

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА
АНАТОМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ
ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРЦА
ПТИЧЬЕГО И ПОДОРОЖНИКА БОЛЬШОГО**

Н. А. Дьякова¹, И. А. Самылина², А. И. Сливкин¹, С. П. Гапонов¹, Л. И. Фирсова¹, А. А. Мындра¹

¹Воронежский государственный университет

²Первый МГМУ им. И.М. Сеченова

Поступила в редакцию 12.03.2014 г.

Аннотация. Проведен анатомический и фитохимический анализ лекарственного растительного сырья, собранного вблизи высоковольтных линий электропередач, выявлен ряд особенностей, возникающих в результате влияния электромагнитного поля на почвы и растительные организмы.

Ключевые слова: электромагнитное поле, горец птичий, подорожник большой

Abstract. The anatomic and phytochemical analysis of the medicinal vegetable raw materials collected near high-voltage power lines is carried out, a number of the features resulting influence of an electromagnetic field on soils and vegetable organisms is revealed.

Keywords: electromagnetic field, Knotgrass, Common Plantain,

Проведенный анализ литературы показал, что до настоящего времени в РФ не проводилось комплексных исследований воздействия электромагнитного поля различных источников на окружающую среду [1]. Как правило, в работах изучаются отдельные реакции отдельных особей. При этом из литературных источников ясно, что влияние столь распространенного в наше время антропогенного фактора весьма значительно и требует пристального внимания и изучения.

Одними из наиболее сильных возбудителей электромагнитных волн служат токи промышленной частоты (50 Гц). Напряженность электрического поля непосредственно под линией электропередачи может достигать нескольких тысяч вольт на метр почвы, хотя из-за свойства снижения напряженности почвой уже при удалении от линии на 100 м этот показатель резко падает до нескольких десятков вольт на метр [2,3].

Теоретически уровни электрического поля, регистрируемые вблизи воздушных линий электропередачи, достаточны для повреждения листьев растений. Опыты проводились в специальной камере в неискаженном поле с напряженностью от 0 до 50 кВ/м. Было выявлено небольшое повреждение ткани листьев при экспозиции от 20 до 50 кВ/м, зависящее от конфигурации растения и первоначального содержания влаги в нем. Омертвление ткани наблюдалось в частях растений с острыми краями [2,3].

Анализ доступной нам литературы не выявил работ по изучению влияния электромагнитного поля на химический состав растительных организмов.

Целью настоящего исследования явилось сравнительное изучение влияния сильного электромагнитного поля на анатомическое строение и химический состав лекарственного растительного сырья (ЛРС).

Для отбора образцов верхних слоев почв и лекарственного растительного сырья были выбраны

© Дьякова Н. А., Самылина И. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П., Фирсова Л. И., Мындра А. А., 2014

участки под высоковольтными линиями электропередач (ВЛЭ), значительно удаленные от других объектов хозяйственной деятельности человека (51°23'17'' с.ш., 39°15'15'' в.д.). Выбор объясняется высоким напряжением передаваемого тока (220 и 500 кВ). В качестве территории контроля был выбран Воронежский государственный природный биосферный заповедник (51°54'11'' с.ш., 39°33'14'' в.д.). В качестве объектов исследования были использованы трава горца птичьего и листья подорожника большого - наиболее характерные представители как естественных растительных сообществ, так и урбанофлоры. Валовое содержание тяжелых металлов в образцах определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе «ААС Квант-2А». Определение количественного содержания флавоноидов в пересчете на авикулярин проводили методом спектрофотометрии на спектрофотометре HitachiU-1900 при длине волны 410±2 нм по методике ГФ XI. Определение количественного содержания водорастворимых полисахаридов (ВРПС) проводили по модифицированной гравиметрической методике [1].

Анализ верхних слоев почв, отобранных вблизи ВЛЭ резко повышено, а для никеля и мышьяка даже превышено предельно допустимые концентрации, содержание тяжелых металлов (табл. 1).

Вероятным объяснением этого, могут являться коронные разряды - высоковольтные самостоя-

тельные электрические разряды в газе достаточной плотности (1 атм), возникающие в резко неоднородном электрическом поле вблизи электродов с малым радиусом кривизны (проволок). Коронный разряд сопровождается ионизацией воздуха в электрическом поле с высокой напряженностью и движением частиц газа и содержащихся в нем примесей от коронирующего электрода к силовой нейтрали, то есть от ВЛЭ к земле. Вблизи изучаемой территории никаких промышленных районов нет, что указывает на длительный хронический характер накопления тяжелых металлов в почве под действием электромагнитного поля.

