

Й. Й. Білинський<sup>1</sup>  
 О. А. Гордієнко<sup>1</sup>  
 Т. С. Тітов<sup>1</sup>  
 О. М. Сахно<sup>1</sup>

## СКРАПЛЕНИЙ ГАЗ В ЕНЕРГЕТИЧНОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

*Проаналізовано динаміку споживання скрапленого (LPG) газу в 2010–2016 роках. Обґрунтовано необхідність розвитку сектору скрапленого газу в національній енергетиці, а також визначено основні технічні вимоги та якісні характеристики скрапленого газу, які залежать від вмісту основних компонентів, технології його виробництва та регулюються чинними нормативними документами України.*

*Показана структура ресурсного заповнення українського ринку скрапленого LPG газу, для якого характерна глибока залежність від імпорتنних поставок. За підсумками 2016 року, Російська Федерація залишається найбільшим постачальником скрапленого газу в Україні з часткою ринку в 54 %, а сумарно із залежними від РФ білоруськими виробниками — 70 %. Це пов'язано з відсутністю будь-яких обмежень на постачання LPG російськими виробниками в Україну протягом останніх трьох років та логістичною перевагою, а тому для російських виробників Україна залишається економічно вигіднішим ринком порівняно з, наприклад, з Польщею або Туреччиною. Водночас найпотужнішими серед українських виробників є «Укргазвидобування», «Укрнафта» та «Укртатнафта» із загальним обсягом виробництва зрідженого газу лише 377 тис. тонн (26 %). Це частково пояснюється відсутністю власної сировини для збільшення потужності українського виробництва LPG газу.*

*Показано, що українські нафтогазопереробні заводи не можуть забезпечити виробництво високоякісного автомобільного зрідженого газу, тому доступний LPG газ обробляється добавками, що можуть значно зменшити його негативний вплив на двигун та навколишнє середовище. Для поліпшення якості та продуктивності LPG газу використано пакети добавок від промислових компаній, таких як Innospec (Octimine series) та Petrol (AQUAGASOL, CORIMSOL). В статті подані основні фізико-хімічні характеристики цих добавок та механізм їх дії. Зазначено актуальність контролю сірковмісних сполук в складі скрапленого LPG газу та покращення його експлуатаційних характеристик шляхом введення спеціальних добавок.*

**Ключові слова:** скраплений газ, меркаптани, спеціальні добавки.

### Вступ

В енергетичному секторі економіки України останні п'ять років активно розвивається видобуток, виробництво та споживання скрапленого (LPG — liquefied petroleum gas) газу, яке в 2016 році досягло рекордного обсягу в 1,45 млн. тон. Швидко прогресуючий розвиток цієї галузі зумовлений низкою об'єктивних причин:

- широким спектром використання скрапленого газу в промисловому, аграрному та комунально-побутовому секторах;
- привабливими цінами по відношенню до лінійки світлих нафтопродуктів;
- більшою екологічною чистотою та економічністю його використання у двигунах внутрішнього згоряння;
- зручністю та екологічною чистотою при використанні в комунально-побутовому секторі;
- реформуванням нормативно-правової бази його видобутку, виробництва та реалізації скрапленого газу.

У 2016 р. споживання пропан-бутану становило 1,45 млн. т, що на 335,8 тис. т більше, ніж у 2015 році. Із них 1,35 млн. т (93,1 %) використано для газодизельного транспорту, 60 тис. т (4,1 %) — для опалення промислових об'єктів і лише 40 тис. т (2,8 %) спожито в комунально-побутовому секторі. Визначальна кількість споживання скрапленого газу в 2016 році (93,1 %) зумовлена наяв-

ністю приватних підприємств, які забезпечили доступність заправної інфраструктури та переобладнання автомобільного парку України LPG установками. Крім того, цінове забезпечення бензин/LPG в 2015–2016 роках було стабільним і не перевищувало в середньому 46 %.

Споживання LPG газу, тис. т

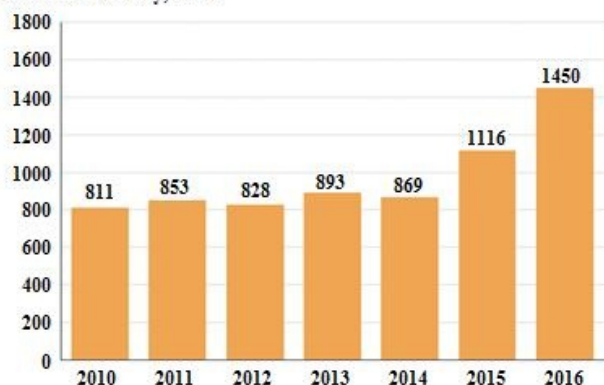


Рис. 1. Динаміка споживання скрапленого газу на ринку України

Якщо до цього додати те, що скраплений газ має вище октанове число в порівнянні з бензином А-95 та кращі екологічні і експлуатаційні характеристики, то стає зрозумілим бурхливий розвиток споживання LPG в Україні за останні роки. (рис. 1) [1].

