

УДК 502/504

## ПОСИЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ КРАЇНИ ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПЕРЕРОБКИ НАФТОВОЇ СИРОВИНИ

**О. Ю. МІШИНА**

Кафедра інженерної екології, Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, УКРАЇНА  
email: elenamishina@meta.ua

**АНОТАЦІЯ** Досліджено вплив антиоксидантної присадки Борін на хімічні процеси, що відбуваються у нафтовій сировині за високих температур як спосіб підвищення екологічної безпеки за рахунок інтенсифікації переробки нафти. Продемонстровано суттєві відмінності якісного та кількісного складу нафтових сумішей, отриманих внаслідок перегонки за відсутності добавок та в присутності вказаного антиоксиданту. Підтверджено позитивну роль присадки Борін у інтенсифікації первинної нафтопереробки та встановлено збільшення частки насичених вуглеводнів на 5 об. % у світлому нафтопродукті.

**Ключові слова:** екологічна безпека, первинна нафтопереробка, світлі фракції нафти, Борін, антиоксидантна активність, газова хроматографія

## INCREASE OF ECOLOGICAL SECURITY BY THE PETROLEUM PROCESSING INTENSIFICATION

**O.Y. MISHYNA**

Institute of energy saving and energy management, National Technical University of Ukraine "KPI", Kyiv, Ukraine

**ABSTRACT** The way of increasing of ecological security due to petroleum refining intensification was described in this article. It was reached by adding of antioxidant Borin to raw oil material at the stage of its atmospheric distillation and achieved the result of increasing light petroleum fractions yield up to 14 vol %. This effect became possible because of preventing the mechanism of radical oxidation reactions, which used to go in petroleum under high temperatures (mainly after 250 °C). Radical oxidation reactions cause hydrocarbon condensation, which prevent their evaporation under normal temperatures of atmospheric refining process. Confirmation of these mechanisms was obtained in investigation of compositions of diesel fractions, which were received in atmospheric distillation of oil with Borin additive and without it. Method of gas chromatography was used for evaluation of petroleum product composition. Significant differences in quantitative composition of petroleum products were shown – decreasing of content of aromatic hydrocarbon to 3 %, halogenated hydrocarbons to 2 % and increasing of content of saturated hydrocarbons up to 5 % in sample of diesel fraction received from oil treated with Borin additive. Such good influence of Borin is caused by its high stability above 250 °C, which allows keeping its antioxidant ability during distillation process. Important is that offered solution of petroleum distillation intensification can be provided without additional use of energy sources and significant changes in technological equipment. Nowadays such type of petroleum processing is actual as a way of sustainable development of our environment.

**Keywords:** ecological security, primary oil refining, light oil fraction, Borin, antioxidant activity, gas chromatography

### Вступ

Стрімкий науково-технічний розвиток сучасного суспільства, постійний приріст населення на планеті і, як наслідок, невпинне збільшення особистісних потреб та потреб соціуму в цілому роблять проблему раціонального використання природних ресурсів як ніколи актуальною. Головним чином це стосується основи усіх видів людської діяльності – енергії. На сьогодні, не зважаючи на прогрес у галузі пошуку й застосування альтернативних джерел енергії, економічно доцільним все ще є використання традиційних джерел енергії. Серед них найбільш універсальними й

значимими через масштабність їх застосування є паливні матеріали, в першу чергу нафта. Це підтверджується даними Energy Information Administration [1], згідно яких видобування й споживання нафти й нафтопродуктів має постійну тенденцію до зростання.

### Актуальність проблеми

Активне споживання нафти породжує чимало проблем. Передусім, нафта – невідновлювальний ресурс. Є кілька теорій стосовно походження нафти (найбільш визнаною з яких є біогенна), але усі вони

єдині в питанні значної тривалості процесу її утворення в природі [2]. Термін, на який людству вистачить світових запасів нафти точно вказати важко, оскільки, окрім можливої зміни темпів споживання, не можна не враховувати також ще не відкриті родовища. Але, навіть якщо вірною виявиться найбільш оптимістична оцінка обсягів природних покладів нафти, є набагато серйозніша проблема, що потребує вирішення уже сьогодні: це екологічні аспекти масового видобування й використання нафти та продуктів нафтопереробки. Мінімізація негативного впливу на екологію є невід'ємною складовою раціонального природокористування, направленою на забезпечення потреб суспільства, адже збалансоване, безпечно довкілля і є першочерговою потребою кожної людини.

