

А.Я. ГАНЗЮК, Д.М. ВИШНЕВСЬКА, Н.Л. ПОХИЛО

Хмельницький національний університет

О.П. ШЕЛЕСТИЮК, О.М. МІЩУК

Хмельницький науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ НАФТОПРОДУКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ АКТИВОВАНИХ СМЕКТИТОВИХ ГЛИН

З метою зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та збереження водних ресурсів розроблена технологія одержання і використання нових ефективних сорбентів на основі природних алюмосилікатів. В роботі досліджено можливість використання модифікованих сапонітових глин у якості ефективних сорбційних матеріалів в процесах очищення нафтопродуктів. Проаналізовано їх детальний вуглеводневий склад та оцінено основні показники бензинів до та після очищення. Отримані активовані форми на основі сапонітових глин можна використовувати в якості наповнювачів полімерних середовищ і пластифікаторів, а також у виробництві нафтових сорбентів.

Ключові слова: адсорбція, нафтопродукти, хроматографія, октанове число, сапоніт, тиск насиченої пари.

A.Y. GANZYUK, D.M. VISHNEVSKAYA, N.L. POHILO

Khmelnytskyi National University

O.P. SHELESTIYK, O.M. MISHCHUK

Khmelnytskyi Research-Science Forensic Centre of Ministry of Internal Affairs of Ukraine

STUDY OF PROCESSES OF CLEANING OF OIL PRODUCTS ACCORDING TO ASSISTED SMECTITE CLAYS

The possibility of modified saponite clays using as efficient sorption materials in the purification processes of petroleum products. The detailed hydrocarbon analysis of treated gasoline were made. The main characteristics of gasolines treated by modified saponite sorbents was estimated by chromatography methods. The possibility of modified saponite clays using as efficient sorption materials in the purification processes of petroleum products. The detailed hydrocarbon analysis of treated gasoline were made. The main characteristics of gasolines treated by modified saponite sorbents was estimated by chromatography methods. The saponite application in the forensic research to detect trace amounts of combustible liquids as material evidence from the place of fire were confirmed. We used natural mineral sorbents of different degrees of dispersion, their activated and modified forms for cleaning of gasoline with octane number 92 resulting in increase in octane number of gasoline up to 95 and more which was determined by research and motor methods. Treatment of gasoline by sorbent was carried out for 5 min. using ultrasound system then sorbent was separated by centrifugation and settled as sediment. Sorption capacity of hydrophobic sorbents for petroleum products is from 14.4 to 16.6 g/g, sorption capacity for dissolved and emulsified petroleum is from 292 to 315 mg/g. Refined gasoline was investigated using gas chromatography with high degree of resolution. Changes in the structure of clay have been analysed with infrared spectroscopy. As a conclusion, the obtaining of mineral sorption materials on the basis of saponite clay enables to use them as fillers of polymer environment and fluidizing agents, as well as in production of oil sorbents.

Keywords: adsorption, petroleum products, chromatography, octane rating, saponite, vapour pressure.

В автомобілебудуванні склалася тенденція створення автомобілів з потужним двигуном, який працюватиме при високому ступені стискання. Для таких двигунів необхідний якісний бензин. До останнього часу підвищення якості (октанового числа) бензинів здійснювалася за допомогою добавки етильованої рідини з вмістом тетраетил свинцю. При спалюванні палива, ця рідина розкладається і пари свинцю виділяються в атмосферу з вихлопними газами, що підвищує їх токсичність. Перспективний шлях отримання палив високої якості і з пониженою токсичністю полягає у видаленні низько октанових парафінових вуглеводнів на сапонітових глинах, а тому проведення наукового дослідження є безумовно актуальним.

Світові запаси нафти складають понад 132,7 млрд т, з них 74 % припадає на Азію, у тому числі Близький Схід (більше 66 %). Найбільшими запасами нафти володіють (у порядку зменшення): Саудівська Аравія, Росія, Ірак, ОАЕ, Кувейт, Іран, Венесуела, Мексика, Лівія, Китай, США, Нігерія, Азербайджан, Казахстан, Туркменія, Норвегія. Обсяг світового видобутку нафти становить близько 3,1 млрд т, тобто майже 8,5 млн т на добу. Видобуток ведеться 95 країнами, причому більше 77 % продукції сирової нафти видобувають 15 з них, включаючи Саудівську Аравію (12,8 %), США (10,4 %), Росію (9,7 %), Іран (5,8 %), Мексику (4,8 %), Китай (4,7 %), Норвегію (4,4 %), Венесуелу (4,3 %), Великобританію (4,1 %), Об'єднані Арабські Емірати (3,4 %), Кувейт (3,3 %), Нігерію (3,2 %), Канаду (2,8 %), Індонезію (2,4 %), Ірак (1,0 %) (рис. 1) [1–4].

В Україні територія видобутку нафти розподіляється на регіони: Західний, Східний, Південний, кожен з яких має свої особливості та потужності виробництва [4, 5]. Сучасний автомобільний бензин є сумішшю компонентів, які одержані в результаті різних технологічних процесів переробки нафти. Залежно від марки автомобільний бензин готують на основі бензинів прямої перегонки, каталізного крекінгу та реформінгу з участю у якості компонентів бензину термічного крекінгу, толуолу, алкіл бензину, а також ароматизованого компоненту, який є сумішшю ароматичних вуглеводнів, які одержані при піролізі нафтопродуктів. В товарні автомобільні бензини додають легкі компоненти, які утворюються при переробці вуглеводневих газів, а саме: бутан, бутан-бутиленова та пента-аміленова фракції. Для покращення

властивостей та збільшення ресурсів в склад автомобільних бензинів додають сполуки, що містять кисень, а саме метиловий та вторинний бутиловий спирти та естери. Компонентний склад низькооктанових автомобільних бензинів достатньо різноманітний та залежить від наявності технологічного обладнання кожного підприємства. Для високооктанових автомобільних бензинів ця величина є постійною; вуглеводневий склад залежить від технологічного процесу та якості нафти, яка переробляється [6, 7].