Зрозуміло, що таке стрімке економічне зростання споживання LPG привернуло увагу не лише приватних компаній, а і державних структур. Виходячи з цього, а також гострого дефіциту в Україні основних природних джерел енергії: нафти, газу та високоякісного (коксового) вугілля, важливим є розвиток ринку скрапленого газу в загальному державному енергетичному секторі, що спонукає до ретельного аналізу перспектив розвитку цієї складової в загальному енергетичному комплексі держави та можливостей покращення його фізико-хімічних показників.

### Технічні вимоги та якісні показники використання скрапленого газу

Залежно від вмісту основних компонентів скрапленого газу та технології його виробництва встановлені такі його марки для споживачів України (табл. 1).

Таблиця 1

Марки та фізико-хімічні показники скрапленого газу

Показник	Норма для марок					Метод визначення
	ПТ [2]	СПБТ [2]	БТ [2]	ПА [3]	ПБА [3]	
1. Масова доля компонентів, %						ГОСТ 10679
– сума пропану і пропілену, не менше	75	н.н.в.о	н.н.в.о	—	—	
– сума бутану і бутилену, не менше	н.н.	—	60	—	—	
– сума метану, етану і етилену, не більше	н.н.	60	—	—	—	
– сума метану, етану і етилену	н.н.в.о	н.н.в.о	н.н.в.о	н.н.	н.н.	
2. Об'ємна частка рідкого залишку за 20 °С, %, не більше	0,7	1,6	1,8	0,7	1,6	—
3. Вміст води і лугів	відс.	відс.	відс.	відс.	відс.	—
4. Надлишковий тиск насичених парів, МПа, за температури:						ГОСТ Р 50994 або ГОСТ 28656
+45 °С, не більше	1,6	1,6	1,6	—	1,6	
–20 °С, не менше	0,16	—	—	—	0,07	
5. Масова частка H <sub>2</sub> S + RSH, %, не більше	0,013	0,013	0,013	0,01	0,01	ГОСТ 22985 або ГОСТ Р 50802
– в тому числі H <sub>2</sub> S, %, не більше	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	
6. Інтенсивність запаху, балів, не менше	3	3	3	3	3	ГОСТ 22387.5

*Примітки.* н.н.в.о — не нормується і визначення обов'язкове, н.н. — не нормується, відс. — відсутні, ПТ — пропан технічний ДСТУ 4047; СПБТ — суміш пропану технічного і бутану технічного ДСТУ 4047; БТ — бутан технічний ДСТУ 4047, ПА — пропан автомобільний ГОСТ 27578; ПБА — пропан-бутан автомобільний ГОСТ 27578.

Рішенням Європейського парламенту прийнято Концепцію функціонування енергетичного ринку Європи до 2020 року (Директива 2104/94), в якому скраплений газ LPG прирівнюється до альтернативних видів палива [4]. При цьому всі марки скрапленого газу (табл. 1) надходять на автомобільні газозаправні станції двох типів: літнього (ПБА) з вмістом пропану 50±10 % та інше — бутану та зимового (ПА) з вмістом пропану 90±10 %, а також комунально-побутового сектора скрапленого газу марок ПТ, СПБТ, БТ (ДСТУ 4047, Додаток А). Це пов'язано зі зміною тиску пропану, бутану або їх сумішей у разі зміни температури (літо/зима).

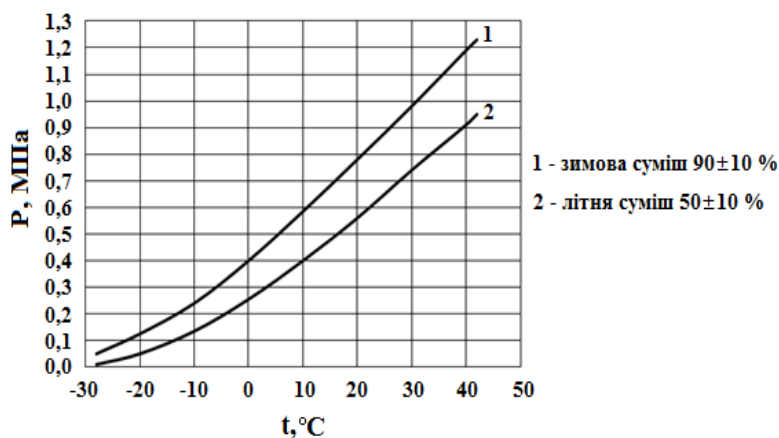


Рис. 2. Залежність тиску насичених парів суміші пропану і бутану в літньо-зимовий періоди

