

Қазақстан Республикасының білім және ғылым министрлігі  
Министерство образования и науки Республики Казахстан  
Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan



Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті  
Казахский национальный университет имени аль-Фараби  
Al-Farabi Kazakh National University



Химия және химиялық технология факультеті  
Факультет химии и химической технологии  
Faculty of chemistry and chemical technology



**ХИМИЯ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ БОЙЫНША  
ІХ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ БІРІМЖАНОВ СЪЕЗИНІҢ  
ЕҢБЕКТЕРИ**

**ТРУДЫ  
ІХ МЕЖДУНАРОДНОГО БЕРЕМЖАНОВСКОГО СЪЕЗДА  
ПО ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**PROCEEDINGS OF  
THE 9<sup>th</sup> INTERNATIONAL BEREMZHANOV CONGRESS  
ON CHEMISTRY AND CHEMICAL TECHNOLOGY**

**9-10 желтоқсан 2016 ж., Алматы, Қазақстан  
9-10 декабря 2016 г., Алматы, Казахстан  
December, 9-10, 2016, Almaty, Kazakhstan**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ  
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**  
**ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ,  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАНОМАТЕРИАЛЫ**  
**КОЛЛОИДЫ И ПОВЕРХНОСТИ**

237

Абдулкаримова Р.Г. САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ  
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ ТУГОПЛАВКИХ  
ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БОРИДОВ  
ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

238

Амантайұлы Қ., Жумабек М., Тунгатарова С.А. СИНТЕЗДЕУ  
АРҚЫЛЫ ДАЙЫНДАЛҒАН ЖАҢА КОМПОЗИТТІ МАТЕРИАЛДАРДА  
МЕТАНДЫ СИНТЕЗ ГАЗФА ДЕЙІН ТАЛҒАМДЫ ТОТЫҚТЫРУ

244

607

**ХИМИЯ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ БОЙЫНША ІХ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ БІРІМЖАНОВ СЪЕЗІНІҢ ЕҢБЕКТЕРІ**

Мылтықбаева Ж.К., Қайырбеков Ж.К., Мұқталы Д., Сайлауова Ж.  
ДИЗЕЛЬ ФРАКЦИЯСЫН МОЛИБДЕН ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ  
КАТАЛИЗАТОРЫМЕН СУТЕК АСҚЫН ТОТЫҒЫ ҚАТЫСЫНДА  
ТОТЫҚТЫРЫП КҮКІРТСІЗДЕНДІРУ

334

Нұрахметова Н., Оспанова Ж.Б. BEROL-226 НЕГІЗІНДЕ ЖУҒЫШ ЗАТ  
АЛУ

339

Онгарбаев Е.К., Тилеуберди Е., Иманбаев Е.И., Мансуров З.А.,  
Свириденко Н.Н., Головко А.К. ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ  
КРЕКИНГ ПРИРОДНОГО БИТУМА МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЕКЕ В  
СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

345

Сулайменов Д.С., Акчина М., Мырзалиева С.К. ТҮРАҚСЫЗ ГАЗДЫ  
БЕНЗИНДІ ТЕРЕҢ ӨНДІРУДЕГІ ЖАҢА ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ  
ШЕШІМДЕР

350

Тулепов М.И., Ақылбай Ә.Қ., Амир Ж., Ешимбетова Д., Габдрашева  
Ш.Е., Байсайтov Д.А., Пустовалов И., Алешкова С. ПОЛУЧЕНИЕ  
ЖИДКОГО ТОПЛИВА ИЗ ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И  
УГЛЯ В ПРИСУТСТВИИ ПАСТООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

354

Чурина Д.Х., Тайрабекова С.Ж., Мылтықбаева Л.К.  
МЕДЬСОДЕРЖАЩИЙ КАТАЛИЗАТОР КОНВЕРСИИ БИОЭТАНОЛА В  
ЦЕННЫЕ ПРОДУКТЫ

360

Г.Р.Нысанбаева, К.К. Кудайбергенов, Турешова Г.О., Е.К. Онгарбаев,  
З.А. Мансуров, С.Б.Любчик СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ  
ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА

366

УДК 66.081

Г.Р.Нысанбаева<sup>1</sup>, К.К. Кудайбергенов<sup>1</sup>, Турешова Г.О.<sup>1</sup>, Г.О., Е.К. Онгарбаев<sup>1</sup>,  
З.А. Мансуров<sup>1,2</sup>, С.Б.Любчик<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем горения, <sup>2</sup> КазНУ им. Аль-Фараби

<sup>3</sup> Центр Технической Науки «HORIZONTOMORROW» (ПОРТУГАЛИЯ)

[gulnur.83.29@mail.ru](mailto:gulnur.83.29@mail.ru)

### **Сорбенты на основе терморасширенного графита**

Изучены основные закономерности термического расширения интеркалированных соединений, полученных на основе природного чешуйчатого графита. Установлены закономерности получения пенографита, различными методами физико-химического анализа определены их морфология и макроструктура.

**Ключевые слова:** терморасширенный графит, интеркалированный графит, термографенит, термоудар.

The main regularities of thermal expansion the intercalation compounds of the connections received on the basis of natural flake graphite are studied. Regularities of obtaining a expanded graphite are established, various methods of the physical and chemical analysis determined their morphology and a macrostructure.

**Keywords:** Thermoexpanded graphite, intercalation graphite, termographite, thermal shock.

Табиғи графит негізінде алынған кеңейтілген интеркалирленген қосылыстардың негізгі заңдылықтары қарастырылады. Бұл процестің ету заңдылықтары және де әр түрлі физико-химиялық анализ әдістерімен макрокұрлымы анықталғандығы көрсетілген.

**Кілт сөздер:** Термокеңейтілген графит, интеркалирленген графит, термографенит, термосоқкы.

#### **Введение**

В настоящее время загрязнение поверхностных водоемов нефтепродуктами происходит не только при аварийных разливах нефти, но и при проведении регламентных работ, что увеличивает техногенную нагрузку на экосистему.

В РК с целью решения проблем разливов нефти на поверхности воды действует Национальный план по предупреждению нефтяных разливов и реагированию на них в море и внутренних водоемах Республики Казахстан, принятый 18 октября 2010 года[1] (воды Каспийского и Аральского морей, внутренние водоемы, прибрежные зоны РК). В нем определена общая задача: все меры реагирования должны быть основаны на минимизации экологического, социально-экономического и рекреационного ущерба, а также должны стремиться к тому, чтобы предпринятые действия принесли суммарную экологическую выгоду.

Основными способами ликвидации аварийных разливов являются [2-4]:

- механическое удаление плавающей нефти с поверхности моря;
- обработка нефтяного пятна диспергентами;
- сжигание плавающей нефти.

Каждый из методов ликвидации обладает своими преимуществами и ограничениями к применению [5-8]. В дополнение к базовым существуют более инновационные разработки, которые не так широко вошли в практику, например: дистанционное (до 100 м) выжигание нефтяного пятна любой толщины лазером [9] или адсорбционно-

огнетушащим порошком двойного назначения (одновременно с тушением происходит адсорбция плавающей на воде нефти и погружение её в воду) [10] и т.д.

Однако, общим существенным недостатком всех вышеперечисленных подходов можно назвать практически абсолютную невозможность восстановления собранной с водной поверхности нефти. Она либо полностью выгорает (метод контролируемого горения) либо оседает на дно и там подвергается разложению (диспергенты, некоторые сорбенты), либо ее уже невозможно разделить или полностью отделить от реагентов, эмульгированной воды (плавучие сорбенты) или побочных, механических примесей (при сборе механическими средствами), и такая нефть подлежит уничтожению путем сжигания вместе с мусором или сорбентом [11-12].

Таким образом, практика показывает, что реабилитация загрязненных водоемов представляет особую трудность и свидетельствует о необходимости проведения исследований в данной области.

