

Каждая технология оценивается каждым экспертом по многим критериям, поэтому осуществляется выделение подгрупп экспертов с согласованными мнениями по всем критериям с учетом их важности. Разработано программное обеспечение, реализующее описанные подходы.

Разработанное математическое и программное обеспечение применялось для решения задачи выбора наилучшей технологии для обработки функциональных керамических материалов. Оценка производилась с привлечением пяти экспертов по таким критериям как: степень поддержки программы разработки технологии; результативность теоретических и эмпирических проектных решений; полнота базовых элементов технологии; возможности совершенствования технологии, чувствительность технологии и др.

Применение предлагаемого математического и программного обеспечения на основе метрических пространств мультимножеств позволяет более адекватно, чем в случае применения существующих подходов, структурировать и провести анализ совокупности технологий, которые описываются многими вербальными признаками и присутствуют в нескольких версиях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-01-00148.

Список литературы:

1. Singh B., Goel R. Engineering Rock Mass Classification. – NY: Wiley, 2011, P. 365.
2. Ulusay R. The ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring. - NY: Springer, 2015, P. 280.
3. Zhu H., Li X., Zhuang X. Recent advances of digitization in rock mechanics and rock engineering. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, Vol. 3, - 2011, P. 220-233.
4. Mikaeil R., Ozcelik Y., Yousefi R., Ataei M., Hosseini S. Ranking the sawability of ornamental stone using Fuzzy Delphi and multi-criteria decision-making techniques. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. Vol. 58, - 2013, P. 118–126.
5. Mikaeil R., Ataei M., Hoseinie S. Predicting the production rate of diamond wire saws in carbonate rocks cutting. Industrial Diamond Review. Vol. 3, - 2014, P. 28–34.
6. Souza A., Pinheiro B., Holanda J. Processing of floor tiles bearing ornamental rock-cutting waste. Journal of Materials Processing Technology, Vol. 210, - 2015, P. 1898-1904.
7. Altunok T., Cakmak T. A technology readiness levels (TRLs) calculator software for systems engineering and technology management tool. Advances in Engineering Software, Vol. 41, - 2010, P. 769–778.
8. Straub J. In search of technology readiness level (TRL) 10. Aerospace Science and Technology, Vol. 46, - 2015, P. 312-320.
9. Girish K. Multiset topologies induced by multiset relations. Information Sciences, Vol. 188, - 2012. P. 298–313.
10. John S. Relations and functions in multiset context. Information Sciences, Vol. 179, - 2009, P. 758–768.
11. Meagher K., Purdy A. Intersection theorems for multisets. European Journal of Combinatorics, Vol. 52, - 2016, P. 120–135.

## **ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПЛАНАРНОЙ НАНОГЛИНЫ КАОЛИНА И НАНОПЛЕНОК ОКСИДА ГРАФЕНА IN VITRO**

**Рожина Э.В.**

*Россия, Казанский федеральный университет, ИФМуБ, НИЛ OpenLab «Бионанотехнологии»  
rozhinaelvira@gmail.com*

Актуальность исследования токсичности оксида графена связана с увеличивающимся количеством публикаций о его использовании в качестве системы для доставки лекарств (Lee et al., 2019). Однако имеются сведения и о токсичности оксида графена для живых объектов (Sasidharan et al., 2017). В связи с этим актуальны поиски методов и агентов, снижающих токсичность оксида графена. В последние десятилетия разработаны новые подходы для использования природной планарной наноглины каолина. Например, широко описано практическое применение каолина при производстве керамики (Giullo, 1996), а также в качестве сорбирующего агента (Awad et al., 2017). Предполагается, что использование наноглины в будущем будет увеличиваться благодаря ее способности улучшать функциональные свойства материалов (Lai et al., 2013; Kryuchkova et al., 2016). В данной работе мы сообщаем о способности природного минерала каолина снижать токсическое действие оксида графена

