

УФ-СПЕКТРОСКОПИЯ В ИЗУЧЕНИИ ОБРАЗЦОВ ПОДОРОЖНИКА БОЛЬШОГО

А.А. Малинина, М.Г. Виноградова

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», Тверь

В работе представлены результаты УФ-спектроскопического анализа листьев подорожника большого, собранных в зонах с разной степенью антропогенного воздействия на территории Калининского муниципального округа. Методом УФ-спектроскопии изучены водные и спиртовые экстракты растительного сырья, идентифицированы основные группы фенольных соединений. Установлено, что образцы из промышленных и придорожных зон демонстрируют повышенное поглощение в области 250-300 нм, что свидетельствует о наличии ароматических углеводов и изменении фенольного профиля. Наиболее близким к фоновому образцу оказался подорожник из лесного фитоценоза, однако в нем отмечено повышенное содержание флавоноидов, характерное для естественных стрессовых условий.

Ключевые слова: *УФ-спектроскопия, фенольные соединения, флавоноиды, лекарственные растения, биоиндикаторы.*

Подорожник большой (*Plantago major* L.) традиционно используется в медицине благодаря обширному спектру биологически активных соединений, среди которых особое значение имеют фенольные соединения, включая флавоноиды, фенольные кислоты и ауроны. В условиях усиливающегося антропогенного воздействия на окружающую среду актуальной задачей становится контроль качества растительного сырья, в частности, оценка его химического состава и степени загрязнения.

Цель данной работы изучить химический состав листьев подорожника большого, произрастающего в зонах с различной антропогенной нагрузкой.

Объектом исследования служили листья подорожника большого, собранные в августе 2024 года в четырех местах Калининского муниципального округа: 27-й километр Тургиновского шоссе; лесной фитоценоз д. Езвино; пилорама д. Езвино; д. Рязанова АО «Птицефабрика Верхневолжская». В качестве фоновой образцы была выбрана аптечная форма листьев подорожника [1].

УФ-спектроскопия является одним из наиболее доступных и информативных методов анализа соединений в растительных экстрактах. Метод основан на регистрации электронных переходов в хромофорных

системах молекул, что позволяет идентифицировать отдельные классы соединений по характерным полосам поглощения.

Высушенные листья подорожника большого измельчили и из навесок (0,1 г) приготовили водные и спиртовые экстракты. Экстракцию проводили в течении 24 часов при 35°C с последующим центрифугированием (12000 об/мин) в течении 20 минут. Регистрация спектров проводилась на УФ-спектрометре фирмы «ThermoScientific» «EvolutionArrayUV-VIS» кафедры физической химии Тверского государственного университета в кварцевых кюветах с толщиной поглощающего слоя в 0,1 см в диапазоне 200-1100 нм.

На рисунках 1 и 2 представлены соответственно УФ-спектры, снятые для всех водных и спиртовых экстрактов. На оси абсцисс указана длина волны (нм), а на оси ординат – оптическая плотность.

УФ-спектры всех исследованных экстрактов показали наличие характерных полос поглощения, соответствующих фенольным соединениям. Во всех водных экстрактах наблюдался выраженный максимум при длине волны $\lambda_{\max} \approx 325$ нм, а также пик с переменной интенсивностью при $\lambda_{\max} \approx 285$ нм (рис. 1).

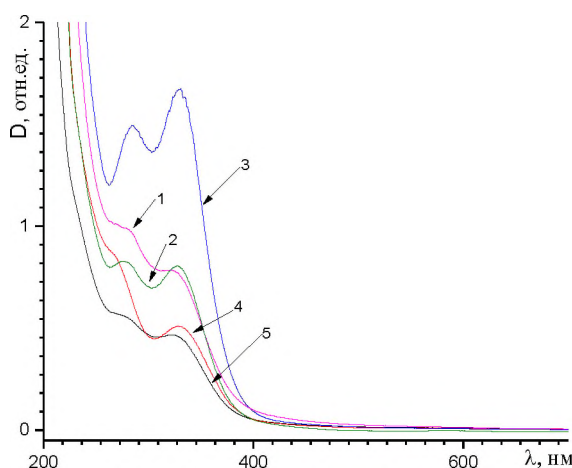


Рис. 1. УФ-спектры водных экстрактов листьев подорожника большого: 1 – фоновый образец; 2 – пилорама д. Езвино; 3 – 27-й километр Тургиновского шоссе; 4 – лесной фитоценоз д. Езвино; 5 – д. Рязаново АО «Птицефабрика Верхневолжская»

В спиртовых экстрактах зарегистрировали дополнительные пики, которые не относятся к фенольным соединениям, в областях ~420 нм и

~660 нм, что указывает на присутствие хлорофилла в листьях образцов (рис. 2).

