

# К механизму электроразрядной интенсификации процессов очистки растительных волокон от нецеллюлозных веществ.

## Часть 1. (Технологическая среда.

## Постановка задачи. Методика исследований)

А. П. Малюшевская, П. П. Малюшевский

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,  
пр. Октябрьский, 43-А, г. Николаев, 54018, Украина, e-mail: [malushevsk\\_pavel@ukr.net](mailto:malushevsk_pavel@ukr.net)*

Исследуются результаты воздействия электроразрядной кавитации и электромагнитного поля тока разряда на физико-химические свойства воды с целью увеличения интенсивности водопоглощения массивом органических волокон в технологических процессах их переработки. В первой части рассматриваются исходные свойства рабочей среды электроразряда и основные методические положения.

*Ключевые слова: электроразрядная кавитация, электромагнитное поле, водопоглощение.*

УДК 537.52:577.356

### ВВЕДЕНИЕ

В технологических процессах ряда отраслей промышленности применяются разрядно-импульсные технологии (РИТ), в основу которых положен импульсный электрический разряд в воде [1]. Здесь вода является одновременно средой и для генерирования и воспроизводства электрических разрядов, и для транспортировки энергии электрических разрядов к объекту обработки, и для размещения в ней самых разных объектов обработки.

В последнее время значительные усилия разработчиков и ученых направлены на создание эффективных РИТ обработки волоконных материалов с целью очистки их от нежелательных составляющих или придания им новых заданных свойств. В этом случае вода не только окружает объект обработки – волокно, но и проникает внутрь, обеспечивая течение внутри волокна. Это течение приносит новые зародыши кавитации (именно кавитация внутри волокон производит работу по расщеплению волокна, разрушению лигнина, пектинов и других нецеллюлозных веществ) и выносит в общую рабочую среду продукты очистки [2].

Следует ожидать, что интенсивность водопоглощения обрабатываемых волокон играет существенную роль в обеспечении эффективности РИТ в целом. Однако до настоящего времени такой характеристике волоконной среды уделялось мало внимания. Причина подобного положения – сложность воды как физико-химического объекта.

Вода определяющим образом влияет на протекание многих физико-химических, биологиче-

ских, технологических процессов [3]. В изучении ее свойств в комплексе со свойствами объектов обработки достигнуты определенные успехи [4], однако многие вопросы еще не имеют ответа, так как вода является одним из самых сложных объектов для исследования. Это связано, во-первых, с тем, что в ней всегда есть примеси, а во-вторых – с кооперативным характером взаимодействия между ее молекулами [5].

Известно, что системы, состоящие из большого числа взаимодействующих молекул и атомов, приобретают новые качества, отличные от свойств элементарных единиц, образующих эти системы. Для таких систем характерны также коллективные движения, например звуковые волны. Последние играют значительную роль в РИТ и, в частности, в РИТ очистки и кондиционирования льноволокна и других водно-волоконных структур, где решающую роль играет электроразрядная кавитация, возбуждаемая внутри волокна разрядом. При этом во внутриволоконном и вневолоконном пространствах происходят разрушение и отделение нецеллюлозных веществ от основы, а также удаление их за пределы системы. Процесс протекает при многократном нагружении водно-волоконной структуры. Чтобы процесс очистки волокон проходил эффективно, необходимо быстрое замещение удаленных веществ в узких капиллярах волокон и межволоконных каналах свежими объемами воды. Это обеспечивает новые благоприятные условия для развития кавитации, а значит, интенсификацию всего процесса кондиционирования волокна [2]. Таким образом, важным технологическим фактором процесса явля-

ется интенсивность водопоглощения каждым волокном и системой волокон в целом.

Вероятно, физико-химический механизм водопоглощения очень сильно зависит от физико-химического механизма изменения свойств воды под воздействием электроразрядной кавитации. На рис. 1 приведены данные экспериментальных исследований интенсивности водопоглощения волоконными структурами (льняные волокна), которые не подвергались воздействию электроразрядной кавитации в реакторе (кривая 1) и в реакторе с кавитацией (кривая 2).

