

УДК 539:211

## **ДИАГНОСТИКА ФОРМ И СОСТАВА ЖЕЛЕЗА В ЦЕПОЧКАХ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫХ В ФАРМАКОПИИ**

### **Соколов Александр Юрьевич**

Доцент, кандидат физико-математических наук, федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования "Ярославский государственный технический университет", Россия, Ярославль  
e-mail: sokolovay@ystu.ru

### **Мглинец Дарина Эдуардовна**

Студент, федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования "Ярославский государственный технический университет", Россия, Ярославль  
e-mail: mglinec@ystu.edu.ru

### **Павлов Александр Владиславович**

Доцент, кандидат технических наук, федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования "Ярославский государственный технический университет", Россия, Ярославль  
e-mail: pavlovav@ystu.ru

### **Филатов Алексей Витальевич**

Инженер, федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования "Ярославский государственный технический университет", Россия, Ярославль  
e-mail: filatovav@ystu.ru

### **Аннотация**

В лаборатории физики твердого тела Ярославского государственного технического университета произведены исследования содержания железа в природной цепочке ряда растений, входящий в составы лекарственных препаратов по системе: корень, стебли, листья, соцветия поперечным методом измерения восприимчивости и намагниченности Фарадея-Сексмита с использованием озоления испытуемых проб. За исходные данные взяты пробы растений, произрастающие на конкретных территориях, где допускается сбор растений. Площади, выбранные для сбора проб растений, подобраны по технологии «Роза ветров», находятся в деревне Кормилицыно и деревне Дмитриево в Ярославском районе Ярославской области.

Отмечено, что все представленные образцы являются слабыми ферромагнетиками, а предварительная термическая обработка проб растений при 105°C повышает показатель «удельная магнитная восприимчивость» в среднем на 20%. Показано, что сама природа распределила многообразие растительного мира по составу и структуре многообразия форм, отображенных в количественном соотношении железосодержащих компонентов.

**Ключевые слова:** коэффициенты магнитной восприимчивости и намагниченности насыщения, слабые ферромагнетики, физические методы анализа.

---

## **DIAGNOSTICS OF THE FORMS AND COMPOSITION OF IRON IN CHAINS OF PLANT ORIGIN USED IN PHARMACOPOEIA**

### **Alexander Yu. Sokolov**

Associate Professor, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Federal State Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Technical University", Russia, Yaroslavl

### **Darina E. Mglinets**

Student, Federal State Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Technical University", Russia, Yaroslavl

### **Alexander V. Pavlov**

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Federal State Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Technical University", Russia, Yaroslavl

### **Alexey V. Filatov**

Engineer, Federal State Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Technical University", Yaroslavl, Russia

---

## **ABSTRACT**

---

In the laboratory of Solid State Physics of Yaroslavl State Technical University, studies of the iron content in the natural chain of a number of plants included in the composition of medicines according to the system: root, stems, leaves, inflorescences by the pondermotor method of measuring the susceptibility and magnetization of Faraday-Sexsmith using the ozolization of test samples were carried out. For the initial data, samples of plants growing in specific territories where plant collection is allowed were taken. The areas selected for the collection of plant samples were selected using the "Wind Rose" technology, located in the village of Kormilitsyno and the village of Dmitrievo in the Yaroslavl district of the Yaroslavl region. It is noted that all the samples presented are weak ferromagnets, and preliminary heat treatment of plant samples at 105°C increases the "specific magnetic susceptibility" index by an average of 20%. It is shown that nature itself has distributed the diversity of the plant world according to the composition and structure of diversity

---

**Keywords:** coefficients of magnetic susceptibility and saturation magnetization, weak ferromagnets, physical methods of analysis.

---

### **Введение**

В составы препаратов технологии омоложения входят сборы растений, позволяющие нормализовать различные системы органов человека, так как сама природа подсказала

человечеству о практическом применении природных ресурсов. Уже давно и прочно вошли в области применения уникальные растения, произрастающие на территории России, их дополняют растения из-за рубежа. Примерами таковых служат мята перечная, крапива, валериана, аир, лапчатка и многие другие. В каждом из этих растений содержится оптимальное количество железа, которое придает растениям определенные магнитные свойства. Железо является тяжелым металлом, но его наличие в почве до 15% валового железа не опасно, оно участвует в процессах ферролиза и необходимо для нормализации гемоглобина в кроветворении, органов человека и животных. Здесь можно привести пример: «все яд и все лекарство», в котором все зависит от количества и физиологических особенностей организмов пациентов, потребляющих те или иные препараты. Коэффициент биологического поглощения железа находится в пределах от 0,01 до 0,1.

