



СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ГРАФЕНА И ВОССТАНОВЛЕННОГО ОКСИДА ГРАФЕНА

Ю.В. ИОНИ, В.Р. ИБРАГИМОВА

ИОНХ РАН

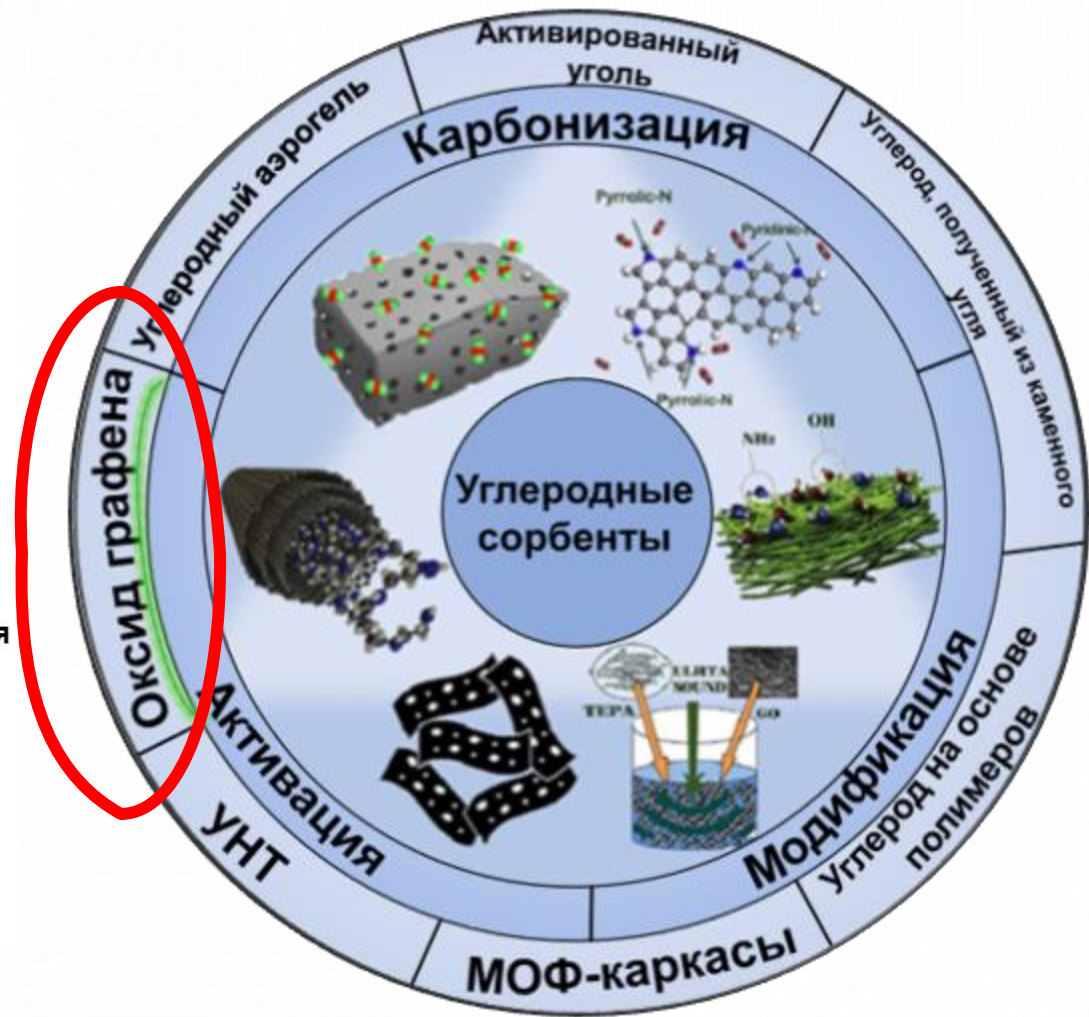


ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВ ПРИНИМАЕТ ГЛОБАЛЬНЫЕ МАСШТАБЫ!

Производство синтетических красителей составляет
более 700 тыс. тонн в год!