Енергетична, паливна та хімічна промисловість, тобто, основні сфери застосування нафтосировини, – надзвичайно потужні антропогенні фактори, що, спричиняють переважно вкрай негативний вплив на стан біосфери. Теплове забруднення, викиди в атмосферу продуктів згорання (переважно вуглекислоти), парниковий ефект та зміна клімату – і це лише у випадку "ідеального" виробництва. На практиці ми маємо справу із токсичними продуктами неповного згорання палива, забрудненими стічними водами, колосальною кількістю непридатних до подальшої переробки відходів нафтової промисловості, важкими наслідками аварій на виробництві (особливо небезпечною у цьому сенсі є хімічна промисловість), а також аваріями при транспортуванні продукції [3]. Усвідомлюючи необхідність термінового поліпшення екологічної ситуації, розвиненими країнами застосовано низку заходів, направлених на раціоналізацію природокористування та екологізацію усіх галузей народного господарства.

#### Аналіз попередніх досліджень

Первинна нафтопереробка полягає у розділенні нафти шляхом дистиляції за атмосферного тиску на фракції. Серед основних продуктів первинної переробки нафти [4] є вуглеводневий газ, бензинова (діапазон температур кипіння 28–180 °C), керосинова (120–240 °C) й дизельна фракції (240–340 °C), масляні фракції та мазут (> 340 °C), гудрон (твердий залишок). Найбільш вартісні – низькокиплячі (світлі) фракції нафти, які не лише є основою для палива з високим октановим числом, але й мають більшу цінність для хімічної промисловості як вихідна сировина для синтезу чисельних органічних матеріалів. Натомість, вартість мазуту та гудрону невисока, останній може бути застосований після процедур поглиблення переробки нафти (деасфальтизації, коксування), або у виробництві бітумів та залишкових базових мастил. Отже, збільшення виходу світлих фракцій дасть змогу

забезпечити потребу у цінних продуктах меншою кількістю видобутої нафти й, таким чином, зменшити як вартість продукції, так і навантаження на екосферу. Одним із шляхів досягнення цієї мети є створення більш досконалих установок для перегонки нафти, зокрема, ефективних ректифікаційних колонок; інший напрям – це збільшення долі низькокиплячих (тобто, низькомолекулярних) компонентів нафти шляхом риформінгу, термічного та каталітичного крекінгу. Але модернізація виробництва потребує значних капіталовкладень і, знову таки, ресурсів для створення нового обладнання й засобів утилізації старого; а вказані вище хімічні процеси є досить енерговитратними, що зменшує позитивний екологічний ефект. Способом збільшення виходу світлих фракцій нафти без змін обладнання і виробничих процесів, є застосування добавок в процесі первинної перегонки нафти.

Більшість попередніх досліджень цього питання були направлені на оперування фізичними характеристиками нафти [5] завдяки добавкам речовин переважно поверхнево-активної природи (ПАР). Нафта, як суміш речовин, далека від стану ідеального розчину, вона являє собою складну систему міцелярної будови, яка, завдяки організованому розташуванню молекул і сильній міжмолекулярній взаємодії, характеризується досить високою в'язкістю та поверхневим натягом, що і перешкоджає повному википанню речовин навіть при досягненні температури, вищої за температуру кипіння індивідуального компоненту. Добавки ПАР впливають саме на колоїдно-дисперсну структуру нафти, зменшуючи її поверхневий натяг і таким чином полегшуючи википання вуглеводнів нафти. Іншим механізмом дії добавок може бути вплив на хімічні процеси, що зменшують частку низькокиплячих сполук, що утворюються під час термічних процесів у нафті. Найбільш ефективною буде протидія процесам автоокиснення – комплексу реакцій, переважно радикальних, що обумовлені наявністю в середовищі під час перегонки окисників (в першу чергу атмосферного кисню) та інтенсифікуються при підвищенні температури [6]. Вільні вуглеводневі радикали, що утворюються внаслідок окиснення, здатні до ізомеризації, подальшого окиснення тощо, але все ж основною причиною зменшення виходу світлих фракцій є рекомбінація таких радикалів з утворенням сполук з вищою молекулярною масою та температурою кипіння. Таким чином, можна очікувати, що добавки речовин, здатних сповільнити процеси радикального окиснення, сприятимуть збільшенню долі низькокиплячих нафтових продуктів в процесі нафтопереробки. Гарним прикладом антиоксидантів, що задовольняють необхідним умовам, є просторово утруднені феноли з високою термічною стійкістю (вище 250°C).