при совместной инкубации с эукариотическими клетками в течение 24 часов (Рис.1). Объектом исследования стали клетки линии карциномы толстой кишки человека (HCT-116). Поскольку каолин и графен активно поглощаются клетками, вероятно, их конгломерация может происходить как во внешней среде, так на мембране и в цитозоле. Имеются сообщения о поступлении и распределении оксида графена, модифицированного полиэтиленгликолем в цитозоль клеток (Syama et al., 2017). В данной работе мы использовали МТТ-тест для оценки метаболической активности клеток, в частности - клеточных гидрогеназ. Более подробно процесс реализации МТТ-теста описан в нашей работе (Rozhina et al., 2019). Показано, что инкубация клеток с оксидом графена в концентрации 100 мкг/мл снижала жизнеспособность клеток на 40% в сравнение с контролем. При этом совместное внесение графена и каолина (100 мкг/мл) снижало отрицательный эффект графена почти на 20%. Внесение каолина в среду инкубации в концентрации 100 мкг/мл не влияло на жизнеспособность клеток млекопитающих.

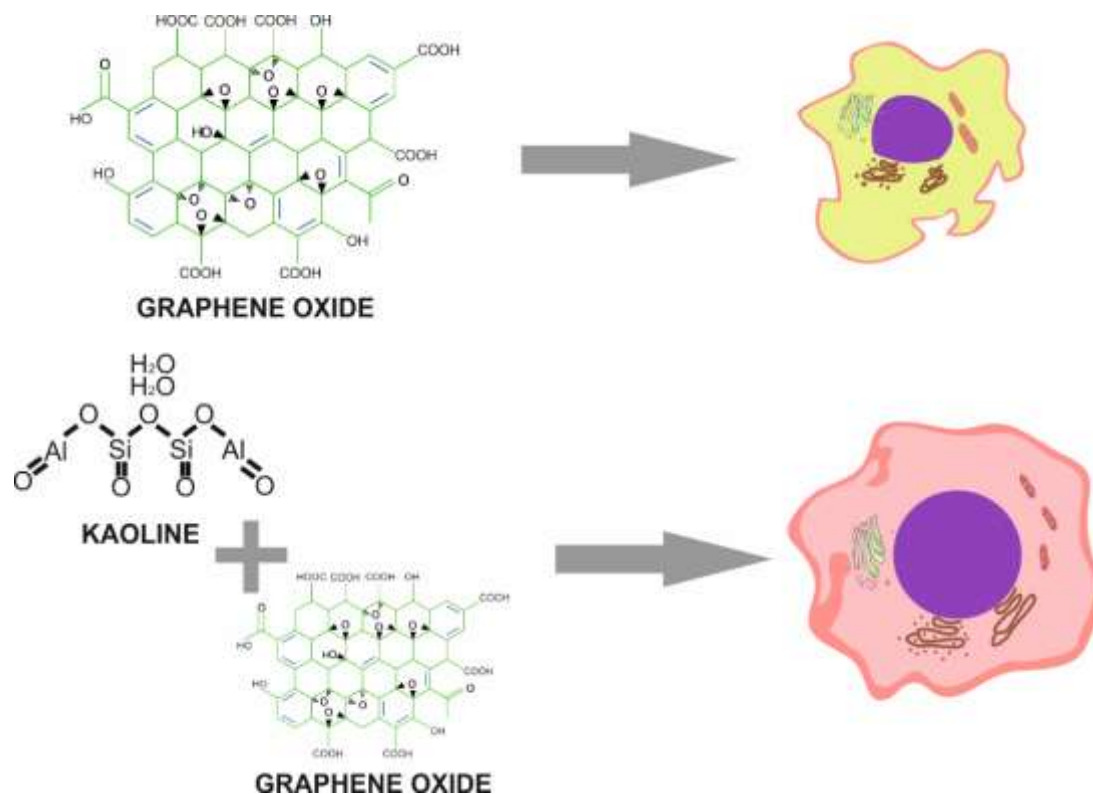


Рис. 1. - Схема интернализации наноматериалов клетками млекопитающих.

Таким образом, показано, что оксид графена снижает пролиферативную активность у карциномы толстой кишки человека (HCT116). Природная наноглина не оказывала токсического действия на клетки млекопитающих в исследуемой концентрации. Также каолин снижал токсическое действие графена на эукариотические клетки и не препятствовал его проникновению в клетки.

Благодарности:

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров и грантов РФФИ № проекта 18-34-00306 «Наногибридные системы на основе магнитных наночастиц для 2D и 3D культур клеток» № проекта 18-34-20126 «Инженерия клеточной поверхности третьего поколения». Автор также благодарит д.б.н. Фахруллина Р.Ф. и м.н.с. Нигаматзянову Л.Р. за помощь в работе.

