Дәріс 4

Наноқұрылымды көміртекті сорбенттердің негізгі түрлері

Нанокұрылымды көміртекті сорбенттер – құрамында көміртек негізіндегі наноөлшемді құрылымдар бар және газдардан, судан немесе басқа орталардан әртүрлі заттарды **адсорбциялау** қабілеті жоғары сорбенттер.

Негізгі ерекшеліктері:

•меншікті бетінің өте жоғары болуы;

•кеуектілік құрылымының дамуы;

•бетінде функционалдық топтардың болуы;

•химиялық және термиялық тұрақтылығы;

•адсорбциялық қасиеттерін модификациялау мүмкіндігі.

Негізгі қолданылуы:

→ суды тазарту

→ газдарды бөлу және тазарту

→ ауыр металл иондарын жою

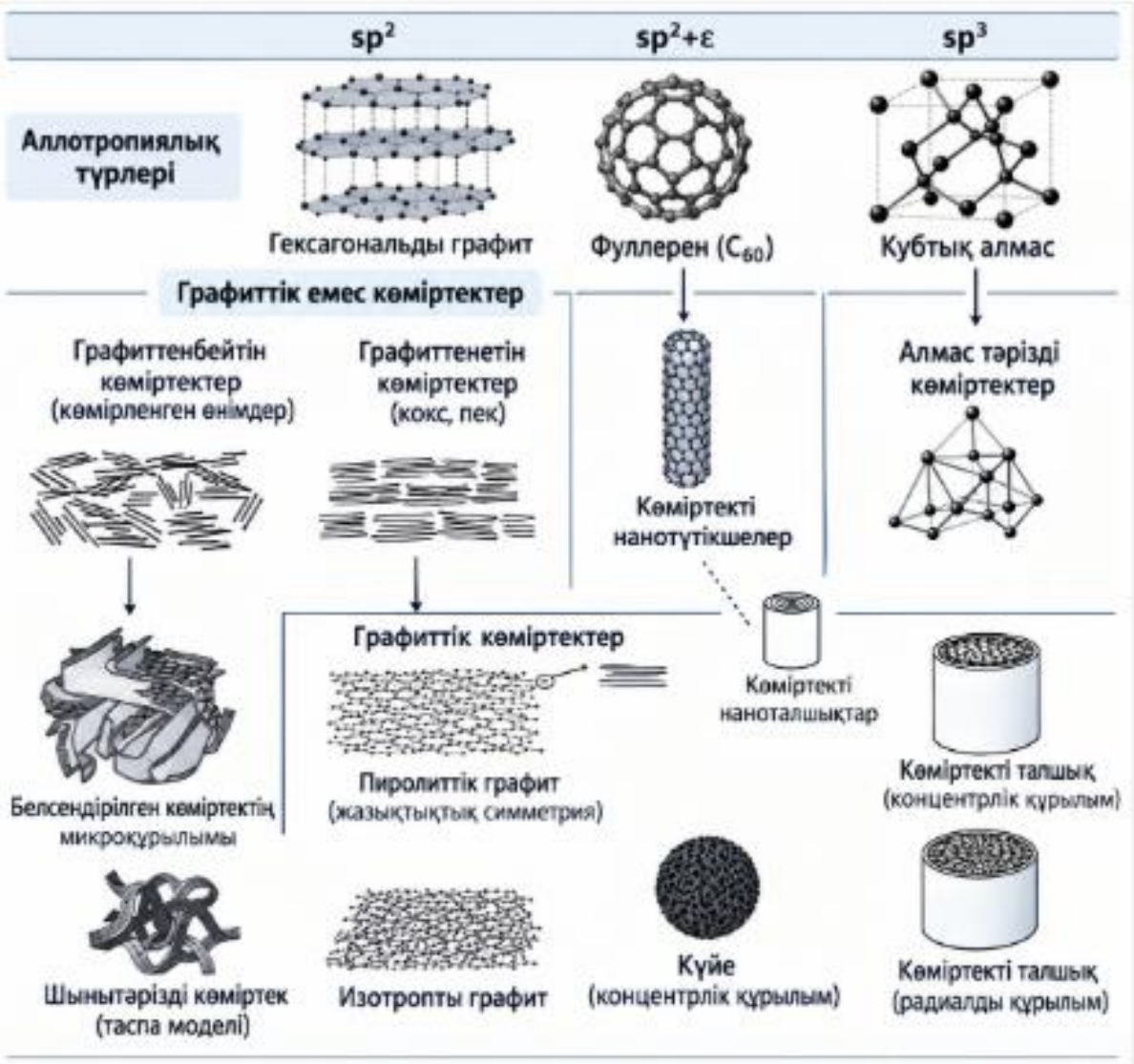
→ органикалық ластағыштарды адсорбциялау

