

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ НА ВЫСШИЕ ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ МЕТОДОМ ФУРЬЕ-ИК СПЕКТРОСКОПИИ

Т.П. Петушкова, С.М. Дементьева, С.Д. Хижняк, П.М. Пахомов

Тверской государственный университет

Представлены результаты Фурье-ИК спектроскопического анализа трех видов высших водных растений. Установлено увеличение интенсивности некоторых ИК-полос поглощения растений из разных водных объектов в зависимости от степени загрязнения.

*Ключевые слова: водные растения, экотоксиканты, химический состав, метод Фурье-ИК спектроскопии, *Elodea canadensis*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*.*

Одним из важнейших компонентов водных экосистем являются высшие водные растения, нормально развивающиеся в условиях водной среды и избыточного увлажнения и обитающие как в воде, так и в прибрежной зоне. Высшие водные растения представляют начальное звено в круговороте веществ и энергии как первичные продуценты органического вещества, вовлечены в разнообразные процессы, играют огромную роль в поддержании сложившегося естественного равновесия в водоемах и в природных ландшафтах в целом. Поскольку растительность водоема отражает его гидрологический и термический режим, трофический статус и возраст (как стадию развития), то водные фитоценозы и отдельные виды высших водных растений можно использовать в качестве биоиндикаторов как в чистых водах, так и при определении степени и характера антропогенного воздействия.

Высшие водные растения интенсивно поглощают биогенные элементы, минеральные и органические вещества, накапливают ионы тяжелых металлов и радионуклиды, выступают в роли минерализаторов и детоксикантов, а также биофильтров пестицидов и нефтепродуктов. В зарослях водных растений осаждается значительное количество приносимых с водой минеральных и органических взвесей. Таким образом, высшие водные растения являются прекрасным естественным биофильтром, предохраняющим водную массу от загрязнений и ограничивающим чрезмерное развитие фитопланктона [3].

Способность высших водных растений накапливать вещества в концентрациях, превышающих фоновые значения, зафиксированные в окружающей среде, обусловила возможность их использования в системе мониторинга и контроля состояния окружающей среды.

Цель работы – исследование влияние экотоксикантов на химический состав высших водных растений с помощью метода Фурье-ИК спектроскопии.

Объектами изучения явились *Elodea canadensis* Michx., *Ceratophyllum demersum* L., *Myriophyllum spicatum* L. При выборе данных видов в качестве индикатора учитывались структурные (биомасса, представительность и частота встречаемости данного вида) и функциональные (динамика накопления экотоксикантов, время жизни) признаки. Исследуемые виды наиболее встречаемы в пределах района исследований и способны произрастать как в чистых, так и загрязненных местообитаниях. Они встречаются в стоячих, медленно текущих водах, прудах, речных заводях, старицах; обладают способностью аккумулировать радиоизотопы, высокой устойчивостью к загрязнению нефтью и нефтепродуктами; повышают способность бактериального заселения; участвуют в процессе разложения нефти; используются для очистки фенолсодержащих стоков, обогащают воду кислородом [3].

Исследуемые водные растения были собраны на территории г. Твери и Тверской обл. в летний период 2007 г. в разных точках, которые делили по фактору близости к источнику загрязнения на две группы – относительно чистые (оз. Селигер, оз. Белое Осташковский р-н, оз. Устьим Удомельский р-н, карьер д. Чуприяново Калининский р-н) и загрязненные (р. Лазурь г. Твери).

Спектры образцов были записаны на Фурье-ИК спектрометре «Equinox55» фирмы «Bruker» в диапазоне частот 4000–400 см⁻¹. При записи ИК-спектров образцы готовили в виде таблеток с бромидом калия (KBr) [4]. Для этого листья видов *Elodea canadensis*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum* фиксировали при температуре 125 °С и досушивали при температуре 45 °С, измельчали в вибрмельнице, брали навеску 3 мг и смешивали с порошком KBr (0,7 г). Затем смесь прессовали под давлением 20 атм. в специальной пресс-форме с вакуумной откачкой при комнатной температуре и получали прозрачную таблетку.

