

УДК 621.314.21.26

Д.А. Кулагин, студент, преподаватель ЗОШ № 42,

В.П. Метельский, профессор, канд. техн. наук,

С.П. Лушин, доцент, канд. физ.-мат. наук

Запорожский национальный технический университет

ул. Жуковского, 64, г. Запорожье, Украина, 69063

E-mail: nemix123@rambler.ru, luschin@zntu.edu.ua

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОТОЧНОГО ОМАГНИЧИВАНИЯ ВОДЫ

Анализируется процесс активации воды. Приводится разработанный метод магнитной обработки воды.

Проблема изменения свойств воды и водных систем с помощью воздействия магнитным полем и другими физическими факторами окружающей среды с каждым годом приобретает всё большее научное и практическое значение.

Установлено, что, подвергаясь различным внешним воздействиям, вода может приобрести совершенно новые свойства. Особенно это проявляется при действии на воду различных излучений. Существуют различные способы изменения свойств воды. Обычно эти процессы называют активацией. Все методы активации можно свести к энергетическому воздействию на молекулы воды. В литературе не существует единой теории активационных процессов [1]. Выделяют наиболее распространенные методы активации: магнитная, механическая, ультразвуковая, термическая, активация наносекундными электромагнитными импульсами и электрохимическая [2].

Существующие установки для омагничивания воды обычно включают и различные способы механического воздействия на воду: перемешивание, распыление, многократное прохождение через магнитное поле, смену направления действия поля и т.д. [1].

Вода, прошедшая обработку магнитным полем, находит применение для предупреждения или удаления образовавшейся накипи в системах теплоснабжения, используется для придания сокам, напиткам биологически активных свойств, повышения посевных качеств семян зерновых и овощных культур, а также в хлебопечении [3]. Поэтому разработка установки по проточной обработке воды магнитными полями является актуальной задачей в настоящее время.

Значительное количество исследований посвящено изучению влияния магнитных полей на изменение свойств воды. В работе [3] приводится анализ режима магнитной обработки воды от её химического состава, скорости движения на участке омагничивания и конструктивных особенностей омагничивающих аппаратов.

В.И. Миненко, С.М. Петров, М.Н. Минц отмечают, что магнитная обработка воды приводит к изменению её структуры, поверхностного натяжения, вязкости, электросопротивления, магнитной восприимчивости, диэлектрической проницаемости и других физических свойств [4].

Под действием магнитного поля изменяются свойства чистой воды и водных растворов, но наибольшее влияние магнитное поле оказывает на ионы, которые значительно повышают восприимчивость молекул воды [4].

В настоящее время выделяют четыре группы гипотез процесса омагничивания воды [3]: влияние на карбонатный состав воды, на общий солевой состав, на структуру воды, влияние на состояние водной системы в целом.

Магнитная обработка обязательно требует протекания воды сквозь одно или несколько источников магнитных полей – на неподвижную воду магнитные поля действуют гораздо слабее. Экспериментально подтверждена обязательность перемещения воды в искусственно создаваемом магнитном поле, поскольку обрабатываемая вода обладает некоторой электропроводностью и при ее перемещении в магнитных полях возбуждается небольшой электрический ток. Следовательно, имеет место не магнитная, а электромагнитная обработка водной системы.

Влияние магнитных полей на свойства воды нельзя отнести к числу устойчивых – здесь наблюдаются частые и непонятные колебания результатов опытов, проводимых в стандартных условиях. Трудность лабораторной оценки изменения свойств воды после магнитной обработки имеет ряд причин. К ним относятся небольшая величина эффектов (делающая необходимой высокую точность опытов), отсутствие стабилизации большого количества условий, в которых проводится опыт, и возможность того, что некоторые существенные факторы просто не учитываются. К таким непознанным факторам относится воздействие на водные системы естественных магнитных полей. Влияние солнечной активности на свойства воды, как правило, на практике не учитывается. При сопоставлении наблюдавшегося в течение полугода разброса параллельных опытов по омагничиванию воды с солнечной активностью, которая приближенно оценивалась по числу вспышек на Солнце в предыдущие сутки, оказалось, что даже при таком грубом сопоставлении наметилась определенная зависимость. Степень

разброса результатов многих опытов, проведенных в постоянных условиях, максимальна при числе вспышек от 10 до 40 в сутки. Исследования с водой надо проводить в условиях максимальной защиты от внешних наводок, в том числе вызываемых солнечной активностью.