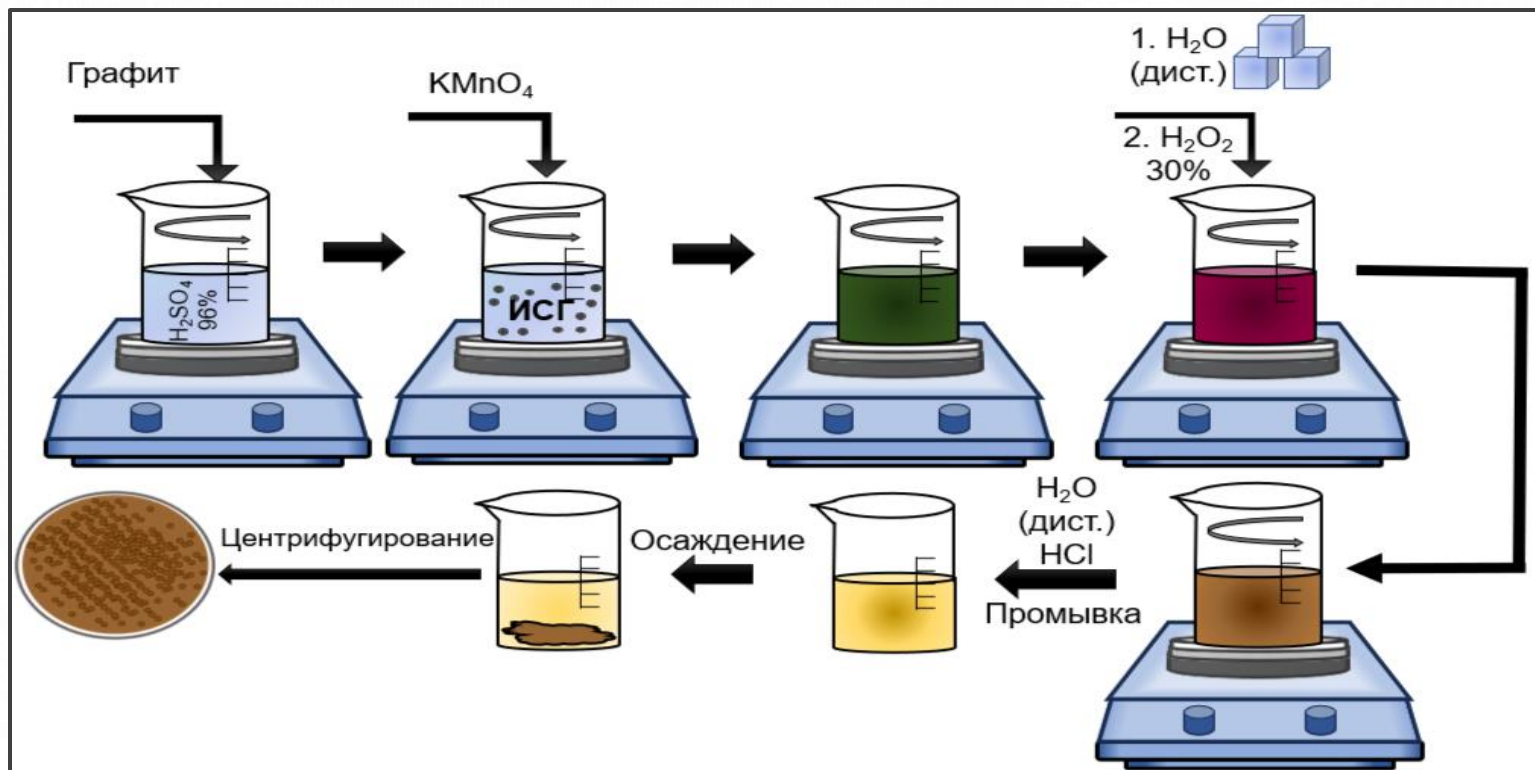


НЕОБХОДИМ ПОИСК НОВЫХ И ЭФФЕКТИВНЫХ СОРБЕНТОВ

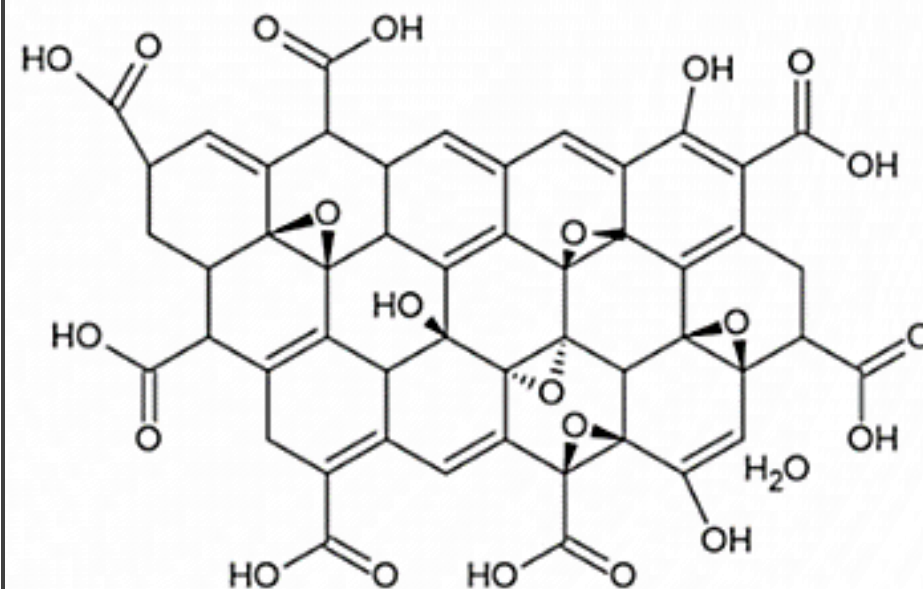


ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИДА ГРАФЕНА

Схема синтеза ОГ по модифицированному методу Хаммерса



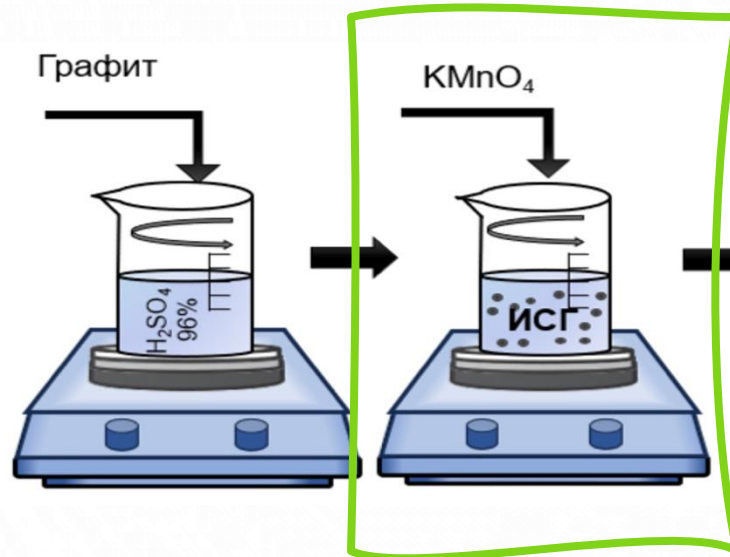
Структура ОГ



Метод Хаммерса имеет ряд преимуществ!

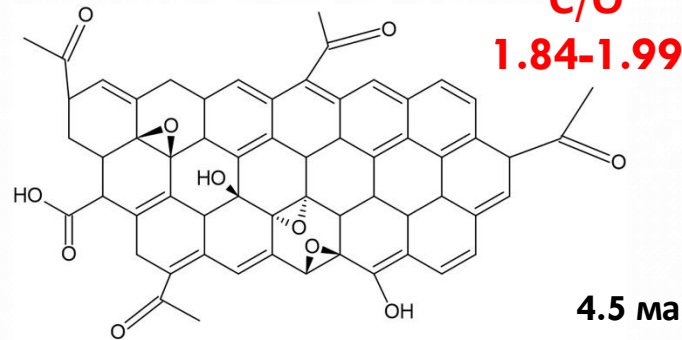
ВОЗМОЖНОСТЬ УПРАВЛЯТЬ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА

Можно изменять количество окислителя!

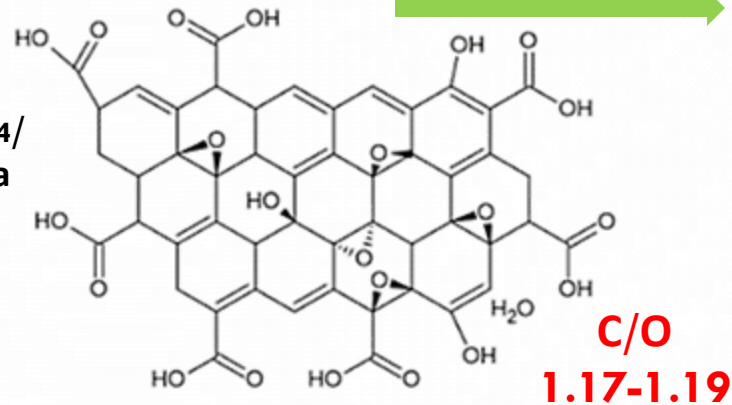


2 масс. экв. KMnO_4 / 1 масс. экв. графита

«Недоокисленный» ОГ



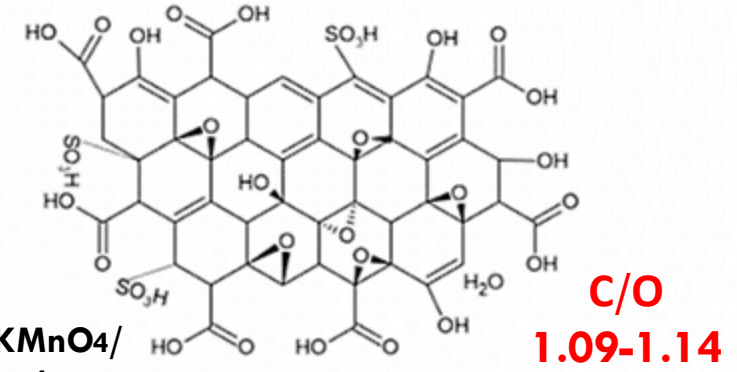
3.6 масс. экв. KMnO_4 / 1 масс. экв. графита



«Нормально окисленный» ОГ

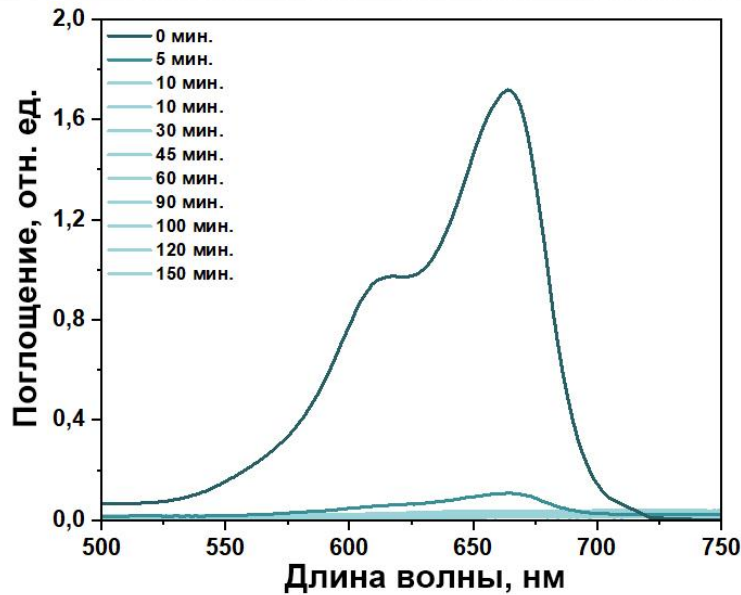
4.5 масс. экв. KMnO_4 / 1 масс. экв. графита

«Переокисленный» ОГ

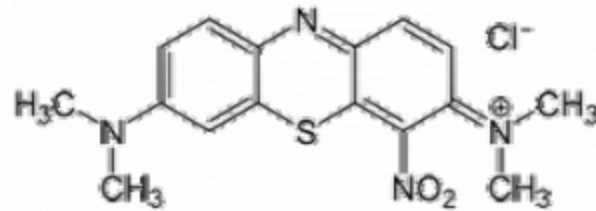


СОРБЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПО УДАЛЕНИЮ КРАСИТЕЛЯ МЕТИЛЕНОВОГО ГОЛУБОГО ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА

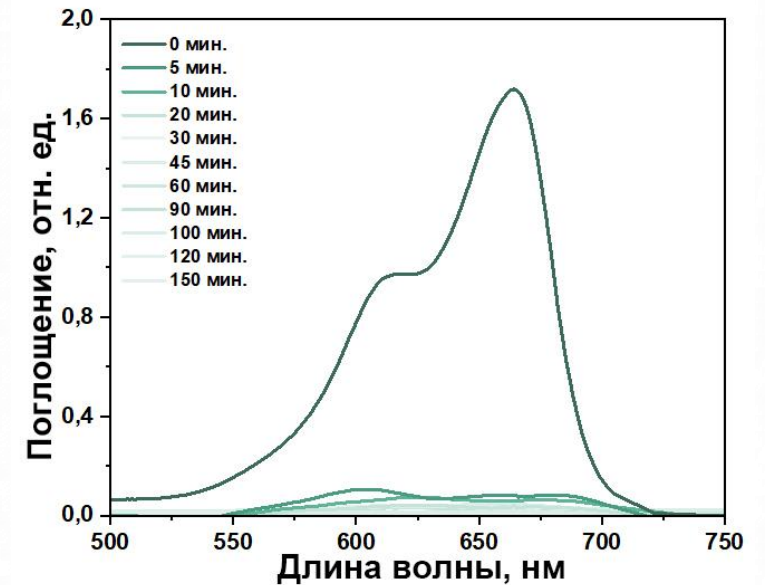
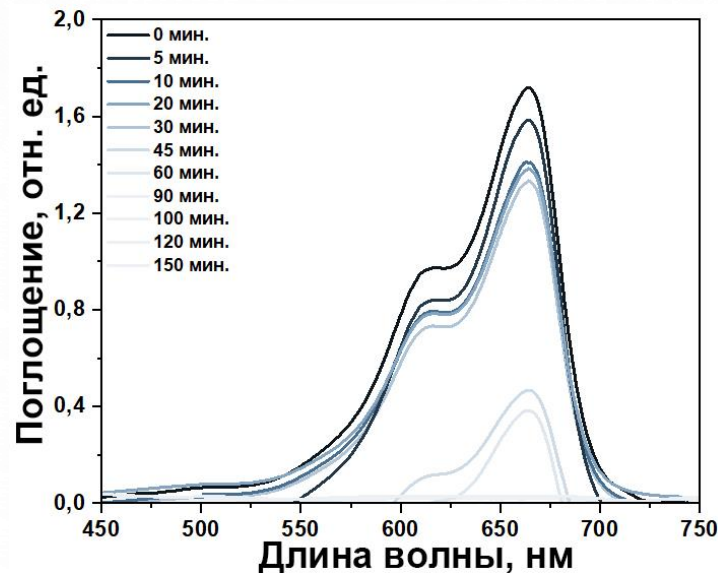
«Недоокисленный» ОГ



Молекула метиленового голубого (МГ)



«Нормально окисленный» ОГ



«Переокисленный» ОГ

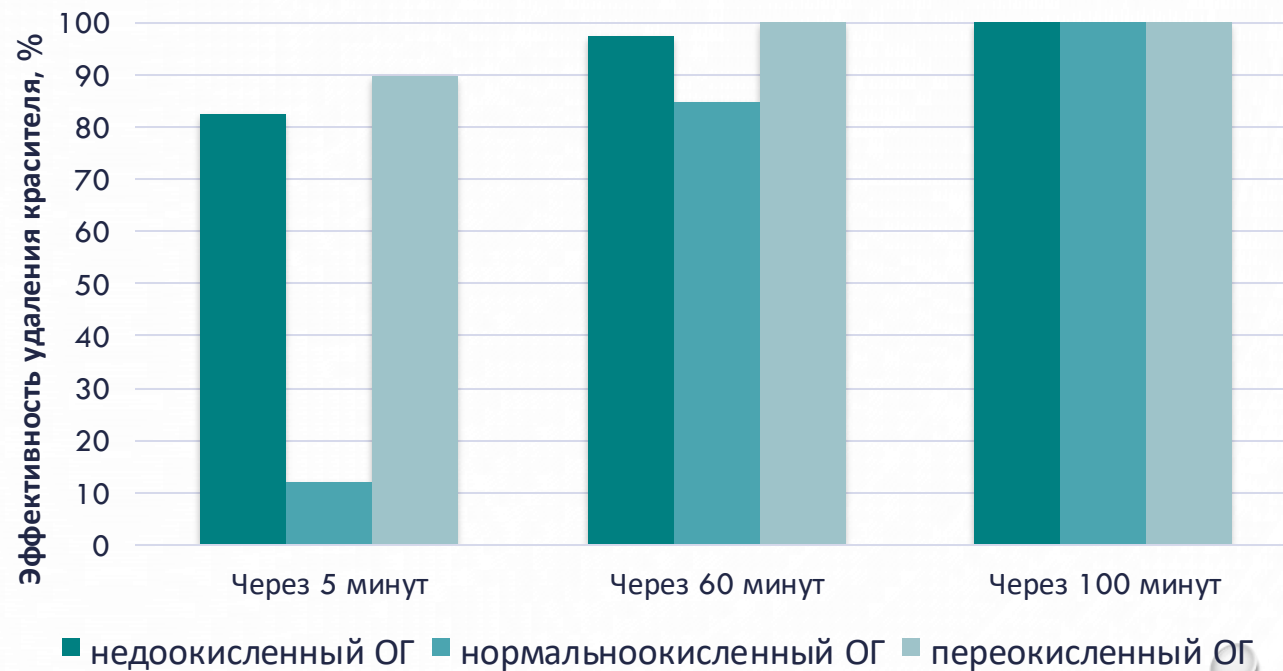
Условия:
100 мл раствора красителя
метиленового голубого, 10 ppm,
рН 7, 20°C
10 мг сорбента

СОРБЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОГ

Эффективность удаления красителя, %



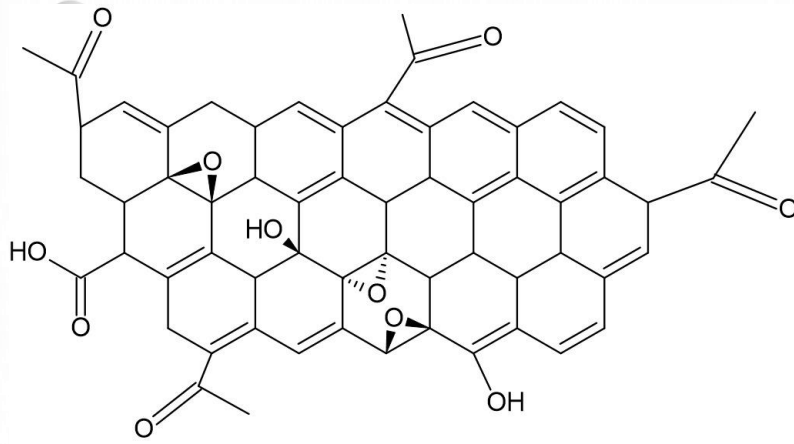
Эффективность адсорбции красителя
метиленового голубого



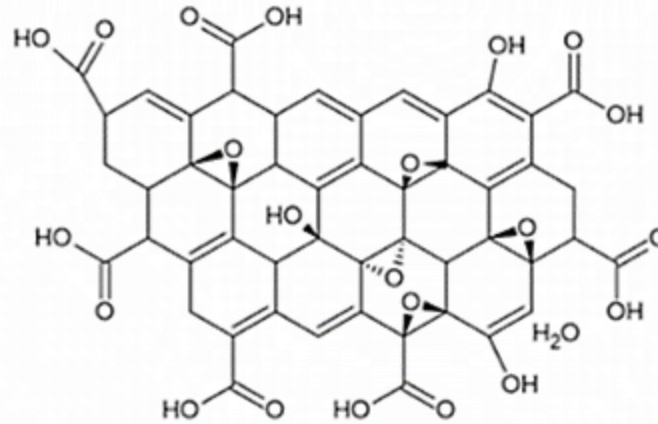
**НАИЛУЧШАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАБЛЮДАЛАСЬ ДЛЯ
НЕДООКИСЛЕННОГО И ПЕРЕОКИСЛЕННОГО ОГ**

