

## Нанотехнология электродинамического опреснения морской ВОДЫ\*

Абдулкеримов С.А., канд. техн. наук;  
Ермолаев Ю.М., канд. физ-мат. наук, доцент;  
Родионов Б.Н., доктор техн. наук, профессор

Приведены данные экспериментальных исследований электродинамического способа опреснения морской воды с использованием электромагнитных волн пространственного заряда (продольных электромагнитных волн) и нанофильтра.

Одной из актуальнейших задач современности является опреснение воды. Одним из возможных и перспективных путей ее решения является электродинамическое разложение воды на соленую и пресную составляющие и их пространственное разделение. В настоящей работе представлены первые экспериментальные данные по опреснению соленой (морской) воды с применением продольных электромагнитных волн (ЭМВ).

Многочисленные исследования в области применимости продольных ЭМВ (ЭМВ пространственного заряда) для разнообразных областей науки и техники показывают, что во многих природных процессах они играют важную роль и могут быть использованы для высокоэффективного малоэнергетического решения различных народнохозяйственных задач, в том числе и для опреснения воды [1].

Физико-технической основой рассматриваемого метода является наличие уникально высокой частотной дисперсии - острых пиков и глубоких провалов амплитудно-частотных характеристик (АЧХ), возникающих при прохождении продольных ЭМВ через соленую воду. При этом следует отметить, что дисперсия АЧХ продольных волн существенно превосходит аналогичные зависимости для поперечных ЭМВ.

Типичные АЧХ для коэффициента передачи по мощности в кварцевой трубе диаметром 20 мм и длиной 110 см, заполненной водой, для пресной и морской воды, приведены на рис. 1.

Отношение значений в максимумах и в минимумах АЧХ могут достигать 10-30 дБ, что свидетельствует о наличии в структурах воды резонансов при продольных колебаниях составляющих блоков в кластерах воды под действием кулоновских сил продольного поля  $E$ .

Как видно из рис. 1б, при повышенной мощности для соленой воды на ряде резонансных частот выходная мощность может превысить входную, что свидетельствует о поступлении в воду дополнительных зарядов из окружающей

---

\* Опубликовано только в электронной версии сборника.

среды. Если приток зарядов из окружающей среды ограничен, то за время порядка 1 мин. пик избыточной мощности пропадает и прошедшая через опреснитель мощность уменьшается до размеров пика черного цвета (рис. 1б). Если в непосредственной близости к трубе с водой находится резервуар с водой (или человек), то вид АЧХ существенно изменяется. При удалении сосуда с водой от кварцевой трубы перпендикулярно её оси (вдоль радиуса) значение АЧХ в точке резонанса изменяется циклически, что непосредственно свидетельствует о наличии стоячих волн поля продольной ЭМВ вокруг трубы.

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 1, показывает, что частоты резонансов для пресной и морской воды практически совпадают, но максимум спектра амплитуд для соленой воды смещен в низкочастотную область (рис. 1б), а для пресной - в высокочастотную (рис. 1а). При этом добротность резонансных колебаний для соленой воды существенно выше, что непосредственно связано с большей проводимостью соленой воды.