**Мета роботи**

Метою даної статті є дослідження запропонованого нами раціонального способу використання ресурсів нафти, згідно якого збільшення виходу світлих фракцій досягається шляхом додавання під час первинної нафтопереробки антиоксиданту Боріну. Для підтвердження участі добавки Боріну у хімічних процесах, що відбуваються під час атмосферної дистиляції нафти, потрібно встановити наявність змін у якісному та кількісному складі нафти, яку піддали термічному навантаженню у присутності добавки антиоксиданту, порівняно із нафтою, що нагрівали без добавок.

**Викладення основного матеріалу**

Використання під час атмосферної дистиляції нафти добавок антиоксидантів – ефективна методика збільшення виходу світлих фракцій нафти шляхом протидії реакціям радикального окиснення, що було нами підтверджено раніше [7–8]. Найбільш дієвою речовиною, серед протестованих нами просторово утруднених фенолів з антиоксидантними властивостями, була основа Маніха Борін. Зокрема, це пов'язано з тим, що ця сполука, порівняно з іншими фенолами, більш стійка за високих температур. Борін – це 50 %-ий розчин в базовій олії модифікованого борною кислотою продукта конденсації (за реакцією Манніха) суміші 2,6-ди(трет-бутил)фенола й алкілфенолів (алкільний радикал містить від 8 до 12 атомів карбону, найчастіше – ізонільний радикал) з уротропіном чи з формаліном й амоніаком [9]. Цікаво, що присутність подібних добавок змінює також і міцелярно-дисперсну структуру нафти [7], що так само полегшує відділення низькокиплячих речовин шляхом перегонки. Вплив добавки Боріну на процеси автоокиснення виражається в першу чергу зниженням кислотного числа нафтової суміші – показника, за яким можна спрогнозувати вихід світлих фракцій: високе значення кислотного числа нафти, яку піддали термічному навантаженню, свідчить про більший вміст продуктів окиснення і меншу частку низькомолекулярних (низькокиплячих) речовин [7]. У даній статті представлено результати більш детального вивчення впливу добавок Боріну на хімічні процеси: а саме порівняння якісного та кількісного складу дизельної фракції нафти, яку відібрали у результаті атмосферної дистиляції нафти з добавкою та без добавки антиоксиданту.

У дослідженні використовували нафту з вихідними характеристиками  $t_{\text{поч.кип.}} = 55^\circ\text{C}$ , потенціал світлих фракцій = 58 об. %. Один зразок був отриманий при перегонці нафти без добавок, другий – внаслідок перегонки нафти з добавкою Борін (1 мас. %). У попередніх дослідженнях [7] було отримано збільшення виходу світлих фракцій при перегонці в присутності Боріну на 14 %. Для визначення окремих

складових нафтопродукту та їх частки у суміші використовували газову хроматографію з детектуванням часу виходу й відношення  $m/z$  та ідентифікацією компонентів досліджуваних проб з використанням бібліотеки мас-спектрів NIST 02 [10]. Аналіз проводили на хромато-мас-спектрометричній системі Agilent 6890N/5973 inert (Agilent Technologies, USA). Колонка капілярна HP-5MS, довжина 30 м, внутрішній діаметр 0,25 мм, товщина фази 0,25 мкм. Розділення проводили в градієнтному режимі. Початкова температура  $40^\circ\text{C}$  витримувалась впродовж 5 хв з наступним градієнтом  $4^\circ\text{C}/\text{хв}$  до  $300^\circ\text{C}$ , газ-носії – гелій, швидкість потоку через колонку складала 1,0 мл/хв. Температура випаровувача  $300^\circ\text{C}$ , режим вводу проби з поділом потоку (split) з коефіцієнтом 1 : 200. Досліджувану пробу розводили гептаном в 10 разів та вводили в об'ємі 0,2 мкл. Режим іонізації – електронний удар з енергією в 70 eV, хроматограму отримували в режимі SCAN в діапазоні 30–420  $m/z$ .

