

ОДНОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ НАНОПОРОШКА ДИОКСИДА КРЕМНИЯ, СИНТЕЗИРОВАННОГО ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Волжанина Е.С., Космачев П.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент каф. ВТ Ю.Я. Кацман

Томский политехнический университет

Томский государственный архитектурно-строительный университет

evolzhanina@gmail.com

Введение

В настоящее время статистическая обработка результатов наблюдений – мощный инструмент для выявления закономерностей и отсеивания случайностей в различных областях исследований [1-3].

На кафедре прикладной механики и материаловедения ТГАСУ ведутся исследования по получению нанодисперсного порошка диоксида кремния в условиях плазмы дугового разряда [4].

Целью работы является статистический анализ экспериментальных данных для выявления оптимальной технологии при плазменном синтезе нанопорошка диоксида кремния.

В качестве программного обеспечения для обработки исходных данных использовался лицензионный пакет STATISTICA10.0.

Однофакторный анализ

Первым этапом анализа данных является их тестирование на нормальность распределения. Для этого воспользуемся критериями Колмагорова–Смирнова, Лиллиефорсаи Шапиро–Уилка с уровнем значимости $\alpha = 0,05$. Результаты всех трех независимых расчетных методов нормальности показали, что исходные данные принадлежат нормальному распределению.

Выдвинем статистическое предположение H_0 – все данные принадлежат одному распределению (влияние фактора на отклик не существенно). В данном случае фактором является тип используемого сырья (кварцит, кварцевый песок, диатомит). Откликом же являются характеристики полученного нанопорошка (размер, площадь удельной поверхности, чистота наночастиц).

В случае подтверждения гипотезы H_0 однофакторный анализ будет завершен. Если же верна альтернативная гипотеза H_1 – влияние фактора значительное, то однофакторный анализ следует продолжить и перейти от качественной оценки к количественной [5]. Примем уровень значимости для всех дальнейших исследований $\alpha = 0,05$.

Для проверки гипотезы H_0 выполнены тесты Краскела–Уоллиса. Результирующий отчет теста для характеристики размер частиц приведен в таблице 1.

Анализируя суммы рангов можно сделать следующие выводы: меньшая размерность обеспечивается использованием

диатомита; большая – кварцита и кварцевого песка.

Таблица 1. Результат теста Краскела–Уоллиса

Depend.: Размер частиц	Kruskal-Wallis test: $H(2, N=15)=4,939383$ $p=,0846$			
	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
Кварцит	101	5	31,00	6,20
Кварц. песок	102	5	31,00	6,20
Диатомит	103	5	58,00	11,60

Также из полученных результатов видно, что статистика Краскела–Уоллиса $H = 4,939383$, а вероятность принятия нулевой гипотезы $p = 0,0846$. Поскольку данная вероятность больше уровня значимости α , гипотеза H_0 не отвергается.

В результате выполнения теста Краскела–Уоллиса для оставшихся характеристик вероятность p была меньше α . Исходя из этого была принята альтернативная гипотеза H_1 – влияние фактора существенно.

Проведем ранговый анализ тех же исходных данных используя медианный тест.

Результирующий отчет медианного теста для характеристики площади удельной поверхности представлен в таблице 2.

Таблица 2. Результат медианного теста

Depend.: Площадь удельной поверхности	Median Test, Overall Median=15,0000 Chi-Square=11,66667 df=2 p=,0029			
	Квар-цит	Кварц. песок	Диатомит	Total
<=Median: observed	4,00	5,00	0	9,00
expected	3,00	3,00	3,00	
obs.-exp.	1,00	2,00	-3,00	
>Median: observed	1,00	0	5,00	6,00
expected	2,00	2,00	2,00	
obs.-exp.	-1,00	-2,00	3,00	
Total: observed	5,00	5,00	5,00	15,00

Максимальное значение в верхней половине таблицы указывает на меньшую площадь удельной поверхности; максимальное значение в нижней половине таблицы указывает на большую площадь удельной поверхности.

Вероятность принятия гипотезы H_0 $p = 0,0029$, что меньше уровня значимости α . Следовательно, гипотеза H_0 отвергается и принимается альтернативная гипотеза H_1 – влияние вида сырья на площадь удельной поверхности существенно.

