

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ГУМИНОВЫХ  
КИСЛОТ ТОРФОВ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ\*

М.П. Sartakov, I.D. Komissarov,  
Yu.M. Deryabina

THE RESEARCH OF ELECTRONIC SPECTRUM ABSORPTION OF PEATS' HUMIC ACIDS  
OF WESTERN SIBERIA MIDDLE TAIGA ZONE

**Сартаков М.П.** – д-р биол. наук, проф. каф. химии Югорского государственного университета, г. Ханты-Мансийск. E-mail: mpsmps@bk.ru

**Комиссаров И.Д.** – д-р биол. наук, проф., зав. каф. химии Государственного аграрного университета Северного Зауралья, г. Тюмень. E-mail: dissTGSNA@mail.ru

**Дерябина Ю.М.** – соиск., инженер лаб. микроанализа Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН, г. Новосибирск. E-mail: dyulik@nioch.nsc.ru

**Sartakov M.P.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Chemistry, Yugra State University, Khanty-Mansiysk. E-mail: mpsmps@bk.ru

**Komissarov I.D.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Head, Chair of Chemistry, Northern Ural State Agrarian University, Tyumen. E-mail: dissTGSNA@mail.ru

**Deryabina Yu.M.** – Applicant, Engineer, Lab. of Microanalysis, Novosibirsk Institute of Organic Chemistry named after N.N. Vorozhtsov, SB RAS, Novosibirsk. E-mail: dyulik@nioch.nsc.ru

В статье представлены результаты исследований электронных спектров гуминовых кислот различных типов и видов торфов среднетаежной зоны Западной Сибири (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра). Выявлено, что увеличение оптической плотности наблюдается у образцов гуминовых кислот, извлеченных из торфов с высокой степенью разложения (40–65 %). Интерпретация полученных электронных спектров дает основание в первом приближении расположить гуминовые кислоты в порядке возрастания доли ароматических структур в макромолекулах в следующем порядке: 1) гуминовые кислоты торфов, имеющих степень разложения от 0 до 35 % с содержанием большого количества растений-торфообразователей, где коэффициенты экстинкции изменяются от 0,039 до 0,054 и сфагновые торфа той же степени разложения с содержанием сфагнума 95–100 %, где коэффициенты экстинкции имеют значения от 0,030 до 0,042; 2) гуминовые кислоты всех типов и видов торфов со степенью до 35 %, где коэф-

фициенты экстинкции – от 0,042 до 0,068; 3) гуминовые кислоты торфов всех исследованных типов и видов со степенью разложения от 40 до 65 %, где коэффициенты экстинкции изменяются от 0,059 до 0,087. Метод электронной спектроскопии, хотя и является важным средством в изучении процессов гумификации в торфах, имеет ограниченную информативность вследствие неразрешенности спектров. Таким образом, гуминовые кислоты торфов различного ботанического состава и степени разложения характеризуются аналогичными спектрами поглощения в видимой области в форме монотонного возрастания поглощения в коротковолновый интервал и отличаются друг от друга только интенсивностью поглощения.

**Ключевые слова:** гуминовые кислоты, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, электронные спектры поглощения, ботанический состав торфов, таежная зона, Западная Сибирь, торфа.

\*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Договор № 15-44-00090\15) и правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

*The results of studies of humic acids electronic spectra for various types and kinds of peat in the middle-taiga zone of Western Siberia (Khanty-Mansiysk Autonomous Circle – Yugra) are presented in the study. It was found out that the increase in optical density was observed in the samples of humic acids which were extracted from the peat with a high degree of decomposition (40–65 %). At the first approximation the interpretation of received electronic spectra gives reason to range humic acids in the order with increasing proportion of aromatic structures share in macromolecules in the following order: 1) peat humic acids having a degree of expansion from 0 to 35 % with the content of a large number of peat-forming plants, where the extinction coefficients vary from 0.039 to 0.054 or sphagnum peat with the same degree of decomposition with the sphagnum containing 95–100 %, where the extinction coefficients have values between 0.030 and 0.042; 2) humic acids of all types and kinds of peat with a degree up to 35 %, where the extinction coefficients are from 0.042 to 0.068; 3) humic acids of peats of all examined types and species with a degree of decomposition from 40 % to 65 %, where the extinction coefficients vary from 0.059 to 0.087. Although the method of electron spectroscopy is an important tool in the study of humification processes in peat, it has a limited informative value due to unresolved spectra. Thus, peat humic acids with various botanical compositions and various degree of decomposition are characterized by similar absorption spectra in the visible area in the form of a monotone increasing of absorption in short wavelength interval and differ from each other only by the absorption intensity.*