СВОЙСТВА ОГ ЗАВИСЯТ ОТ СТРУКТУРЫ

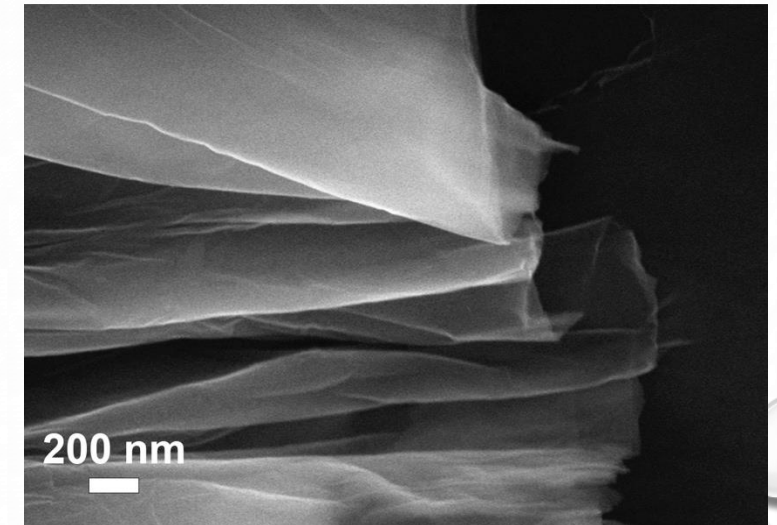
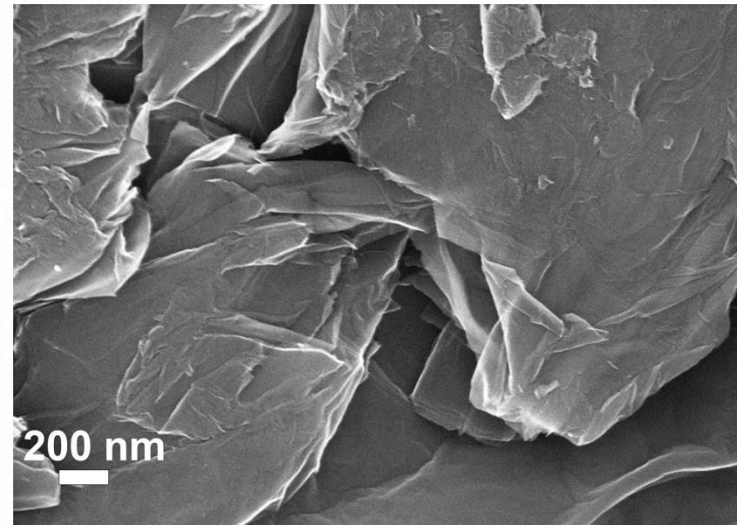
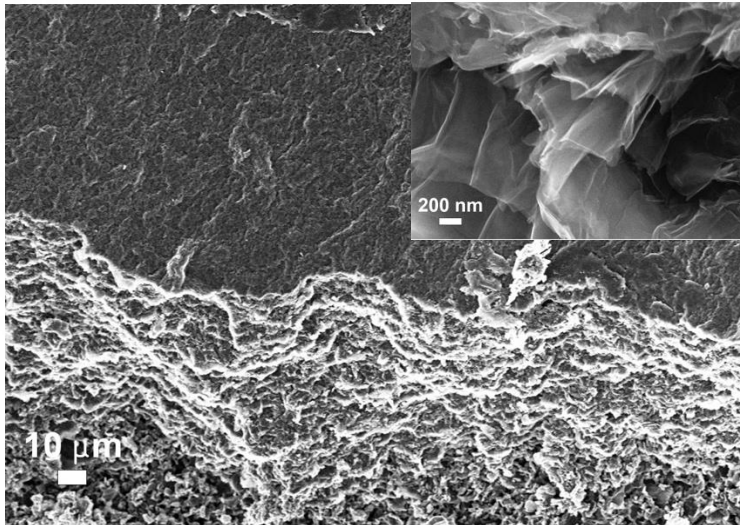
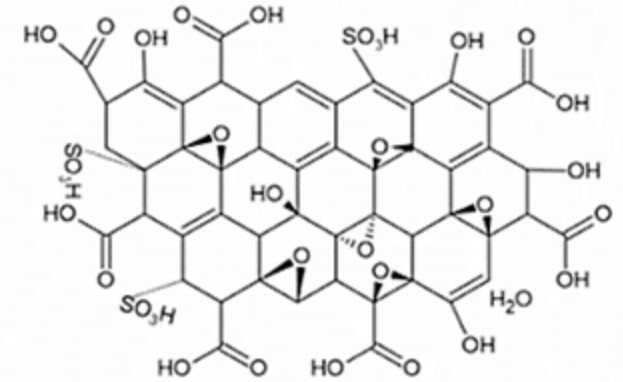
«Недоокисленный» ОГ



«Нормально окисленный» ОГ

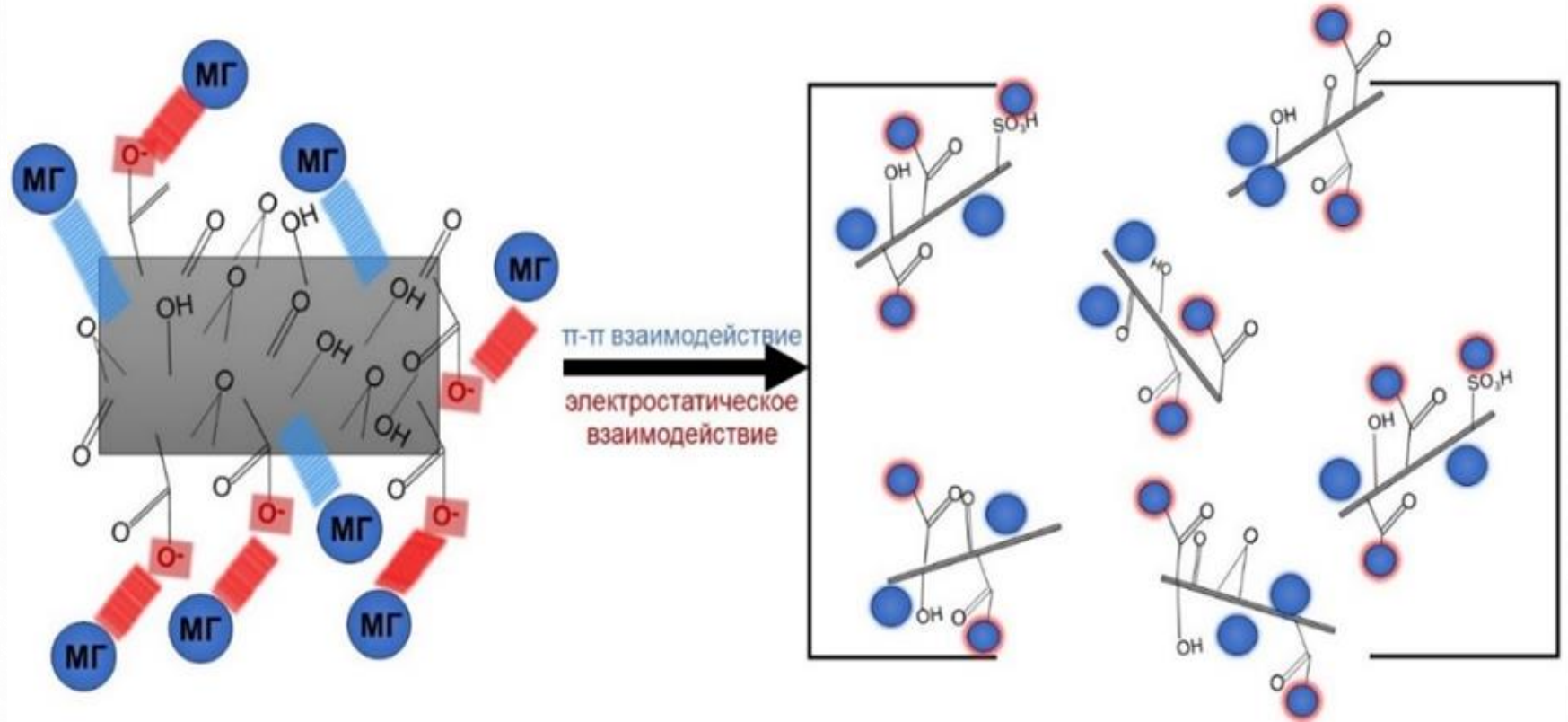
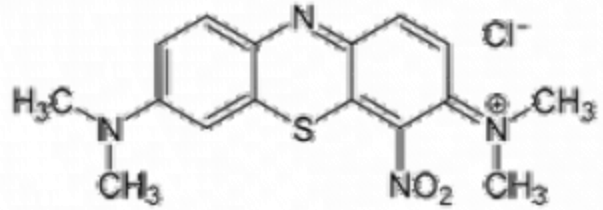