Целью данной работы является разработка на основе термографенита (или терморасширенного графита - ТРГ) нового эффективного реагента для очистки воды от мазута, масел, других органических соединений и тяжелых металлов. Благодаря высокоразвитой удельной поверхности ( $50\text{-}150 \text{ м}^2/\text{г}$ ), низкой плотности ( $1\text{-}10 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ ), микропористой структуре, способности образовывать композиты с широким классом веществ, ТРГ обладает высокой поглощающей способностью по отношению к нефтепродуктам и другим гидрофобным органическим соединениям, таким как масла, жироподобные вещества, толуол, ксиол, хлорированные фенолы, дихлордифенилтрихлорметилметан (ДДТ) и т.п. Преимущество термографенита по сравнению с традиционно применяемыми сорбентами заключается в его малом расходе и высокой способности к регенерации. Следует отметить, что легкий и гидрофобный термографенит способен удерживаться на поверхности воды в течение десятков часов, а после поглощения нефтепродуктов в течение нескольких суток. При этом термографенит может очищать воду как с поверхности, так и из объема. Этот сорбент благодаря своим свойствам может произвести подлинную революцию в экологии. Он гидрофобен, химически инертен, электропроводен, экологически чист, извлекает нефтепродукты как в растворенном или устойчивом эмульгированном, так и в газообразном состоянии. Его способность к поглощению нефтепродуктов и других загрязнений оценивается до 80 г на 1 г сорбента. Длительная 100 % плавучесть исключает при его применении появление донных осадков, а также дает возможность использовать заполненные сорбентом боны в превентивных целях: при возможных разливах нефти в окрестностях морских платформ, нефтеналивных терминалов, сооружая из них заградительные препятствия. Высокая термостойкость позволяет использовать сорбент в случае воспламенения нефтяного пятна, а также сохраняет свою работоспособность при минусовых температурах.

В данном исследовании предложен способ получения ТРГ при термолизе порошковых механических смесей графита с солями:  $\text{FeCl}_3\text{x}6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2\text{x}6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2\text{x}6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ . Одной из наиболее эффективных систем по критерию всучивания оказалась система "графит –  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ ", получение и свойства продуктов которой были детально изучены.

### Экспериментальная часть

Для успешного выполнения работ по изучению физико-химических свойств системы «перхлорат магния – графит» первоначально был оптимизирован выбор методов анализа систем «реагент – графит», работающих по механизму прямой окислительной конверсии графита в ТРГ.

Сочетание методики линейного нагрева до определенной температуры и изотермической выдержки системы при этой температуре в течение фиксированного времени позволило остановить реакцию на стадии образования интермедиата, выделить соединения интеркалированного графита (СИГ) и изучить его структуру. Для удаления

остатков  $Mg(ClO_4)_2$ , а также побочных продуктов реакции –  $MgCl_2$  и  $MgO$ , выделенный образец был тщательно отмыт последовательно 20 % соляной кислотой, плавиковой кислотой и водой. Методом рентгенофазового анализа удалось выявить очень узкую температурную область, ( $390\pm20$  °C), в которой СИГ присутствует в достаточных для регистрации количествах. До 350 °C характерные для интеркалирования изменения графита не зафиксированы. Выше 410 °C, когда процесс вспучивания уже протекает эффективно, СИГ также не идентифицированы. Полученное при наиболее благоприятных температурных условиях ( $385\pm5$  °C) СИГ сохраняет способность к вспучиванию при термоударе (600 °C) с коэффициентом вспучивания  $K=35-40$ .

### Результаты и обсуждения

Анализ полученного образца СИГ методом рентгенофазового анализа показал увеличение межслоевого расстояния графита в результате интеркалирования частиц-гостей в решетку графита (рисунок 1), что является прямым доказательством наличия стадии интеркалирования при термолизе в системах "графит -  $Mg(ClO_4)_2$ ". Расчет значений межслоевых расстояний при интеркалировании на основании угловых положений рефлексов (00l) на дифрактограмме по формуле Брэгга, позволил определить период идентичности  $I_c$  элементарной ячейки СИГ. Используя уравнение расчета параметра идентичности решетки графита ( $I_c$ ):

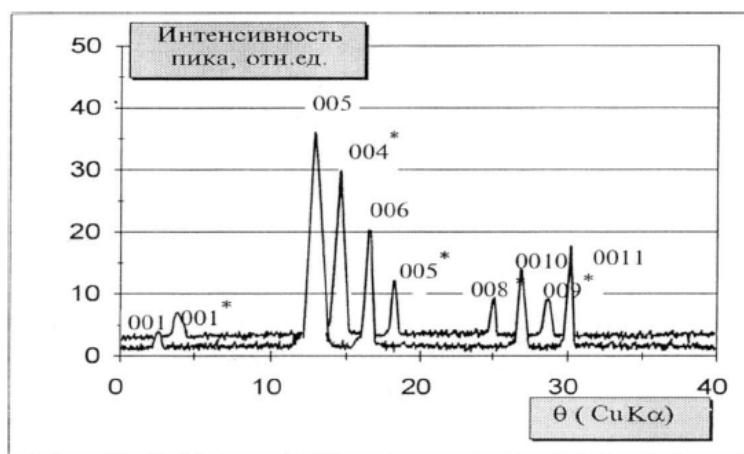
$$I_c = d_i + (n - 1) \cdot d_1, \quad (1)$$

