

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИИ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](https://doi.org/10.15863/TAS) DOI: [10.15863/TAS](https://doi.org/10.15863/TAS)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2022 Issue: 01 Volume: 105

Published: 30.01.2022 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



Igor Viktorovich Goloperov

Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of
Educational Technologies and Occupational Safety, Ukraine
goloperov_igor_viktorovich@ukr.net

Larisa Vladimirovna Baklanova

Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy
Candidate of chemical sciences, Associate Professor of
Educational Technologies and Occupational Safety, Ukraine
baklanovalarisa@ukr.net

Aleksandr Nikolaevich Baklanov

Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy
Doctor of chemical sciences, Professor of
Educational Technologies and Occupational Safety, Ukraine
baklanov_oleksandr@meta.ua

HIGH FREQUENCY ULTRASOUND IN CLEANING INTENSIFICATION SALT FROM WATER-INSOLUBLE IMPURITIES AND SALT MAGNESIUM

Abstract: A solution to the problem of cleaning salt from water-insoluble impurities and magnesium salts by washing salt with brine in a ratio of 1-(1-2) under the action of ultrasonic frequency 12-14 MHz, intensity 7.5-9.5 W/cm² for a time ≥ 3 min. It is shown that the use of high-frequency ultrasound in comparison with low-frequency ultrasound makes it possible to increase the degree of purification for magnesium from 90.3 - 92.2% to 96.7 - 97.8%, and for water-insoluble impurities from 85.5 - 87.5% to 91.5 - 94.0%.

Key words: table salt, purification from water-insoluble impurities and magnesium salts, high-frequency ultrasound, degree of purification.

Language: Russian

Citation: Goloperov, I. V., Baklanova, L. V., & Baklanov, A. N. (2022). High frequency ultrasound in cleaning intensification salt from water-insoluble impurities and salt magnesium. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 01 (105), 735-739.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-01-105-52> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2022.01.105.52>

Scopus ASCC: 1500.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ УЛЬТРАЗВУК В ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ ОТ НЕРАСТВОРИМЫХ В ВОДЕ ПРИМЕСЕЙ И СОЛЕЙ МАГНИЯ

Аннотация: Предложено решение проблемы очистки поваренной соли от нерастворимых в воде примесей и солей магния путем промывки поваренной соли рассолом в соотношении 1-(1-2) под действием ультразвука частотой 12-14 МГц, интенсивностью 7,5-9,5 Вт/см² в течение времени ≥ 3 мин. Показано, что использование ультразвука высокой частоты по сравнению с ультразвуком низкой частоты позволяет повысить степень очистки по магнию с 90,3 - 92,2 % до 96,7 - 97,8 %, а по нерастворимым в воде примесям с 85,5 - 87,5 % до 91,5 - 94,0 %.

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

Ключевые слова: поваренная соль, очистка от нерастворимых в воде примесей и солей магния, высокочастотный ультразвук, степень очистки.

Введение

Поваренная соль является важнейшим пищевым продуктом и ценным сырьем для промышленности. Причем, для промышленного использования весьма значимым фактором является наличие солей магния и нерастворимых в воде примесей. Так, для использования в химической промышленности, в частности для получения гидроксида натрия, содержание магния не должно превышать 0,030 %, а содержание нерастворимых в воде примесей 0,10 % [1].

Для использования в химической промышленности обычно применяют бассейновую и озерную поваренную соль как наиболее дешевую в производстве. Однако, содержание магния в ней составляет 0,30-0,70 %, а нерастворимого в воде остатка – 0,40-0,90 %. В связи с чем, используют ее очистку от солей магния и нерастворимого в воде остатка [1].

Применяется способ очистки бассейновой поваренной соли, включающий сборку ее в бурты и промывку атмосферными осадками от солей магния и нерастворимых в воде примесей [1]. Недостатком способа является продолжительность процесса, занимающего 3-4 месяца, потери готовой продукции 15-20% и недостаточная степень очистки от нерастворимых в воде примесей, не превышающая 10% [1].

Имеется также способ очистки поваренной соли, включающий промывку поваренной соли насыщенным рассолом хлорида натрия с одновременной подачей воздуха при объемном соотношении компонентов (поваренная соль : рассол : воздух) 1: (1-2) : (2-3) в импульсном электрическом поле напряженностью 0,2 – 0,4 кВ/см с длительностью импульсов 0,05 – 0,1 с и цикличностью импульсов 1,5-2,5 с. Способ позволяет по сравнению с предыдущим способом повысить степень очистки поваренной соли и сократить время очистки соли до 5 мин. Недостатком способа является степень очистки, не превышающая 67% по ионам магния (Mg^{2+}) и 63% по нерастворимому в воде остатку и сложность технологического процесса обусловленного необходимостью одновременной подачи воздуха при объемном соотношении компонентов (поваренная соль : рассол = (1-2): (2-3) [2].

Наиболее эффективным считается способ очистки поваренной соли, включающий промывку поваренной соли насыщенным рассолом хлорида натрия при воздействии низкочастотного ультразвука частотой 20,0-55,0 кГц, интенсивностью 1,5-2,5 Вт/см² в течение времени, больше 4 мин. Недостатком способа является степень очистки, не превышающая 92,2 % по иону

магния (Mg^{2+}) и 87,5 % по нерастворимому в воде остатку [3].