«Переокисленный» ОГ

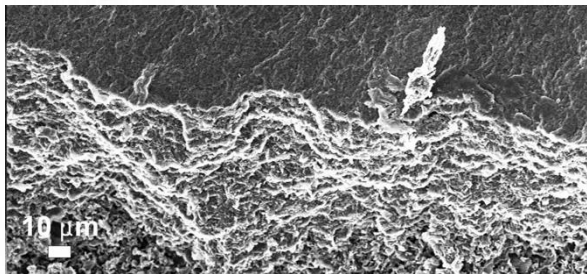


МЕХАНИЗМ СОРБЦИИ НА НОРМАЛЬНО ОКИСЛЕННОМ И ПЕРЕОКИСЛЕННОМ ОГ

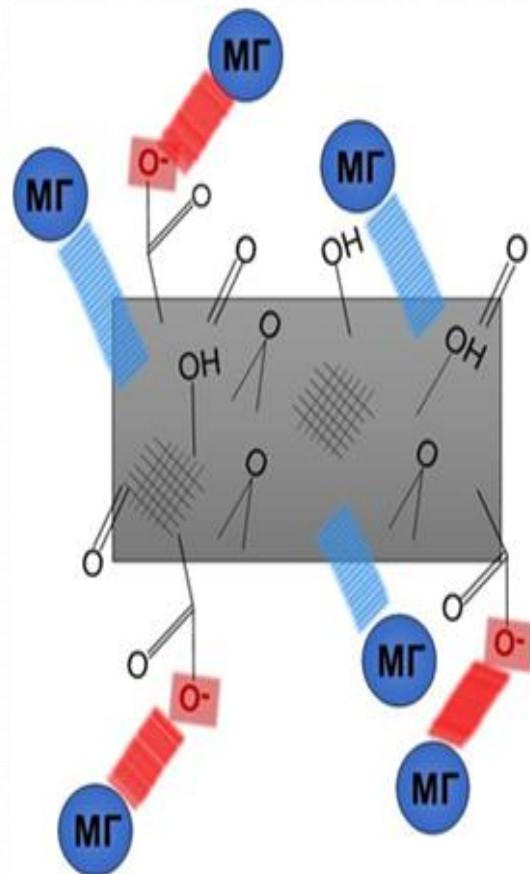
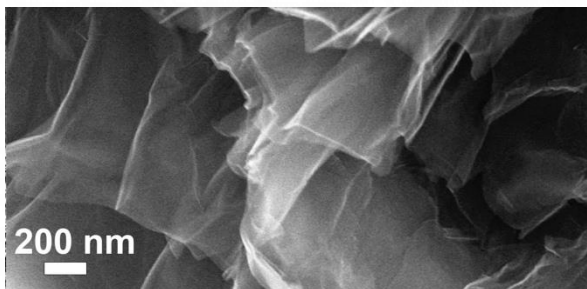
Polycyclic (III)

CN(C)c1ccc2c(c1)nc3cc(ccc3s2)[N+]([CH3])[CH3].[Cl-]

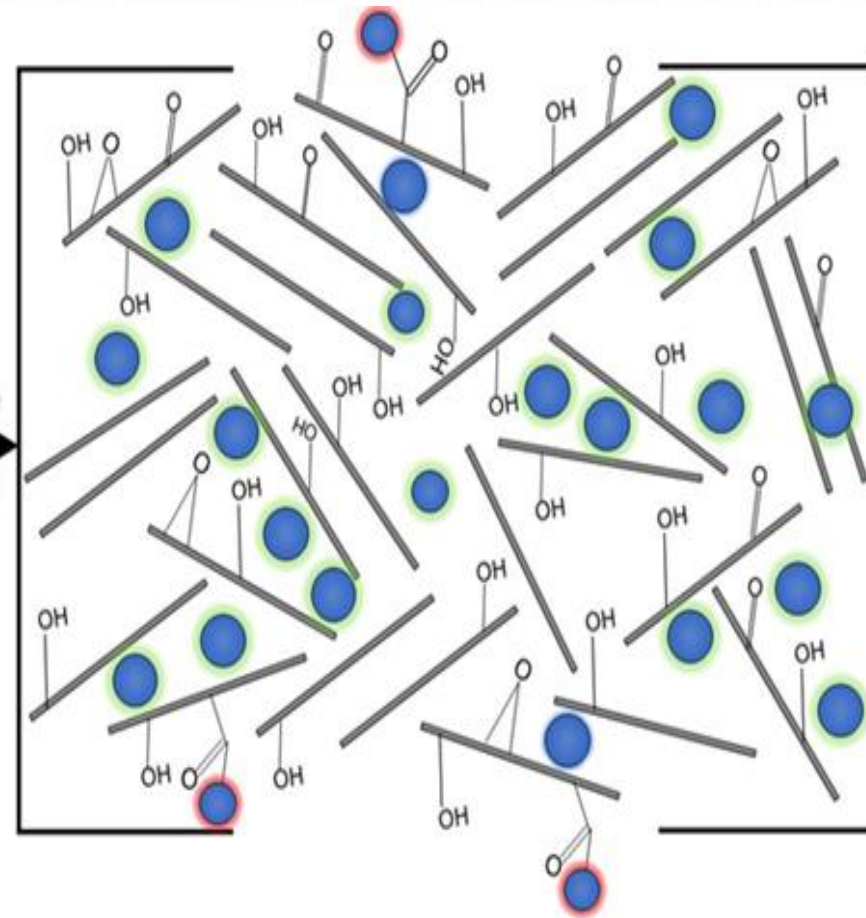
МЕХАНИЗМ СОРБЦИИ НА НЕДООКИСЛЕННОМ ОГ






ПСЕВДОШИТАЯ 3D
СТРУКТУРА

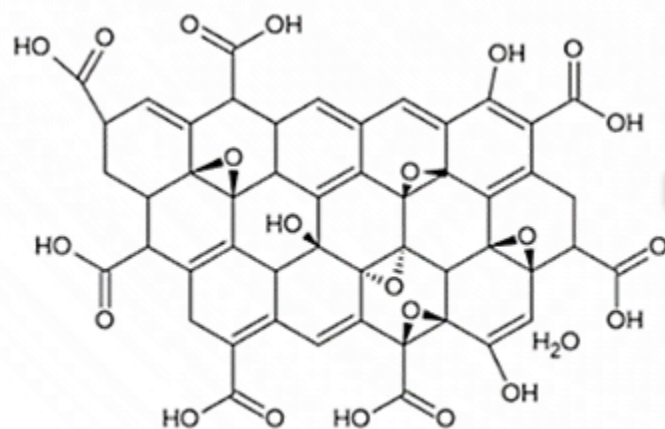


π-π взаимодействие
электростатическое
взаимодействие
вхождение в
межслоевое
пространство

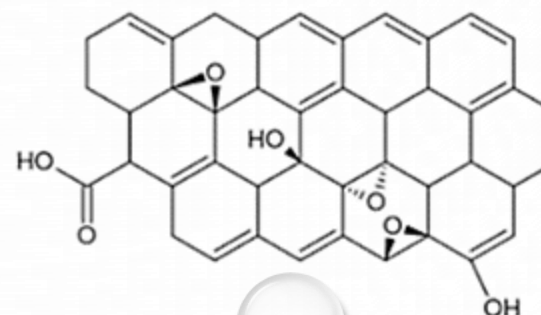


СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ С АКТИВИРОВАННЫМ УГЛЕМ

	АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ		ОГ	ОГ пере-окисленный	ВОГ
	 <p>Supelco 1.02184 Charcoal activated</p> 				
Цена, руб.	13 714, 21	52 000	≥100 000	-	-
СВЕТ, м ² /г	725	500	2	5	≈100



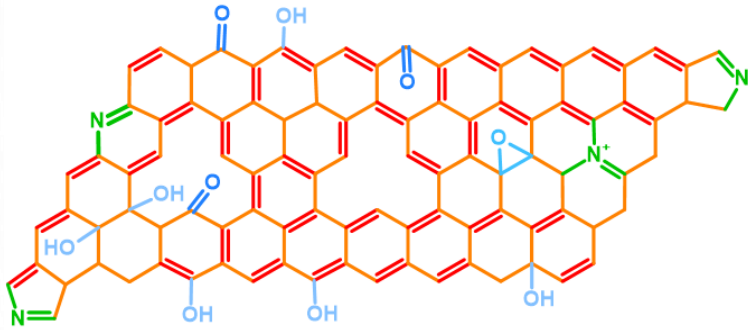
восстановление



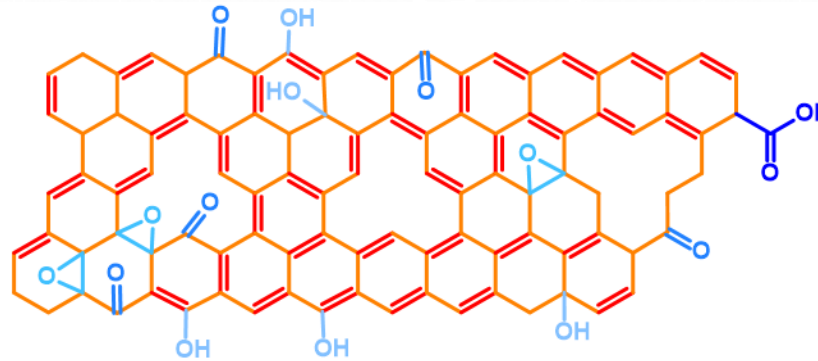
Частично
восстановленный
оксид графена (ВОГ)
 $C/O \geq 2.69$