где  $d_1$  – средние значения межслоевых расстояний, можно рассчитать межслоевое расстояние ( $d_2$ ) при внедрении интеркаланта:

$$d_2 = I_c - (n - 1) \times 0,335 \quad (2)$$

где  $n$  – стадия интеркалирования.

Для полученного образца СИГ  $I_c = 1,605$  нм (рисунок 1), что соответствует образованию СИГ смешанной - третьей ( $n = 3$ ;  $I_c = 1,443$  нм) и четвертой ( $n = 4$ ,  $I_c = 1,769$  нм) стадии. Тогда, расчет по уравнению (2) межслоевых расстояний приводит к значению  $d_2 = 0,768$  нм, что практически в два раза больше межслоевого расстояния для чистого графита ( $d = 0,335$  нм). В работе [13] показано, что такое межслоевое расстояние наблюдается для соединения графита с интеркалированными  $ClO_4^-$ -анионами.



**Рисунок 1** – Рентгенофазовый анализ соединения интеркалирования графита, полученного термолизом смеси "графит –  $Mg(ClO_4)_2$ ": отражения 001\* – для третьей и 001 – для четвертой стадий интеркалирования

В ходе анализа электроннозондовым методом удалось идентифицировать хлор и магний, интеркалированные в графит (толщина приповерхностных слоев твердого тела для неразрушающего анализа рентгеновским излучением составляет 0,4-2,5 нм).

На основании полученных данных и результатов элементного анализа (таблица 1), можно предложить формулу полученного СИГ с учетом наличия в межслоевых пространствах атомов магния в связанном состоянии.

**Таблица 1-** Результаты элементного анализа СИГ, полученного термолизом в системе "графит – Mg(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>

Элемент	Содержание, % масс	Атомная масса, у.е.	Содержание, моль/100г	Приведенное атомное соотношение**
C	78,16	12,0	6,51	98,39
C1	2,35	35,5	0,06	1,00
H	1,43	1,0	1,43	21,60
Mg	1,73	24,0	0,07	1,09
O*	16,30	16,0	1,02	15,40

примечания: \* по разности; \*\* количество атомов ClI принято за 1,00.

Мольные соотношения C/C1 и C/Mg примерно равны, что свидетельствует о близком содержании атомов Cl и Mg в структуре СИГ. С учетом данных рентгенофазового анализа можно предположить, что весь хлор связан в виде перхлорат-анионов, которые играют роль центральных ионов. В этом случае атомы магния в структуре СИГ не могут быть связаны с атомами хлора в соединения типа MgCl<sub>2</sub>, Mg(OH)Cl. Тогда единственной возможностью для атомов магния является связывание их с кислородом в соединения типа MgO или Mg(OH)<sub>2</sub>. На основании произведенных расчетов стехиометрии СИГ, по нашему мнению, наиболее реальная структура СИГ отвечает брутто-формуле – C<sub>98,4</sub>ClO<sub>4</sub><sup>4-</sup>(MgO)<sub>1,09</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>10,8</sub>, что соответствует СИГ четвертой стадии интеркалирования (n = 4, I<sub>c</sub> = 1,768) и хорошо согласуется с данными рентгенофазового анализа.

Наличие MgO в структуре интермедиата является новым, необычным фактом для традиционной химии СИГ. Его можно объяснить, если предположить, что первоначально в межслоевые пространства совместно с ионами ClO<sub>4</sub><sup>4-</sup> внедряются молекулы Mg(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, которые в условиях термолиза (к моменту выделения СИГ) подвергаются термодеструкции до MgO.