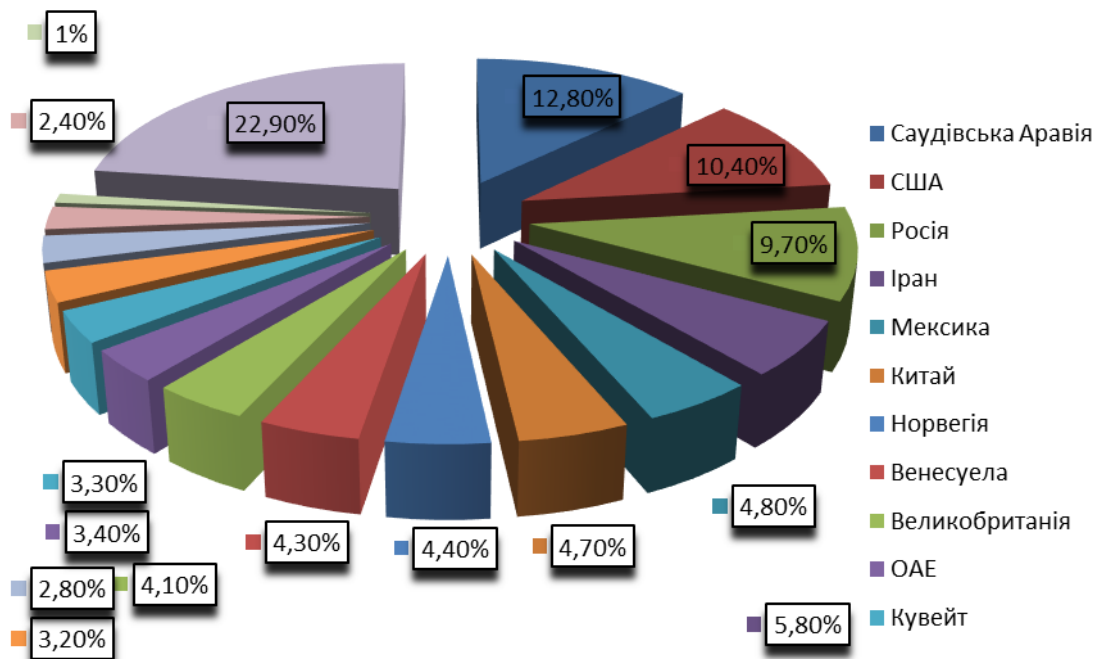


Рис. 1. Обсяг світового видобутку нафти

Адсорбція являється універсальним методом, що дозволяє практично повністю видалити домішки з газового чи рідкого середовища. В сучасній нафтопереробній промисловості адсорбційний метод широко використовують для поглиблення очищення технологічних потоків, покращення якості сировини та продуктів. В техніці широко використовуються різноманітні адсорбенти з розвинутою внутрішньою поверхнею: силікагелі, алюмогелі, активоване вугілля, оксиди алюмінію, глини, глинозем, полімерні адсорбенти, пористе скло, цеоліти та інші [7]. Однорідна кристалічна структура природних мінеральних сорбентів, таких як сапоніти, наявність вільних пор визначеного розміру дають можливість використання їх для розділення речовин на основі різниці в розмірах і форм молекул. Особливе значення нові адсорбенти надали для сумішей, компоненти яких близькі по фізико-хімічним константам, тобто коли звичайні методи не можуть забезпечити необхідну ступінь розділення [7]. Глинистий мінерал, який використовується в даній роботі є ≤ 1 мкм фракція сапоніту Ташківського родовища (Хмельницька область, Україна). Активованій кислотою сапоніт отримували шляхом обробки п'яти грамів глини при механічному перемішуванні з 150 мл 2М розчинну H_2SO_4 при $90^\circ C$. Через 4 години тверду фазу відокремлювали від розчину і від іонів SO_4^{2-} та просушували при кімнатній температурі. Вуглеводневу суміш марки А-92 очищували за допомогою смектинових глин різного ступеня дисперсності та методи активації [8–11].

Таким чином, у пробах бензинів, що були очищені кислотно-активованим, лужно-активованим та подрібненим до 30 мкм сапонітом октанове число збільшується зі зменшенням вмісту ароматичних вуглеводнів, на відміну від зразків, що були очищені термічно активованим та подрібненим до 7 мкм сапонітом, де значення октанового числа практично не змінилося.

Від фракційного складу карбюраторних палив залежать умови запуску, тривалість прогріву, перехід з одного режиму на інший та рівномірність розподілу робочої суміші за циліндрами двигуна (повнота згорання палива). На рис. 2–7 наведено детальний вуглеводневий склад (у %) зразків бензинів, що досліджені хроматографічно у лабораторії досліджень мінералів Хмельницького національного університету.