Отметим, что под словом вода мы подразумеваем не абсолютно чистую воду, которая не исследовалась как объект магнитной обработки, – все опыты проводятся с водой не чище бидистиллята. Большую роль играет характер примесей и их концентрация. Говоря о воде с примесями, следует отметить, что действие магнитных полей изменяет ее физические свойства – диэлектрические, вязкость, поверхностное натяжение и др. При магнитной обработке бидистиллята, чистота которого характеризуется удельной электропроводностью $0,85 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$, были получены данные, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение объемных свойств воды после магнитной обработки

Напряженность магнитного поля, 10^4 Тл	рН		Поверхностное натяжение		Диэлектрическая постоянная	
	доли единицы	%	10^{-3} Н/м	%	Ф/м	%
1900	0,35	5,1	1,6	2,2	1,5	1,8
3500	0,44	6,4	3,7	5,1	1,4	1,7
4800	0,62	9,1	4,7	6,4	1,4	1,7
5700	0,62	9,1	5,3	7,3	1,4	1,7

Диамагнетизм чистой воды очень невелик, но он значительно изменяется в присутствии примесей, в том числе и газов. Например, если повышать концентрацию в воде парамагнитного кислорода, то это заметно сказывается на магнитной восприимчивости воды. Даже метод насыщения ее газом (встряхивание, барботаж) имеет при этом значение.

Диамагнетизм воды в определенной степени зависит от температуры. В интервале от 0 до 100°C он возрастает на величину, соизмеримую с имеющей место при переходе льда в воду. Это связано с нарушением средней степени ассоциации молекул воды тепловым движением с ростом температуры.

В исследовании физических характеристик омагниченной воды особое место занимают измерения ее оптических свойств и прежде всего инфракрасных спектров поглощения, поскольку они являются одной из объективных характеристик воды, а оптические измерения – наиболее щадящими по отношению к воде. В этом направлении проведено большое количество исследований и накоплен статистически достоверный материал. Установлено, что магнитная обработка несколько изменяет инфракрасный спектр поглощения воды.

Особый интерес представляют исследования влияния магнитной обработки с помощью ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Метод ЯМР основан на том, что ядра атомов, входящие в состав молекул, могут иметь магнитный момент, заставляющий их ориентироваться определенным образом во внешнем магнитном поле. Этот момент зависит от механического момента движения – спина. Ядра взаимодействуют не только с внешним полем, но и друг с другом, и характер этого взаимодействия зависит от их взаимного расположения. Изменение ориентации спина ядра происходит скачком с поглощением или испусканием кванта электромагнитной энергии. Если на атом, находящийся в постоянном магнитном поле, воздействовать еще и переменным магнитным полем, то при определенной частоте колебаний, соответствующей энергии кванта, наступает резонансное взаимодействие, которое и может быть зафиксировано. Метод ЯМР дает исследователям обширную информацию о строении вещества, но требует величайшей точности эксперимента и вдумчивого анализа его результатов.

Опыты дают следующие результаты. Изменений свойств дистиллята не обнаружено. Однако у природной воды и раствора бикарбоната кальция отмечается значительное сужение ширины линий сигнала. Следовательно, магнитная обработка воды, содержащей ионы, уменьшает их гидратацию. У коллоидного раствора железа такое изменение сигнала ЯМР после магнитной обработки не отмечено [3].

Влияние магнитной обработки на гидратацию ионов, находящихся в воде, изучается с помощью ультразвукового метода, разработанного А.Н. Пасынским. После магнитной обработки уменьшается гидратация диамагнитных ионов и несколько возрастает гидратация парамагнитных. Изменения наиболее заметны в разбавленных растворах и у ионов, стабилизирующих структуру воды (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Li^{+}) или образующих с ней комплексы (Fe^{3+} , Ni^{2+} , Cu^{2+}). То есть существует зависимость эффектов от напряженности магнитного поля. В итоге следует, что информацию последствия воздействия магнитного поля несет сама вода, а находящиеся в ней ионы усиливают проявляемый эффект.