В таблице 2 представлены итоги микроанализа реагентного состава с помощью сканирующего электронного микроскопа/EDAX. Как видно из нее, высокотемпературный термоудар заметно изменяет количественный состав смеси, причем вариации в содержании различных элементов по-разному зависят от температуры термоудара. В то время как весовой процент кислорода увеличивается с увеличением температуры, количество углерода уменьшилось. Так, весовой процент кислорода в природном графите увеличился с 5 до 20 %, а содержание углерода снизилось с 95 до 46 % при 800 °C. Это можно объяснить тем, что повышение температуры вызывает термическое разложение кристаллогидрата в реагентного состава, следовательно, относительное содержание кислорода увеличивается.

**Таблица 2** -Результаты элементного анализа для реагентных составов

Система «графит – соль»	Содержание компонентов, % масс					
	C	N	O	Cl	Me	Другие
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ×6H <sub>2</sub> O	62,04	0,37	20,75	-	29,82	-
Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ×6H <sub>2</sub> O	59,56	0,49	10,14	-	29,75	-
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ×6H <sub>2</sub> O	56,68	3,76	9,80	-	29,75	-
FeCl <sub>3</sub> ×6H <sub>2</sub> O	46,76	0,99	5,44	11,43	21,77	13,63

Полученный образец СИГ, исходный графит и термографенит (ТРГ) характеризовались с применением газовых адсорбционных методов с использованием теории Брауна-Эмета-Теллера (БЭТ). Площадь и степень гетерогенности поверхности, объем и распределение пор по размерам определяли по адсорбции азота при 77 К (таблица 3).

Процесс вспучивания вызывает увеличение удельной площади поверхности графита с 1,5 до 139,4 м<sup>2</sup>/г. Отметим, что для образца ТРГ полученного термолизом акцепторных СИГ удельная площадь поверхности обычно составляет 20-40 м<sup>2</sup>/г [14], то есть площадь поверхности полученного образца ТРГ в 3,5-7 раз больше.

Вспучивание в системе "графит – Mg(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>" приводит к существенному уменьшению степени гомогенности поверхности. Сравнение изотерм адсорбции азота при 77 К для исходного графита и образца ТРГ (рисунок 2) позволяет оценить вклад вспучивания в этот процесс.

**Таблица 3**- Результаты анализа графита, СИГ и термографенита методом газовой адсорбции

Образец	Удельная площадь поверхности, м <sup>2</sup> /г	Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г
Графит марки ГТ-2	1,5	0,00
СИГ	11,1	0,08
Графит – FeCl <sub>3</sub> ×6H <sub>2</sub> O	40,6	0,32
Графит – Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ×6H <sub>2</sub> O	72,1	0,56
Графит – Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ×6H <sub>2</sub> O	90,3	0,72
Графит – Mg(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	139,4	1,52

Рассчитанная по высоте линейной части изотермы адсорбции степень гомогенности поверхности в случае ТРГ составляет лишь 38 %, что в два раза меньше таковой для ТРГ, полученного на основе бисульфата и нитрата графита [15, 16] и сравнима для ТРГ, полученного термолизом СИГ с хлорной кислотой – 47 % [33]. Существенно изменяется распределение пор по размерам для продуктов термолиза – ТРГ и СИГ по сравнению с исходным графитом (рисунок 3). В случае образования ТРГ объем пор растет от 0,04 до 1,52 см<sup>3</sup>/г, при этом увеличивается доля мезо- и, особенно, макропор (диаметр пор > 2-5 нм), что отражает уменьшение степени гомогенности при вспучивании. По нашему мнению, такое значительное изменение степени гомогенности поверхности при вспучивании в системе "графит – Mg(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>" обусловлено взрывным характером термолиза и связано с экзотермическими эффектами при вспучивании.