**Keywords:** *humic acids, Khanty-Mansiysk autonomous area – Yugra, electronic ranges of absorption, botanical composition of peats, taiga zone, Western Siberia, peats.*

**Введение.** Электронные спектры поглощения являются одним из основных диагностических методов при обнаружении и изучении гуминовых кислот. Этот показатель входит в число их классификационных признаков, разработанных Д.С. Орловым [1].

В настоящее время накоплен значительный материал о химической природе и молекулярной структуре гуминовых кислот, но до сих пор остаются не решенными современной наукой дискуссионные вопросы о молекулярной массе гуминовых кислот, их гетерогенности, размерах и форме молекул [2].

Поэтому все больше возрастает и интерес к исследованию «тонкой» структуры гуминовых веществ с применением современной инструментальной техники. Несмотря на то, что прикладное значение этих исследований в полной мере еще не используется почвоведомы и агрохимиками, перспективность таких работ у большинства специалистов не вызывает сомнений.

Результаты работы могут быть использованы при крупномасштабной оценке торфяного сырья, служить источником информации для получения гуминовых препаратов.

**Цель исследования:** изучение электронных спектров поглощения гуминовых кислот, выделенных из торфов среднетаежной зоны Западной Сибири.

**Задачи исследования:** выявить зависимость оптических свойств гуминовых кислот от ботанического состава и степени разложения исходных торфов.

**Объекты и методы исследования.** В качестве объектов исследования нами были использованы гуминовые кислоты, выделенные из поверхностных слоев (0–20 см) верховых, переходных и низинных торфов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Извлечение проводили по методике Института торфа, модифицированной на кафедре химии Тюменской ГСХА.

Электронные спектры снимались на спектрофотометре Specord UY-YIS в Новосибирском институте органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН. Измерения проводились в щелочных растворах гуминовых кислот с процентной концентрацией 0,0043–0,0070.

**Результаты исследования.** Электронные спектры поглощения и коэффициенты экстинкции прочно вошли в арсенал методов изучения природы гумусовых веществ [3].

Характер спектров поглощения исследованных гуминовых кислот в видимой и ультрафиолетовой области однотипен в диапазоне от 400–750 нм. Они показывают монотонные возрастания поглощения в сторону коротких длин волн и не имеют характеристических пиков. Вместе с тем в этой области исследованию не мешают неспецифические вещества, которые сильно поглощают свет в коротковолновой части спектра.

Электронные спектры всех гуминовых кислот, различающихся по ботаническому составу и степени разложения, описываются кривыми одинаковой формы (рис. 1). Общей характеристикой структуры является положение макси-

муна по длине волны. Особенно это важно при оценке структуры самого ароматического ядра. Совершенно определенно установлено, что

увеличение числа конденсированных ароматических колец в молекуле дает батохромный эффект.

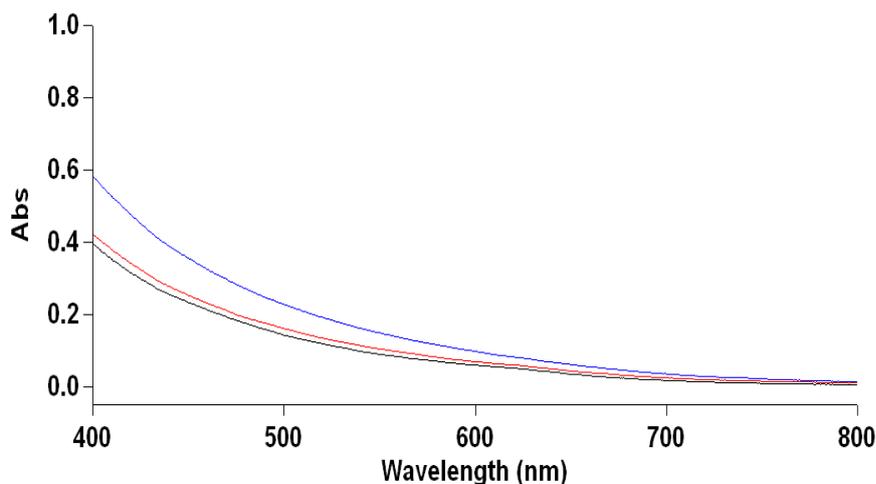


Рис. 1. Абсорбционные спектры щелочных растворов гуминовых кислот торфов Ханты-Мансийского АО - Югры