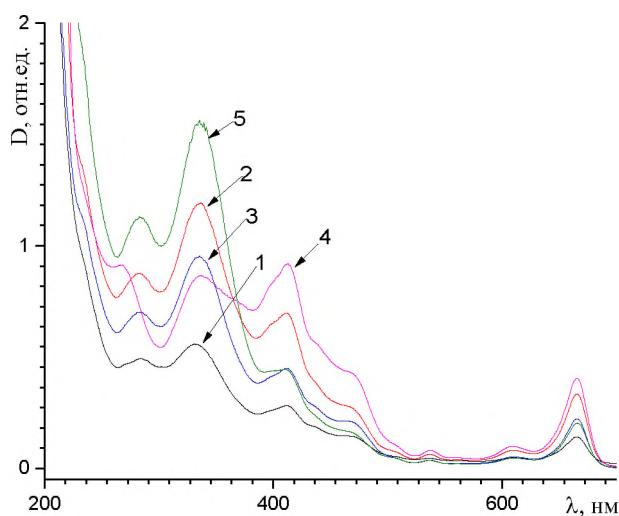


Рис. 2. УФ-спектры спиртовых экстрактов листьев подорожника большого: 1 – фоновый образец; 2 – д. Рязаново АО «Птицефабрика Верхневолжская»; 3 – пилорама д. Езвино; 4 – лесной фитоценоз д. Езвино; 5 – 27-й километр Тургиновского шоссе

Во всех исследованных образцах, как в водных, так и в спиртовых экстрактах, регистрируется полоса поглощения с максимумом в интервале 270–290 нм. Данная полоса является общей для всех образцов, что позволяет отнести её к постоянным компонентам химического состава подорожника большого. По положению максимума и форме полосы можно предположить, что поглощение в этой области обусловлено наличием фенольных кислот, в частности, кофейной и хлорогеновой, а также простых фенольных соединений.

Наиболее интенсивное поглощение в этой области наблюдается у образцов, собранных в зонах с высокой антропогенной нагрузкой: на 27-м километре Тургиновского шоссе, на пилораме в д. Езвино и в д. Рязаново у АО «Птицефабрика Верхневолжская». Усиление интенсивности полосы 270–290 нм в данных образцах по сравнению с фоновым и лесным образцами может свидетельствовать о накоплении дополнительных ароматических структур, поступающих в растение с выхлопными газами и промышленными выбросами.

В спектрах всех водных экстрактов присутствует широкая полоса поглощения с максимумом около 325 нм. В спиртовых экстрактах эта

полоса смещена в более длинноволновую область (330–360 нм) и обладает лучшей разрешенностью. Данная область поглощения характерна для флавоноидных соединений, которые являются одними из основных биологически активных веществ подорожника большого.

Фоновый (аптечный) образец демонстрирует широкую полосу в области 320–355 нм без чётко выраженного пика, что отражает содержание разнообразных флавоноидных гликозидов, свойственное стандартизированному сырью.

Наиболее выраженные и узкие пики в области 340 нм зафиксированы у образца, собранного в лесном фитоценозе д. Езвино. Это указывает на повышенное содержание флавоноидов в листьях подорожника, произрастающего в естественных условиях. Поскольку данный участок характеризуется минимальной техногенной нагрузкой, усиление флавоноидного сигнала, вероятно, связано с естественными стрессовыми факторами среды (например, конкуренция с другими растениями, воздействие фитопатогенов), активирующими защитные механизмы растения, одним из которых является усиленный биосинтез полифенольных соединений.

В образцах из зон с высокой антропогенной нагрузкой (шоссе, пилорама, птицефабрика) полоса флавоноидов менее выражена по сравнению с лесным образцом, что может быть следствием угнетения биосинтетических процессов под действием токсикантов.

В спиртовых экстрактах всех образцов регистрируются дополнительные полосы поглощения в области 420 нм и 660 нм. Данные полосы отсутствуют в водных экстрактах, что подтверждает их принадлежность к хлорофиллу — зелёному пигменту, эффективно экстрагируемому только органическими растворителями. Эти полосы не несут информации о фенольном составе растения, однако их присутствие позволяет контролировать полноту экстракции и оценивать качество приготовленных спиртовых извлечений. Интенсивность полос хлорофилла варьирует между образцами, что может отражать различия в физиологическом состоянии растений.

Сравнение спектров образцов между собой позволяет выделить следующие закономерности:

1. Фоновый образец характеризуется широкими, сглаженными полосами поглощения без резких пиков.

2. Образец из лесного фитоценоза наиболее близок к фоновому по набору полос, однако демонстрирует более выраженное и узкое поглощение в области 340 нм, что интерпретируется как естественное повышение содержания флавоноидов в ответ на факторы природной среды.