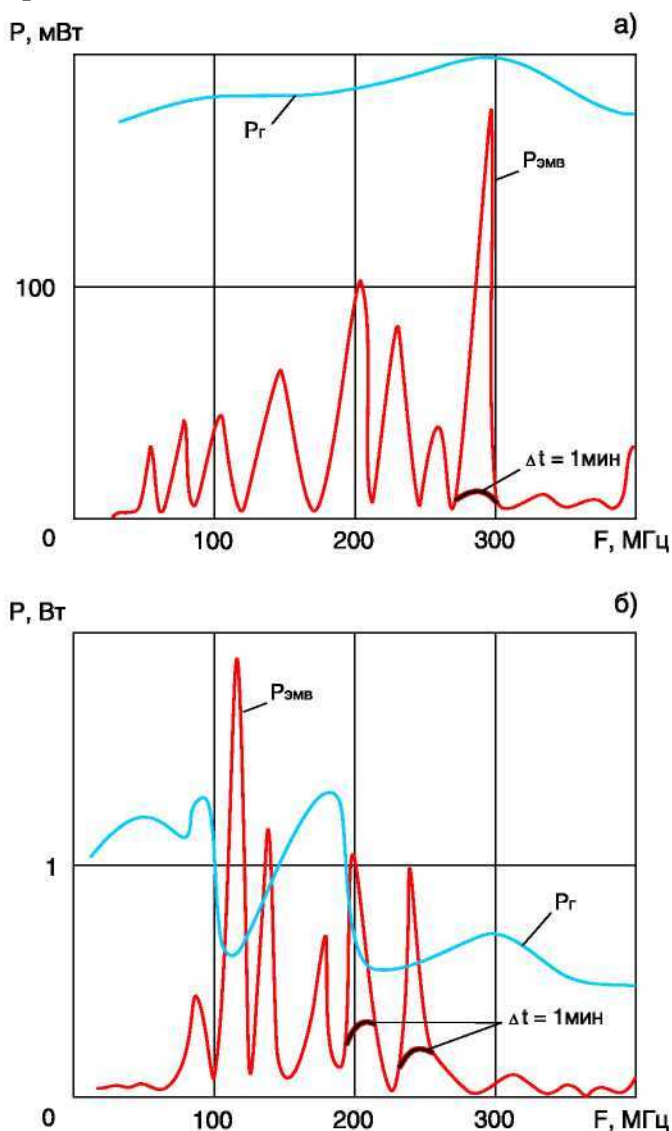


Рис. 1. Частотные зависимости для выходной мощности продольной ЭМВ РЭМВ для пресной воды (а) и соленой воды (б) в метровом диапазоне; частотные зависимости выходной мощности генератора РГ с поперечной модой ЭМВ.

Отмеченные физико-технические особенности взаимодействия продольных ЭМВ с соленой (морской) водой обуславливают разрыв кластерной структуры воды на отдельные компоненты и её опреснение при продольных колебаниях ионов Na и Cl.

При наиболее распространенном в настоящее время тепловом опреснении воды разделение фракций происходит в процессе парообразования, при этом пресная вода выделяется с паром, затем конденсируется и собирается в отдельную емкость, а рапа остается в осадке, в емкости, где была соленая вода. Тепловое опреснение при искусственном нагреве требует больших энергозатрат, а при естественном испарении - много времени вследствие малой производительности процесса опреснения.

При кулоновском силовом воздействии под действием электрического поля  $E$  продольной ЭМВ разделение кластеров воды на отдельные компоненты происходит в одной емкости в области максимального поля стоячей продольной ЭМВ. При этом разделение фракций пресной воды и рапы осуществляется с помощью нанопылтра, через который под воздействием электрического поля  $E$  продольной ЭМВ «проталкивается» пресная вода. Подобное «проталкивание» жидкости через капиллярную структуру ксилемы (в том числе через нанокapилляры) происходит в процессе сушки древесины [2].

На рис. 2 приведены зависимости изменения объемов  $V_1$  (соленая вода) и  $V_2$  (пресная вода) в процессе опреснения под действием СВЧ генератора с продольной модой ЭМВ на одной из резонансных частот.

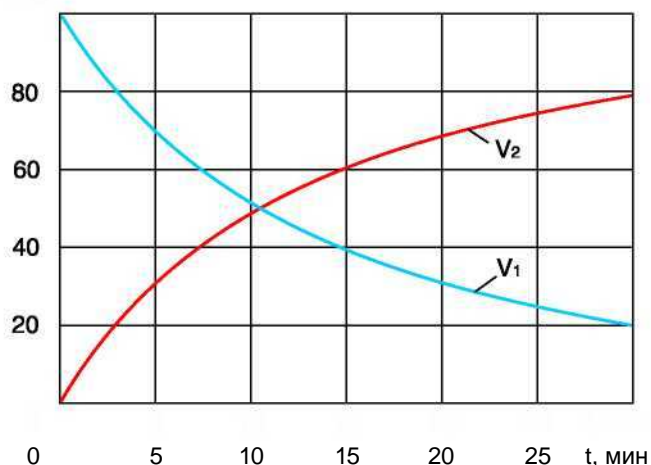


Рис. 2. Изменение объемов соленой и пресной воды в процессе опреснения.