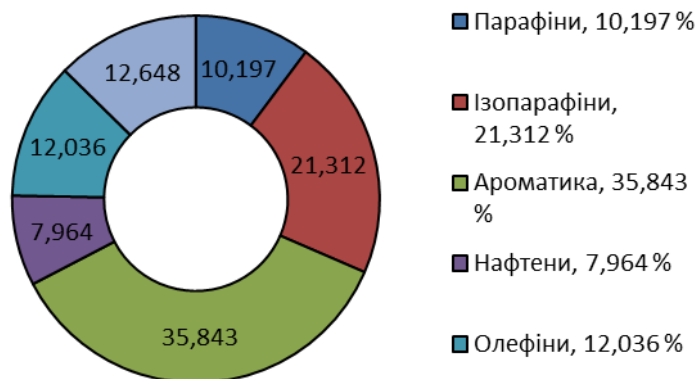


Рис. 2. Ваговий вміст (у %) вуглеводнів у контрольній пробі бензину А-92

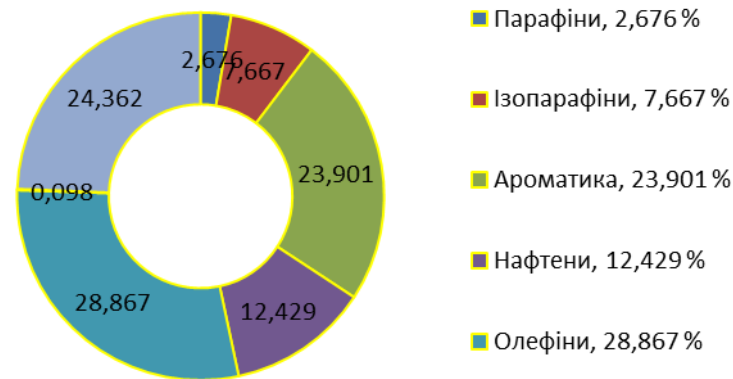


Рис. 3. Ваговий вміст (у %) вуглеводнів у пробі бензину, очищеного Кислотно-активованим сапонітом

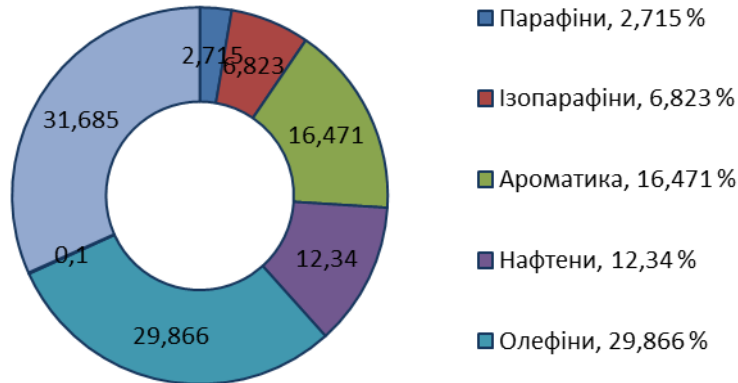


Рис. 4. Ваговий вміст (у %) вуглеводнів у пробі бензину, очищеного Лужно-активованим сапонітом

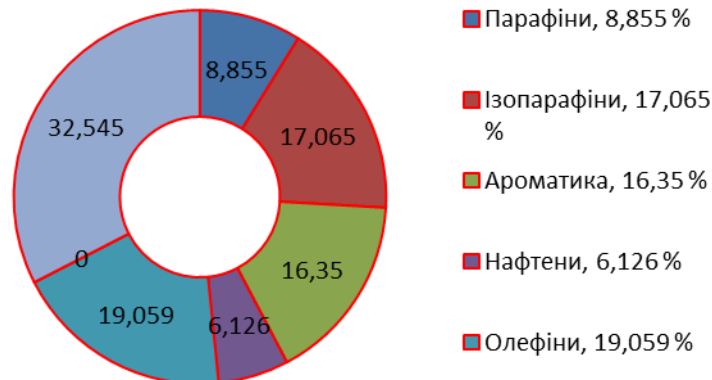


Рис. 5. Ваговий вміст (у %) вуглеводнів у пробі бензину, очищеного подрібненим до 7 мкм сапонітом

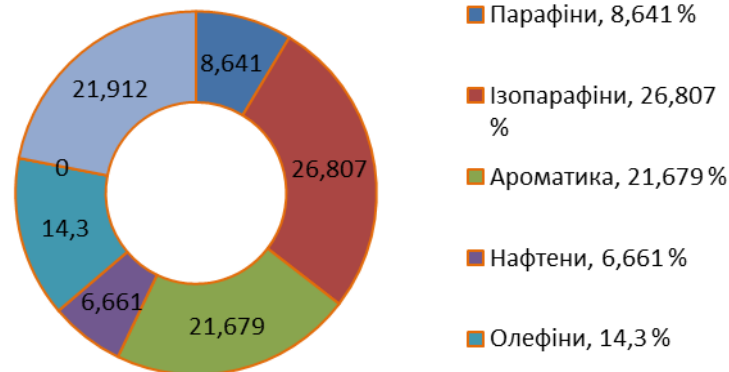


Рис. 6. Ваговий вміст (у %) вуглеводнів у пробі бензину, очищеного термічно активованим сапонітом

Мольний вміст парафінів та ізопарафінів для бензинів, очищених кислотно- та лужно-активованим сапонітами, зменшується в порівнянні з контрольною пробою в 3 рази, ароматичних фракцій в 2 – 2,5 рази. Зате мольний вміст нафтенних та олефінових зростає в 2 рази.

Важливими показниками є середнє значення молекулярної маси та відносної густини досліджуваних нафтопродуктів (таблиця 1).