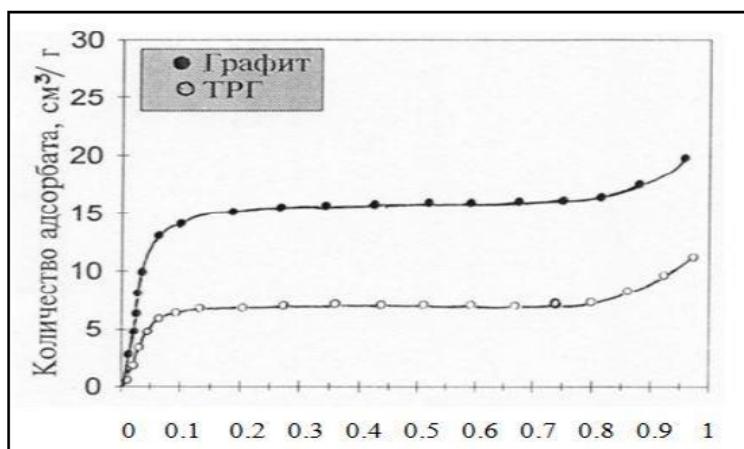


Рисунок 2 – Изотермы адсорбции  $\text{N}_2$  при 77 К для графита и ТРГ

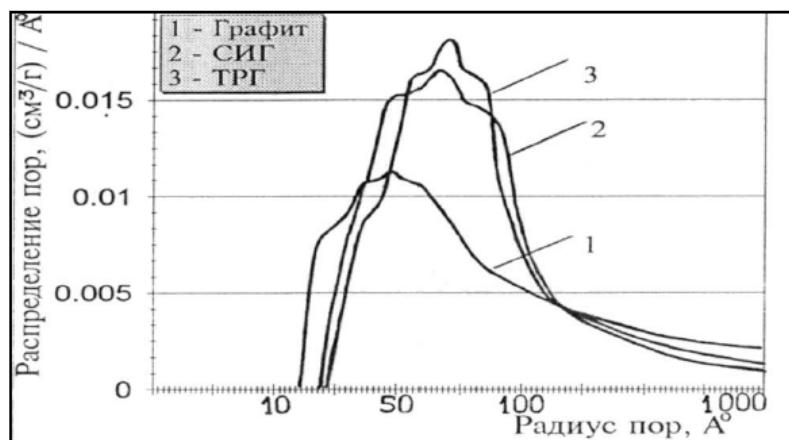
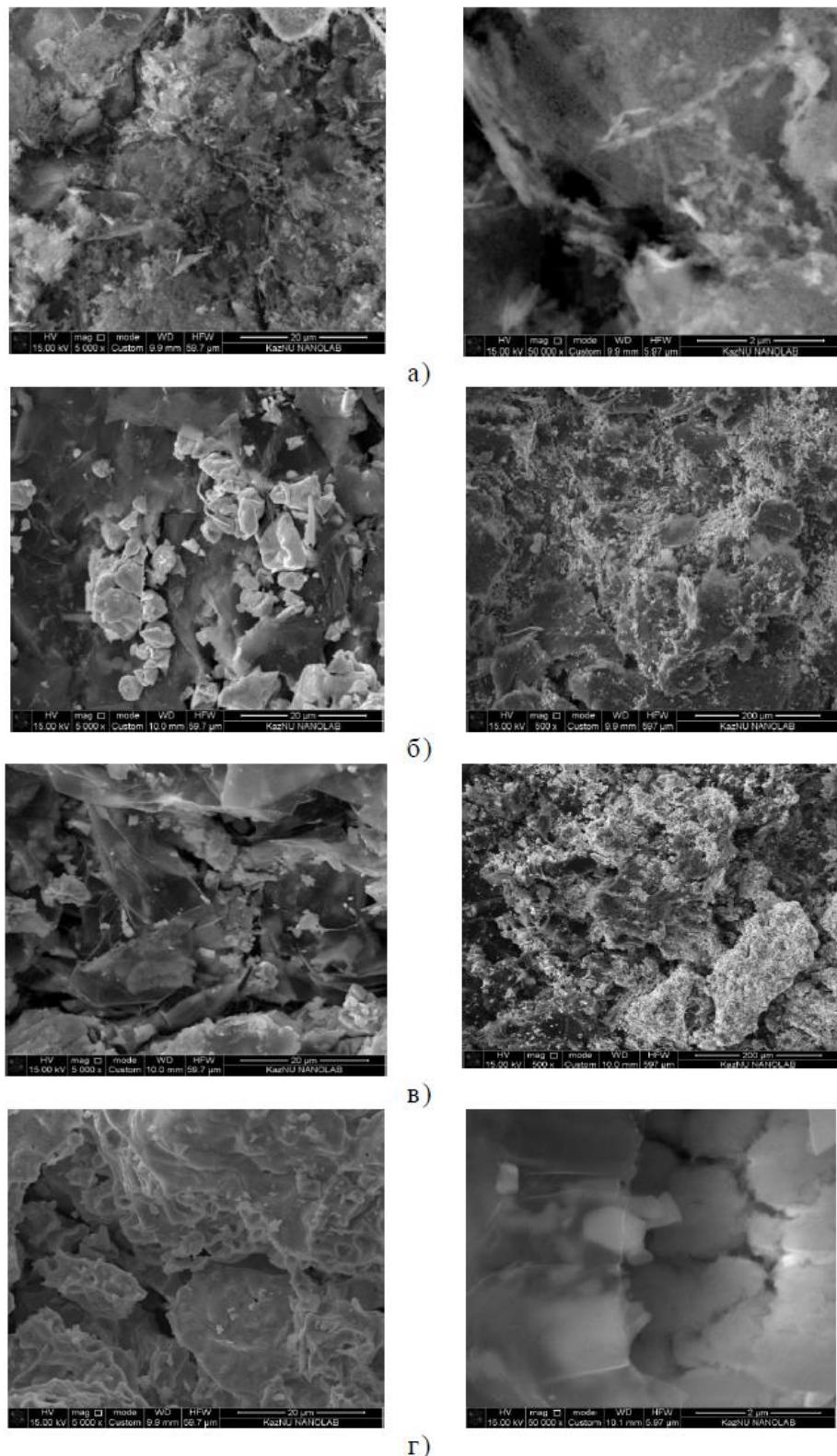