ИК-спектроскопический анализ показал, что все исследуемые виды имеют полосы поглощения, соответствующие химическому составу растений (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав исследуемых видов [3]

Вид	Химический состав				
	Белки	Жиры	Углеводы	Безазотистые экстрактивные вещества	Зола
<i>Elodea canadensis</i>	14–16%	1–2%	35–46%	16–29%	До 20%
<i>Ceratophyllum demersum</i>	18%	1%	11%	46%	До 23%
<i>Myriophyllum spicatum</i>	16%	1–2%	18%	42%	До 20%

О присутствии углеводов свидетельствуют полосы поглощения, обусловленные валентными и деформационными колебаниями метиленовых групп на частотах 3405 см⁻¹, 2920 см⁻¹ [1; 6] и гидроксильных групп на частотах 1085 см⁻¹, 1150 см⁻¹ [4]. О наличии белков свидетельствуют полосы поглощения на частоте 1640 см⁻¹ (Амид I) [1].

При сравнении ИК спектров изучаемых видов из относительно чистых и загрязненных местообитаний отмечено значительное изменение химического состава растений. Причем наиболее интенсивные полосы поглощения обнаружены в образцах, отобранных в зоне промышленного загрязнения. В образцах из водоемов, не подверженных прямому загрязнению, интенсивность полос находится на уровне фоновых величин.

ИК спектры всех трех видов из загрязненных местообитаний (рис. 1–3) демонстрируют существенные изменения на частотах: 2519 см⁻¹, вызванные валентными колебаниями S-H групп; 1795 см⁻¹ – валентными колебаниями C=O групп; 875 см⁻¹, 798 см⁻¹ – деформационными колебаниями C-H групп и 713 см⁻¹ – валентными колебаниями C-S-C групп (табл. 2).

Таблица 2

Отнесение некоторых ИК-полос поглощения

Волновое число, см ⁻¹	Возможные отнесения	Литература
2519	Валентные колебания S-H групп	6
1795	Валентные колебания C=O групп	4,6
875	Деформационные колебания C-H групп	4
798	Деформационные колебания C-H групп	4
713	Валентные колебания C-S-C групп	4,6

При сравнении ИК спектров *Myriophyllum spicatum* (рис. 1) из относительно чистого и загрязненного местообитаний наблюдаются наибольшие изменения на частотах 875 см^{-1} , 713 см^{-1} , а также появление изменений в виде плеча на частотах 2519 см^{-1} и 1795 см^{-1} . Кроме того, на спектрах *Myriophyllum spicatum* отсутствует полоса поглощения на частоте 798 см^{-1} , которая хорошо выражена на ИК спектрах *Ceratophyllum demersum* и *Elodea canadensis*.

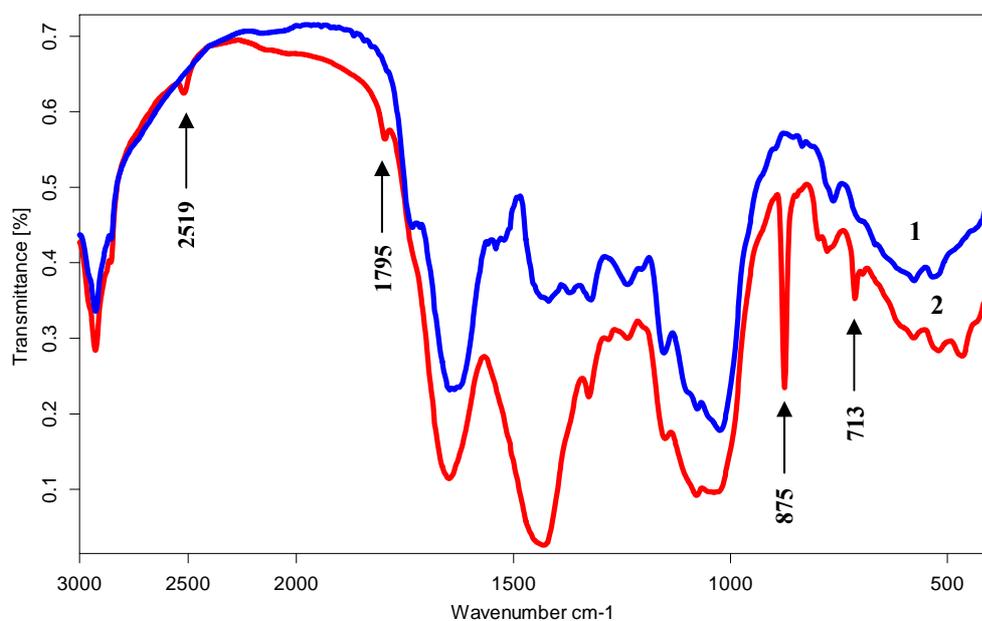


Рис. 1. ИК спектры образцов *Myriophyllum spicatum* из относительно чистых (1) и загрязненных (2) местообитаний:

1 – оз. Белое; 2 – р. Лазурь (около автостоянки)

ИК спектры *Ceratophyllum demersum* (рис. 2) из относительно чистого и загрязненного местообитаний показывают изменения на всех перечисленных частотах, но в меньшей степени по сравнению со спектрами образцов *Myriophyllum spicatum* и *Elodea canadensis*.

Сравнительный анализ ИК спектров *Elodea canadensis* (рис. 3) из относительно чистых и загрязненных местообитаний демонстрирует изменения в наибольшей степени на частотах 875 см^{-1} , 798 см^{-1} , 713 см^{-1} . Причем следует отметить, что ИК спектр данного вида из относительно чистого местообитания (оз. Селигер) имеет сходные полосы поглощения со спектрами из загрязненного местообитания на частотах 2519 см^{-1} , 1795 см^{-1} , 875 см^{-1} , 713 см^{-1} , тогда так на спектрах данного вида из относительно чисто местообитания (оз. Устьим) этих сходств не наблюдается. Кроме того, на спектрах *Elodea canadensis* (рис. 3) из относительно чистого местообитания – оз. Селигер – имеется полоса поглощения на частоте 1278 см^{-1} , которая не характерна для спектра из загрязненного местообитания.

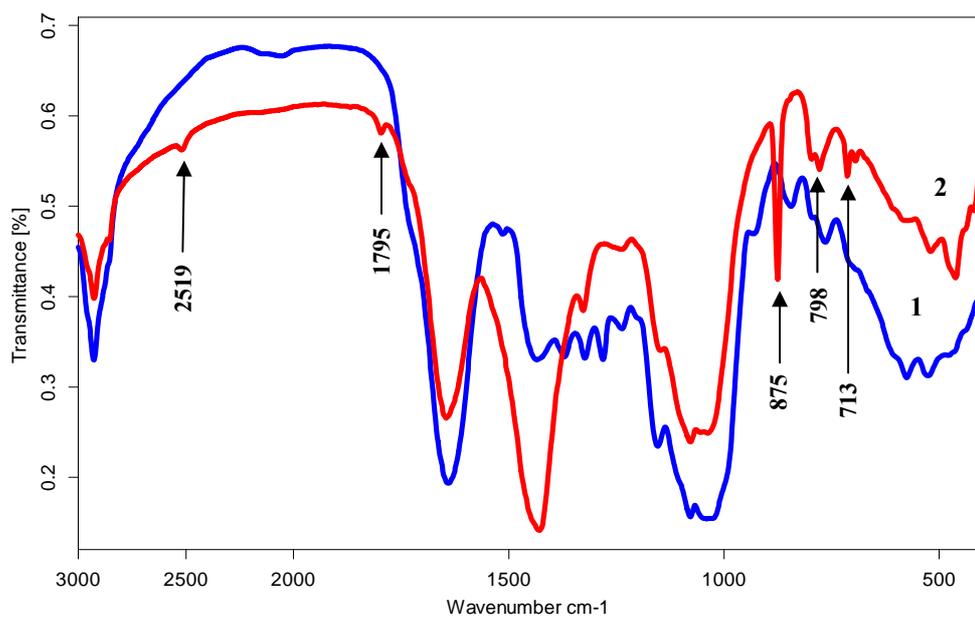


Рис. 2. ИК спектры образцов *Ceratophyllum demersum* из относительно чистых (1) и загрязненных (2) местообитаний:

1 – карьер д. Чуприяново; 2 – р. Лазурь (около автостоянки)