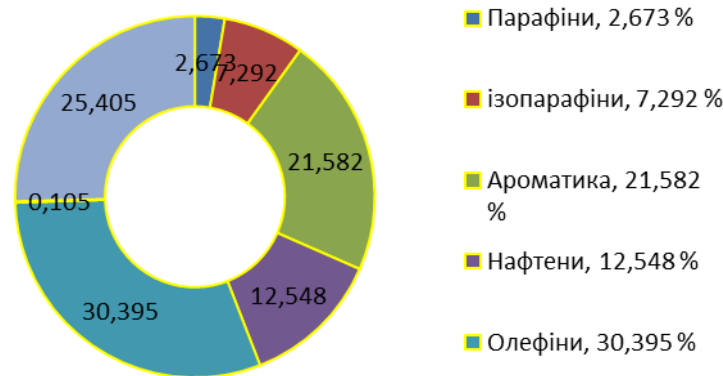


Рис. 7. Ваговий вміст (у %) вуглеводнів у пробі бензину, очищеного подрібненим до 30 мкм сапонітом

Таблиця 1

Середні показники молекулярної маси та відносної густини контрольної проби та бензину, очищеного сапонітами різних форм активації та ступеня дисперсності

Проба бензину та метод очищення	Молекулярна маса, г/моль	Відносна густина
Контрольна проба А-92	95,199	0,744
Кислотно-активованим	96,502	0,735
Лужно-активованим	93,611	0,722
Термічно активованим	95,341	0,715
Подрібнений до 30 мкм	94,529	0,729
Подрібнений до 7 мкм	94,658	0,713

Оцінку показників октанових чисел за дослідницьким та моторним методами проводили відповідно до ГОСТ 2177-99 «Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава», ГОСТ 8226-82 «Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа», ГОСТ 29040-91 «Бензины. Метод определения бензола и суммарного содержания ароматических углеводородов» в лабораторії досліджень мінералів з використанням газової хроматографії високого ступеня роздільності, де у якості газу-носія використовували азот. Для експерименту було обрано зразки глинистих матеріалів різного ступеня дисперсності, активованих кислотою та лугом, термічно активованих. Для роботи на 1 мл бензину марки А-92 (Украффта) доцільно брати наважку сапоніту масою 0,25 г; за допомогою ультразвуку в системі відбувалось перемішування на протязі 5 хв. Наступним етапом було центрифугування, завдяки чому сорбент осідав у вигляді осаду. Очищений бензин хроматографували і за допомогою програми «GAZOLIN» обробляли результати, які наведені в таблиці 2 та на рисунку 8.

Таблиця 2

Показники октанового числа та вмісту ароматичних фракцій бензину А-92

Зразок природного мінерального сорбенту та вид модифікації	Октанове число за дослідницьким методом	Октанове число за моторним методом	Вміст ароматичних фракцій, %
Контрольна проба бензину (А-92)	91,542	84,435	35,843
Активованій H ₂ SO ₄ (25%)	96,497	85,678	23,901
Активованій лугом	95,719	84,886	16,471
Термоактивованій	90,718	80,310	21,679
Подрібнений (7 мкм)	90,617	82,077	16,354
Подрібнений (30 мкм)	96,609	85,761	21,582

Згідно з ДСТУ, наведеного вище, контрольна проба бензину (А-92) має значення 91,542 (за дослідницьким методом), а вміст ароматичних вуглеводнів не повинен перевищувати 35 %, а в контрольній пробі його 35,843 %.

Після обробки бензину кислотньо-активованим сорбційним матеріалом, октанове число за моторним методом зростає на 1,5 одиниць, а за дослідницьким – на 5 одиниць. При цьому вміст ароматичних фракцій зменшується від 35,843 % до 23,901 %. Зростання октанових чисел спостерігалось і для бензину, очищеного за допомогою лужно-активованого сапоніту.

Паралельно проведено дослідження у випробувальному центрі паливно-мастильних матеріалів м. Київ (ВЦ ПММ) та в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії при Національній академії наук України (ІБХН НАНУ). Для випробування у ВЦ ПММ було взято наступні зразки: контрольна проба бензину А-92 компанії Украффта, та її зразки, очищені кислотньо-активованим сапонітом та подрібненим до 7 мкм. Результати дослідження у ВЦ ПММ наведено в таблиці 3 та на рисунку 9.

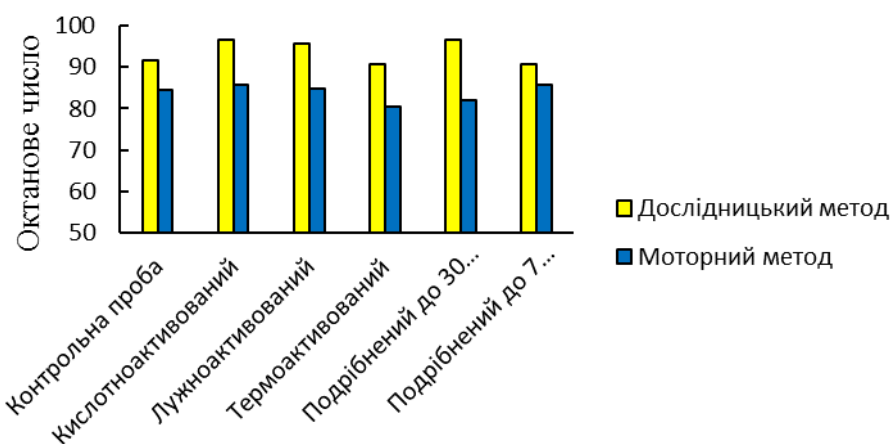


Рис. 8. Показники октанових чисел за дослідницьким та моторним методами бензину А-92, очищеного сапонітами різних форм активації

Таблиця 3

Результати випробувань у ВЦ ПММ

Найменування показників	Контрольна проба А-92	Кисотно-активованій	Подрібнений до 7 мкм
Октанове число за моторним методом	81,5	83,5	83,5
Октанове число за дослідницьким методом	91,0	94,0	94,0
Тиск насичених парів, кПа	53,7	54,4	54,8
Сумарний вміст ароматичних вуглеводнів, %	38,0	39,1	38,3