Учитывая, что растворы гуминовых кислот в изученных интервалах оптических плотностей подчиняются закону Бугера-Ламберта-Бера, для сравнительной характеристики гуминовых кислот торфов вычислены коэффициенты экстинкции. Используемые вместо отношений  $D_{465}/D_{650}$  значения коэффициентов экстинкции дают более точную информацию, которая лучше коррелирует с другими методами исследований и особенно с электронным парамагнитным резонансом [4], так как вычисляют  $E_{0,001\%, \text{ гк/1 см, 465 нм}}$ , при которой оптические плотности достаточно высоки и результаты будут вполне надежны. Кроме того, эта область спектра лежит за пределами максимумов зеленого пигмента при 430 и 448 нм, поэтому присутствие зеленого пигмента не сможет существенно повлиять на E-величину. Наименьшие значения коэффициентов экстинкции имеют гуминовые кислоты с большей молекулярной массой.

Причины такой не одинаковой способности к светопоглощению могут объясняться относительно просто. Своеобразие электронных спектров поглощения гуминовых кислот обусловлено в наибольшей мере системой сопряженных связей. Она более развита в «ядерной» части макромолекул в форме конденсированных ароматических систем. Увеличение доли алифатических цепей в периферической части макромолекул гуминовых кислот с высокой молекулярной массой приводит к относительному снижению поглощения света в ультрафиолетовой области. Таким образом, мно-

гообразии причин, определяющих светопоглощение гуминовых кислот в видимой области, не позволяет однозначно использовать величину оптической плотности их растворов для характеристики особенностей молекулярной структуры.

Согласно полученным данным, гуминовые кислоты различных торфов таежной зоны Западной Сибири имеют разные значения коэффициентов экстинкции (табл. 1). Они определяются по оптической плотности растворов гуминовых кислот и используются в системе показателей обобщенной характеристики торфа и торфяного гумуса. Уровень и характер такого признака как коэффициент экстинкции, согласно принятым показателям гумусного состояния, в наших исследованиях низкий (0,04–0,06) и средний (0,06–0,08), и в общем  $E_{0,001\%, \text{ гк/1 см, 465 нм}}$  колеблется от 0,037 до 0,087.

Учитывая, что молекулярная структура гуминовых кислот зависит от ботанического состава и степени разложения торфа, гуминовые кислоты сгруппировали по ботаническому составу, с учетом степени разложения торфов.

При обобщенной характеристике гуминовых кислот по электронным спектрам поглощения подтверждается общепринятое правило, что с увеличением степени разложения исходного торфа увеличиваются коэффициенты экстинкции полученных из него гуминовых кислот.

В основном наименьшими значениями коэффициентов экстинкции характеризуются гуми-

новые кислоты слабогумифицированных торфов со степенью разложения от 5 до 20–25 %.

Приведенные ранее данные об элементном анализе показывают максимальное содержание

водорода в гуминовых кислотах этой группы торфов, что может свидетельствовать о их неполной гумификации.

Таблица 1

**Коэффициенты экстинкции гуминовых кислот, сгруппированных по ботаническим группам и степени разложения исходных торфов**

R, % торфов	Зольность гуминовых кислот, %	$E_{0,001}$ %, гк/1см, 465 нм гуминовых кислот
1	2	3
Сфагновые торфы		
5	0,70	0,039
10	1,22	0,053
15	0,79	0,052
20	1,03	0,056
35	0,99	0,058
40	0,95	0,070
55	0,93	0,067
Древесные торфы		
10	1,26	0,037
15	0,88	0,040
25	1,00	0,060
45	1,16	0,052
50	1,02	0,061
Древесно-травяные торфы		
30	1,15	0,041
35	0,84	0,049
65	0,85	0,087
Осоковые торфы		
10	0,88	0,049
15	0,96	0,065
25	0,78	0,035
30	0,88	0,038
35	1,24	0,059
40	1,25	0,066
45	1,20	0,079
50	1,00	0,075
55	0,76	0,067
Травяные торфы		
15	0,94	0,043
25	1,14	0,061
30	0,99	0,063
40	1,01	0,063
45	0,98	0,059
55	1,06	0,070
60	1,35	0,068

1	2	3
Гипновые торфы		
10	0,98	0,062
Травяно-сфагновые		
10	1,27	0,043
35	1,17	0,044
65	0,85	0,064

Примечание: R – степень разложения, %.