Рисунок 3 – Анализ поверхности графита, соединения интеркалированного графита и термографенита, полученного термолизом смеси "графит –  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ "

Дополнительное изучение структуры слоев термографенита было проведено методом сканирующий электронной микроскопии (СЭМ). На рисунке 4 приведены несколько СЭМ изображений термографенита, полученного из механического смеси графита ГТ-2 и соли. Видны участки значительно деформированных слоев, а также участки с относительно совершенным строением графитовых слоев. Такие изменения показывают, что термоудар преимущественно сопровождается разупорядочением структуры в кристаллографическом направлении  $C$ , т.е. уменьшением толщины «дисков» и частичной потерей ориентационного порядка в наложении слоев при сохранении среднего диаметра дисков. Известно, что термическая обработка графита приводит к появлению высокой концентрации вакансий, что дестабилизирует структуру графита.

Терморасширенные графиты имеют еще более дисперсную и дефектную структуру по сравнению с интеркалированными. По данным электронной микроскопии в образцах терморасширенного графита возрастает число более мелких пластин (рисунок 4а), а также более явно проявляются эффекты Муара и дефектообразования в виде ошибок наложения слоев. Наиболее сильно явления дефектообразования проявляются для образца терморасширенного графита, полученного из механического смеси «графит –  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ » (рисунок 4г).



**Рисунок 4 – СЭМ снимки термографена полученного из механического смеси графита ГТ-2 и соли: а) «графит –  $Mg(NO_3)_2 \times 6H_2O$ », б) «графит –  $Zn(NO_3)_2 \times 6H_2O$ », в) «графит –  $FeCl_3 \times 6H_2O$ », г) «графит –  $Mg(ClO_4)_2$ »**

Именно этот образец имеет наиболее развитую микропористую структуру.

Методом электронной микроскопии получены данные о размере частиц металла (Zn и Fe) и характере их распределения на поверхности терморасширенного графита. Наиболее равномерное распределение частиц металла наблюдается на поверхности терморасширенного графита, полученного из механического смеси «графит – Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>×6H<sub>2</sub>O» (рисунок 4б). В этом образце содержатся, в основном, частицы цинка размером 5-10 мкм, расположенные на поверхности термографенита.

На поверхности образца, полученного из механической смеси «графит – FeCl<sub>3</sub>×6H<sub>2</sub>O», содержатся частицы железа размером 1-2 мкм, неравномерно распределенные по поверхности термографенита (рисунок 4в).

Установлено, что слоям в термографените действительно присущи множественные искривления и нарушения [17]. В результате электронной бомбардировки и локального разогрева образец всучивался, что характерно для "классических" СИГ в аналогичных условиях [18].

Далее были проведены эксперименты по исследованию адсорбционных свойств полученных реагентов.