Изменения свойств воды после магнитной обработки в подавляющем большинстве случаев наблюдаются тогда, когда вода соприкасается с твердым телом или газом, т.е. в гетерогенных системах.

Наиболее заметны изменения, происходящие у границы раздела твердой и жидкой фаз. Вместе с тем почти все виды практического применения омагниченной воды осуществляются в гетерогенных условиях.

К числу неожиданностей можно отнести изменение смачивающей способности воды после магнитной обработки. Изменение смачивания зависит от состава смачиваемой поверхности: если она содержит кремний, то смачивание улучшается. Этот эффект имеет значение для флотации и процесса улавливания пыли.

С помощью магнитной обработки может значительно ускориться адсорбция различных веществ на границе воды с воздухом и твердыми телами. Процесс протекает самопроизвольно в том случае, если он сопровождается понижением свободной энергии.

Любопытны данные Г. Габриелли и А. Фикалби о влиянии обработки дистиллированной воды на свойства адсорбированной на разделе жидкость – газ пальмитиновой кислоты. Обработка воды велась электромагнитными волнами частотой 3 – 4 кГц. После такого воздействия на воду поверхностное давление пленки понижается.

Различие опытных данных у отдельных авторов крайне затрудняет возможность обобщений в рассматриваемой области. В качестве первого приближения можно сделать вывод, что в большинстве исследований отмечается преимущественное влияние характеристики магнитного поля, скорости потока и состава водной системы. Они показали, что во многих случаях изменение свойств обрабатываемой воды не возрастает монотонно с увеличением напряженности поля, но имеет периодический характер, а иногда даже отклоняется в обратную сторону. Такую полиэкстремальную зависимость можно объяснить случайным разбросом результатов. Однако характеристика магнитного поля только с помощью его напряженности оказалась крайне приближенной. Когда поток воды или суспензии пересекает магнитное поле, ему приходится проходить через участки с разной напряженностью. В этих условиях магнитное поле всегда неоднородно и его оценка по величине максимальной напряженности явно недостаточна. На первый план выступает такая характеристика магнитного поля, как градиент его напряженности. Градиент напряженности магнитного поля может быть временный или пространственный. Проще определить (измерением напряженности поля в отдельных точках межполюсного пространства) пространственный градиент. Градиент, возникающий, из-за биения поля (например, при питании катушек электромагнитов переменным или пульсирующим током), измерить труднее. Еще сложнее обстоит дело с измерением величины градиента напряженности магнитного поля и с выявлением его роли в том случае, когда жидкость пересекает поле с различной скоростью (именно этот случай характерен для магнитной обработки воды). Существует несколько возможностей регулирования градиента напряженности магнитного поля – изменением напряженности поля, формы полюсных наконечников, расстояния между ними. Наилучшие результаты магнитной обработки достигаются при определенной, достаточно значительной (1 – 3 м/сек) скорости течения воды в поле. От скорости потока воды зависят и силы, действующие на находящиеся в воде ионы, и величина градиента поля, и время нахождения воды в поле. Скорость течения может влиять на структуру воды, на пульсации давления. От скорости течения воды в магнитных полях зависит частота изменения напряженности поля. Имеются наблюдения, свидетельствующие о наибольшем действии на воду низкочастотной обработки [4]. Все эти факторы при варьировании скорости течения изменяются одновременно, и выявить роль каждого из них сложно.

О влиянии природы и концентрации веществ, растворенных в воде, известно очень мало. Работы в этом направлении проводились в основном при изучении предкотловой подготовки воды. Установлено, что для ускорения выпадения бикарбонатов кальция и магния требуется определенное соотношение их количества с концентрацией в воде углекислого газа (определяющей степень пересыщения раствора). Пересыщение раствора солей вообще считается полезным, поскольку в противном случае выпадения кристаллов ожидать не приходится. Крайне важно проследить действие отдельных растворенных в воде веществ, различающихся между собой магнитной восприимчивостью, степенью гидратации, влиянием на структуру воды.