На рис. 3 приведена временная зависимость изменения скорости опреснения, измеряемой числом капель в секунду  $N$  (кап./с) на выходе опреснителя.

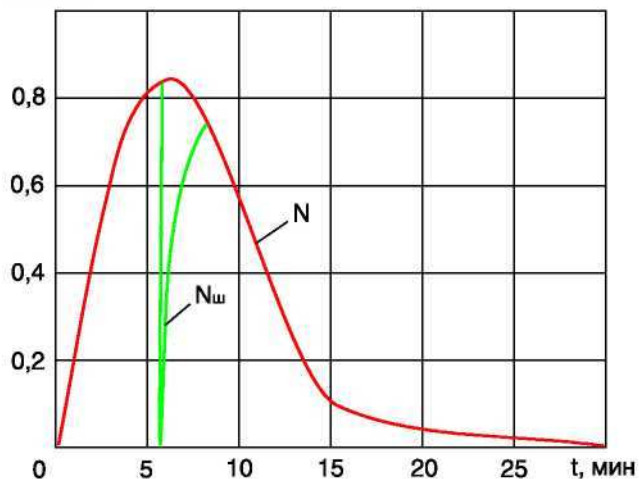


Рис. 3. Изменение скорости опреснения  $N$ , кап./с на выходе опреснителя и при воздействии электрического шокера  $N_{ш}$ .

На рис. 4 приведены временные зависимости изменения напряжения на детекторе, измеряющем мощность прошедшей продольной СВЧ ЭМВ через всю конструкцию опреснителя.

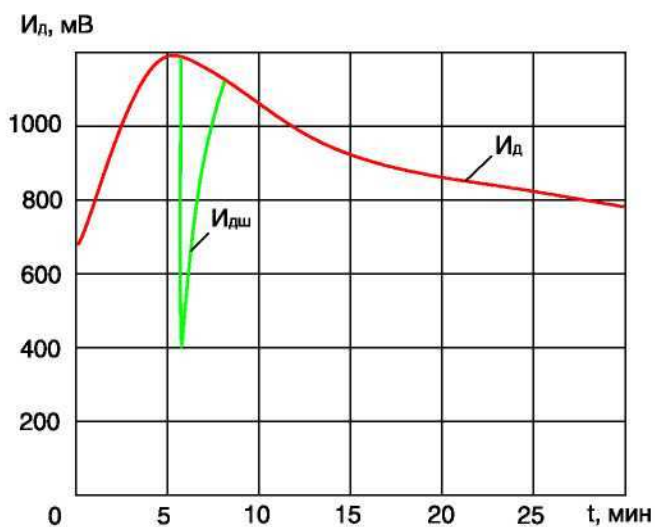


Рис. 4. Изменение напряжения на детекторе мощности прошедшей через опреснитель продольной СВЧ ЭМВ в процессе опреснения  $U_d$  и при воздействии электрического шокера  $U_{дш}$ .

Для подтверждения физического эффекта опреснения морской воды под действием кулоновского поля, создаваемого продольной ЭМВ Е-типа, в пике процесса опреснения включался разряд мощного поперечного поля  $E$  от электрического шокера (порядка 150 кВ/см) на входе нанофильтра опреснителя. Из наших ранее проведенных исследований было известно, что высокочастотное поперечное поле  $E$  подавляет продольную ЭМВ Е-типа [3], что наглядно видно на графике прошедшего СВЧ сигнала продольной ЭМВ через всю конструкцию опреснителя (рис. 4).