Общая зависимость коэффициентов экстинкции всех гуминовых кислот от степени разложения выражена слабо, но отдельно по ботаническим группам – совсем наоборот, особенно для сфагновых, травяно-сфагновых и древесно-травяных

торфов. В частности, по группам ботанического состава все линии тренда также располагаются согласно этой зависимости, но значения коэффициентов корреляции в разных ботанических группах различные (рис. 2–6).

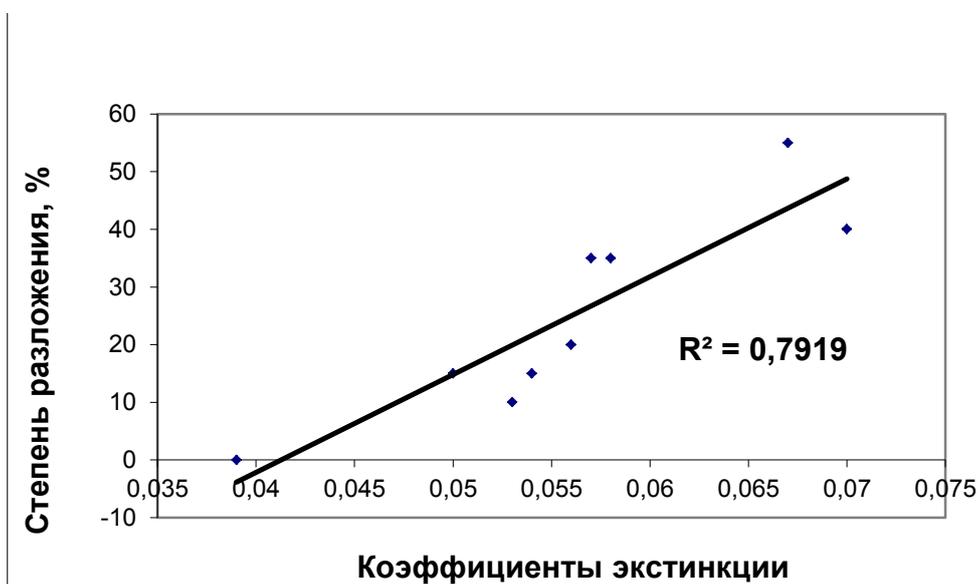


Рис. 2. Корреляционная зависимость коэффициентов экстинкции гуминовых кислот сфагновых торфов от степени разложения

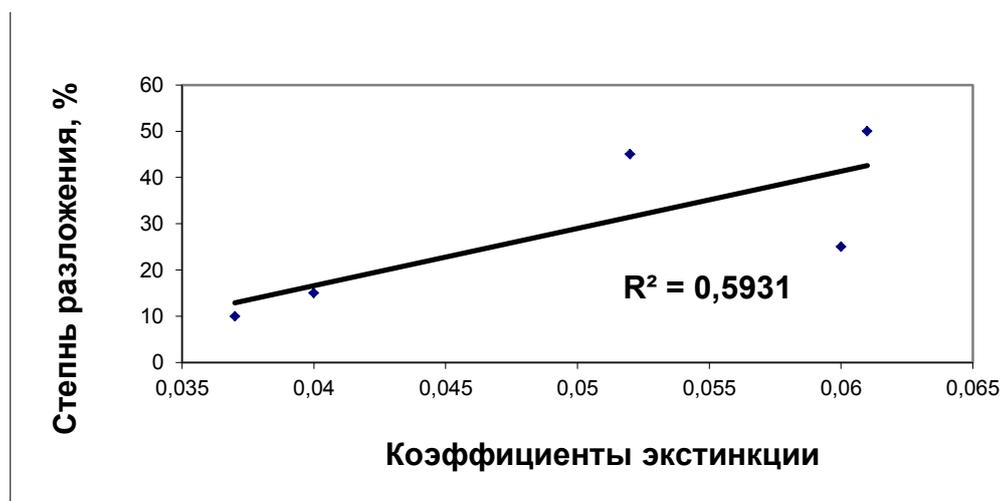


Рис. 3. Корреляционная зависимость коэффициентов экстинкции гуминовых кислот древесных торфов от степени разложения