Таблиця 1 – Вміст основних класів сполук у нафтової суміші в умовах атмосферної дистиляції за відсутності добавок та у присутності Боріну за результатами хромато-мас-спектрометрії

№	Клас сполук	Вміст у нафті, мол. %		Ефект добавки*
		за відсутності добавок	з добавкою Боріну	
1	<i>n</i> -алкани	44,55	51,93	↑
2	циклоалкани	8,21	6,33	↓
3	алкани розгалуженої будови	25,82	24,86	↓
<b>Усього насичених вуглеводнів</b>		<b>78,58</b>	<b>83,12</b>	<b>↑</b>
4	алкени	2,44	2,30	↓
5	ароматичні сполуки	12,63	9,38	↓
6	оксигеновмісні сполуки	2,94	3,71	↑
7	галогеновмісні сполуки	2,74	0,73	↓
8	нітрогеновмісні сполуки	0,73	0,76	↑

\* ефект добавки антиоксиданту позначаємо наступним чином:

↑ – зростання вмісту класу речовин у суміші;

↓ – зниження вмісту класу речовин

Дані спектрограм подано у вигляді узагальнюючої таблиці 1, в якій розподілено виявлені речовини за належністю до певного класу сполук (алкани, алкени, оксигеновмісні сполуки тощо). Окрім відмінностей у кількості певних компонентів, зразки нафти, в якій були відсутні добавки, і нафти з

добавкою Боріну мають різний якісний склад: є сполуки, які виявлені лише у одному із зразків.

У випадку сприятливого впливу антиоксиданту на процес нафтопереробки, а саме перешкоджання процесам автоокиснення складових нафти, основними негативними наслідками яких є власне окиснення, дита полімеризація й ароматизація, ми можемо очікувати зниження загального вмісту висококиплячих компонентів, зниження частки ароматичних та оксигеновмісних сполук.

Індивідуальні сполуки, що складають нафтову суміш, за результатами дослідження можна розділити на кілька хімічних класів (табл. 1).

### Обговорення результатів

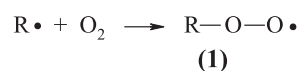
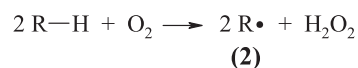
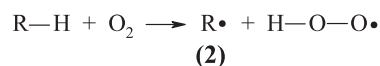
Помітні зміни вмісту компонентів у досліджуваному зразку з Боріном порівняно із нафтопродуктом, що не містить добавок, свідчить про істотний вплив даного антиоксиданта на перебіг хімічних процесів при температурному навантаженні на зразок. Окремим рядком у таблиці виділено сумарний вміст насичених вуглеводнів, що за добавки Боріну зростає з 78,58 до 83,12 % (що становить 5 % початкової кількості).

Кількість оксигеновмісних похідних, звісно, в нафті, що підлягала умовам атмосферної перегонки, є найвищою із гетероатомних сполук (сюди ми також будемо відносити галогено- та нітрогеновмісні речовини), і в наслідок додавання антиоксиданта неочікувано зростає. Цей цікавий факт, поряд зі суттєвим збільшенням частки алканів та зменшенням частки ароматичних вуглеводів, свідчить про „компактну” форму засвоєння атмосферного кисню в присутності антиоксиданту: утворення невеликої кількості сполук з високим вмістом Оксигену замість ініціювання молекулою перекису ланцюга полімеризації (і значного зростання молекулярної маси та температури кипіння) або ароматизації об’єкту внаслідок окислювального дегідрування (що також веде до збільшення точки кипіння).

Потрібно також відмітити, що зменшення вмісту сполук ароматичної природи (з 12,63 до 9,38 %, що становить близько 25 % початкової кількості) є позитивним, в першу чергу з точки зору екології та охорони навколишнього середовища, адже більшість ароматичних вуглеводів мають канцерогенний характер [11]. Також сприятливим для поліпшення екологічних характеристик палива є зменшення більш ніж втричі вмісту хлоро- та флуоровмісних сполук внаслідок додавання при перегонці нафти Боріну. Обґрунтоване, на наш погляд, пояснення цього явища полягає як у гальмуванні антиоксидантом радикальних процесів утворення галогеновмісних сполук через зменшення кількості вуглеводневих радикалів, що можуть взаємодіяти з присутніми у малій кількості в нафті неорганічними солями (наприклад, хлоридами), так і

зі взаємодією за функціональними групами основної складової Боріну – фенольної основи Маніха – з галогеновмісними сполуками.