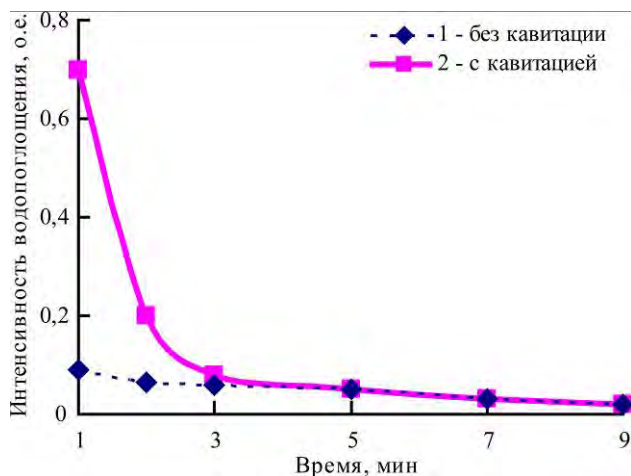


Рис. 1. Изменение интенсивности водопоглощения под воздействием электроразряда.

Как видим, интенсивность водопоглощения под воздействием электроразрядной кавитации многократно превышает этот показатель для электроразрядного воздействия в режиме, исключающем кавитацию. Однако такое явление наблюдается в течение первых минут обработки, а в дальнейшем эта разница нивелируется. Следовательно, важно разобраться более подробно в механизме проникновения воды в капилляры волоконной системы, что требует более глубоких знаний об изменении свойств воды под действием электроразрядной кавитации.

### ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Для полноты анализа уместно вспомнить ряд физико-химических особенностей воды, в том числе аномальных.

Особенностью внутреннего строения молекулы воды является несимметричное расположение атомов водорода относительно атома кислорода. Связи Н-О-Н образуют у центрального атома кислорода угол, равный  $104^{\circ}27'$ . В результате этого внутримолекулярные силы компенсируются не полностью, и их избыток проявляется вне молекулы. В силу осесимметричного распределения положительных и отрицательных зарядов

молекула воды обладает ярко выраженной полярностью.

В жидком состоянии наблюдается тетраэдрическое расположение молекул воды, которое определяется не только строением самой молекулы, но и существованием водородных связей. Особая роль в образовании Н-связей принадлежит водороду из-за отсутствия у него внутренних слоев электронов. Однако прочность водородных связей в 15–20 раз меньше прочности валентных, поэтому достаточно обычных тепловых движений молекул воды, чтобы разрушить Н-связи или образовать новые. Эти особенности структуры воды обуславливают аномальные свойства и приводят к отклонениям от тех простых закономерностей, которым следуют аналогичные молекулы  $H_2O$  гидриды  $H_2S$ ,  $H_2Se$  и  $H_2Te$ .

Вода уникальна в смысле обилия аномалий. Она обладает исключительно высокой теплоемкостью, ей свойственны большие значения скрытой теплоты испарения и плавления. Весьма значительны по сравнению с соединениями, сходными с водой по положению составляющих их элементов в периодической системе, температуры плавления и кипения воды.

Вода составляет исключение из правил о существовании закономерности между молекулярным весом и температурами кипения и плавления. В отличие от других веществ вода при замерзании не сжимается, а расширяется почти на 10%. Аномально также изменяется плотность воды при повышении температуры: так, от 0 до  $4^{\circ}C$  плотность возрастает, при  $4^{\circ}$  она достигает своего максимума и только после этого начинает уменьшаться.

Очень важным аномальным свойством воды является чрезвычайно высокое, максимальное среди распространенных жидкостей поверхностное натяжение –  $72,75$  эрг/см<sup>2</sup> (при  $20^{\circ}C$ ), вследствие чего вода может подниматься по тонким капиллярным каналам и трещинам.

Вода по сравнению с другими жидкостями обладает очень высокой растворяющей способностью. Поэтому нигде в природе абсолютно чистая вода не встречается и получить такую воду искусственно почти невозможно. Необыкновенная растворяющая способность и химическая активность воды связаны с чрезвычайно высокой, наибольшей среди всех известных веществ диэлектрической проницаемостью, которая, как указывалось ранее, обусловлена высоким дипольным моментом молекулы. Большая растворяющая способность воды, как и все остальные аномальные свойства, объясняется в первую очередь специфичной структурой воды, наличием в ней водородной связи между отдельными молекулами.

В то же время структура жидкой воды очень неустойчива, различные внешние воздействия часто приводят к изменению структуры и, следовательно, физико-химических свойств воды. Зачастую такое измененное состояние метастабильно и после устранения причин, его вызвавших, с той или иной скоростью свойства воды возвращаются к исходным. В сферу нашей деятельности входило исследование результатов воздействия электроразрядной кавитации и электромагнитного поля тока разряда на физико-химические свойства воды.

### ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ВОДЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Свойства воды, подвергшейся воздействию электрических и магнитных полей, привлекают большое внимание ученых. В некоторых работах отмечается, что изменение физико-химических свойств воды наступает уже при самом незначительном изменении напряженности магнитного поля. Например, экспериментально установлено [6] уменьшение вязкости воды в случае простого ее экранирования от воздействия магнитного поля Земли. Отмечено увеличение относительной вязкости воды и водных растворов кислот [7, 8] на 10–12% под действием магнитных и электрических полей.

Работы [6, 7] показали, что электромагнитная обработка по-разному влияет на свойства дистиллированной и технической воды. Замечено, что для дистиллята экстинкция убывает, а для технической воды – возрастает. Известно, что спектры экстинкции обусловлены процессами, происходящими во внешних электронных оболочках атома (то есть нарушением частоты собственных колебаний молекул воды), и зависят от структуры связи, температуры и агрегатного состояния вещества. Частота электрического тока также влияет на интенсивность экстинкции. Максимальный эффект возникает при частоте, близкой к частоте собственных колебаний молекул воды, поскольку изменение экстинкции света водой является результатом изменения структуры вследствие нарушения собственной частоты колебаний молекулы.

В работе [9] были дополнительно обнаружены изменения магнитооптического эффекта при магнитной обработке воды. Были проанализированы возможные причины столь существенных изменений свойств воды и выдвинуто предположение, что это связано с изменением экстинкции света из-за изменения структуры раствора, связанного, в свою очередь, с изменением гидратации ионов, уменьшением диссоциации растворенных веществ.

В работе [4] показано, что электроразрядная обработка по-разному влияет на изменение удельного сопротивления технической воды и воды-конденсата с удельным сопротивлением  $\rho = 10^4$  Ом·м. При электроразрядной обработке воды-конденсата наблюдалось резкое уменьшение удельного сопротивления до величины, соответствующей его значениям для технической воды.

Существует множество гипотез, с помощью которых пытаются объяснить механизм действия электромагнитной обработки на водные системы [4]. Предложено распределить имеющиеся гипотезы на три основные группы: «коллоидные», «ионные», «водные».

Первая группа гипотез предполагает, что магнитное поле, действуя на воду, может разрушать содержащиеся в ней коллоидные частицы: «осколки» образуют центры кристаллизации примесей, ускоряя их удаление. Наличие ионов железа интенсифицирует появление зародышей кристаллизации, что приводит к образованию непрочного осадка, выпадающего в виде шлама.

Гипотезы второй группы связывают действие магнитного поля с ионами, имеющимися в воде, причем поле оказывает особое влияние на гидратацию ионов, то есть на возникновение вокруг них гидратных оболочек, состоящих из молекул воды с несколько измененной подвижностью. Чем больше и устойчивей такая оболочка, тем труднее сблизиться ионам или осесть в порах адсорбента.

Сторонники гипотез третьей группы предполагают, что магнитное поле оказывает воздействие непосредственно на структуру ассоциатов воды. Это может приводить к деформации водородных связей или перераспределению водных молекул во временных ассоциативных образованиях, что также влечет за собой изменение физико-химических характеристик протекающих в ней процессов.

В последнее время также интенсивно исследуются свойства водных систем на границе раздела фаз (а в нашем случае это не только свободная поверхность воды в реакторе, но и вся двухфазная область электроразрядной кавитации), при этом мы встречаемся с нарастанием сложностей как математического, так и физического характера.

Для понимания природы конкретных процессов, возникающих в водных растворах при наложении внешних полей, и целенаправленного использования полученных эффектов необходимы дальнейшие экспериментальные исследования.

С учетом реальных практических потребностей повышения эффективности электроразряд-

ных установок, особенно с ограниченным объемом жидкости в разрядных камерах, был выбран следующий порядок исследований:

- экспериментальное изучение макроизменений основных физико-химических свойств жидкости при электроразрядном воздействии и после него;
- выявление химического состава макро- и микропримесей, составление модельных растворов и сравнение изменений основных свойств при химическом и электрофизическом воздействии;
- исследование влияния электрического разряда на структуру воды;
- установление возможности увеличения интенсивности водопоглощения волоконными структурами при электроразрядной кавитации, то есть при изменении физико-химических свойств воды;
- общий анализ результатов исследований и предложение гипотезы о механизме изменений физико-химических свойств воды под воздействием электрического разряда.

#### ОСНОВНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОТЫ

Для выполнения исследований была разработана и изготовлена лабораторная установка 1, которая позволила провести цикл исследований влияния электроразрядного воздействия на изменение физико-химических свойств воды при варьировании энергией в импульсе от 1 до 10 Дж. Созданная экспериментальная установка 1 (рис. 2) состояла из блока умножения напряжения, преобразователя-выпрямителя, обеспечивающих  $U_0 = (4-12) \cdot 10^3$  В, генератора импульсных токов (ГИТ), измерительных трактов и приборов. Разрядная камера нагрузки цилиндрической формы имела емкость 0,6 дм<sup>3</sup> и была выточена из фторопластовой заготовки. В крышку камеры были вмонтированы съемные электроды по схеме острие-плоскость. Их можно было менять при плановой (методической) замене материала.



Рис. 2. Экспериментальная установка 1.

На втором этапе работы эксперименты проводились на лабораторной установке 2, которая

позволила повысить уровень энергии единичного импульса до 1000 Дж. Здесь камера нагрузки представляла собой цилиндр из нержавеющей стали объемом 3 дм<sup>3</sup> с крышкой, в которую были вмонтированы сменные электродные системы: острие-острие или острие-плоскость. Энергетическая часть состояла из пульта, обеспечивающего управление всей лабораторной установкой; подстанции в составе регулируемого трансформатора тока РТТМ 100/0,5; выпрямителя-трансформатора ВТМ 150/70, служащего для преобразования и выпрямления напряжения и регулировки тока зарядки под нагрузкой; блока коммутации.

Как показал анализ проработанной литературы, все исследования, связанные с изменением физико-химических свойств воды, относились к отдельным воздействиям – магнитным, электрическим, ультразвуковым, электромагнитным, кавитационным и рентгеновским излучениям. При разработке методики экспериментальных исследований и методов измерений физических величин учитывалась совокупность физических воздействий, возникающих при электроразрядной обработке. Первоочередным был вопрос – оказывает ли электроразряд непосредственное воздействие на физико-химические свойства воды либо все изменения свойств – это результат присутствия микропримесей [7], которые появляются в воде при электроразряде или активизируются им, находясь в воде и до такой обработки.

Известно [2], что при электроразрядной обработке за счет эрозионного износа электродов и стенок камеры рабочая среда неизбежно загрязняется. Химический состав сухого остатка зависит от материала электродов и камеры. Кроме того, посторонние примеси попадают в воду через границу раздела из воздуха, с пылью и др. Были проведены предварительные исследования, связанные с выявлением роли примесей в изменении свойств воды, подвергшейся электроразрядному воздействию с помощью модельных жидкостей. Для этого химический состав сухого остатка определялся методом спектрального анализа, который регистрировал чувствительные линии практически всех элементов. Этот метод позволил определить концентрацию содержания элементов менее 0,001 мкг/дм<sup>3</sup>, что отвечает требованиям эксперимента при энергии электроразрядной обработки до 10 Дж во фторопластовой камере с электродами из нержавеющей стали.

Анализы микропримесей выполнялись на спектральной установке Института физической химии (ИФХ) НАН Украины (г. Одесса). Эта установка обеспечивала абсолютно допускаемые расхождения результатов 0,0002% для

0,0007 мг/дм<sup>3</sup>. Пробы готовились в Институте импульсных процессов и технологий НАН Украины по методике, разработанной совместно с лабораторией спектрального анализа ИФХ НАН Украины. На основании данных спектрограмм (содержание микропримесей) составлялись модельные жидкости. По химическому составу они соответствовали жидкостям, которые получали после электроразрядной обработки с определенными электрическими параметрами. Готовились они на основе воды с  $\rho = 10^4$  Ом·м, которая соответствовала воде, находящейся в равновесии с атмосферной углекислотой, кроме того, очищенной от органических примесей кипячением с перманганатом калия и дважды перегнанной [10] с добавлением особо чистых растворов соответствующих солей определенной концентрации.

Сравнение времени релаксации  $T_1$  и  $T_2$ , которые определялись по восстановлению намагниченности в импульсной последовательности 180°–190° на спектрометре ЯМР СХР–200 фирмы «Брукер» (ФРГ) опытных образцов и соответствующих модельных жидкостей, позволило выявить степень влияния примесей, появляющихся в воде в результате электроразряда, на структуру воды, а также прямого воздействия электроразряда на структуру воды.