→ катализ және электрохимия

→ энергия сақтау жүйелері

Наноқұрылымды көміртекті сорбенттердің жіктелуі

Көміртекті наносорбенттердің негізгі түрлері:
1. Нанокеуекті көміртектер
→ белсендірілген көмір
→ мезокеуекті көміртек
→ микрокеуекті көміртек
2. Көміртекті нанотүтікшелер (CNT)
→ бірқабырғалы SWCNT
→ көпқабырғалы MWCNT
3. Графен және графен негізді материалдар
→ графен
→ графен оксиді (GO)
→ тотықсыздандырылған графен оксиді (rGO)
4. Фуллерендер
5. Кеуекті графенді көміртектер
6. Биомассадан алынған наноқұрылымды көміртектер
Негізгі принцип:
Құрылым → кеуектілік → меншікті бет → адсорбциялық қабілет


sp²
sp²+ε
sp³
Аллотропиялық түрлері
Гексагональды графит
Фуллерен (C60)
Кубтық алмас
Графиттік емес көміртектер
Графиттенбейтін көміртектер (көмірленген өнімдер)
Графиттенетін көміртектер (кокс, пек)
Көміртекті нанотүтікшелер
Алмас тәрізді көміртектер
Графиттік көміртектер
Көміртекті наноталшықтар
Көміртекті талшық (концентрлік құрылым)
Пиролиттік графит (жазықтықтық симметрия)
Белсендірілген көміртектің микроқұрылымы
Шынытәрізді көміртек (таспа моделі)
Изотропты графит
Күйе (концентрлік құрылым)
Көміртекті талшық (радиалды құрылым)

sp^2 негізді:
графит → графиттік көміртек → пиролиттік графит → изотропты графит → күйе → көміртекті нанотүтікшелер → көміртекті наноталшықтар.

sp^3 негізді:
алмас → алмас тәрізді көміртектер.

Кеуекті көміртектер:
белсендірілген көміртек.

Аморфты/ретсіз құрылымды:
шынытәрізді көміртек, кейбір графиттенбейтін көміртектер.

Көміртектің құрылымдық алуан түрлілігі

•Атомдық деңгейде көміртектің негізгі аллотропиялық формасы — **графит (sp^2-гибридтенген құрылым)**. Басқа формаларына алмазтәрізді көміртек, фуллерендер және көміртекті нанотүтікшелер жатады.

•Графиттік құрылымға негізделген көміртектер **кристаллографиялық реттелу дәрежесіне** қарай:

- **графиттік көміртектер** — *с-бағытында* белгілі бір кристаллографиялық реттелуі бар;
- **графиттік емес көміртектер** — *с-бағытында* айқын кристаллографиялық реттелуі жоқ, қабаттары шамамен параллель орналасқан.

•Графиттік емес көміртектер:

- **графиттелетін** — жоғары температуралық өңдеуде графиттік құрылымға айналады;
- **графиттелмейтін** — 3300 К-ге дейінгі жоғары температурада да графитке айналмайды.

•Микродеңгейде көміртектер **реттелген** (синтетикалық графит, графиттелген талшықтар) және **ретсіз** (көмірленген материалдар, белсендірілген көмір) құрылымдар түзеді.

Негізгі байланыс:

Құрылым → кеуектілік → меншікті бет ауданы → адсорбциялық қасиет

Адсорбент	Негізгі ерекшелігі	Қолданылуы
Белсендірілген көмір	Жоғары кеуектілік, ретсіз микроструктура	Су және газдарды тазарту
Белсендірілген көміртекті талшықтар	Дамыған бет, талшықты құрылым	Органикалық қосылыстар мен газдарды адсорбциялау
Көміртекті маталар мен киіздер	Иілгіш, кеуекті құрылым	Сүзу және тазарту
Қабыршақталған графит	Қабатаралық кеңістігі ұлғайған	Ауыр мұнайларды адсорбциялау
Көміртекті нанотүтікшелер (CNT)	1D наноқұрылым, жоғары бет ауданы	Сутекті сақтау, газ адсорбциясы

Белсендірілген көмір — ең кең таралған көміртекті адсорбенттердің бірі. Оның жоғары кеуектілігі мен дамыған беті адсорбциялық сыйымдылығын арттырады.