Для интенсификации массообменных процессов наиболее эффективным считается использование ультразвука высокой частоты, который вызывает акустические течения более интенсивные, чем ультразвук низкой частоты. Акустические течения вносят определяющий вклад в интенсификацию данных процессов [4-6].

Предлагаемая работа посвящена изучению возможности использования высокочастотного ультразвука для интенсификации очистки поваренной соли от солей магния и примесей нерастворимых в воде.

Экспериментальная часть.

Использовали для очистки по 1 кг поваренной соли, которая содержала (масс. %): 1) проба – ионов магния – 0,452 %, нерастворимого в воде остатка – 0,743 %; 2) проба – ионов магния – 0,341 %, нерастворимого в воде остатка – 0,682 %; 3) проба – ионов магния – 0,640 %, нерастворимого в воде остатка – 0,862 %.

Применяли пьезоэлектрические излучатели ультразвука (УЗ) с рабочими частотами 11, 12, 13, 14 МГц типа ЦТС–19М, изготовленные из цирконата титана–свинца с защитным покрытием из фторопласта, которые подключались к ламповому генератору типа 24–УЗГИ–К–1,245М, позволяющему изменять частоты ультразвука от 11,0 до 14,0 МГц, интенсивностью до 10 Вт/см² [7].

Методика исследований была следующей. Поваренную соль в сетчатом цилиндре опускали в насыщенный рассол хлорида натрия при объемном соотношении компонентов (поваренная соль – рассол) 1:1,5 и подвергали воздействию ультразвука частотой 11,5 – 14,5 МГц, интенсивностью 7,0 – 10,0 Вт/см² в течение времени – 2,5 – 5,0 мин.

Для сравнения те же пробы поваренной соли очищали с использованием низкочастотного ультразвука согласно [3].

После очистки в каждой пробе устанавливали содержание нерастворимого в воде остатка гравиметрией и магния атомно-абсорбционной спектрометрией согласно [8].

Результаты их обсуждения.

В табл. 1 приведено сравнение способов очистки поваренной соли с использованием высокочастотного ультразвука и низкочастотного. Как следует из результатов опытов приведенных в табл. 1 использование ультразвука высокой частоты по сравнению с ультразвуком низкой частоты позволяет повысить степень очистки по магнию с 90,3 - 92,2 % до 96,7 - 97,8 %, а по

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

нерастворимым в воде примесям с 85,5 - 87,5 % до 91,5 – 94,0 %.

Таблица 1. Сравнение способов очистки поваренной соли с использованием высокочастотного и низкочастотного ультразвука

Пробы	Найдено, Mg ²⁺ , %	Степень очистки по Mg ²⁺ , %	Найдено, нерастворимых в воде примесей, %	Степень очистки по нерастворимым в воде примесям, %
Использован УЗ частотой 20,0 кГц, интенсивностью 2,5 Вт/см ² в течении 4 мин [3]				
1	0,044	90,3	0,110	85,5
1	0,040	91,1	0,106	86,2
1	0,040	91,1	0,105	86,5
2	0,031	91,0	0,101	85,3
2	0,033	90,3	0,092	87,2
2	0,032	90,6	0,092	87,5
3	0,053	91,7	0,121	86,2
3	0,051	92,2	0,122	86,3
3	0,052	91,9	0,112	87,1
Использован УЗ частотой 12,0 МГц, интенсивностью 7,5 Вт/см ² в течении 3 мин				
1	0,014	96,9	0,063	91,5
1	0,013	97,1	0,062	92,0
1	0,014	96,9	0,061	92,3
2	0,011	96,7	0,043	93,7
2	0,010	97,3	0,044	92,6
2	0,011	96,7	0,043	93,3
3	0,020	96,8	0,053	93,8
3	0,019	97,8	0,052	94,0
3	0,020	96,8	0,053	93,8

В табл. 2 приведены результаты опытов по изучению влияния частоты высокочастотного ультразвука на степень очистки поваренной соли. Как следует из табл. 2 оптимальной частотой высокочастотного ультразвука является 12,0-14,0 МГц. При использовании ультразвука частотой

менее 12,0 МГц и более 14,0 МГц степень очистки поваренной соли уменьшается, что связано с уменьшением интенсивности акустических течений, которые интенсифицируют данный процесс [4-6].

Таблица 2. Влияние частоты ультразвука на степень очистки поваренной соли (пробы поваренной соли 1, 2, 3)

Частота УЗ, МГц	Степень очистки по Mg ²⁺ , %			Степень очистки по нерастворимым в воде примесям, %		
	1	2	3	1	2	3
11,5	85,9	86,9	85,4	78,5	78,4	79,2
12,0	97,1	97,3	97,7	92,0	92,4	94,0
12,5	96,9	97,0	97,2	91,6	91,8	93,5
13,0	97,4	97,1	97,3	92,0	92,1	93,0
14,0	97,1	96,9	96,8	91,9	91,7	92,9
14,5	82,0	83,6	84,7	46,2	47,3	52,4

В данной таблице и в последующих представлены усредненные результаты шести опытов. Интенсивность ультразвука – 7,5 Вт/см². Время действия ультразвука 3 мин. Объемное соотношение компонентов (поваренная соль – рассол) 1:1,5.