Таким образом, объектом исследований в нашей работе явилась дистиллированная вода с начальным значением удельного сопротивления  $5 \cdot 10^3$ – $2 \cdot 10^3$  Ом·м. Ее получали с помощью дистиллятора Д-7. В исследованиях рабочую дозу 600 см<sup>3</sup> исследуемой жидкости подвергали электроразрядному воздействию. Электрические параметры варьировались следующим образом:

– для лабораторной установки 1 (см. рис. 2):  $U_0 = 4; 6$  или  $12$  кВ;  $C = 0,125$  мкФ;  $l_p = 1$  или  $5$  мм (при беспробойном разряде);

– для лабораторной установки 2:  $U_0 = 20; 36$  или  $50$  кВ;  $C = 0,1; 0,4$  или  $0,6$  мкФ;  $l_p = 5$  мм. Схема обработки по времени для всех экспериментов, с: 60; 120; 180;  $10 \cdot 10^2$ ;  $36 \cdot 10^2$ ;  $72 \cdot 10^2$ ;  $102 \cdot 10^2$ ;  $144 \cdot 10^2$ ;  $252 \cdot 10^2$ .

Порядок приготовления проб был выбран таким:

– определяли кислотность среды рН-метром рН-121 (погрешность измерений –  $\pm 0,04$  в пределах измерения 5 рН и 0,4 в пределах измерений 15 рН);

– упаривали 0,5 дм<sup>3</sup> пробы в фарфоровой чашке до сухого остатка;

– сухой остаток тщательно перемешивали с 200 мг графитного порошка (перед внесением графитного порошка в сухой остаток добавляли 2 мл перегнанного спирта);

– сухой остаток, перемешанный с графитом, выдерживали в сушильном шкафу при 250°С в течение 40 мин;

– в каждую пробу добавляли серноокислый калий и тщательно перемешивали;

– охлажденные смеси переносили без потерь во взвешенные пакетики из кальки.

На изменение свойств воды под внешним воздействием могли повлиять ее структурные изменения, следствием которых являются:

– изменение экстинкции растворов ( $n^\circ$ ) [11];

– концентрация ионов водорода (рН);

– удельное сопротивление ( $\rho$ , Ом·м);

– диэлектрическая проницаемость ( $\epsilon$ ).

#### *Определение показателя преломления*

Изучение влияния электромагнитных полей на оптические свойства водных систем представляет большой интерес, потому что являющиеся физической характеристикой системы оптические свойства воды можно измерить при минимальных на нее воздействиях и с минимальным риском изменения этой системы в процессе измерения. В работе [12] отмечали изменение показателя преломления воды после магнитной обработки. Установлено значительное (до 30%) изменение экстинкции света водой с четкой периодической зависимостью от напряженности поля.

В работе [13] установлено, что магнитная обработка различно влияет на свойства дистиллированной и технической воды: для дистиллята экстинкция убывает, а для технической воды – возрастает. Работой [9] экспериментально показано, что изменения магнитооптического эффекта для омагниченной воды составляют заметные 8–20%. При этом авторы считают, что основная причина этого связана с изменением степени гидратации ионов за счет уменьшения диссоциации растворенных веществ, то есть изменением экстинкции света за счет изменения структуры раствора.

В наших исследованиях для измерения показателей преломления жидкостей в пределах от 1,2 до 2,1 использовался лабораторный рефрактометр УРЛ. Точность измерения показателей преломления –  $(\pm 1-2) \cdot 10^{-4}$ . Вещество помещали между призмами, а свет, вышедший из нижней призмы, рассматривали в поле зрения окуляра. Поворотом рукоятки совмещали границы темного и светлого полей. Далее по шкале непосредственно отсчитывался показатель преломления исследуемой жидкости.

Значения удельного сопротивления ( $\rho$ ), рН, диэлектрической проницаемости среды ( $\epsilon$ ) во времени после электроразрядной обработки определялись согласно следующей схеме. Для определения диэлектрической проницаемости емкость (С) замеряли автоматическим измерителем Е-7-8 (погрешность измерения –  $\pm 5\%$ ).