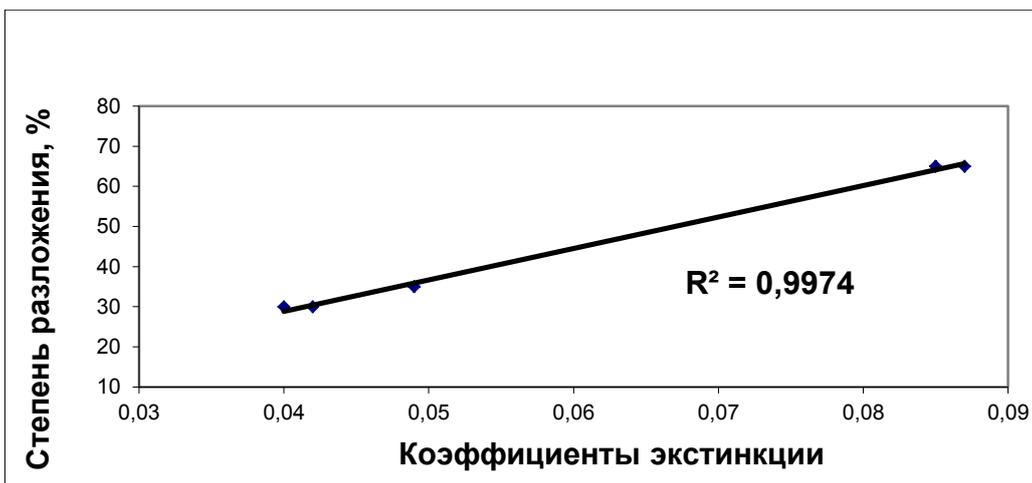


Рис. 4. Корреляционная зависимость коэффициентов экстинкции гуминовых кислот древесно-травяных торфов от степени разложения

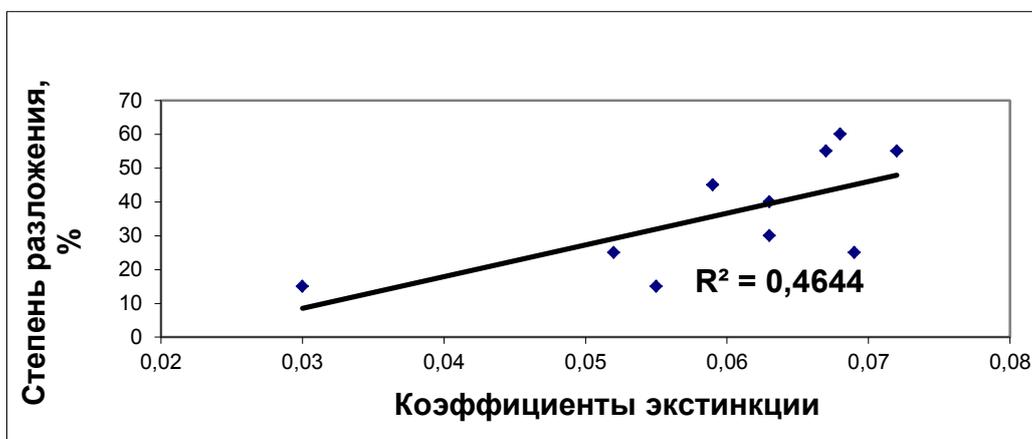


Рис. 5. Корреляционная зависимость коэффициентов экстинкции гуминовых кислот травяных торфов от степени разложения