### Цель работы

Целью работы является диагностирование магнитных коэффициентов, связанных с круговоротом железа в природной цепочке. Полученные данные могут быть использованы в производстве фармакологических препаратов из растительного сырья компании ННПЦТО (национальный научно-производственный центр технологии омоложения) в г. Санкт-Петербург.

Все работы, входящие в экспериментальную часть, осуществлены при поддержке гранта РФФИ 09-04-014 107 (Российский фонд фундаментальных исследований).

### Материалы и методы исследования

Как показывает практика [1], приоритет в изучении почвенно-растительных систем отводится пондеромоторному методу измерения восприимчивости и намагниченности Фарадея-Сексмита, основанному на измерении действующей на образец силы в неоднородном магнитном поле.

Величина этой силы  $F$  равна:

$$F\chi \cdot H_0 \cdot m \cdot \frac{\partial H}{\partial z} \quad (1)$$

где:  $m$  - масса образца;  $\chi$  - магнитная восприимчивость вещества;  $H_0$  - напряженность внешнего магнитного поля;  $H_0 \frac{\partial H}{\partial z}$  - напряженность неоднородного магнитного поля.

Измерения проводятся относительно эталонного вещества, на которое действует сила  $F_{\text{эт}}$ :

$$F_{\text{эт}} = \chi_{\text{эт}} \cdot H_0 \cdot m_{\text{эт}} \cdot \frac{\partial H}{\partial z} \quad (2)$$

где:  $m_{\text{эт}}$  - масса эталона;  $\chi_{\text{эт}}$  - магнитная восприимчивость эталона.

В качестве эталона применяется соль Мора. Поэтому формула для расчёта удельной магнитной восприимчивости принимает вид:

$$\chi = \chi_{\text{эт}} \cdot (m_{\text{эт}}/m) \cdot (F/F_{\text{эт}}) \quad (3)$$

Образец в виде порошка или твердого тела массой от долей миллиграмма до 100 мг помещается в ампулу, находящуюся между полюсами электромагнита. Для достижения высокой точности результатов необходимо, чтобы величина произведения  $H_0 \cdot \frac{\partial H}{\partial z}$  не изменялась на протяжении образца. Поэтому наконечники сердечников электромагнита имеют особую формулу, которая способствует созданию зоны изодинамичности размером  $h=5-6$  мм, при зазоре между плоскостями  $d=45$  мм.

Зависимость восприимчивости образцов в цепочке " корень - стебли - листья - соцветия"  $\chi$  от напряженности магнитного поля  $H$  в первом приближении можно описать формулой:

$$\chi(H) = \chi_p + \chi_F \quad (4)$$

где:  $\chi_p$  - парамагнитная составляющая восприимчивости, определяемая диа- и парамагнитными веществами в образце и их концентрацией;  $\chi_F$  - ферромагнитная

составляющая, определяемая магнитоупорядоченными веществами:  $\chi_F = \delta_s \cdot H$ , где  $\delta_s$  - намагниченность насыщения образца, пропорциональна концентрации и намагниченности насыщения магнитоупорядоченных материалов.

В лаборатории физики твердого тела Ярославского государственного технического университета на протяжении длительного времени применяется адаптированный к исследованию трофосистемы почва - растение метод Фарадея-Сексмита с использованием озоления испытуемых проб с последующим определением потери вещества по массе при прокаливании [2].

Для применения метода озоления с определением потери вещества по массе при прокаливании производился отбор исходных проб на местности, далее осуществлялась сушка растений в комнатных условиях, не допускающих прямого попадания солнечных лучей на растения. От каждого исходного образца отбиралась проба массой  $20 \pm 1$  грамм, пробу делили на несколько равных частей. Каждую равную часть подвергали термической обработке при параллельном (при одной температуре) и последовательном (при разных температурах) отжиге в керамических тиглях в камере муфельной печи SNOL с терморегулятором ТРМ-10 «Авен» в течение 90 минут. После термической обработки производились измерения магнитных коэффициентов и выделяли магнитную фракцию сухим и влажным способом. Пробу для влажного способа готовили смешением дистиллированной воды и продукта после термического воздействия.

#### Результаты и обсуждения

В таблице 1 представлены данные по удельной магнитной восприимчивости  $\chi_r$  и удельной намагниченности  $\delta_s$  насыщения лекарственных растений при различных условиях термообработки.