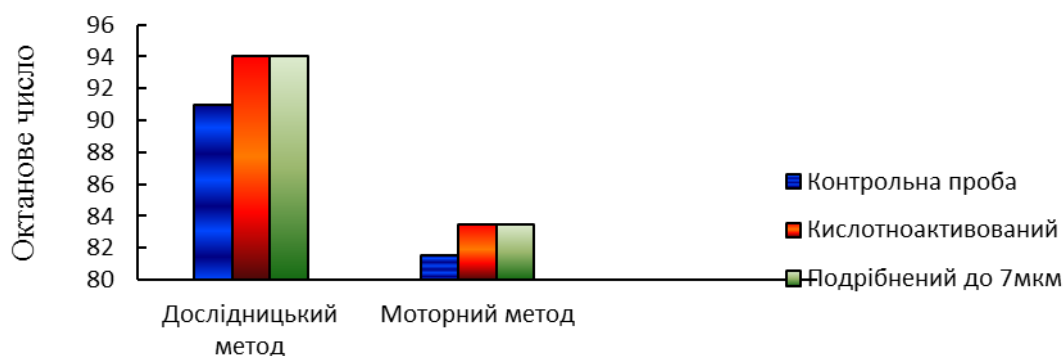


Рис. 9. Показники октанових чисел бензину А-92 за моторним та дослідницьким методами, визначені у Випробувальному центрі паливно-мастильних матеріалів

Результати експериментальних досліджень, проведених за сприяння Випробувального центру паливно-мастильних матеріалів, дали змогу зробити висновки, що показники октанових чисел бензинів, очищених за допомогою активованих сапонітових глин зростають до трьох одиниць, як за дослідницьким, так і за моторним методами.

Для роботи у ІБХН НАНУ було взято зразки бензинів, очищених активованими та модифікованими природними мінеральними сорбентами (лужно-, кисло- та термоактивовані та подрібнені до 30 мкм). Результати досліджень у ІБХН НАНУ наведено в таблиці 4 та на рисунку 10.

Таблиця 4

Результати досліджень показників октанових чисел за дослідницьким та моторним методами у Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії

Зразки природних мінеральних сорбційних матеріалів	Октанове число за дослідницьким методом	Октанове число за моторним методом
Природний (подрібнений до 30 мкм)	93,9	82,0
Кисотно-активованій	93,9	81,9
Активованій лугом	94,3	82,5
Термічно активованій	94,0	82,0
Контрольна проба	92,0	80,0

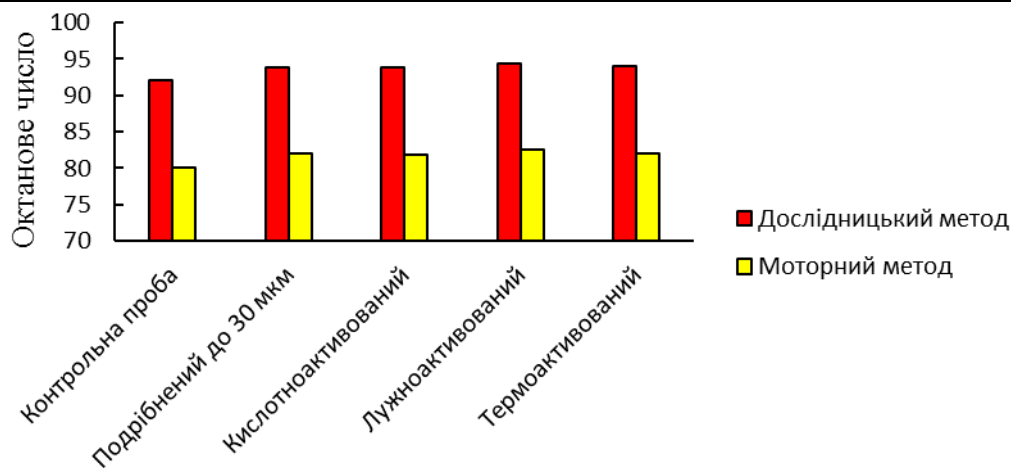


Рис. 10. Результати досліджень показників октанових чисел бензинів, очищених активованими та модифікованими сапонітовими глинами за дослідницьким та моторним методами у ІБХН НАНУ

Оцінка показників октанових чисел бензинів, визначених у Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії Національної академії наук України, показала, що октанові числа за дослідницьким методом зростають до трьох одиниць, а за моторним методом до двох. Дані дослідження корелюють між собою, що вказує на доцільність використання сапонітових глин у якості ефективних сорбентів для очищення вуглеводневих сумішей. Як було вказано вище, сучасний бензин складається з великої кількості класів різноманітних вуглеводнів, головними серед яких є ароматичні, нафтені, парафінові та олефінові, ваговий вміст яких відрізняється в залежності від ступеня очищення бензину, що в свою чергу впливає на формування значення октанового числа, антидетонаційної стійкості та чутливості палива. Таким чином, при очищенні бензинів кислотно- та лужно-активованим сапонітом вміст низькооктанові фракції парафінів та ізопарафінів в порівнянні з контрольною пробою зменшується в 5 разів, можливо, за рахунок цього відбувається зростання октанового числа на три одиниці.

Визначення тиску насиченої пари проводили відповідно до ГОСТ 1756-52 «Нефтепродукты. Методы определения давления насыщенных паров» [12–14] за допомогою газового хроматографа «Кристал – 2000М». Наважку сапоніту відповідного виду масою 0,25 г, заливали 1 мл досліджуваного бензину. В системі проходило перемішування і центрифугування, при якому сапоніт осідав у вигляді осаду. Очищений бензин піддавали хроматографуванню і за допомогою програми «GAZOLIN» обробляли результати, які подані у таблиці 5.