В результате выполнения медианного теста для характеристик размер и чистота наночастиц нулевая гипотеза принимается с вероятностью больше заданного уровня значимости. Исходя из этого гипотеза H_0 не отклоняется.

Выполним тест Манна–Уитни используя парную проверку. Результат теста Манна–Уитни для пары исходного сырья кварцит, диатомит и характеристики чистота продукта представлен в таблице 3.

Таблица 3. Результат теста Манна–Уитни

Variable	Mann-Whitney U Test Marked tests are significant at $p < 0,050$				
	Rank Sum Квар- цум	Rank Sum Диато- мит	U	Z	p-value
Чистота продукта	40,00	15,00	0	2,51	0,01

Variable	Mann-Whitney U Test Marked tests are significant at $p < 0,050$			
	Z adjusted	p-value	Valid N Кварцит	Valid N Диато- мит
Чистота продукта	2,52	0,01	5	5

Из полученных результатов видно, что вероятность принятия гипотезы $H_{0p} = 0,01$. При данном значении p принимается гипотеза H_1 .

Результаты теста Манна–Уитни подтвердили результаты теста Краскела–Уоллиса. Тип исходного сырья не влияет на размер частиц, и при этом влияет на площадь удельной поверхности и чистоту получаемого продукта.

Выполним однофакторный дисперсионный анализ для технологий, где верна гипотеза H_1 . Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результат дисперсионного анализа

Variable	Analysis of Variance Marked effects are significant at $p < 0,05000$			
	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error
Площадь удельной поверхности	1351,60	2	675,80	58,40
Чистота продукта	2,84	2	1,42	0,39

Variable	Analysis of Variance Marked effects are significant at $p < 0,05000$			
	df Error	MS Error	F	p
Площадь удельной поверхности	12	4,87	138,86	0
Чистота продукта	12	0,03	43,43	0

В обоих случаях вероятность принятия нулевой гипотезы p равна 0. Следовательно,

гипотеза H_0 отвергается в пользу альтернативной гипотезы H_1 – влияние фактора существенно.

Для определения значимо различных откликов выполним тест Шеффе. Результат теста Шеффе для характеристики площадь удельной поверхности и представлен в таблице 5.

Таблица 5. Результат теста Шеффе

Вид сырья	Scheffe Test; Marked differences are significant at $p < 0,050$		
	{1} M=14,00	{2} M=12,60	{3} M=33,40
Кварцит		0,62	0
Кварц. песок	0,62		0
Диатомит	0	0	

В результате проверки гипотезы H_0 незначительном различии средних, в случае отклика площадь удельной поверхности и отклика чистота продукта только в паре кварцит, кварцевый песок вероятность принятия нулевой гипотезы больше уровня значимости. Исходя из этого, нулевую гипотезу можно отклонить и принять альтернативную – различия значительны.

Заключение

Проведено исследование зависимости размера, площади удельной поверхности и чистоты получаемых наночастиц при использовании различных типов исходного сырья.

В результате выполненных расчетов были сделаны выводы о значительном влиянии типа исходного сырья на площадь удельной поверхности и чистоту получаемых наночастиц. Влияние типа исходного сырья на размер получаемых наночастиц не обнаружено.

Список литературы

1. Katsman Y.Y., Leputsin A.V., Ilyukhin B.V., Leputsina E.V., Zenkova Z.N. The stochastic model of the impact of context factors to educational results of Tomsk school graduates // 2016 IEEE EDUCON: Proceedings, Abu Dhabi, UAE, 10-13 April 2016. – P. 767-771.
2. Акаева А.И. Однофакторный дисперсионный анализ при исследовании цен на рыбную продукцию. // Школа университетской науки: парадигма развития. – 2012. – Т. 2. – № 6. – С.275-277.
3. Корбут А.И. Анализ зависимости силы шума автотранспорта от времени суток. // Естественные науки в современном мире. – 2012. – №1. – С.14-17.
4. Космачев П.В., Скрипникова Н.К. Синтез нанодисперсного порошка диоксида кремния в плазменном реакторе при атмосферном давлении. // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XIII международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 26-29 апреля 2016 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – С. 148-150.

5. Кацман Ю.Я. Статистический анализ индивидуальных заданий по теории вероятностей. // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 325. – № 5. – С. 84-90.