3. Образцы из зон с высокой антропогенной нагрузкой (шоссе, пилорама, птицефабрика) объединены общим признаком — усилением поглощения в коротковолновой УФ-области (250–300 нм). Поскольку данный эффект отсутствует у фонового и лесного образцов, он может служить спектральным маркером техногенного загрязнения растительного сырья. Наиболее ярко это явление выражено у образца с 27-го километра Тургиновского шоссе, что согласуется с максимальным уровнем транспортной нагрузки в месте сбора.

Сравнение водных и спиртовых экстрактов оказало, что спирт более эффективно экстрагирует флавоноиды, а также дают более ясную спектральную картину. Водные экстракты дают более общую картину, отражающую совокупность гидрофильных фенольных соединений (табл. 1).

Таблица 1.

Соотнесение полос поглощения в УФ-спектрах экстрактов листьев подорожника большого

Длина волны, нм	Тип экстракта	Идентифицированные вещества и группы соединений
~238	Водный, спиртовой	Простые фенолы, фенольные кислоты
~325	Водный	Флавоноиды (общая полоса)
~330-360	Спиртовой	Флавоноиды
~250-300	Водный, спиртовой	Примеси ароматических углеводов
~270-285	Спиртовой	Фенольные кислоты (кофейная, хлорогеновая)
~340 (узкий пик)	Спиртовой	Флавоноиды
~420	Спиртовой	Хлорофилл
~660	Спиртовой	Хлорофилл

Проведенное исследование показало эффективность метода УФ-спектроскопии как быстрого и надежного метода для предварительной оценки состава и выявления признаков антропогенного загрязнения в лекарственном растительном сырье [2-4].

Установлено, что химический профиль подорожника большого значительно изменяется под влиянием антропогенных факторов. Растения из промышленных и транспортных зон накапливают соединения, проявляющиеся в УФ-спектре дополнительными или усиленными полосами поглощения, что может служить спектральным маркером загрязнения. Подорожник, произрастающий в лесном фитоценозе, обладает фенольным профилем, наиболее соответствующим

стандартизированному сырью, но с повышенным содержанием флавоноидов, характерным для естественных условий.

Полученные данные расширяют возможности использования *Plantago major* L. в качестве биоиндикатора состояния окружающей среды, а УФ-спектроскопию – в качестве инструмента контроля качества и безопасности растительного сырья.

Список литературы

1. Малинина, А.А. Растровый электронный микроанализ в изучении образцов подорожника большого. / А.А. Малинина, М.Г. Виноградова, А.И. Иванова // Вестник ТвГУ. Серия: Химия. – 2025. – №2. – С. 7 – 12. и Виноградова, М.Г. и Иванова, А.И.
2. Виноградова, М.Г. УФ-спектральный анализ сырья ландыша майского / М.Г. Виноградова // Вестник ТвГУ: Строительство. Электротехника и химические технологии. – 2021. – №2. – С. 95 – 102.
3. Оленников, Д.Н. Подорожник большой (*Plantago major* L.). Химический состав и применение / Д.Н. Оленников, А.В. Samuelsen, Л.М. Танхаева // Химия растительного сырья. – 2007. – №2. – С. 37-50.
4. Гончарова, Т.А. Энциклопедия лекарственных растений: Т.1. / Т.А. Гончарова. – М.: Изд. Дом МСП, 1997. – 559 с.

Об авторах:

МАЛИНИНА Алина Александровна – магистр 1-го года обучения кафедры физической химии ТвГУ (170547, Россия, Тверская область, Калининский муниципальный округ, д. Езвино, д. 7, кв. 7). E-mail: malininaalina25@gmail.com.

ВИНОГРАДОВА Марина Геннадьевна – д.х.н., профессор кафедры физической химии ТвГУ (170021, Россия, Тверская область, г. Тверь, ул. Прошина, д. 5, кв. 56). E-mail: Vinogradova.MG@tversu.ru, SPIN-код: 2688-9192, РИНЦ AuthorID: 149251.

UV SPECTROSCOPY IN THE STUDY OF PLANTAIN SAMPLES

A.A. Malinina, M.G. Vinogradova

Tver State University, Tver

The paper presents the results of UV spectroscopic analysis of large plantain leaves collected in areas with varying degrees of anthropogenic impact on the territory of the Kalininsky Municipal District. Water and alcohol extracts of plant raw materials have been studied by UV spectroscopy, and the main groups of phenolic compounds have been identified. It was found that samples from industrial and roadside areas show increased absorption in the range of 250-300 nm, which indicates the presence of aromatic hydrocarbons and a change in the phenolic profile. The plantain from the forest phytocenosis turned out to be the closest to the background sample, however, it showed an increased content of flavonoids, characteristic of natural stressful conditions.

Keywords: *UV spectroscopy, phenolic compounds, flavonoids, medicinal plants, bioindicators.*

Дата поступления в редакцию: 09.03.2026.

Дата принятия в печать: 13.03.2026.