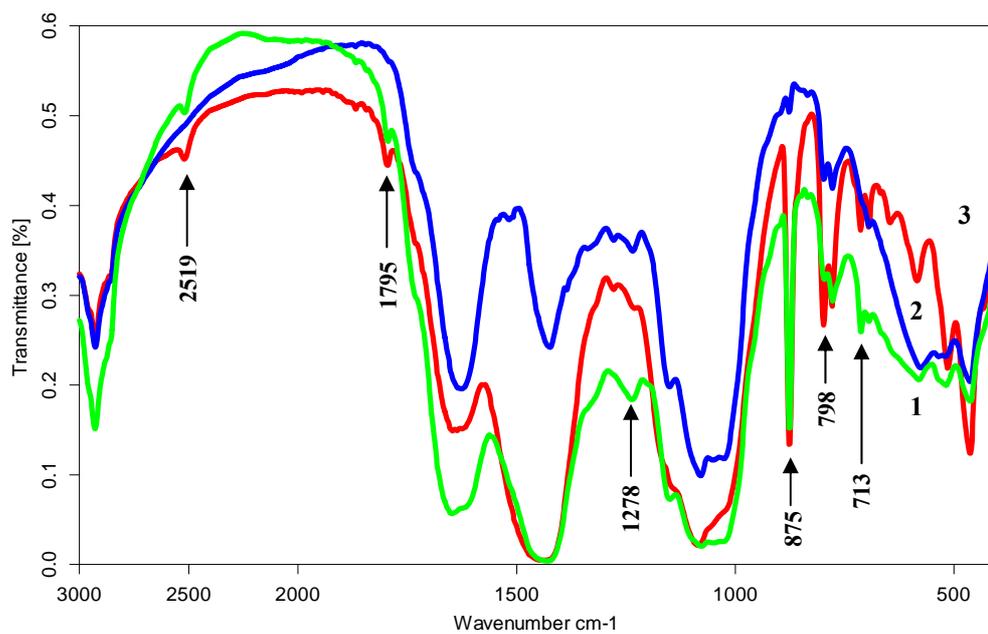


Рис. 3. ИК-спектры образцов *Elodea canadensis* из относительно чистых (1, 2) и загрязненных (3) местообитаний:

1 – оз. Селигер; 2 – оз. Устьим; 3 – р. Лазурь (около автостоянки)

Сравнительный анализ данных видов из разных местообитаний позволяет предположить, что рост интенсивности вышеуказанных полос поглощения в образцах, взятых из загрязненных водоемов, может быть связан с увеличением количества растворенных белков и небелковых соединений, содержащих тиольные группы [5], либо с повышением содержания углеводов в воде, что стимулирует накопление аминокислот в биомассе высших водных растений [2].

Таким образом, с помощью метода Фурье-ИК спектроскопии удалось подтвердить способность высших водных растений активно реагировать на изменение химического состава воды изменением интенсивности отдельных полос поглощения. Материалы исследования позволяют рекомендовать метод Фурье-ИК к использованию в целях биомониторинга загрязненных водных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мейсунова А.Ф., Дементьева С.М. Мониторинг окружающей среды. Ч. 1. Применение ИК-спектроскопии в лишеноиндикационных исследованиях. Тверь, 2005.
2. Садкова О.А., Коннова С.А., В.В. Игнатов В.В. Полисахариды и свободные аминокислоты высших водных растений // II Всерос. конф. «Химия и технологии растительных веществ». Казань, 2002. С. 89–90.
3. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Гидророботаника: Прибрежно-водная растительность: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М., 2005.
4. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия: Пер. с англ. М., 1982.
5. Чукина Н.В. Влияние загрязнения водной среды на химический состав листьев гидрофитов // Материалы докл. XIII Междунар. молодеж. школы-конф., Борок, 23–26 октября 2007 г. Рыбинск, 2007. С. 290–296.
6. Infrared characteristic group frequencies. Tables and Charts / G. Socrates. London, 1994.

THE RESEARCH ON THE INFLUENCE OF ECOTOXICANTS ON HIGHER WATERPLANTS BY THE FOURIER'S METHOD OF SPECTROSCOPY

T.P. Petushkova, S.M. Dementieva, S.D. Khyzhnyak, P.M. Pakhomov

Tver State University

The results of the Fourier's spectroscopy method of three species of higher water plants are presented. The increased intensity of some infrared absorption band of plants from different water objects depended of the level of pollution was pointed out.