Результаты определения валового содержания тяжелых металлов в отобранных образцах ЛРС приведены в табл. 2. Для анализа полученных данных были рассчитаны коэффициенты биологического поглощения (табл. 3) по формуле (1):

$$K = \frac{C_{\text{сырье}} \cdot 100}{X \cdot C_{\text{почва}}}, \quad (1)$$

где, K – коэффициент биологического поглощения; $C_{\text{сырье}}$ – содержание элемента в ЛРС, мг/кг; $C_{\text{почва}}$ – содержание элемента в почве, на которой произрастает ЛРС, мг/кг; X – содержание общей золы в ЛРС, %.

Результаты, приведенные в таблицах 2 и 3, показали, что, несмотря на значительно повышенное содержание тяжелых металлов в почвах вблизи ВЛЭ, содержание их в ЛРС значительно

Таблица 1

Валовое содержание тяжелых металлов в почве, мг/кг

Местоотбора	Pb	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Co	As
Заповедная зона	4.131	0.413	11.483	3.304	1.900	2.148	0.017	0.991	1.900
Вдоль ВЛЭ	12.548	0.562	45.415	7.959	14.140	20.133	0.328	8.428	4.307
ПДК	32.000	2.100	55.000	33.000	-	20.000	0.500	-	2.000

Таблица 2

Валовое содержание тяжелых металлов (мг/кг) и общей золы (%) в ЛРС

Вид ЛРС	Место сбора	Pb	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Co	As
Трава горца птичьего	Заповедная зона	0.419	0.002	15.138	1.685	0.754	0.791	0.130	0.058	0.112
	Вдоль ВЛЭ	0.724	0.002	69.229	7.127	0.724	0.427	0.353	0.111	0.074
Листья подорожника большого	Заповедная зона	0.508	0.002	8.024	1.347	0.756	0.646	0.114	0.032	0.122
	Вдоль ВЛЭ	1.245	0.002	33.695	6.197	1.831	1.069	0.396	0.161	0.220
ПДК		6.000	0.100					1.000		0.500

Таблица 3

Коэффициенты биологического поглощения для изучаемых образцов

Вид сырья	Место сбора	Pb	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Co	As
Трава горца птичьего	Заповедная зона	1,089	0,052	14,160	5,478	4,263	3,957	84,736	0,625	0,632
	Вдоль ВЛЭ	0,622	0,038	16,426	9,649	0,552	0,228	11,595	0,142	0,186
Листья подорожника большого	Заповедная зона	0,896	0,035	5,086	2,966	2,895	2,188	50,236	0,232	0,468
	Вдоль ВЛЭ	0,677	0,024	5,064	5,314	0,884	0,363	8,238	0,131	0,348

ниже, чем в образцах контроля. Это парадоксальный результат, так как обычно содержание тяжелых металлов в верхних слоях почв и в растениях, произрастающих на них, четко коррелируют, тем более, что в почвах и растениях заповедной зоны это содержание относительно невысоко. Объяснить полученный результат можно лишь резким снижением обменных процессов в растениях под действием электромагнитного поля.

Макроскопический анализ отобранных образцов сырья горца птичьего и подорожника большого не выявил несоответствий его требованиям нормативной документации по показателю «Внешние признаки сырья».

Анализ полученных данных показывает, что для образцов травы горца птичьего, отобранного вблизи ВЛЭ, характерно заметное утолщение стенок клеток верхнего эпидермиса; при отсутствии данного признака для сырья, произраставшего в заповедной зоне. Утолщение клеточных стенок эпидермиса листьев спорыша можно рассматривать как реакцию растения на неблагоприятные условия среды обитания. Выявлено также четкое утолщение стенок клеток эпидермиса листа и увеличения количества устьиц, что объясняется повышением необходимости дополнительных механизмов транспирации и газообмена при утолщении покровных тканей растительного организма. Утолщение механических волокон, придающих прочность листу и выполнять защитную функцию, также можно рассматривать как адаптацию к неблагоприятным условиям среды произрастания. Кристаллы кальция оксалата – конечный продукт жизнедеятельности клетки, предназначенный для выведения излишков кальция. Значительные количества друз оксалата кальция в листьях исследуемых образцов позволяют предположить высокую активность метаболических процессов в растениях, а небольшие объемы включений свидетельствуют о низком уровне обменных процессов. В образцах, собранных вблизи ВЛЭ, количество друз оксалата кальция резко снижено, что вновь говорит о сильном угнетающем влиянии сильного электромагнитного поля на растительные организмы, требующем дополнительного многостороннего изучения (табл. 4, рис. 1,2).