Удельное сопротивление измеряли мостовым методом с помощью моста Р-38 (погрешность измерения –  $\pm 5\%$  в пределах от 0,3 до 30 Ом или  $\pm 1,5\%$  в пределах от 30 и до 30000 Ом) и электролитической ячейки Х-38 (погрешность измерения – до 10%).

#### *Определение диэлектрической проницаемости*

Измерения электрической емкости воды, обработанной электроразрядом, позволяют отследить изменение ее диэлектрической проницаемости, то есть косвенно определять  $\varepsilon$ . Диэлектрические свойства растворов теснейшим образом связаны с их составом и строением, которые определяют тип и степень поляризации. Диэлектрическая проницаемость принадлежит к числу макроскопических характеристик жидкостей и наиболее тесно связана со структурой молекул. Поэтому диэлькометрия довольно широко используется при физико-химическом анализе жидких смесей.

Диэлектрические свойства растворов могут быть определены из различных соотношений. В наших экспериментах оказалось наиболее удобным, с практической точки зрения, выражение:

$$\varepsilon = C/C_0,$$

где  $C$  и  $C_0$  – емкости конденсаторов с раствором и вакуумом соответственно.

Был выбран мостовой метод, при его реализации значения емкости конденсатора до и после заполнения его диэлектриком, необходимые для расчета  $\varepsilon$ , определялись балансированием моста переменного тока, в одно из плечей которого помещался конденсатор с исследуемым веществом. Основными отличительными особенностями таких мостов являются: высокая стабильность, хорошая защищенность от влияния внешних электромагнитных полей и внутренних паразитных электрических и магнитных связей, широкий частотный диапазон, а также исключительная гибкость, обеспечивающая различные измерительные режимы.

#### *Измерение удельной электропроводности*

Для этих измерений был также выбран мостовой метод, который позволял снизить процесс поляризации на электродах при работе моста на переменном токе, кроме того, платинирование (покрытие тонким слоем платиновой черни) электродов измерительной ячейки Х-38 увеличивало активную поверхность электродов и также уменьшало их поляризацию. При этих измерениях необходимо было точно выдерживать температуру исследуемого раствора, поэтому измерения проводились в термостате.

Определение электропроводности проб, при анализе которых могло проявиться влияние мешающих факторов, производилось, как правило, с использованием электродов с полированной поверхностью. Расстояние между электродами строго фиксировалось. Сосуд снабжался при шлифованной пробкой для предотвращения чрезмерного насыщения измеряемого раствора углекислотой воздуха. В итоге прибор позволял определять электропроводность жидкости  $\sigma$  с точностью до 10%.

Порядок действий при определении удельной электропроводности был следующий. Пробу испытуемой жидкости заливали в электролитическую ячейку Х-38, предварительно промыв ее исследуемым раствором. Далее, уравнив плечи моста Р-38, производили отсчет значений сопротивлений сравнительного плеча и плеч отношений (по шкале). Значение измеряемого сопротивления  $R_x$  определяли по формуле  $R_x = m \cdot R(\Omega)$ , где  $m$  – коэффициент, учитывающий поляризацию жидкости на измерительных электродах.

Значение удельного сопротивления исследуемого раствора электролита:

$$\rho = \alpha/R_x,$$

где  $\alpha$  – постоянная электролитической ячейки, зависящая от ее геометрических размеров. Она определялась опытным путем при измерении контрольного раствора, для которого известно значение  $\sigma$  ( $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ ).

#### *Ядерный магнитный резонанс*

Строение молекул, подвижность частиц в различных условиях, свойства ядер можно определить по спектру ядерного магнитного резонанса [14]. Одним из его параметров является время спин-решеточной релаксации  $T_1$ , которое характеризуется скоростью установления разности населенностей уровней за счет спин-решеточного взаимодействия.

На ядра помимо внешнего приложенного поля  $B_0$  действуют локальные поля соседних ядер и электронов  $B_{\text{лок}}$ . В жидкостях в результате быстрого движения молекул локальные поля усредняются почти до нуля, поэтому спектральные линии в жидкости очень узкие.

Измеренные во многих жидкостях ширины линий оказываются меньше 0,05 Гц (до  $10^{-5}$  Гц). Время спин-решеточной релаксации  $T_1$  в жидких и твердых телах может меняться в зависимости от разных факторов (температуры, чистоты и структуры образца, наличия парамагнитных примесей) в широких пределах – приблизительно от  $10^{-4}$  до  $10^4$  с. При коротких временах релаксации и узких линиях ширина спектра может опре-



деляться величиной  $T_1$  (то есть ядро остается на заданном энергетическом уровне в течение времени  $\Delta t$  порядка  $T_1$ ).