Таблица 1. Удельная магнитная восприимчивость  $\chi_r$  и удельная намагниченность  $\delta_s$  насыщения лекарственных растений при различных условиях термообработки

Образец	Воздушно-сухие		t = 105°C		Отвар*).	
	$\chi_r 10^{-6}$ см <sup>3</sup> /г	$\delta_s 10^{-7}$ Гс·см <sup>3</sup> /Г	$\chi_r 10^{-6}$ см <sup>3</sup> /г	$\delta_s 10^{-7}$ Гс·см <sup>3</sup> /Г	$\chi_r 10^{-6}$ см <sup>3</sup> /г	$\delta_s 10^{-7}$ Гс·см <sup>3</sup> /Г
Мелисса	-0,22	2,77	-0,26	2,44	-	-
Зверобой (стебли)	-0,37	0,63	-0,41	0	-0,32	0,54
Зверобой (листья)	-0,29	0,79	-0,35	0,12	-0,46	1,35
Мята (стебли)	-0,25	0,71	-0,27	3,22	-0,29	1,17
Мята (листья)	-0,23	1,10	-0,29	1,65	-0,25	0,45
Дудник (стебли)	-0,36	0	-0,31	1,08	-0,46	0,73
Дудник (листья)	-0,30	0,39	-0,36	1,03	-0,45	1,34
Валериана	-0,24	0,39	-0,33	0,25	-0,41	3,02
Боярышник	-0,19	0,98	-0,22	1,32	-0,37	1,90
Аир	-0,27	0,82	-0,35	1,41	-0,38	0,07

Лапчатка	-0,31	0,23	-0,38	0,57	-0,39	0,68
Крапива (стебли)	-0,49	6,53	-	-	-	-
Крапива (листья)	-0,18	1,53	-	-	-	-
Крапива (семена)	-0,26	2,94	-	-	-	-

\*) - отвар растений производился в кипящей воде в течение 30 минут.

Из полученных результатов следует, что все представленные образцы являются слабыми ферромагнетиками, а предварительная термическая обработка проб растений при 105°C повышает показатель «удельная магнитная восприимчивость» в среднем на 20%.

Отмечено, что значения удельной магнитной восприимчивости, определенные в стеблях выше по сравнению с аналогичными анализами, полученными из листьев изучаемых растений. Это связано с тем, что корни, находясь непосредственно в почве, всасывают почвенный раствор с растворенным в нем железом, и передают его в стебли в количествах, необходимых для жизнедеятельности растения, а затем в листья[5].

В таблице 2 представлены результаты исследования магнитных коэффициентов при параллельном отжиге проб мяты.

Таблица 2. Результаты исследования магнитных коэффициентов при параллельном отжиге проб мяты

t°C	160	225	325	376	427	479	528	579
Хр 10-6 см <sup>3</sup> /г	0,05	0,21	1,18	1,71	0,95	3,45	3,54	2,90
$\delta_s 10^{-3}$ Гс·см <sup>3</sup> /Г	4,91	9,47	21,20	30,39	48,15	58,88	93,42	75,22

Из таблицы 2 следует, что с ростом интенсивности термообработки наблюдается возрастание значений магнитных коэффициентов. Отмечено, что рост значений магнитных коэффициентов, соответствующий диапазону температур от 480 до 579°C, приходящемуся на полное выгорание органической массы мяты, максимальный.

В таблице 3 представлены результаты исследования магнитных коэффициентов при последовательном отжиге проб моркови.

Таблица 3. Результаты исследования магнитных коэффициентов при последовательном отжиге проб моркови

t°C	40	100	150	200	250
Хр 10-6 см <sup>3</sup> /г	-0,18	-0,40	-0,26	-0,27	-0,38
$\delta_s 10^{-3}$ Гс·см <sup>3</sup> /Г	5,46	0,82	0,76	0,88	1,26

В таблице 4 представлены результаты исследования магнитных коэффициентов при параллельном отжиге проб моркови.

Таблица 4. Результаты исследования магнитных коэффициентов при параллельном отжиге проб моркови

t°C	40	100	150	200	250
Хр 10-6 см <sup>3</sup> /г	-	-0,27	-0,35	-0,36	-0,20
δ <sub>s</sub> 10 <sup>-3</sup> Гс·см <sup>3</sup> /Г	-	1,23	1,20	1,36	2,59

Анализ результатов, представленных в таблицах 3 и 4, дает основание утверждать, что порядок отжига проб при сопоставимых температурах дает удовлетворительную корреляцию значений магнитных коэффициентов.

В таблице 5 приведены результаты исследования параллельно чая, фасоли, шиповника.

Таблица 5. Результаты исследования параллельно чая, фасоли, шиповника

Чай индийский черный (параллельно)										
t°C	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Хр	-0,47	-0,50	0,36	0,41	0,32	0,33	0,52	1,84	7,90	10,77
Фасоль (параллельно)										
t°C	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Хр	-0,50	-0,68	-0,37	-0,62	-0,43	-0,68	-0,74	1,44	1,57	2,83
Шиповник (параллельно)										
t°C	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Хр	-0,36	-0,51	-0,15	-0,10	-0,05	-0,46	-0,40	0,48	2,90	3,26

Данные, представленные в таблице 5, указывают на необходимость предварительной термической обработки со 150°C чая индийского черного, с целью повышения его активной магнитной биологической составляющей, полного раскрытия полезного действия ферментов. Высокотемпературная предварительная обработка шиповника и фасоли не дает повышения их активной магнитной составляющей вплоть до начала их озоления, повышение температуры до 400°C приводит к деструкции полезного белка в фасоли и последующего его разрушению [6].