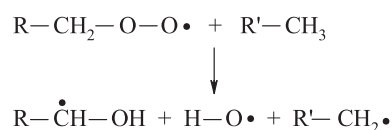
Більшість руйнівних для органічних сполук процесів пов’язують з дією органічних перекисних радикалів (1, де R – вуглеводневий радикал), що утворюються внаслідок приєднання кисню до вуглеводневих радикалів (2), які, в свою чергу, є продуктами моно- чи бімолекулярної реакції окиснення вуглеводів киснем [12]:



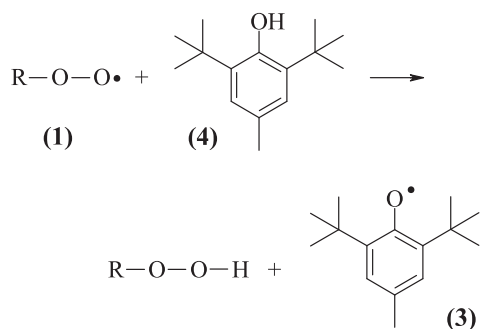
Даний процес, як більшість радикальних реакцій, має ланцюговий характер: реагуючи з іншою молекулою вуглеводню, перекис (1) знову генерує радикал (2). Рекомбінація вуглеводневих радикалів призведе до утворення сполук з вдвічі більшою молекулярною масою, що, в окремому випадку нафтових сумішей, буде означати зменшення кількості низькомолекулярних продуктів та, відповідно, зменшенню кількості світлих фракцій:



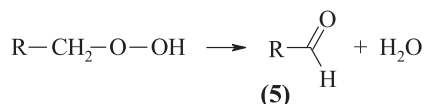
Окрім того, вуглеводневі перекиси (1), як високореакційноздатні частинки, сприяють вкрай небажаним процесам розгалуження ланцюга, тобто, збільшенню радикалів-окисників у реакційній суміші, наприклад, у випадку первинних алкільних фрагментів наступним чином:



Антиоксиданти, у т.ч. і просторово утруднені феноли, характеризуються легкістю відриву атому Гідрогену та високою, завдяки, головним чином, просторовому екрануванню об’ємними орто-замісниками, стабільністю радикалу, що внаслідок цього утворюється, тому їх інгібуюча дія на процеси автоокиснення в першу чергу полягає у перетворенні перекисних радикалів (1) на більш стабільні гідроперекиси (3) (схема процесу наведена на прикладі іонулу (4)):



Одним із шляхів розкладу гідроперекисів, в цілому сприятливим з точки зору збереження характеристик досліджуваного матеріалу, оскільки приводить до утворення стабільних молекул, а не радикалів, не збільшуючи при цьому їх молекулярну масу, є дегідратація первинних вуглеводневих гідроперекисів до альдегідів (5), що в свою чергу легко перетворюються на карбонові кислоти, естери тощо:



Такий порядок реакцій узгоджується зі збільшенням у дизельному дистиляті доли оксигеновмісних сполук при перегонці нафти в присутності Боріну. І хоча альдегіди, засвоюючи кисень, здатні ініціювати радикальні реакції, вони все ж значно меншою мірою, ніж перекисні радикали, схильні до розгалуження ланцюгових процесів.

І хоча в цілому кількість високомолекулярних та ненасичених сполук у нафтовому дистиляті після додавання Боріну зменшується, все ж не можна не помітити, що цей зразок містить незначні кількості речовин з дуже високою молекулярною масою, тобто, в зразку, що підлягав впливу антиоксиданту, присутні слідові кількості об'єктів з більшою молекулярною масою, ніж у нафті, перегнаній без добавок. Це, на перший погляд, протиріччя насправді цілком узгоджується з уже згаданою [7] зміною дисперсної структури нафти під впливом добавки Борін, що приводить до збільшення ймовірності відгонки важких високомолекулярних речовин у вигляді азеотропної суміші з більш низькокиплячими компонентами. Очевидно, що слідові кількості таких сполук не можуть помітно вплинути на якість одержаного таким чином палива та ефективність його згорання, хоча сама їх наявність у дистиляті є гарним підтвердженням фізичних аспектів нашої моделі впливу антиоксиданту Борін на процес дистиляції нафти.