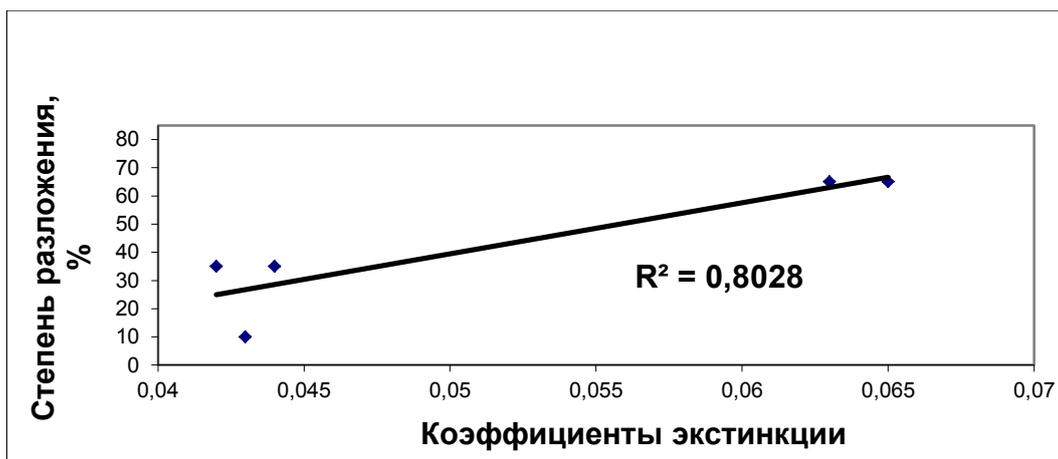


Рис. 6. Корреляционная зависимость коэффициентов экстинкции гуминовых кислот травяно-сфагновых торфов от степени разложения

Из рисунков 2–6 видно, что взаимосвязь коэффициентов экстинкции ( $E_{0,001\%}$ , гк/1 см, 465 нм) гуминовых кислот и степени разложения торфа R зависит от ботанического состава отобранных образцов.

Прослеживается следующая тенденция: чем выше степень разложения торфа, тем выше значения коэффициентов экстинкции. Корреляционная зависимость по этим показателям в возрастающей последовательности по ботаническим группам следующая: гуминовые кислоты осоковых торфов – 0,13; травяных – 0,46; древесных – 0,59; травяно-сфагновых – 0,76; сфагновых – 0,80 и древесно-травяных – 1,00.

У осоковых торфов и, в меньшей степени, травяных по всем методам исследований наблюдается хотя и общеизвестная, но очень слабо выраженная зависимость между физико-химическими показателями. Это можно объяснить большим разнообразием осоковых и травяных растений по сравнению с другими сфагновыми, гипновыми и деревянистыми растениями, которые создают более однородную массу торфа, тем самым обеспечивая такую же, но более яркую согласованность результатов, полученных разными методами.

Сравнительная оценка конденсированности ароматических ядер, не одинаковое соотношение ароматических структур и открытых периферических цепей гуминовых кислот по форме абсорбционных спектров, то есть по различию в интенсивности поглощения, подтверждается в большей степени проведенными нами ранее элементарным составом [5, 6] и термогравиметрическим анализом [7, 8].

### Выводы

1. Специфические особенности состава структуры и свойств гуминовых кислот, формирующихся из различных типов и видов торфов на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, проявляются в электронных спектрах поглощения, связанных со степенью разложения и ботаническим составом исходных торфов.

2. Исследованные гуминовые кислоты, сформированные из торфов различного ботанического состава и степени разложения, по показателям оптических свойств в видимой об-

ласти спектра образуют три четко выделяемые группы, соответствующие источнику гумификации – сфагновым, осоковым и древесным торфам.

### Литература

1. Орлов Д.С. К методике изучения оптических свойств гумусовых веществ // Биологические науки. – 1960. – № 1. – С. 204.
2. Комиссаров И.Д., Логинов Л.Ф., Стрельцова И.Н. Спектры поглощения гуминовых кислот // Науч. тр. Тюменского СХИ. – 1971. – Т. 14. – С. 75–91.
3. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Свойства гуминовых кислот почв урбанизированных территорий (на примере г. Ростов-на-Дону) // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2013. – № 2 (10). – С. 89–103.
4. Сартаков М.П., Миронов А.А. Электронный парамагнитный резонанс гуминовых кислот торфов Среднего Приобья // Вестн. КрасГАУ. – 2008. – № 3. – С. 88–91.
5. Рыбачук О.В., Осницкий Е.М., Сартаков М.П. Спектры поглощения и химический состав гумусовых кислот торфов Ханты-Мансийского АО–Югра // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – № 10. – С. 11–16.
6. Сартаков М.П., Тихова В.Д. Графостатический анализ и спектроскопия ЯМР<sup>13</sup>C молекул гуминовых кислот торфов Среднего Приобья // Вестн. КрасГАУ. – 2009. – № 6. – С. 76–80.
7. Тихова В.Д., Сартаков М.П. Термическая характеристика гуминовых кислот торфов Среднего Приобья // Вестн. КрасГАУ. – 2009. – № 11. – С. 26–29.
8. Тихова В.Д., Сартаков М.П., Комиссаров И.Д. Использование современного термического анализа для исследования гуминовых кислот торфа // Гуминовые вещества в биосфере: тр. IV Всерос. конф. – 2007. – С. 203–207.