Результаты магнитной восприимчивости Хр и намагниченности насыщения  $\square_s$  грибов представлены в таблице 6.

Таблица 6. Результаты магнитной восприимчивости Хр и намагниченности насыщения  $\square_s$  грибов

Образец	Воздушно-сухие		t=105°C	
	Хр 10-6 см <sup>3</sup> /г	δ <sub>s</sub> 10 <sup>-3</sup> Гс·см <sup>3</sup> /Г	Хр 10-6 см <sup>3</sup> /г	δ <sub>s</sub> 10 <sup>-3</sup> Гс·см <sup>3</sup> /Г
Чага (низ)	-0,24	5,00	-0,36	1,06
Чага (середина)	-0,04	0	-0,26	0
Чага (верх)	-0,26	0	-0,07	0
Опята	-0,28	1,26	-0,37	1,44

Из таблицы 6 следует, что магнитные коэффициенты, определенные на грибах, незначительно изменяются по высоте макромицета и величина магнитных коэффициентов имеет значительно меньшие значения по сравнению с растениями.

### Выводы

Все изучаемые образцы являются слабыми ферромагнетиками, а предварительная термическая обработка проб растений при 105°C повышает показатель «удельная магнитная восприимчивость» в среднем на 20%. Показано, что сама природа распределила

многообразии растительного мира по составу и структуре многообразия форм, отображенных в количественном соотношении железосодержащих компонентов.

#### Список литературы:

1. Ракитин Ю.В., Калинин В.Г. Введение в магнетохимию. [Текст] С.-П., «Наука», 1994, -233с.
2. Бабанин В.Ф., Трухин В.И., Морозов В.В., Пухов Д.Э., Седьмов Н.А., Васильев С.В. Формы соединений железа в живом веществе и их вклад в магнитные и минералогические характеристики почв. [Текст] // Химия и химическая технология, 2003, Т.46, Вып. 6, С. 3-9
3. Бабанин В.Ф., Бойченко В.О., Минеева Н.С., Филатов А.В. Изучение различных форм соединений железа и их роль в процессе почвообразования. [Текст] / Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2017. Т. 60. Вып. 7. С. 91-96.
4. Писарев, Б. А. Производство раннего картофеля [Текст] / Б. А. Писарев. - Москва : Россельхозиздат, 1986. - 285с.
5. Иванов П.А., Погодина Т.В., Филатов А.В., Павлов А.В. Диагностика распределения железа в составе органических форм растительного происхождения на примере картофеля. [Текст] / Н.С. LJournal Тенденции развития науки и образования №91 2022. Часть 6. г. Самара. С. 161-164
6. Шмидт У., Томин С. и Бакхаут Т.Дж. (2020) Редакционная статья: Питание железом и взаимодействие с растениями. Главная страница. Наука о растениях. 10:1670. doi: 10.3389 / fpls.2019.01670

#### References:

1. Rakitin Yu.V., Kalinnikov V.G. Introduction to magnetochemistry. [Text] S.-P., "Science", 1994, -233s.
2. Babanin V.F., Trukhin V.I., Morozov V.V., Pukhov D.E., Semyomov N.A., Vasiliev S.V. Forms of iron compounds in living matter and their contribution to the magnetic and mineralogical characteristics of soils. [Text] // Chemistry and Chemical Technology, 2003, Vol.46, Issue 6, pp. 3-9
3. Babanin V.F., Boychenko V.O., Mineeva N.S., Filatov A.V. The study of various forms of iron compounds and their role in the process of soil formation. [Text] / Izv. universities. Chemistry and chemical technology. 2017. Vol. 60. Issue 7. pp. 91-96.
4. Pisarev, B. A. Production of early potatoes [Text] / B. A. Pisarev. - Moscow : Rosselkhoz nadzor, 1986. - 285s.
5. Ivanov P.A., Pogodina T.V., Filatov A.V., Pavlov A.V. Diagnostics of iron distribution in organic forms of plant origin on the example of potatoes. [Text] / N.C. LJournal Trends in the development of science and education No. 91 2022. Part 6. Samara. pp. 161-164
6. W. Schmidt, S. Thomine, T.J. Buckhout. Editorial: Iron Nutrition and Interactions in Plants. / Plant Nutrition Volume 10 - 2019 <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01670>