Широко известные устройства для активации воды представляют собой в эксплуатации неподвижную сборочную единицу, использование которой не рационально по ряду технических причин:

- нерегулируемый рабочий зазор полюса;
- экранирование полезного магнитного поля из-за выполнения водовода из токопроводящих материалов;
- массивность индуктора с сердечником;
- большая потребляемая мощность;
- низкий КПД;
- трудности в регулировании необходимых физико-химических свойств воды;
- невозможность замены узлов и катушки индуктора;
- высокая степень перегрева установки;
- установка для мембранного обессоливания, производительностью 5 м³/ч, стоит около 15 тыс. долларов, причем самые дорогостоящие элементы (мембраны) приходится менять не реже одного раза в год;

- электрохимический способ требует значительных площадей для монтажа модулей и сравнительно большого расхода электроэнергии ($0,5 - 2,0 \text{ кВт ч/м}^3$);
- в случае применения реагентных добавок увеличивается солесодержание воды, повышается остаточная жесткость, требующая проведения стабилизационных мероприятий;
- устройства, принцип действия которых базируется на электролизе, не защищают инженерное оборудование от коррозии;
- действие акустических систем локально и не всегда эффективно при самостоятельном применении;
- устройства для обработки воды электромагнитными волнами расчетной частоты достаточно экономичны, но не рекомендуются для воды с температурой выше 70°C и требуют дополнительной водоподготовки, стабильного качества воды, допускают сбои в работе и имеют ограниченный срок службы (1 – 2 года);
- нерегулируемые аппараты на постоянных магнитах работоспособны только при стабильном качестве и постоянной температуре воды.

Решение данного ряда проблем позволяет получить универсальную проточную установку для омагничивания воды.

Техническое решение задачи по снижению степени экранирования магнитного поля нами было выполнено в качестве применения водовода 5 (рисунок 1) из полимерного материала.

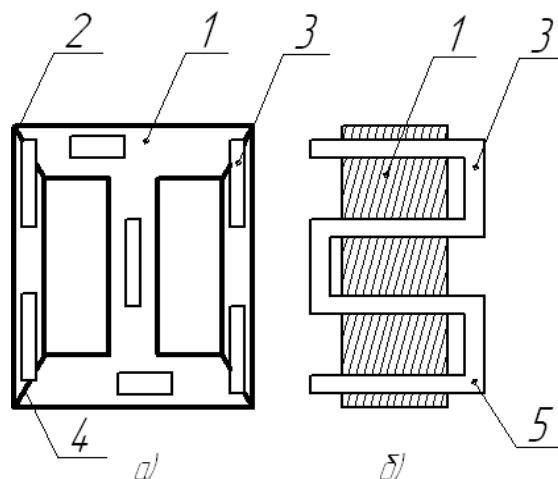


Рисунок 1 – Общий вид каркаса системы трансформатора под устройство для магнитной обработки (а) и системы водовода (б)

Предложенная конструкция позволяет существенно снизить массу и размеры магнитной системы, поскольку для регулировки степени омагничивания предполагается использование полимерных трубок малого диаметра и регулировка силовых характеристик магнитного поля. Изменение силовых показателей дает возможность повысить КПД установки, т.к. подбираются необходимые параметры омагничивания. Такая конструкция дает возможность получить воду с заданной степенью омагничивания, что имеет значение в некоторых отраслях пищевой промышленности, где полностью омагничиванная вода недопустима к применению. Вода, неоднократно прошедшая через магнитопровод трансформатора дополнительно согревается тепловой мощностью, рассеиваемой обмоткой трансформатора, что позволяет решить проблему перегрева сердечника трансформатора и его обмоток. Дополнительные отверстия в магнитопроводе создают определенную проблему – появление дополнительных вихревых токов. Однако, применение косо́го стыка 4 при укладке пластин магнитопровода вместо распространенного прямого стыка позволяет существенно уменьшить вихревые токи и потери в стали.