Адсорбция:

Адсорбат → кеуекке ену → адсорбент бетімен әрекеттесу → адсорбция

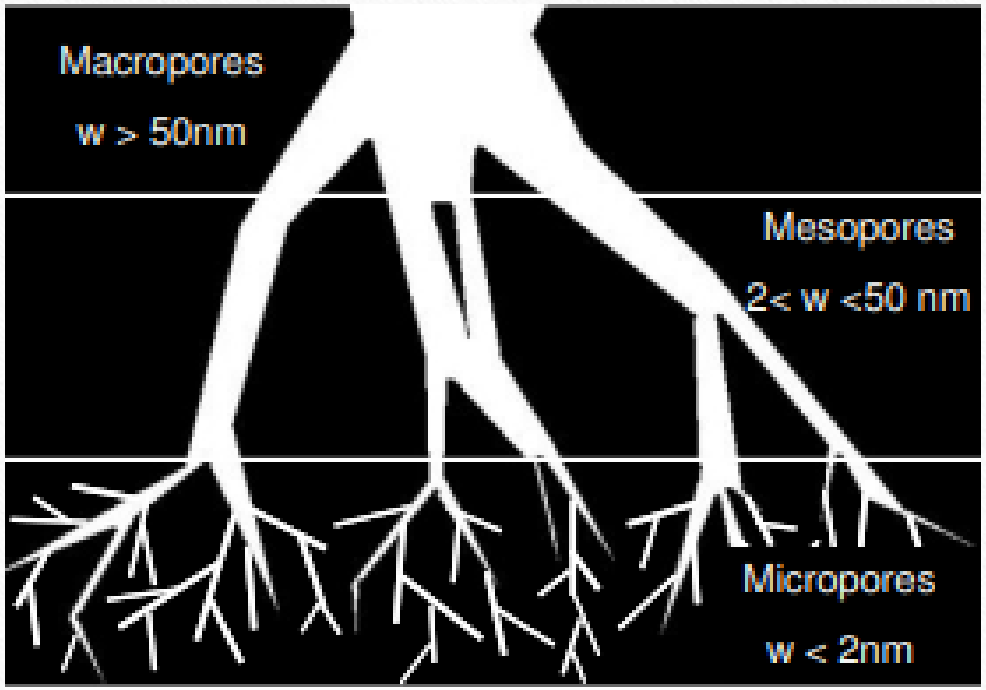
🔑 **Қорытынды:** көміртекті адсорбенттердің тиімділігі олардың **наноқұрылымына, кеуек өлшеміне, меншікті бет ауданына және беткі химиялық қасиеттеріне** тәуелді.

Белсендірілген көміртекті сорбенттер

Белсендірілген көмір – жоғары кеуектілігі және дамыған меншікті беті бар көміртекті адсорбент.

Кеуектерінің өлшемі:

- **микрокеуек:** < 2 нм
- **мезокеуек:** 2–50 нм
- **макрокеуек:** > 50 нм



Артықшылықтары:

- жоғары адсорбциялық сыйымдылық;
- салыстырмалы түрде арзан;
- шикізаты көп;
- суды және газдарды тазартуға тиімді.

Белсендіру әдістері:

Физикалық: CO_2, бу

Химиялық: KOH, H_3PO_4, $ZnCl_2$ және т.б.

Қолданылуы:

ауыр металдар, бояғыштар, фенолдар, органикалық қосылыстар, газдар.

Сорбент	Негізгі ерекшелігі	Адсорбция механизмі
Белсендірілген көмір	Жоғары кеуектілік	Физикалық адсорбция
Мезокеуекті көміртек	2–50 нм кеуектер	Беттік адсорбция
CNT	1D наноқұрылым	π–π, ван-дер-Ваальс
Графен	2D құрылым	π–π, физикалық адсорбция
GO	Функционалдық топтар көп	Электростатикалық, H-байланыс
rGO	Қалпына келтірілген құрылым	π–π, гидрофобтық
Фуллерен	0D құрылым	π–π, гидрофобтық
Биомассалық көмір	Арзан жаңартылатын шикізат	Физикалық + химиялық

Шикізат:

сабан

жүгері қалдықтары

кокос қабығы

жаңғақ қабығы

ағаш қалдықтары

ауыл шаруашылығы қалдықтары

Алыну схемасы:

Биомасса

↓

Карбонизация

↓

Химиялық/физикалық активтеу

↓

Кеуекті көміртек

↓

Наноқұрылымды сорбент

Артықшылықтары:

- жаңартылатын шикізат;
- қалдықтарды қайта пайдалану;
- төмен құн;
- жоғары кеуектілік;
- су тазартуда тиімді.

https://cpc-journal.kz/index.php/cpcj/article/view/240/431

https://ect-journal.kz/index.php/ectj/article/view/338/306

https://qazaqstan.tv/news/133740