Для листьев подорожника большого, отобранных вблизи ВЛЭ, характерно заметное утолщение стенок клеток верхнего эпидермиса и увеличение числа устьиц, что также можно рассматривать как реакцию растения на неблагоприятные условия

среды существования растения. Для листьев подорожника, собранного вблизи ВЛЭ характерно сниженное количество головчатых волосков на обеих сторонах листа. Вероятной причиной может являться действие возникающих в резко неоднородном электрическом поле коронных разрядов, которые, как уже было показано ранее, на макроскопическом уровне приводят к повреждению выступающих частей растений. Развитие головчатых волосков, являющихся выступающими частями листа на микроскопическом уровне, возможно, также подавляется токами короны высокой плотности. Тепло, выделяемое при этом на сопротивлении ткани листа, приводит к гибели узкого слоя клеток, которые сравнительно быстро теряют воду, высыхают и сжимаются, в результате чего головчатые волоски не развиваются (табл. 5).

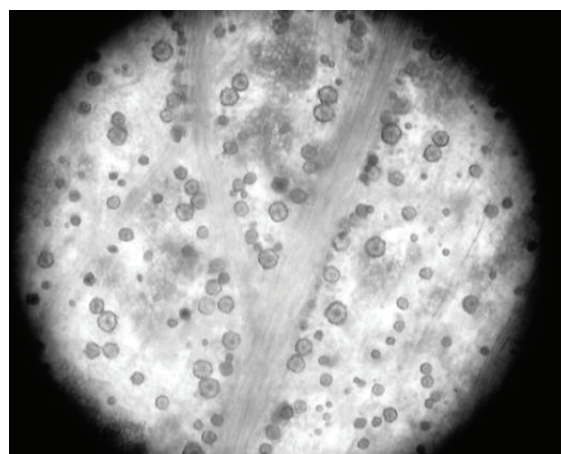


Рис. 1. Друзы оксалата кальция вблизи главной жилки в листьях горца птичьего (увеличение 10x10) (на примере образца, собранного в заповедной зоне)

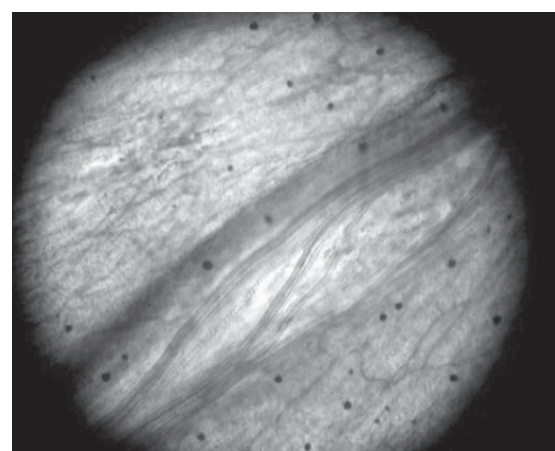


Рис. 2. Друзы оксалата кальция вблизи главной жилки в листьях горца птичьего (увеличение 10x10) (на примере образца, собранного вблизи ВЛЭ)

Таблица 4

Результаты микроскопического анализа образцов травы горца птичьего

Место сбора образцов	Количество устьиц на нижней стороне листа на 1 см ²	Количество друз оксалата кальция на 1 см ² , их размеры и распределение в мезофилле листа	Характеристика эпидермиса	Характеристика механических волокон
Заповедная зона	112±8	213±4 на 1 см ² размером до 25·10 ⁻⁴ см ² вдоль жилок и 156±5 на 1 см ² размером до 25·10 ⁻⁴ см ² в стороне от жилок	Стенки клеток эпидермиса без видимых утолщений	Утолщения механических волокон не отмечено, проходят вдоль жилки листа, толщина в середине листа достигает не более 1,2·10 ⁻² см
Вдоль ВЛЭ	233±7	53±4 на 1 см ² размером до 1·10 ⁻⁴ см ² , распределены достаточно равномерно	Стенки клеток верхнего эпидермиса четковидно-утолщенные	Механические волокна утолщены, в середине листа достигают толщины 2,5·10 ⁻² см

Таблица 5

Результаты микроскопического анализа образцов листьев подорожника большого

Место сбора образцов	Нижняя сторона листа (на 1 см ²)		Верхняя сторона листа (на 1 см ²)		Характеристика эпидермиса
	Количество устьиц	Кол-во головчатых волосков	Количество устьиц	Кол-во головчатых волосков	
Заповедная зона	217±8	41±3	124±8	23±3	Стенки клеток эпидермиса без видимых утолщений
Вдоль ВЛЭ	347±5	20±2	187±8	5±1	Стенки клеток верхнего эпидермиса четковидно-утолщенные

Таблица 6

Результаты количественного определения содержания суммы флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего

Место сбора травы горца птичьего	Содержание суммы флавоноидов в пересчете на авикулярин, %
Заповедная зона	1.81±0.08
Вдоль ВЛЭ	0.64±0.03

Таблица 7

Результаты количественного определения содержания ВРПС в листьях подорожника большого

Место сбора листьев подорожника большого	Содержание ВРПС, %
Заповедная зона	24.05±0.36
Вдоль ВЛЭ	15.09±0.23

Все образцы травы горца птичьего дали качественные реакции на содержание флавоноидов, фенолкарбоновых кислот и дубильных веществ. Все образцы листьев подорожника большого дали качественные реакции на содержание ВРПС, дубильных веществ, флавоноидов, фенолкарбоновых кислот и иридоидов. Таким образом, влияние электромагнитного поля не подавляет синтез основных групп биологически активных веществ в ЛРС.