ти інтенсивність запаху (п. 5, табл. 1); за наявності меркаптанової сірки  $<0,002\%$  і інтенсивності запаху  $<3$  балів скраплені гази повинні бути оброблені (одоровані), як правило, етилмеркаптаном згідно з чинними нормативними методиками.

### Виробництво, інфраструктура і споживання LPG

Пропан-бутанова суміш — супроводжуючий газ, який отримують в процесі нафто, газодобування та промислової переробки їх складових (продукти стабілізації газового конденсату, супутній газ в процесі добування нафти, продукти різних технологічних процесів нафтопереробних заводів). Характерною рисою українського ринку залишається глибока залежність LPG газу від імпортних поставок. В 2015 році обсяг імпорту LPG виріс практично вдвічі і склав 700 тис. т. За підсумками 2016 року, РФ залишається найбільшим постачальником скрапленого газу в Україні з часткою ринку в 54 %, а сумарно із залежними від РФ білоруськими виробниками — 70 %, тоді як роком раніше цей показник складав 60 %. Фактично все зростання ринку LPG в 2016 р. забезпечено російським виробництвом. Експансія росіян і білорусів має економічне обґрунтування. Так, дорожняча транспортного перевезення LPG для російських постачальників робить близький український ринок для них найпривабливішим.

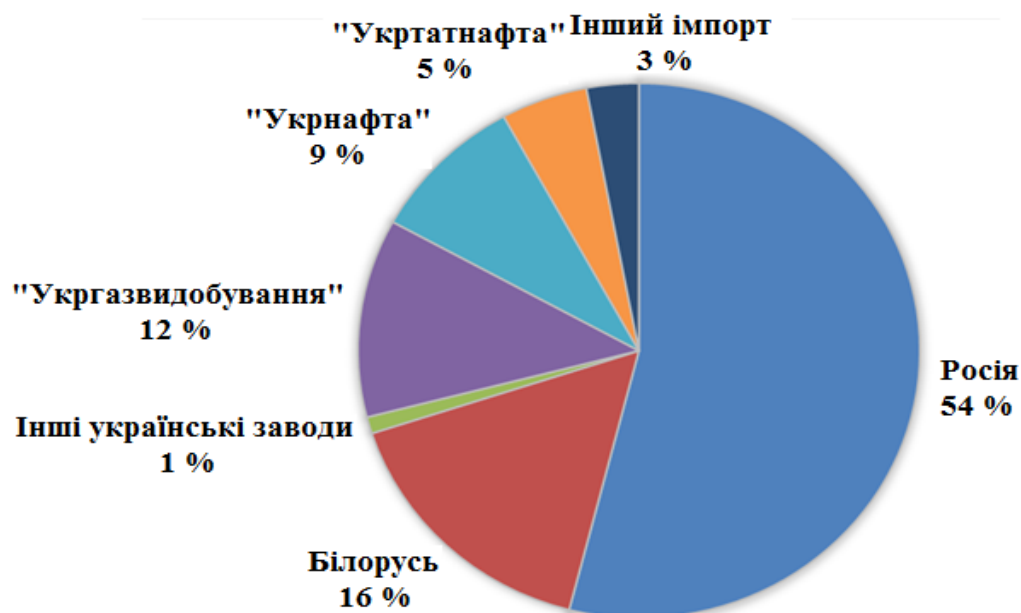


Рис. 3. Структура ресурсного наповнення українського ринку LPG марки ПА, ПБА в 2016 році [1]

Логістична перевага для російських виробників така, що навіть, встановлюючи нижчу ціну, в порівнянні з іншими державами, Україна залишається для них економічно найвигіднішим ринком

у порівнянні, наприклад, з Польщею або Туреччиною. Цим, зокрема, пояснюється відсутність будь-яких обмежень у постачанні LPG російськими виробниками в Україну в останні три роки.