Таблиця 5

Показники тиску насиченої пари досліджуваних вуглеводневих сумішей

Зразок сорбційного матеріалу та метод активації	Тиск насиченої пари, кПа
Контрольна проба бензину (А-92)	52,006
Активованій H ₂ SO ₄ (25%)	79,046
Активованій лугом	80,626
Термічно активованій	63,246
Подрібнений (7 мкм)	56,882
Подрібнений (30 мкм)	82,520

Констатовано зростання тиску насиченої пари для всіх зразків досліджуваного палива, при чому найбільше зростання цього показника до 20 % характерне для нафтопродукту, очищеного кислотно- та лужно-активованим сапонітом. Незначне зростання до 1 % (це можна врахувати, як похибку досліджень) спостерігається для зразків бензину, очищеного сапонітовими глинами подрібненими до 7 мкм.

Активні сірчисті сполуки (сірководень, меркаптани) викликають сильну корозію паливної системи та транспортуючих ємностей, а тому бензин повинен бути повністю очищений від цих речовин. Повнота очищення контролюється аналізом на мідній пластинці. Неактивні сірчисті сполуки (тіофени, сульфіді, дисульфіді) корозію не викликають, але при згорянні цих сполук утворюються оксиди сульфуру (SO₂, SO₃), під дією яких відбувається швидка корозія деталей двигуна, падає його потужність та економічність. В автомобільних бензинах в залежності від марки допускається вміст сірки у кількості від 0,1 % до 0,15 %, тобто, вміст сірки в авіаційних та автомобільних бензинах строго регламентується. Визначення вмісту цього елемента в нафтопродуктах проводилося відповідно до ГОСТ 19121-91 «Нефтепродукты. Метод определения содержания серы сжиганием в лампе». Для дослідження використано зразки бензину, які були попередньо очищені природними мінеральними сорбційними матеріалами на основі сапоніту Ташківського родовища різної активності та ступеня дисперсності. Результати по визначенню вмісту сірки у нафтопродуктах представлено у таблиці 6 та на рисунку 11.

Вміст сірки у досліджуваних вуглеводневих сумішах

Природний сорбційний матеріал та його активовані форми	Вміст сірки, %
Природний подрібнений до 30 мкм	0,0019
Кислотньо-активованій	0,0015
Лужно-активованій	0,0014
Термоактивованій	0,0020
Контрольна проба (бензин А-92)	0,0020

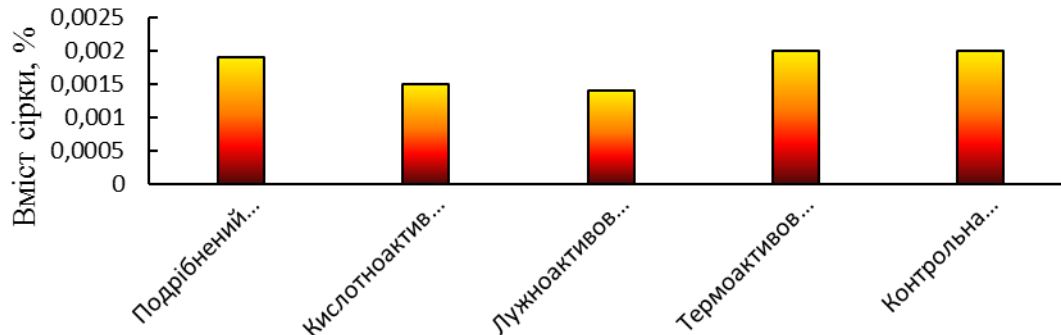


Рис. 11. Результати визначення вмісту сірки в нафтопродуктах

Таким чином, контрольна проба бензину містила 0,0020 % сірки у своєму складі, а зразки, що були попередньо очищені сапонітами, вміст цього елемента зменшили до 0,0014 %.

Відповідно до методики виконання якісного визначення вмісту тетраетил свинцю для дослідження обрано декілька видів бензинів, як очищені сапонітами – кислотньо-активованими, лужно-активованими, термічно активованими і природними різного ступеня дисперсності. Масу активованої глини 1 г заливали 5 мл вихідного зразка бензину А-92 компанії Укрнафта. Витримували протягом 15 хв, після чого фільтрували та відцентрифугували. Відповідно до ГОСТ 28828-90 вміст тетраетил свинцю в бензинах має бути не більше 5,0 мг/дм³. Але постановою кабінету міністрів України від 1 жовтня 1999 року № 1825 м. Київ «Про затвердження Програми поетапного припинення використання етильованого бензину в Україні» підготовлено виконання Загальноєвропейської стратегії поступового припинення використання етильованого бензину та Протоколу про важкі метали до Конвенції 1979 року про транскордонне забруднення повітря на великі відстані, прийнятих у червні 1998 року у м. Орхус (Данія) на Четвертій Конференції міністрів «Навколишнє середовище для Європи».

Поетапне припинення використання етильованого бензину є важливим заходом поліпшення стану навколишнього природного середовища і здоров'я населення України та Європи. При дослідженнях за методикою було виявлено, що на папері на який наносили вихідний зразок (бензин А-92 компанії «Укрнафта») не випав чорний осад свинцю, що свідчить про відсутність добавки тетраетил свинцю в бензині. Так як навіть слідів тетраетил свинцю не було виявлено, а тому подальші дослідження цього компоненту на очищених сапонітами бензинів не проводились. Отже, відсутність чорного осаду свинцю при дослідженнях дали можливість зробити висновок, що виробники дотримуються вимог щодо одержання бензину А-92 без вмісту етильованих добавок.

Для визначення нафтоємності у колбу наливали 40 мл бензину і вносили наважку сапоніту 0,4 г різної активації та ступеня дисперсності. Сорбція проходила протягом 5, 10, 30, 60, 120 хв. Потім сорбент зважували і оцінювали цей показник як відношення маси поглинутого нафтопродукту до маси сорбенту. Результати визначення нафтоємності представлено у таблиці 7.