Установка позволяет вести омагничивание током промышленной частоты, обработку воды электромагнитным полем постоянного тока, изменять соотношение воды, идущей на омагничивание, с потоком, не подвергающимся обработке. Она имеет следующие преимущества над известными:

- имеет широкий диапазон регулирования, позволяющий устанавливать различную толщину омагничиваемого слоя жидкости в потоке;
- работает на переменном и постоянном токе;
- работоспособна при любой ориентации в пространстве;
- позволяет пропуск жидкости от входного патрубка к выходному и наоборот;

- имеет меньшую потребляемую мощность за счет замены диамагнитной металлической трубы на полимерную;
- при необходимости позволяет омагничивать часть жидкости, проходящей через устройство;
- вода дополнительно нагревается при омагничивании;
- небольшие габаритные размеры;
- магнитное поле перпендикулярно направлению протекания жидкости;
- в большинстве случаев исключается необходимость в химводоподготовке;
- образовавшаяся ранее накипь растворяется, а новая перестает откладываться сразу после включения аппарата;
- защищает и очищает от накипи не только сам теплоагрегат, но и связанные с ним сети;
- незначительная потребляемая мощность ($1,5 \text{ Вт/м}^3$) обеспечивает существенную экономию энергоресурсов;
- простота монтажа и эксплуатации;
- не оказывает негативного воздействия на окружающую среду.

Перспективы применения магнитной обработки водных систем в промышленности важны с точки зрения необходимости поиска новых методов интенсификации химико-технологических процессов, протекающих, как правило, в водной среде или при ее активном участии. В процессе магнитной обработки техническая вода, протекая с оптимальной скоростью сквозь магнитные поля, определенной напряженности, приобретает необычайные свойства, сохраняющиеся в течение примерно 24 часов [4]. Если же в воде происходят вторичные процессы (например, образование новой фазы), изменения носят необратимый характер. После магнитной обработки в водной системе происходят следующие изменения:

- в пересыщенных растворах солей ускоряется образование кристаллов в объеме раствора (а не на стенках аппаратов, оборудования и т.д.);
- интенсифицируются процессы растворения, коагуляции взвесей (повышается скорость их оседания);
- возрастает концентрация растворенных газов: кислорода и двуокиси углерода;
- увеличивается прочность твердых частиц в осадках;
- изменяется смачиваемость твердых поверхностей;
- ускоряется адсорбция на поверхностях раздела фаз.

Эти изменения, происходящие в гетерогенных системах с развитой поверхностью раздела фаз, положительно влияют на протекание многих химико-технологических процессов [4].

Таким образом, проведенные исследования убедительно свидетельствуют о перспективности использования магнитной обработки водных систем и реализации открывающихся при этом возможностей. Приведен анализ химических свойств воды, который показывает изменение pH, поверхностного натяжения и диэлектрической постоянной в зависимости от напряженности воздействующего на воду магнитного поля.

Разработанная модель установки для проточного омагничивания воды эффективна с точки зрения энергетических затрат на обработку и по ряду технических параметров является одной из оптимальных на сегодняшний день в сравнении с другими аналогичными устройствами. Найдено решение конструктивных проблем устройств, разработанных ранее.

Полученные данные и модель направлены на привлечение внимания к использованию магнитной обработки водных систем и могут реально применяться в производстве и быту.

Библиографический список

1. Бахир В.М. Современные технические электрохимические системы для обеззараживания, очистки и активирования воды / В.М. Бахир. — М.: ВНИИИМТ, 1999. — 84 с.
2. Голгер Ю.Я. К термодинамической теории влияния структурных изменений жидкости на смачивание и флотационное прилипание / Ю.Я. Голгер, В.И. Классен // Тезисы докладов ко второму Всесоюзному семинару «Вопросы теории и практики магнитной обработки воды». — М., 1969. — 34 с.
3. Классен В.И. Омагничивание водных систем / В.И. Классен. — М., 1972. — 184 с.
4. Миненко В.И. Магнитная обработка воды / В.И. Миненко, С.М. Петров, М.Н. Минц. — Харьков, 1962. — 125 с.

Поступила в редакцию 09.11.2006 г.