ВОССТАНОВЛЕННЫЙ ОКСИД ГРАФЕНА

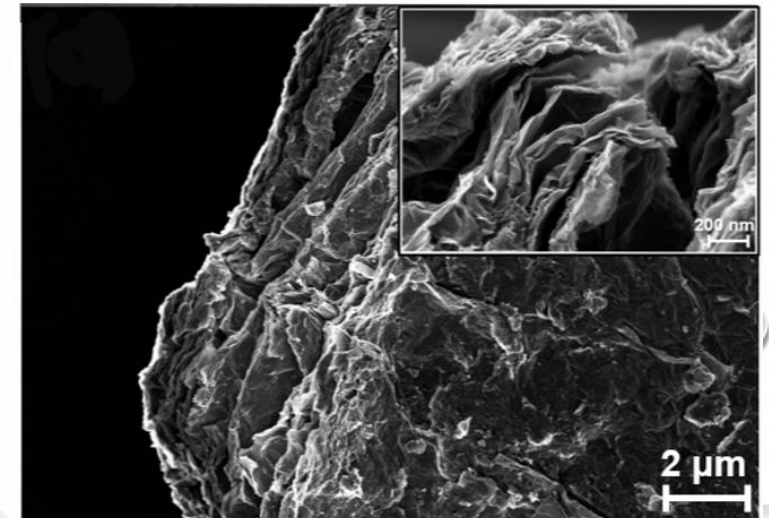
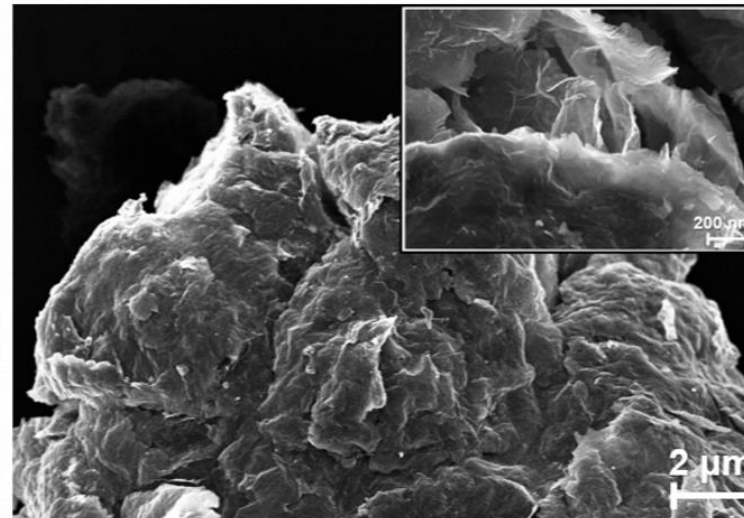
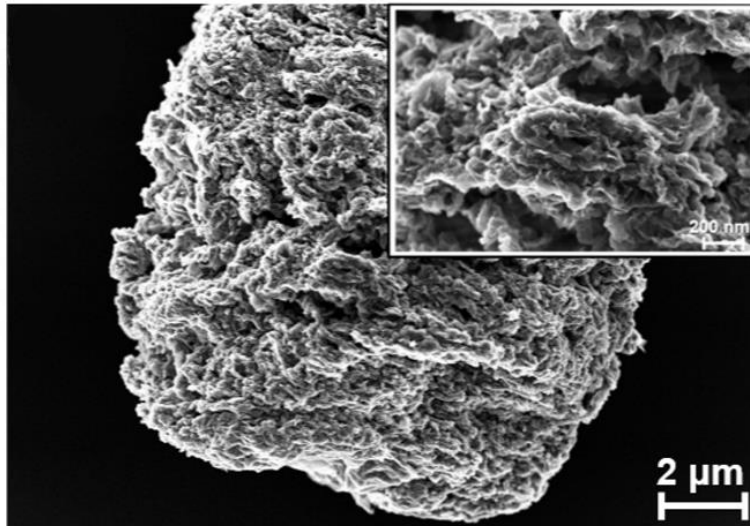
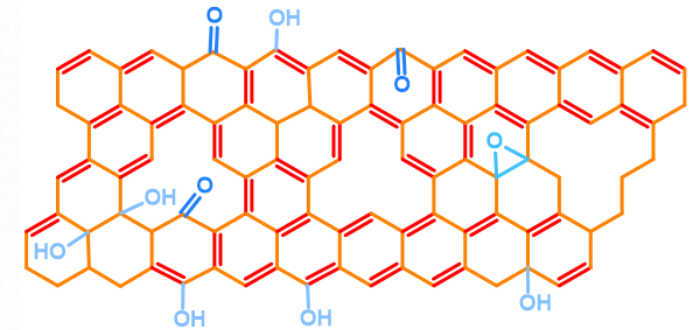
Химически восстановленный ОГ