Таблиця 7

Нафтоємність сорбційних матеріалів на основі сапоніту

Сорбційний матеріал та метод активації	Нафтоємність по бензину (г/г), хв				
	5	10	30	60	120
Активованій H ₂ SO ₄ (25%)	0,0060	0,0300	0,0345	0,03075	0,03025
Активованій лугом	0,0060	0,0280	0,0340	0,0310	0,0300
Термічно активованій	0,0008	0,0100	0,0110	0,0110	0,0110
Подрібнений (7 мкм)	Не визначено	Не визначено	Не визначено	Не визначено	Не визначено
Подрібнений (30 мкм)	0,0055	0,025	0,02845	0,02714	0,02700

Залежність маси поглинутого бензину від часу сорбції наведено на прикладі визначення нафтоємності бензину, очищеного кислотньо-активованим сапонітом (рис. 12).

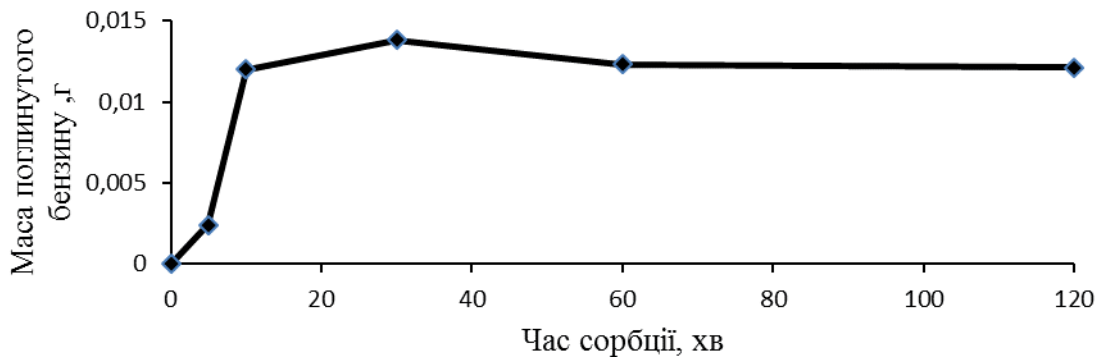


Рис. 12. Залежність маси поглинутого бензину від часу сорбції

Таким чином, найкращі результати по нафтоємності отримали сапоніти, активовані кислотою та лугом, а зразок з термічно активованим сапонітом має дуже низькі показники. Дослідження зразку бензину, очищеного подрібненим сапонітом (7 мкм) взагалі не можна було провести, так як сорбент володіє дуже великою плавучістю, що не дало змоги визначити вище вказаний показник. При чому, як видно з рис. 12, процес сорбції найкраще проходить в перші 30 хв, потім починає спадати і сорбент своїми порами перестає поглинати нафтопродукт.

Для визначення водопоглинання наважку сапоніту масою 1 г, заливали 50 мл води. Сорбція відбувалася протягом 30, 60, 120, 240 хв, потім суспензію відфільтрували і зважували. По різниці мас до і після поглинання води визначали вище вказаний показник, результати якого наведено в таблиці 8.

Таблиця 8

Водопоглинання сорбційних матеріалів на основі сапонітової глини

Зразок природного мінералу	Час сорбції, хв/маса сапоніту, г							
	30		60		120		240	
	до	після	до	після	до	після	до	після
Активованій H ₂ SO ₄ (25%)	1,0	1,8922	1,0	1,6837	1,0	1,5452	1,0	1,5236
Активованій лугом	1,0	1,8299	1,0	1,6642	1,0	1,5011	1,0	1,4956
Термічно активованій	1,0	1,2822	1,0	1,2750	1,0	1,2510	1,0	1,2300
Подрібнений (7 мкм)	Не визначено	Не визначено	Не визначено	Не визначено	Не визначено	Не визначено	Не визначено	Не визначено
Подрібнений (30 мкм)	1,0	1,8846	1,0	1,7570	1,0	1,7040	1,0	1,6230

Таким чином, кращими водопоглинаючими властивостями володіють кислотно-активованій та лужно-активованій сапоніти на відміну від термічно активованого. Така ж тенденція, як і в ході визначення нафтоємності, характерна для зразка подрібненого (7 мкм) сапоніту.

Висновки

Унікальність природних глинистих мінералів полягає не лише у високій ефективності та селективності сорбційних процесів, а й у широких можливостях проведення хімічного та структурного модифікування з метою зміни їх властивостей з необхідними заданими параметрами.

Таким чином, економічна доцільність використання сапонітів в різних технологічних процесах зумовлена існуванням ефективних методів регулювання їхньої геометричної структури та хімічної природи поверхні, наявністю в Україні великих родовищ (промислові запаси сапоніту оцінюються приблизно в 40 млн тонн) і невисокою вартістю глинистих мінералів. Завдяки пористій структурі та високорозвиненій поверхні такі мінеральні сорбенти можуть вилучати з водних розчинів різні речовини, а їхня екологічна безпечність робить можливим використання цих реагентів для потреб різних галузей промисловості. Це дозволить скоротити втрати бензину, поліпшити пожежну безпеку та екологічну обстановку.

Література

1. Класифікація видів палива [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ukrmap.su/uk-g8/869.html> (Дата звернення 05.10.2013)
2. Чукаєва І.О. Формування українського ринку нафти і нафтопродуктів / І.О. Чукаєва // Економіка України. – 2001. – № 2. – С. 84–86.
3. Експлуатаційні характеристики дизельного пального [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://ben4in.blogspot.com/p/blog-page_6269.html.
4. Смидович Е.В. Технологія переработки нафти / Е.В. Смидович. – М. :Химия, 1980. – Ч. 2. – 328 с.