Время поперечной или спин-спиновой релаксации  $T_2$ . Оно характеризует процессы установления равновесия в спиновой системе в плоскости, перпендикулярной  $B_0$  (в жидкостях  $T_2$  обычно бывает одного порядка с  $T_1$ ), а ширина линий в герцах  $\Delta\nu \approx \frac{1}{T_2}$ . Для влияния анализа электро-

разрядной обработки на структуру воды следили за изменением величин  $T_1$  и  $T_2$ . Исследования проводились на спектрометре ЯМР СХР-200 фирмы «Брукер» (Институт коллоидной химии и химии воды НАН Украины).

Снимались ЯМР-спектры проб:

– контроль (вода дистиллированная, применяемая в исследованиях);

– проба (вода дистиллированная после электроразрядной обработки с определенными электрическими параметрами);

– модельная жидкость, соответствующая пробе (ее приготовление описано выше).

Абсолютное значение погрешности определения массовой концентрации элементов, выраженное в мг/дм<sup>3</sup> при доверительной вероятности 0,95, равнялось: для железа –  $1 \cdot 10^{-5}$ ; хрома –  $1 \cdot 10^{-5}$ ; титана –  $2 \cdot 10^{-5}$ ; никеля –  $1 \cdot 10^{-5}$ .

Анализ полученных результатов позволит установить, влияет ли электроразрядная обработка на структуру воды, раскрыть физико-химический механизм воздействия электроразрядной обработки на изменения структуры воды (в частности, на магнитные моменты молекул воды и примесей) и, кроме того, выяснить роль растворенных в воде веществ, образующихся при электроразряде.

Практический результат таких исследований – разработка основ тактики увеличения интенсивности водопоглощения массивом органических волокон в технологических процессах их переработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Малюшевский П.П. *Основы разрядно-импульсной технологии*. Киев: Наукова думка, 1983. 272 с.
2. Малюшевская А.П., Малюшевский П.П. *ЭОМ*. 1999, (5), 33–35.
3. Гончарук В.В., Самсони-Тодоров А.О., Яременко В.А., Выговская И.А., Огенко В.М. *Химия и технология воды*. 2014, **36**(1), 3–22.
4. Малюшевский П.П., Кривицкая З.К., Немировский А.З., Горovenko Г.Г., Ляпис Д.Н. *ЭОМ*. 1978, (4), 45–50.
5. Антонченко В.Я., Давыдов А.С., Ильин В.В. *Основы физики воды*. Киев: Наук. думка, 1991. 670 с.
6. Лазаренко Б.Г., Бантыни Л.А. *ЭОМ*. 1970, (3), 46–48.
7. Loraine A., Huchler P.E. *Official Proceedings the International Water Conference, Pittsburgh, PA, 22 October 2002*. IWC-02-46.
8. Бессонова А.П., Стась И.Е. *Ползуновский вестник*. 2008, (1), 305–309.
9. *Stormwater Effects Hand book: A Toolbox for Watershed Managers, Scientists and Engineers*. New York: CRC/Lewis Publishers. 2001. Ch.2, 15–32.
10. Блюмельфельд Л.А., Гольфельд М.Г. *Журнал структурной химии*. 1968, **9**(3), 23–25.
11. Брункс С.В., Классен В.И., Коньшина А.К. *Коллоидный журнал*. 1986, **28**(1), 153–154.
12. Coey J.M.D., Cass S. *J Magn Magn Mater*. 2000, (209), 71–74.
13. Рахманин Ю.А., Кондратова В.В. *Вода – космическое явление*. М.: Изд-во РАЕН, 2002. 427 с.
14. Гюнтер Х. *Введение в курс спектроскопии ЯМР*. М.: Наука, 1984. 478 с.

Поступила 25.02.15

После доработки 11.06.15

## Summary

The article is devoted to the research results of the influence of the electrodischarge cavitation and of the electromagnetic field of a discharge current on the physicochemical properties of water. The aim of the research was the development of basics of the tactics of increasing the water absorption intensity by a mass of organic fibers during their treatment. Part I deals with the initial properties of the electrodischarge working medium and main methodical points of investigation.

*Keywords: electrodischarge cavitation, electromagnetic field, water absorption.*