Термически восстановленный ОГ

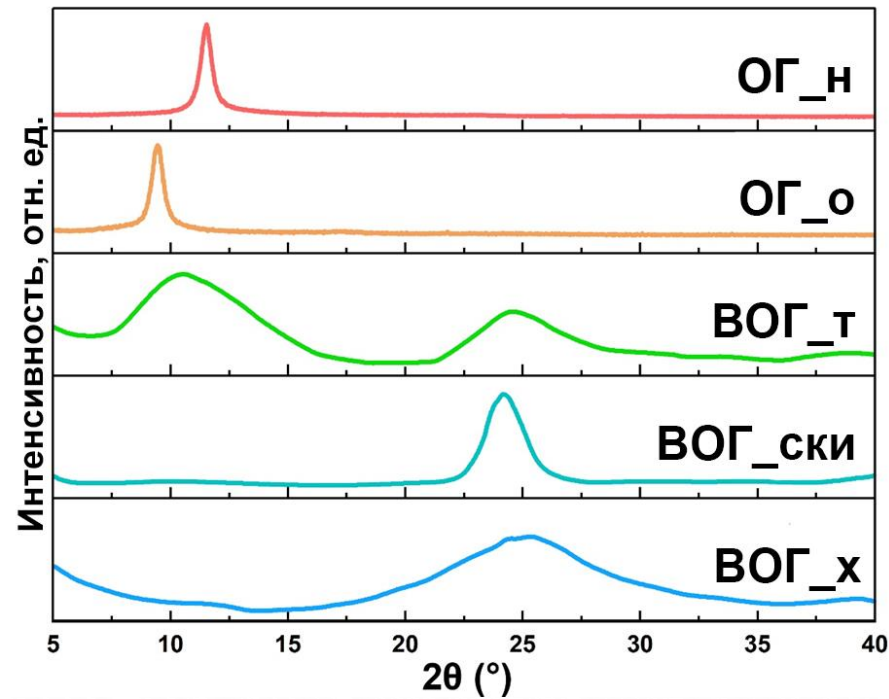


ОГ, обработанный в сверхкритическом изопропанолe

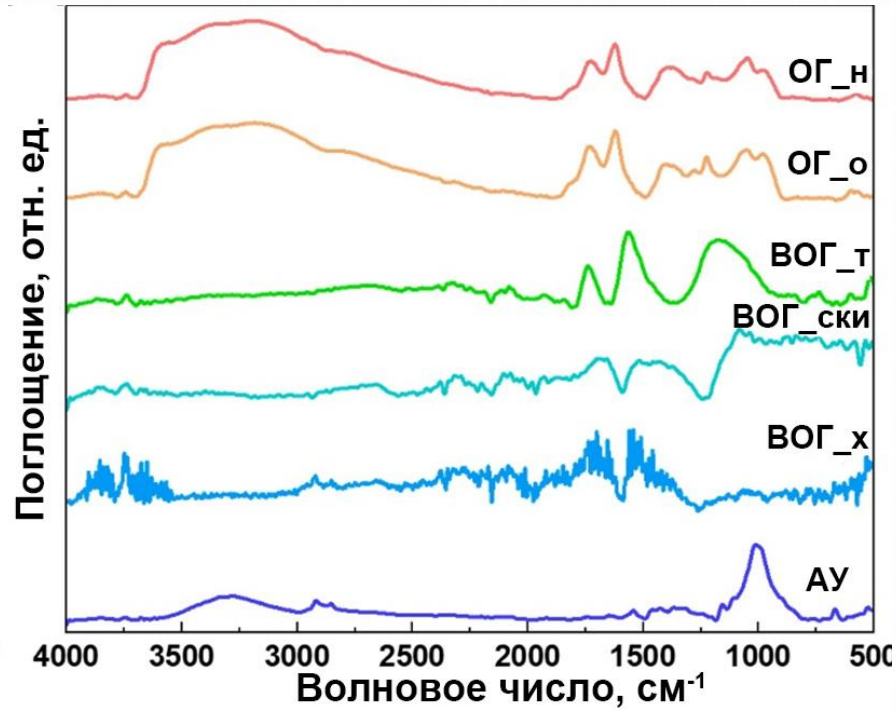


ИССЛЕДОВАНИЯ ОГ И ВОГ

Фазовый состав



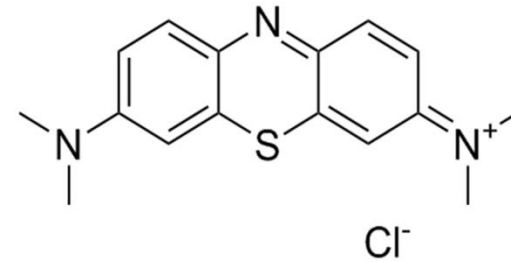
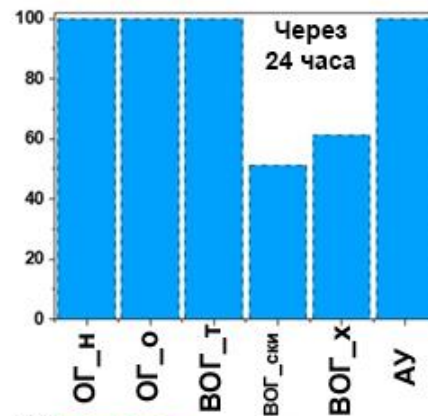
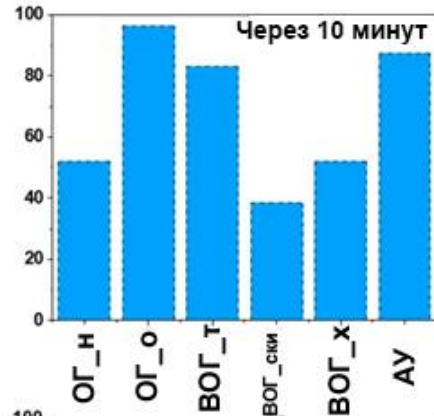
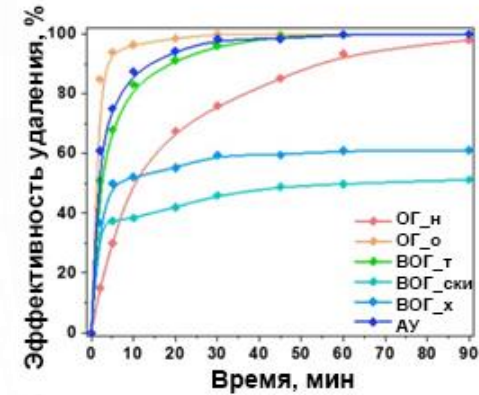
Поверхностные функциональные группы



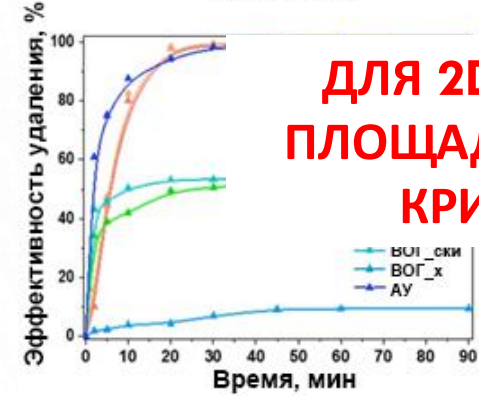
Площадь поверхности

	$S_{\text{ВЕТ}}, \text{ м}^2/\text{г}$
ОГ_н	2
ОГ_о	5
ВОГ_т	104
ВОГ_ски	88
ВОГ_х	158
АУ	725

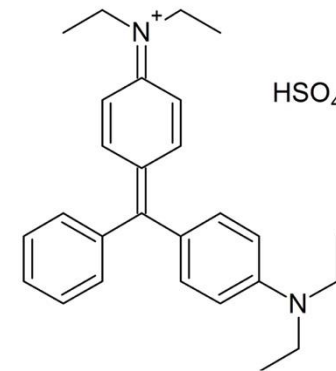
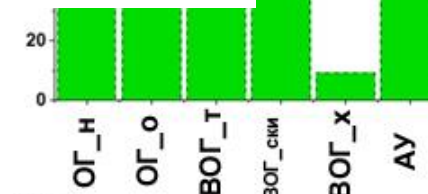
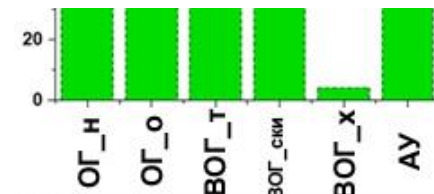
АДСОРБЦИОННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ОТНОШЕНИЮ К КРАСИТЕЛЯМ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ



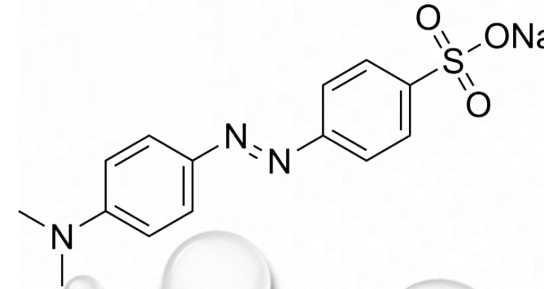
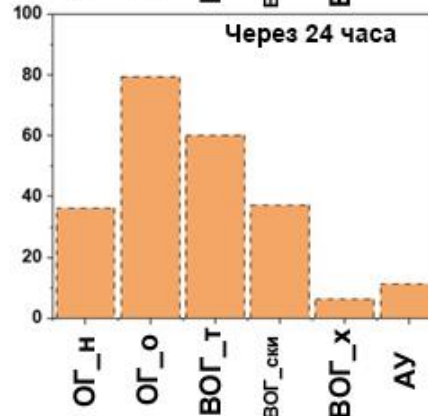
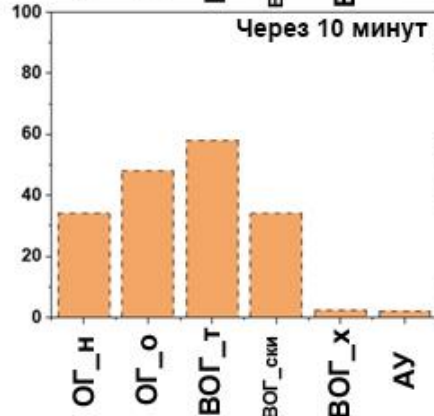
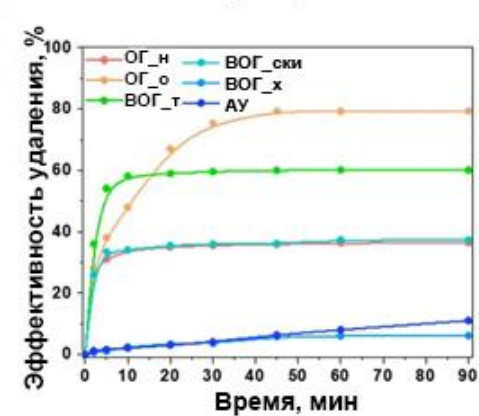
Метиленовый
голубой