5. Дубинин М.М. Адсорбция и пористость / М.М. Дубинин. – М. : ВАХЗ, 1972. – 127 с.
6. Thomas W.J. Adsorption technology and design / W.J. Thomas, B. Crittenden. – Oxford : Butterworth Heinemann, 1998. – P. 8–30.
7. Кефер Р.Г. Адсорбенты, их получение, свойства и применения / Р.Г. Кефер, Н.Ф. Данилов. В.З. Пойлов. – Л. : Наука, 1978. – 204 с.
8. Сокол Г. М. Структурна модифікація сапонітових глин кислотною обробкою / Г. М. Сокол // Наукові нотатки : міжвузівський збірник наукових праць / Луцький національний технічний університет. – Луцьк, 2017. – № 56. – С. 149–153.
9. Сокол Г. М. Очищення нафтопродуктів та вилучення їх слідових кількостей з пожежного сміття за допомогою сорбційних матеріалів для подальшого дослідження хроматографічним методом / Г. М. Сокол, А. Я. Ганзюк, О. П. Шелестюк, О. М. Мішук // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький, 2017. – № 1. – С. 87–94.
10. Sokol G. M. Saponite is an environmentally friendly universal sorbent / G. M. Sokol, A. Y. Ganzhyuk, D. S. Kamenskyh // Abstracts: Ninth International Scientific Congress “A secure world understanding-trust-responsibility” [CD supplement]. – Poznan, Poland, 4–7 July, 2013.
11. Sokol G. M. Research of the adsorptivity of sorbents on the basis of natural mineral saponite / G. M. Sokol, S. A. Karvan, A. Y. Ganzhyuk // Abstracts: International Conference “Modern Problems of Surface Chemistry” Chuiko Institute of Surface Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 20–21 May, 2014. – P. 179.
12. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава : ГОСТ 2177-99. – [Взамен ГОСТ 2177-82]. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; К. : Гостстандарт Украины, 1999. – 23 с.
13. Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа : ГОСТ 511-82. – Взамен ГОСТ 511-66. – СССР: Постановление Государственного комитета СССР по стандартизации от 20.09.82. – 14 с.
14. Бензины. Метод определения бензола и суммарного содержания ароматических углеводородов : ГОСТ 29040-91 / СССР : Постановление Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 26.06.91. – 12 с.

References

1. Klasyfikatsiia vydiv palyva [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://ukrmap.su/uk-g8/869.html> (Data zvernennia 05.10.2013)
2. Chukaieva I.O. Formuvannia ukrainskoho rynku nafty i naftoproduktiv / I.O. Chukaieva // Ekonomika Ukrainy. – 2001. – № 2. – S. 84–86.
3. Ekspluatatsiini kharakterystyky dyzelnoho palnoho [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : http://ben4in.blogspot.com/p/blog-page_6269.html.
4. Smidovich E.V. Tehnologija pererabotki nefiti / E.V. Smidovich. – M. :Himija, 1980. – Ch. 2. – 328 s.
5. Dubinin M.M. Adsorbciia i poristost' / M.M. Dubinin. – M. : VAHZ, 1972. – 127 s.
6. Thomas W.J. Adsorption technology and design / W.J. Thomas, B. Crittenden. – Oxford : Butterworth Heinemann, 1998. – R. 8–30.
7. Kefer R.G. Adsorbenty, ih poluchenie, svojstva i primenenija / R.G.Kefer, N.F. Danilov. V.Z. Pojlov. – L. : Nauka, 1978. – 204 s.
8. Sokol H. M. Strukturna modyfikatsiia saponitovykh hlyn kyslotnoiu obrobkoiu / H. M. Sokol // Naukovi notatky : mizhvuzivskyi zbirnyk naukovykh prats / Lutskyi natsionalnyi tekhnichniy universytet. – Lutsk, 2017. – № 56. – S. 149–153.
9. Sokol H. M. Ochyshchennia naftoproduktiv ta vyluchennia yikh slidovykh kilkostei z pozhezhnoho smittia za dopomohoiu sorbtsiinykh materialiv dlia podalshoho doslidzhennia khromatohrafichnym metodom / H. M. Sokol, A. Ya. Hanzjuk, O. P. Shelestiuk, O. M. Mishchuk // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. – Khmelnytskyi, 2017. – № 1. – S. 87–94.
10. Sokol G. M. Saponite is an environmentally friendly universal sorbent / G. M. Sokol, A. Y. Ganzhyuk, D. S. Kamenskyh // Abstracts: Ninth International Scientific Congress “A secure world understanding-trust-responsibility” [CD supplement]. – Poznan, Poland, 4–7 July, 2013.
11. Sokol G. M. Research of the adsorptivity of sorbents on the basis of natural mineral saponite / G. M. Sokol, S. A. Karvan, A. Y. Ganzhyuk // Abstracts: International Conference “Modern Problems of Surface Chemistry” Chuiko Institute of Surface Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 20–21 May, 2014. – P. 179.
12. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава : GOST 2177-99. – [Vzamen GOST 2177-82]. – Минск : Mezghos. sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii; K. : Goststandart Ukrainy, 1999. – 23 s.
13. Topливо dlja dvigatelej. Issledovatel'skij metod opredelenija oktanovogo chisla : GOST 511-82. – Vzamen GOST 511-66. – SSSR: Postanovlenie Gosudarstvennogo komiteta SSSR po standartizatsii ot 20.09.82. – 14 s.
14. Benziny. Metod opredelenija benzola i summarnogo soderzhaniia aromaticheskikh uglevodorodov : GOST 29040-91 / SSSR : Postanovlenie Gosudarstvennogo komiteta SSSR po upravleniju kachestvom produktsii i standartom ot 26.06.91. – 12 s.

Рецензія/Peer review : 17.11.2018 р.

Надрукована/Printed : 15.2.2019 р.

Рецензент: д.с.-г.н., доц. Міронова Н.Г.