В табл. 3 приведено влияние интенсивности ультразвука на степень очистки поваренной соли. Как следует из табл. 3 оптимальной интенсивностью ультразвука является 7,5 -9,5 Вт/см².

Impact Factor:	ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

Таблица 3. Влияние интенсивности ультразвука на степень очистки поваренной соли (пробы поваренной соли 1, 2, 3)

Интенсивность УЗ, Вт/см ²	Степень очистки по Mg ²⁺ , %			Степень очистки по нерастворимым в воде примесям, %		
	1	2	3	1	2	3
7,0	85,1	86,3	85,9	78,6	78,7	79,9
7,5	97,1	97,3	97,7	92,0	92,4	94,0
8,0	97,5	97,3	97,5	91,8	92,9	93,8
8,5	97,4	97,1	96,8	93,5	93,1	93,2
9,5	97,2	97,3	96,9	92,5	92,7	92,9
10,0	82,0	83,6	84,7	87,4	87,8	82,6

Частота ультразвука – 12,0 МГц. Время действия ультразвука 3 мин. Объемное соотношение компонентов (поваренная соль – рассол) 1: 1,5.

В табл. 4 приведено влияние времени действия ультразвука на степень очистки поваренной соли. Как следует из табл. 4, время

действия ультразвука должно быть не менее 3 мин. При действии ультразвука менее 3 мин. степень очистки поваренной соли уменьшается по нерастворимому в воде остатку и по Mg²⁺. При увеличении времени действия ультразвука более 3 мин степень очистки поваренной соли практически не меняется.

Таблица 4. Влияние времени воздействия ультразвука на степень очистки поваренной соли (пробы поваренной соли 1, 2, 3)

Время воздействия УЗ, мин	Степень очистки по Mg ²⁺ , %			Степень очистки по нерастворимым в воде примесям, %		
	1	2	3	1	2	3
2,5	83,6	85,9	84,8	71,2	73,9	79,9
3,0	97,1	97,3	97,7	92,0	92,4	94,0
4,0	97,0	97,1	97,0	92,2	92,1	94,4
5,0	97,1	97,2	97,7	92,0	92,3	94,1

Частота ультразвука – 12,0 МГц. Интенсивность ультразвука – 7,5 Вт/см², объемное соотношение компонентов (поваренная соль – рассол) 1:1,5.

Таким образом, эксперимент показал, что использование ультразвука частотой 12-14 МГц, интенсивностью 7,5-9,5 Вт/см² в течение времени ≥ 3 мин. позволяет повысить степень очистки

поваренной соли. При этом, нами было установлено, что использование ультразвука высокой частоты по сравнению с ультразвуком низкой частоты позволяет повысить степень очистки по магнию с 90,3 - 92,2 % до 96,7 - 97,8 %, а по нерастворимым в воде примесям с 85,5 - 87,5 % до 91,5 – 94,0 %.

References:

1. Furman, A.A., Bel'dy, M.P., & Sokolov, I.D. (1989). *Povarennaya sol': proizvodstvo i primeneniye v khimicheskoy pro-myshlennosti.* (p.272). Moscow: Khimiya.
2. Gorshkov, V.P., & Tokarskaya, L.L. (1990). *Sposob ochistki povarennoy soli. A.s. №1535828 AI, SSSR.* Publ. 15.01.1990. Byul. №2.
3. Yurchenko, O.I., Kalinenko, O.S., & Baklanov, A.N. (2016). *Sposob ochistki povarennoy soli. Patent Ukrainy na polez-nuyu model' № 109007 S 01 D 3/08.* Publ. 10.08.2016 r. Byul. №15.
4. Goloperov, I.V., Goloperov, I.V., Belova, E.A., & Baklanov, A.N. (2016). *Ultrasound in the determination cesium and cesium-137 in highly*

Impact Factor:	ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 1.582	PIHII (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

- waters, brine and salt. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 01 (33): 64-68.
5. Yurchenko, O.I., Baklanov, A.N., Chernozhuk, T.V., Baklanova, L.V., & Kravchenko, O.A. (2017). Electrothermic atomic-absorption determination of lead and cadmium in food using two-frequency ultrasound. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 05 (49): 201-206.
 6. Margulis, M.A. (1986). *Zvukokhimicheskiye reaktsii i sonolyuminitsentsiya: monografiya.* (p.288). Moscow: Khimiya.
 7. Yurchenko, O., Baklanov, A., & Chernozhuk, T. (2021). Chemical applications of ultrasound. On the use of ultrasound in the analyses and technology of brains and sodium chloride solutions. *Lambert academic publishing*, (2021) 185.
 8. Baklanov, A.N., Avdeyenko, A.P., Chmilenko, F.A., & Baklanova, L.V. (2011). *Analiticheskaya khimiya povarennoy soli i rassolov.* (p.281). Kramatorsk: DGMA.