В таблице 4 показано, что реагентный состав «графит – Mg(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>» отличается меньшим водопоглощением, чем «графит – FeCl<sub>3</sub>×6H<sub>2</sub>O». Кроме этого, реагентный состав «графит – Mg(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>» адсорбирует 62 г тяжелой нефти. Его высокая плавучесть обусловлена пористостью, развитой в процессе термоудара. Таким образом, термоудар необходим для придания гидрофобности реагентного состава и увеличения сорбционной емкости.

**Таблица 4** -Основные сорбционные свойства реагентного состава

Реагентный состав	Нефтеемкость, г/т	Водопоглощение, г/т	Плавучесть, %
Графит – FeCl <sub>3</sub> ×6H <sub>2</sub> O	20	0,5	80
Графит – Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ×6H <sub>2</sub> O	25	0,2	99
Графит – Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ×6H <sub>2</sub> O	34	0,03	100
Графит – Mg(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	62	0,01	100

### Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что сорбенты из природного графита, полученные путем термической обработки реагентного состава «графит – Mg(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>», обладают высокой адсорбционной емкостью для нефти и нефтепродуктов, плавучестью, низким водопоглощением и могут быть рекомендованы для сбора разлитой нефти с поверхности воды.

### Литература

1 Постановление Правительства РК от 18 октября 2010 года № 1072. Национальный план по предупреждению нефтяных разливов и реагированию на них в море и внутренних водоемах РК.

2 Конвенция «Об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте ООН» (Конвенция Espoo), Финляндия, 1991. - 56 с.

3 Гурвич Л.М. Нефтяное загрязнение гидросферы, - М, 1997. - 273 с.

4 Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. - М.: Иноктаво, 2005. - 368 с.

5 Забела К.А. Ликвидация аварий и ремонт подводных трубопроводов. - М.: Недра, 1986. - 148 с.

- 6 Вылкован А.И., Венцюлис Л.С, Зайцев В.М., Филатов В.Д. Современные методы и средства борьбы с разливами нефти //Научно-практическое пособие. - СПб., Центр-Техинформ, 2000. - 105 с.
- 7 Гвоздиков В.К., Захаров В.М. Технические средства ликвидации разливов нефтепродуктов на морях, реках и водоемах //Справочное пособие. - Ростов-на-Дону, 1996. - 225 с.
- 8 Response to Marine Oil Spills. International Tanker Owners Pollution //Federation Ltd. London, - 1987 - Vol. 5. - P. 315.
- 9 Чувилин С.В. Огнетушащие порошковые составы двойного назначения //Матер. 14 науч. - техн. конф. по системе безопасности - М.: Академия ГПС МЧС России, 2006. - 78 с.
- 10 Назаров В.П., Чувилин С.В., Коротовских Я.В. Информатизация инновационных методов ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в акватории морской среды //Научно-тех. конференция по системе безопасности. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. - С 117-120.
- 11 Inagaki M., Toyoda M., Iwashita N., Nishi Y., Konno H. Exfoliated Graphite for Spilled Heavy Oil Recovery //Carbon Science, - 2001. - Vol. 2, № 1. - P. 1-8.
- 12 Toyoda M., Aizawa J., and Inagaki M. Sorption and recovery of heavy oil by using exfoliated graphite //Desalination, - 1998. - Vol. 4, №115. - P. 199–201.
- 13 Allwar A. Characteristics of pore structures and surface chemistry of activated carbons by physisorption, Ftir and Boehm Methods //Journal of Applied Chemistry. - 2014. Vol. 2, - P. 13.
- 14 Leng Y., Gu J.L. , Cao W.Q., Zhang. Influences of density and flake size on the mechanical properties of flexiblegraphite //Carbon. - 1998. - V. 36. - P. 875-881.  
Бурлешин М. Графит приходит на смену асбеста //Вестник Мосэнерго. - 2001. № 9, - С. 3-4.
- 15 Когановский А.М., Клименко А.А., Левченко Т.М., Рода И.Г //Адсорбци органически веществ и воды. Л., 1990. - С. 210-215.
- 16 Темирханов Б.А., Темердашев З.А., Елецкий Б.Д., Шпигун О.А. Исследование возможности регенерации и повторного использования некоторых сорбентов для сбора нефти //Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2005. - №5. - С. 16.
- 17 Yoshida A., Hishiyama Y., Inagaki M. Exfoliation of vapor-grown graphite fibers as studied by scanning electron microscopy //Carbon. - 1989.- Vol. 28, № 4. - P. 539-543.