**ДЛЯ 2D МАТЕРИАЛОВ ВЕЛИЧИНА
ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ НЕ ИМЕЕТ
КРИТИЧЕСКОГО ЗНАЧЕНИЯ!**

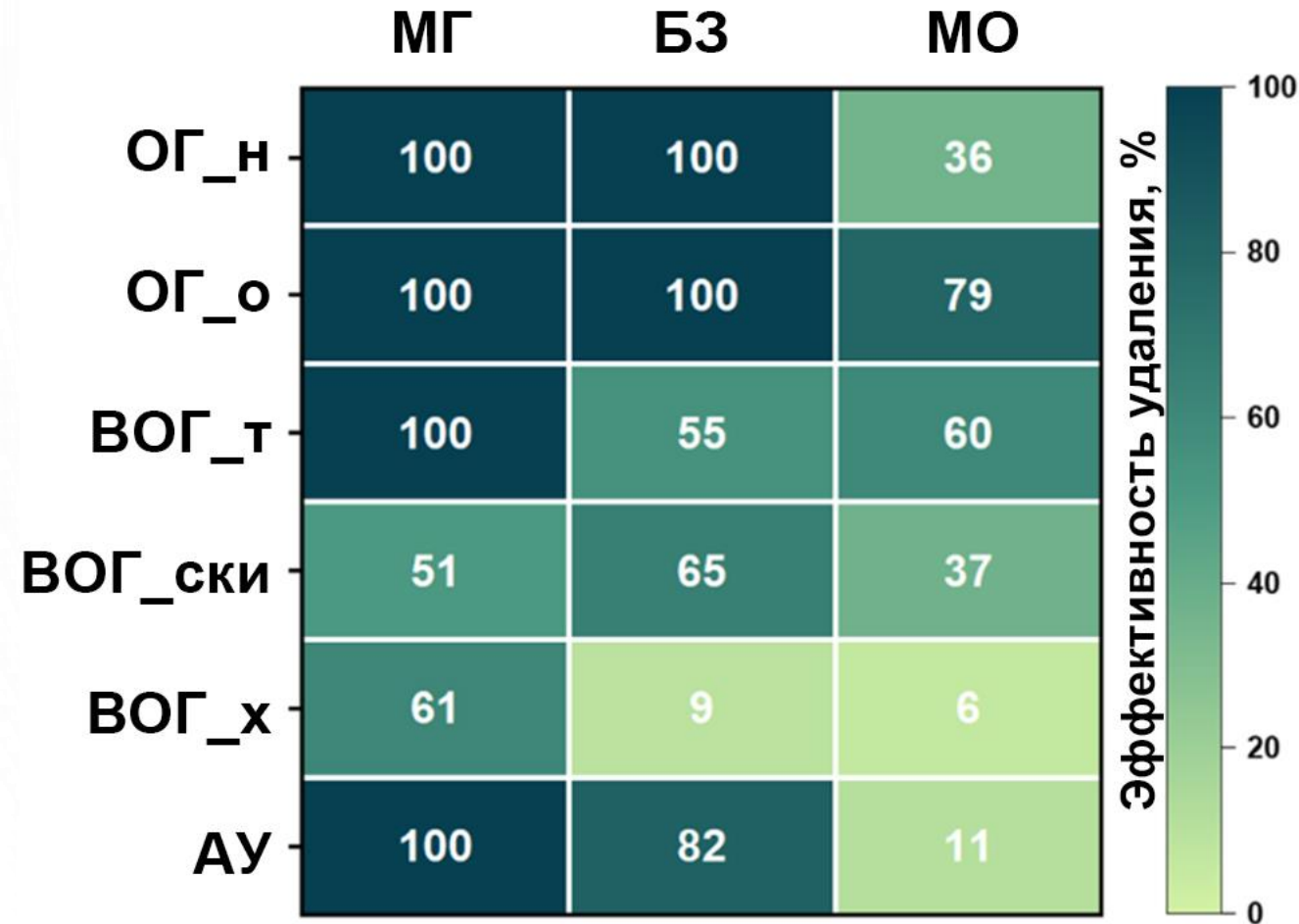


Бриллиантовый
зеленый



Метиловый
оранжевый

АДСОРБЦИОННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ОТНОШЕНИЮ К КРАСИТЕЛЯМ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ



ОГ_н: может использоваться для селективной адсорбции катионных красителей **XX**

ОГ_о: поглощает все выбранные красители с высокой эффективностью. **XXX**

ВОГ_т: хорошо поглощает все выбранные красители. **XXX**

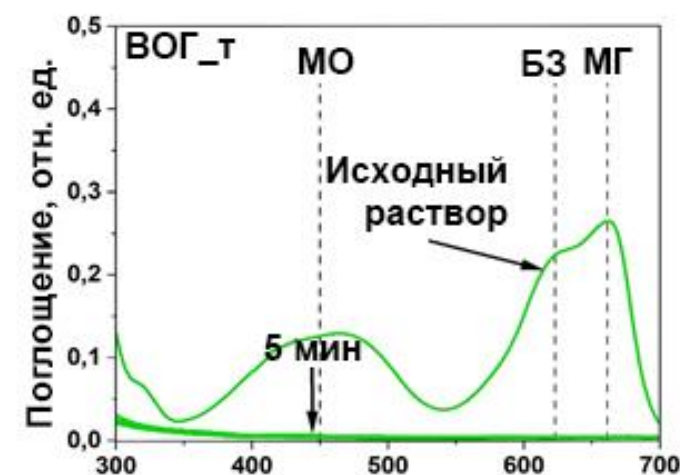
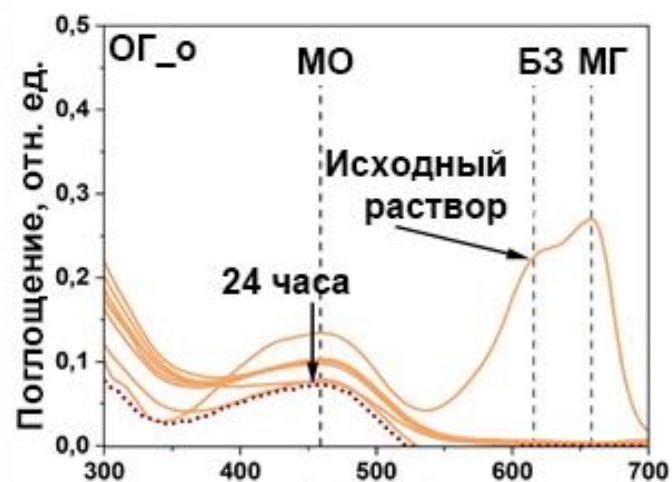
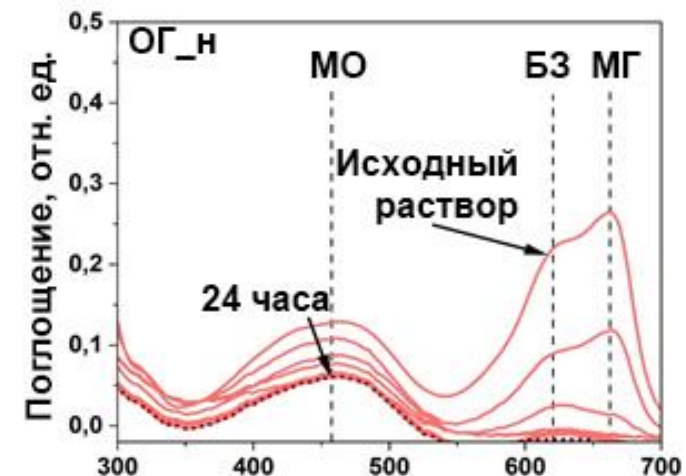
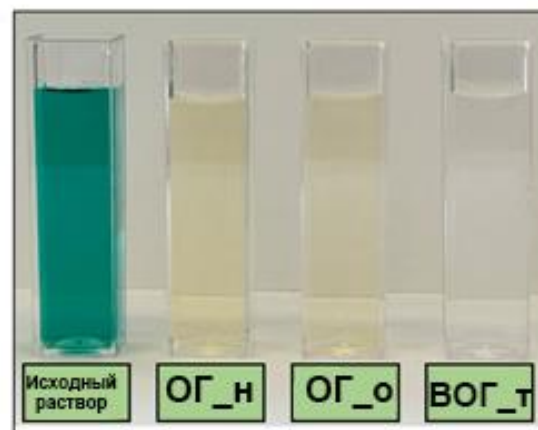
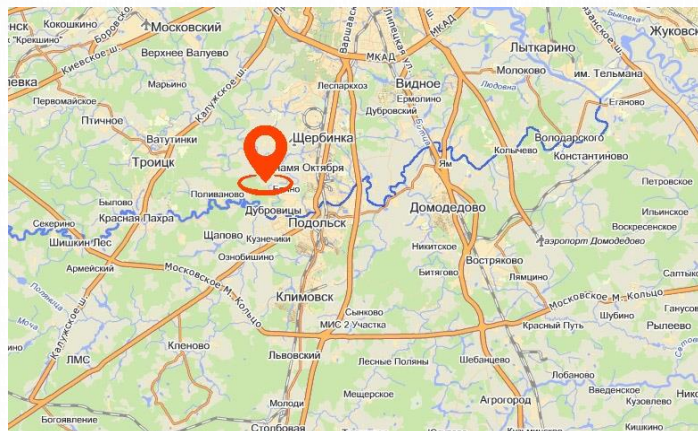
ВОГ_ски: может быть сорбентом в ограниченном диапазоне концентраций. **XXX**

ВОГ_х: может использоваться для селективной сорбции МГ **X**

АУ: может использоваться для селективной сорбции катионных красителей. **XX**

АДСОРБЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Вода была отобрана из р. Пахра, МО



ВЫВОДЫ



Используя метод Хаммерса можно получать материал с заданной структурой и свойствами.



Материалы на основе ОГ и ВОГ являются универсальными сорбентами по отношению к синтетическим красителям различной природы.



Сорбционные характеристики графеновых материалов равнозначны и в ряде случаев превосходят характеристики активированного угля.



Сорбенты на основе ОГ способны проявлять селективность при удалении катионных красителей из водных растворов.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