### Висновки

Отже, у ході досліджень позитивного впливу антиоксидантної добавки Борін на процеси первинної переробки нафти, наслідком якого є збільшення

виходу світлих фракцій, нами встановлено, що дане явище супроводжується якісними та кількісними змінами у хімічному складі дистиляту. Таким чином, досліджуваний антиоксидант бере активну участь у хімічних перетвореннях, що перебігають при високих температурах під час перегонки в присутності атмосферного кисню. В цілому, отримані нами дані узгоджуються з відомими хімічними характеристиками антиоксидантів класу просторово утруднених фенолів, і, хоча нафтові суміші є досить складними об'єктами, фізико-хімічні параметри яких і пов'язана з цим хімічна поведінка можуть змінюватись у досить широких межах, подальші дослідження у цьому напрямку беззаперечно сприятимуть більш глибокому розумінню хімізму інгібування антиоксидантами процесів автоокиснення, які відбуваються під час атмосферної дистиляції нафти. В свою чергу, можливість вплинути на інтенсивність первинної нафтопереробки буде дієвим інструментом для досягнення головної мети – економного, раціонального та екологічно безпечного природокористування.

### Список літератури

- 1 US Energy Information Administration. Petroleum & other liquids. Режим доступу: <http://www.eia.gov/petroleum/>
- 2 **Wendell, H. W.** Energy Resources. Occurrence, Production, Conversion, Use / **H. W. Wendell.** – Springer, 1999. – 386 p.
- 3 **Давыдова, С. Л.** Экологические проблемы нефтепереработки: Учеб. пособие / **С. Давыдова, В. Тепляков.** – М.: РУДН. – 2010. – 175 с.
- 4 **Склябинський, В. І.** Технологічні основи нафто- та газопереробки: навч. посіб. / **В. І. Склябинський, О. О. Ляпошенко, А. Є. Артюхов.** – Суми: Сумський державний університет. – 2011. – 187 с.
- 5 **Сафиева, Р. З.** Физикохимия нефти. Физико-химические основы технологии переработки нефти / **Р. З. Сафиева.** – М.: Химия. – 1998. – 448 с.
- 6 **Денисов, Е. Т.** Окисление и стабилизация реактивных топлив / **Е. Т. Денисов, Г. И. Ковалев.** – М.: Химия. – 1983. – 269 с.
- 7 **Mishina, O. Y.** Technology of atmospheric petroleum distillation in presence of antioxidants additives for sustainability providing / **O. Y. Mishina, A. I. Vasilkevich** // *Innovative development trends in modern technical sciences: problems and prospects: Research articles.* – San Francisco: V&M Publishing. – 2013. – P. 98 - 102.
- 8 **Василькевич, О. І.** Патент 79907 Україна, МПК С 10 G 7/00. Спосіб підготовки нафти / **О. І. Василькевич, М. Б. Степанов, О. Ю. Мішина [та ін.],** заявник та патентовласник **О. І. Василькевич, М. Б. Степанов, О. Ю. Мішина [та ін.].** – № 20121103; заявл. 21.09.2012, опубл. 13.05.2013.
- 9 **Шамкина, С. С.** Антиокислительная присадка Борин. Эффективность и область использования / **С. С. Шамкина, В. В. Филинова, И. М. Василькевич** // *Мир нефтепродуктов.* – 2004. – N 3. – 4 с.
- 10 National Institute Of Standards and Technology (NIST). – Access mode: <http://www.nist.gov/>
- 11 Вредные вещества в промышленности. Изд. 7-е, пер. и доп. В трех томах. Том II. Органические вещества. Под

ред. засл. деят. науки проф. **Н. В. Лазарева** и докт мед. наук **Э. Н. Левинной**. – Л.: «Химия». – 1976. – 624 с.

- 12 **Carey, F. A.** Advanced Organic Chemistry. Part A: Structure and mechanisms. Fifth Edition / **F. A. Carey, R. J. Sundberg**. – Springer. – 2007. – 1199 p.