При импульсном включении шокера в момент пика процесса опреснения ( $t \approx 7$  мин.) мощность прошедшего сигнала снижается на 5дБ (рис. 4) и затем медленно

восстанавливается, при этом скорость процесса опреснения практически падает до нуля (рис. 3). Этот эксперимент с шокером непосредственно подтверждает физическую концепцию опреснения морской воды под действием продольной СВЧ ЭМВ Е-типа.

При изучении степени опреснения морской воды в заданной конструкции исследовалась эффективность применения СВЧ генераторов разных частот и мощности. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1.

№ эксперимента	Тип генератора	Частотный СВЧ генератор, МГц	Частотный мод., Гц	Ток источника питания, мА	Выходная мощность СВЧ генератора, Вт	Температура начальн., $T_1$ , °С	Температура конечн., $T_2$ , °С	Объем солен. воды, мл	Объем пресн. воды, мл	Время СВЧ облуч., мин.	Напряж. СВЧ дет., В
1	Г4-143	250	1000		1	18	20	30	70	20	1,1
2	Волна	915	0	200	500	19	58	5	90	6	5
3	Волна	915	8	200	500	19	27	90	10	6	4,5
4	Волна	915	0	180	400	19	60	5	90	5	5
5	Волна	915	0	150	300	19	47	30	60	5	4,5
6	Волна	915	20	150	300	20	23	50	40	5	4
7	Волна	915	0	180	400	20	43	40	60	3	5,58
8	Г4-143	380	1000		1	21	22	0	100	10	0,3
9	Г4-143	390	1000		1	21	22	60	30	10	0,4

Анализ данных таблицы подтвердил ранее сделанное предположение о том, что нанотехнология электродинамического опреснения морской воды с использованием генератора СВЧ наиболее успешно реализуется на резонансных частотах с минимальными потерями, причем для оптимизации процесса опреснения необходим подбор оптимальной для данной конструкции частоты.

В наилучшем из полученных результатов (№8) количество солей в опресненной воде снижается в 70 раз, что примерно в 10 раз превышает результаты опреснения, получаемые в традиционно применяемых технологиях. Следует также отметить, что при воздействии на частотах резонанса кластерная структура воды разрушается при мощностях порядка 1 Вт, в то время как для поперечных ЭМВ требуется мощность излучения порядка 1 кВт.

Исследованная конструкция опреснителя (рис. 5) работает в метровом диапазоне длин волн и может быть использована для получения опресненной воды в объеме порядка 1 л в час при небольших мощностях, например, при наличии электропитания от автомобильного аккумулятора.

Для получения больших объемов опресненной воды в непрерывном режиме с применением мощных источников СВЧ разрабатывается другая конструкция опреснителя.

Проведенные исследования впервые продемонстрировали работоспособность нанотехнологии электродинамического опреснения соленой воды. Существование нанотехнологии заключается в использовании продольных ЭМВ для электродинамического (кулоновского) разрушения кластерной структуры воды без ее нагрева и «проталкивания» обессоленных кластеров через каналы нанопористого фильтра.

Разработанная конструкция опреснителя (рис. 5) обеспечивает получение 1 литра опресненной воды в час и может работать от автомобильного аккумулятора.



Рис. 5. Опреснитель производительностью 1 л/час.

## Библиографический список

1. Абдулкеримов С.А., Ермолаев Ю.М., Родионов Б.Н. Продольные электромагнитные волны. Теория, эксперименты, перспективы применения. - М.: 2003.
2. Даров И.В., Ермолаев Ю.М., Родионов Б.Н. Сушка древесины продольными электромагнитными волнами. - МГУЛ, 2005.
3. Абдулкеримов С.А., Богданов В.П., Годин С.М. и др. Опытные исследования энергоинформационных взаимодействий излучений генератора продольных электромагнитных волн с водой // Электродинамика и техника СВЧ и КВЧ. - 2000. Т.8, N3-4(28). С. 124-126.