### Literatura

1. Orlov D.S. K metodike izuchenija opticheskikh svojstv gumusovyh veshhestv // Biologicheskije nauki. – 1960. – № 1. – S. 204.
2. Komissarov I.D., Loginov L.F., Strel'cova I.N. Spektry pogloshhenija guminovyh kislot //

- Nauch. tr. Tjumenskogo SHI. – 1971. – Т. 14. – С. 75–91.
3. *Gorbov S.N., Bezuglova O.S.* Svojstva guminovyh kislot pochv urbanizirovannyh territorij (na primere g. Rostov-na-Donu) // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. – 2013. – № 2 (10). – С. 89–103.
  4. *Sartakov M.P., Mironov A.A.* Jelektronnyj paramagnitnyj rezonans guminovyh kislot torfov Srednego Priob'ja // Vestn. KrasGAU. – 2008. – № 3. – С. 88–91.
  5. *Rybachuk O.V., Osnickij E.M., Sartakov M.P.* Spektry pogloshhenija i himicheskij sostav gumusovyh kislot torfov Hanty-Mansijskogo AO– Jugra // Vestn. KrasGAU. – 2015. – № 10. – С. 11–16.
  6. *Sartakov M.P., Tihova V.D.* Grafostaticheskiy analiz i spektroskopija JaMR13S molekul guminovyh kislot torfov Srednego Priob'ja // Vestn. KrasGAU. – 2009. – № 6. – С. 76–80.
  7. *Tihova V.D., Sartakov M.P.* Termicheskaja harakteristika guminovyh kislot torfov Srednego Priob'ja // Vestn. KrasGAU. – 2009. – № 11. – С. 26–29.
  8. *Tihova V.D., Sartakov M.P., Komissarov I.D.* Ispolzovanie sovremennogo termicheskogo analiza dlja issledovanija guminovyh kislot torfa // Guminovye veshhestva v biosfere: tr. IV Vseros. konf. – 2007. – С. 203–207.



УДК 581.522:582.573.76

Л.Л. Седельникова

### АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛИСТА У *HEMEROCALLIS HYBRIDA*

L.L. Sedelnikova

### ANATOMIC STRUCTURE OF THE LEAF OF *HEMEROCALLIS HYBRIDA*

**Седельникова Л.Л.** – д-р биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. интродукции декоративных растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН, г. Новосибирск. E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

**Sedelnikova L.L.** – Dr. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Lab. of Decorative Plants Introduction, Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Novosibirsk. E-mail: lusedelnikova@yandex.

Цель исследования – изучение анатомического строения листа у трех сортов *Heimerocallis hybrida* в условиях лесостепной зоны Западной Сибири для выявления адаптационных возможностей. Проанализированы особенности анатомического строения листа у трех сортов *Heimerocallis hybrida* – *Regal Air*, *Luxury Lace* и *Stafford*, интродуцированных в лесостепной зоне Западной Сибири. Представлено морфологическое описание абаксиальной и адаксиальной сторон эпидермы и поперечного среза листа. Установлено, что для этих сортов характерны ксеромезофитные признаки строения листовой пластинки. Сделано заключение, что транспирационная способность в 1,5–4 раза больше на нижнем, чем верхнем эпидермисе листа. Обнаружено морфологическое разнообразие строения клеток эпидермы листа у *H. hybrida*. Отмечено, что с

нижней стороны листа клетки эпидермы имели толстую кутикулу у среднецветущего сорта *Luxury Lace* и позднецветущего *Stafford*, что носит ксерофитный признак. Антиклинальные (боковые) стенки нижней эпидермы у этих же сортов утолщены. Это свидетельствует о достаточно высокой степени прочности листовой пластинки. У раннецветущего сорта *Regal Air* оболочки эпидермальных клеток не утолщены, что имеет признаки мезофитности. Ксеромезофитные признаки в строении эпидермы ярче выражены у позднецветущего сорта *Stafford*. Показано, что у сортов *Luxury Lace*, *Regal Air*, *Stafford* лист амфистомического типа, унифациальный, что подтверждает родовую связь этих сортов. Устьица аперигенного типа, проводящие пучки коллатеральные, что характерно для представителей семейства *Heimerocallidaceae*. Од-