#### Bibliography (transliterated)

- 1 US Energy Information Administration. Petroleum & other liquids. Access mode: <http://www.eia.gov/petroleum/>
- 2 **Wendell, H. W.** Energy Resources. Occurrence, Production, Conversion, Use. Springer, 1999.
- 3 **Davydova, S., Teplyakov, V.** Environmental problems of oil refining. Moscow: RUDN, 2010.
- 4 **Sklabins'kyj, V. I., Lyaposhhenko, O. O., Artyuxov, A. Ye.** Technological bases of gas and oil refinery. Sumy: SDU, 2011.
- 5 **Safieva, R. Z.** Fizikohimija nefti. Fiziko-himicheskie osnovy tehnologii pererabotki nefti. Moskov: Himija, 1998.
- 6 **Denisov, E. T., Kovalev, G. I.** Okislenie i stabilizacija reaktivnyh topliv. Moskov: Himija, 1983.
- 7 **Mishina, O. Y., Vasilkevich, A. I.** Technology of atmospheric petroleum distillation in presence of

- antioxidants additives for sustainability providing. *Innovative development trends in modern technical sciences: problems and prospects: Research articles*. San Francisco: B&M Publishing, 2013.
- 8 **Vasy'Gkevych, O. I. [et al.]** "Sposib pidgotovannya nafty". Patent 79907 Ukrainy, MPK C 10 G 7/00 N 20121103; zayavl. 21.09.2012, opubl. 13.05.2013.
  - 9 **Shamkina, S. S., Filinova V. V., Vasil'kevich, I. M.** Antioxidant additive Borin. The efficiency and field of application. *Mir nefteprod.*, 2004, **3**, 4 p.
  - 10 National Institute Of Standards and Technology (NIST). Access mode: <http://www.nist.gov/>
  - 11 Vrednye veshhestva v promyshlennosti. Izd. 7-e, per. i dop. V treh tomah. Tom II. Organicheskie veshhestva. Pod red. zasl. dejat. nauki prof. N. V. Lazareva i dokt med. nauk Je. N. Levinoj. Leningrad, «Himija», 1976.
  - 12 **Carey, F. A., Sundberg, R. J.** Advanced Organic Chemistry. Part A: Structure and mechanisms. Fifth Edition. Springer, 2007.

#### Відомості про авторів (About authors)

**Мишина Олена Юрївна** – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, аспірант кафедри інженерної екології; м. Київ, Україна; e-mail: [elenamishina@meta.ua](mailto:elenamishina@meta.ua)

**Olena Mishyna** – Post-graduate student, Institute of energy saving and energy management, National Technical University of Ukraine "KPI", Kyiv, Ukraine; e-mail: [elenamishina@meta.ua](mailto:elenamishina@meta.ua)

*Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Мишина, О. Ю.** Посилення екологічної безпеки шляхом інтенсифікації переробки нафтової сировини / **О. Ю. Мишина** // Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 62 (1171). – С. 119 - 124. – ISSN 2079-5459.

*Please cite this article as:*

**Mishyna, O.Y.** Increase of ecological security by the petroleum processing intensification. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015, **62** (1171), 119 - 124, ISSN 2079-5459.

*Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Мишина, Е. Ю.** Усиление экологической безопасности путем интенсификации переработки нефтяного сырья / **Е. Ю. Мишина** // Вестник НТУ «ХПИ», Серія: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2015. – № 62 (1171). – С. 119 - 124. – ISSN 2079-5459.

**АНОТАЦІЯ** Исследовано влияние антиоксидантной присадки Борин на химические процессы, происходящие во время высокотемпературных процессов в нефтяном сырье, как способ усиления экологической безопасности за счет интенсификации переработки нефти. Продемонстрировано существенные различия качественного и количественного состава нефтяных смесей, полученных путем перегонки при отсутствии добавок и в присутствии указанного антиоксиданта. Подтверждено положительную роль присадки Борин в интенсификации первичной нефтепереработки и установлено увеличение части насыщенных углеводородов на 5 об. % в светлом нефтепродукте.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, первичная нефтепереработка, светлые фракции нефти, Борин, антиоксидантная активность, газовая хроматография

Надійшла (received) 15.12.2015