ERECTA* (L.) RAEUSCH.
UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS**

**N.V. Ilyashenko, V.D. Ilyashenko, S.M. Dementieva,
S.D. Khizhnyak, P.M. Pakhomov**

Tver State University

*Making use of IR spectroscopy a study is made of the chemical composition of *Potentilla erecta* (L.) Raeusch. rhizomes collected in the background and polluted zones of the heat and power plant-3 of Tver at different distances from the pollution source. An increase of the intensity of some IR absorption bands depending on the pollution rate was found to be present in the spectra of *P. erecta* rhizomes. The results of IR spectroscopy demonstrate the existence of sulphur dioxide in the air emissions of the plant-3 being the main atmosphere pollutant in Tver.*