Проведение количественных анализов биологически активных веществ показало уменьшение продукции флавоноидов в горце птичьем (табл. 6) и ВРПС в листьях подорожника большого (табл. 7), произрастающих вдоль ВЛЭ, причиной чего также является снижение активности биосинтетических процессов в растении под влиянием электромагнитного поля.

Таким образом, существующая тенденция увеличения использования электрической энергии в хозяйственной деятельности человека и современное состояние обеспечения проблемы электромагнитной безопасности на государствен-

ном уровне позволяет прогнозировать дальнейшее увеличение электромагнитного загрязнения окружающей среды, которое не остается индифферентным по отношению к живым организмам вообще, и к растительным организмам, в част-

ности. С каждым годом доля культивируемого ЛРС растет, но она все еще не превышает 50 % от заготавливаемого. Зачастую ВЛЭ проходят и над полями, где культивируется не только ЛРС, но продовольственные культуры, на урожайность и качество которых электромагнитное поле также не может не оказывать влияния, и как видно из проведенных исследований, это влияние угнетающее. А потому важными являются дальнейшие комплексные и методически грамотные исследования воздействия электромагнитного поля на растительные организмы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Великанова, Н.А. Экологическая оценка состояния лекарственного растительного сырья

(на примере *Polygonum aviculare* L. и *Plantago major* L.) в урбоусловиях г. Воронежа и его окрестностей: автореф. дис. канд. биол. наук / Н.А. Великанова. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 2013. — 21 с.

2. Богатина, Н.И. Влияние электрических полей на растения / Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского: Серия «Биология, химия». — 2011. — № 1. — С. 10-17

3. Тугарова, А.В. Численность и активность ризосферной микрофлоры овса и подсолнечника под высоковольтными линиями электропередач / А.В. Тугарова [и др.]. — Саратов: Изд-во СГУ, Мат. науч.-практич. конф «Электромагнитная безопасность. Проблемы и пути решения, 2000. — С. 120-124

Дьякова Нина Алексеевна — к.б.н., асс. каф. фармацевтической химии и фармацевтической технологии фармацевтического факультета, ВГУ; тел.: (920) 4125352; e-mail: ninochka_v89@mail.ru

Dyakova Nina A. — PhD, the assistant at the pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology department, VSU; tel.: (920) 4125352; e-mail: ninochka_v89@mail.ru

Самылина Ирина Александровна — д.фарм.н., проф., член-корреспондент РАН, зав. каф. фармакогнозии Первого Московского государственного медицинского университета им. Сеченова; e-mail: laznata@mail.ru

Samylyna Irina A. — Full Professor, PhD, DSci, the corresponding member of the Russian Academy of Science, Head of the farmakognosiya department I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; e-mail: laznata@mail.ru

Сливкин Алексей Иванович — д.фарм.н., проф., зав. каф. фармацевтической химии и фармацевтической технологии, ВГУ; тел.: 255-47-76; e-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

Slivkin Alexsey Y. — Full Professor, PhD, DSci, Head of the pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology department, VSU; tel.: 255-47-76; e-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

Гапонов Сергей Петрович — д.б.н., проф., зав. каф. зоологии и паразитологии, ВГУ; тел.: (4732) 208861; e-mail: gaponov2003@mail.ru

Gaponov Sergey P. — Full Professor, PhD, DSci, Head of the Department of Zoology and Parasitology of VSU; tel.: (4732) 208861; e-mail: gaponov2003@mail.ru

Фирсова Людмила Игоревна — к.м.н, доц. кафедры фармации последипломного образования ВГУ; тел.: (4732) 593152

Firsova Lyudmila I. — the candidate of medical sciences, the associate professor of pharmacy of postdegree education of VSU; tel.: (4732) 593152

Мындра Анна Андреевна — студентка 4 курса фармацевтическая факультета ВГУ; тел.: (929) 0077101; e-mail: ann6122@yandex.ru

Mundra Anna A. — 4th year student of pharmaceutical faculty, VSU; tel.: (929) 0077101, e-mail: ann6122@yandex.ru