Список литературы:

1. K. Lee, P. Lo, G. Lee, J. Zheng, E. Cho, Carboxylated carbon nanomaterials in cell cycle and apoptotic cell death regulation, *Journal of Biotechnology*, 2019, **296**, 14-21.

- A. Sasidharan, S. Swaroop, P. Chandran, S. Nair, M. Koyakutty, Cellular and molecular mechanistic insight into the DNA-damaging potential of few-layer graphene in human primary endothelial cells, *Nanomed.: Nanotechnol., Biol., Med.*, 2016, **12**(5), 1347-1355.
2. P. A. Ciullo, Industrial Minerals and Their Uses: A Handbook and Formulary, *Noyes Publication*, 1996.
3. M.E. Awad, A. Lopez-Galindo, M. Setti, M.M. El-Rahmany, C.V. Iborra, Kaolinite in pharmaceutics and biomedicine, *International Journal of Pharm.*, 2017, 533(1), 34-48.
4. X. Lai, M. Agarwal, Y. Lvov, C. Pachpande, K. Varahramyan, F. Witzmann, Proteomic profiling of halloysite clay nanotube exposure in intestinal cell co-culture, *J. Appl. Toxicol.*, 2013, 33(11), 1316–1329.
5. M. Kryuchkova, A. Danilushkina, Y. Lvov, R. Fakhrullin, Evaluation of toxicity of nanoclays and graphene oxide: in vivo *A Paramecium caudatum* study, *Environ. Sci.: Nano.*, 2016, **3**(2), 442-452.
6. Syama, C.P. Aby, T. Maekawa, D. Sakthikumar, P.V. Mohanan, Nano-bio compatibility of PEGylated reduced graphene oxide on mesenchymal stem cells, *2D Materials*, 2017, 4(2), 025066.
7. E. Rozhina, S. Batasheva, A. Danilushkina, M. Kryuchkova, M. Gomzikova, Y. Cherednichenko, L. Nigamatzyanova, F. Akhatova and R. Fakhrullin, Kaolin alleviates the toxicity of graphene oxide for mammalian cells // *MedChemComm*, 2019, DOI: 10.1039/C8MD00633D.

## ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ КЕРАМИКИ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ

Рубцов И.Д.

*Россия, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, rubtsov.ivan3791@gmail.com*

Целью данной работы является создание керамических термопар методом окислительного конструирования и определение их качественных характеристик.

Керамические нитридные материалы обладают очень высокими температурами плавления, обладают высокой электропроводимостью, что делает перспективным использование керамики в качестве термопар[1].

В основе большинства известных способов получения керамических материалов лежат процессы спекания порошков. Устройство термопары предполагает наличие спая, изготовить который классическими методами создания керамики очень трудно. Поэтому был выбран подход окислительного конструирования, заключающийся в резистивном нагревании заготовки в окислительной атмосфере[2]. Заготовка представляла из себя соответствующую металлическую термопару из переходных металлов подгруппы ванадия и титана.

Азот образует с переходными металлами подгруппы ванадия и титана большую область твердых растворов[3].

Большой интерес представляет изучение границы двух разных нитридов после процесса окислительного конструирования.

Полученные термопары проявляют термоэлектрические свойства (рисунок 1)

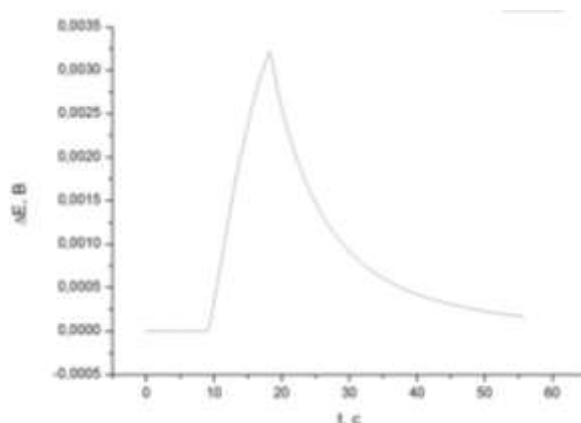


Рис. 1. - Нагревание термопары TiN-ZrN при 970°C