Серед українських виробників найпотужнішими підприємствами є «Укргазвидобування», «Укрнафта» та «Укртатнафта» із загальним обсягом виробництва скрапленого газу лише 377 тис. т (26 %). Частково це можна пояснити відсутністю вітчизняної сировини для збільшення потужностей українського виробництва LPG газу.

Заправна інфраструктура в Україні майже повністю відповідає обсягам LPG газу, що підлягає реалізації в роздрібній торгівлі. За дуже приблизними оцінками (загальну мережу пунктів заправки газом практично неможливо порахувати) кількість заправок складає більше 4500, з яких 1600 належить великим мережам АЗК.

### Перспективи та тенденції розвитку

Стрімке зростання видобутку, виробництва і споживання скрапленого газу в останні роки вказує на те, що він почав відігравати ключову роль в паливній галузі України. При цьому підвищення ціни на світлі нафтопродукти (бензин, дизельне паливо) та зменшення обсягу їх продажу (лише в 2015 р. на 30 %) привело до адекватного заповнення цієї ніші ринку скрапленим газом. В 2015 році зросла кількість автозаправних станцій, а загальна кількість автомобілів, обладнаних LPG, склала 1900 тис. штук. В зв'язку з важкою економічною ситуацією на сході України, лише в 2015 році виробництво LPG зменшилось і склало 400 тис. тон. Але при цьому необхідно відмітити стрімке зростання частки приватного бізнесу в загальному обсязі виробництва LPG. Останнім часом ринок скрапленого газу отримав низку нових та важливих нормативно-правових актів, які забезпечили суттєве покращення технічних можливостей видобутку, виробництва і споживання LPG газу. Серед них необхідно відмітити:

- зміна 2 ДБН В.2.5-20-2001. «Газопостачання. Автономне опалення»;
- зміна 3 ДБН В.2.5-20-2001. «Газопостачання, проектування, будівництво АГЗС, АГЗП...»;
- зміни до Інструкції № 332 «Інструкції про порядок приймання, зберігання, відпустку і облік скрапленого газу LPG для комунально-побутових потреб і автомобільного транспорту» (затверджена наказом Мінпалива України від 03.06.2002 р., № 332);
- «Технічний регламент скраплених газів LPG та прийняття нових стандартів. Сертифікація продукції». Покращення якості LPG газу, який використовують як автомобільне паливо.

На сьогодні українські НПЗ і ГПЗ не можуть забезпечити виробництво якісним автомобільним скрапленим газом, тому доступний на ринку LPG газ обробляється додатками (присадками), які дозволяють суттєво знизити його негативний вплив на роботу двигуна та навколишнє середовище.

Для покращення якісних і експлуатаційних характеристик скрапленого газу використовують такі пакети додатків:

- промислової компанії Innospec: Octimise TM V 4000, Octimise TM V 4010 S, Octimise TM V 4050, Octimise TM V 4050 Plus;
- промислової компанії Petrol: AQUAGASOL, CORIMSOL.

Додатки серії Octimise<sup>TM</sup> за використання в складі LPG запобігають зношенню та корозії клапана випускної системи ДВЗ, стабілізують паливо та забезпечують вилучення забруднень випускного клапана. Безумовно, такий агресивний вплив LPG газу спричиняється наявністю в його складі сірководню, алкілмеркаптанів та алкілсульфатів, тобто, в першому наближенні, хімічною корозією сірковмісними компонентами. Деякі фізико-хімічні характеристики розглянутих додатків наведено в табл. 2 [5].

Додатки серії AQUAGASOL поглинають воду, що запобігає і повністю вилучає мутність палива. Додатки підлягають повному беззольному згоранню в ДВЗ, у зв'язку з чим, вони рекомендовані для LPG газу за ДСТУ 4047 з вмістом рідкого залишку до 1,6 %. Деякі фізико-хімічні характеристики додатку AQUAGASOL наведено в табл. 3 [5].

Вуглеводні мають обмежену розчинність стосовно води, тоді як дія AQUAGASOL полягає в солюбілізації часток води, що мілкодисперговані та молекул води, що вже розчинені у вуглеводневому середовищі. Активна частина додатку фізично зв'язує воду з утворенням аддуктів, що відмінно розчиняється у вуглеводнях, навіть за низьких температур. Необхідно зазначити, що зі зниженням температури міцність зв'язування води (солюбілізація) зростає.

Додатки до LPG газу для захисту від зношення клапанного сідла ДВЗ

Показник	Octimise TM V 4000	Octimise TM V 4050	Octimise TM V 4010 S	Octimise TM V 4050 Plus
Склад	калієві мила органічних кислот, спирти, алкани			
Зовнішній вигляд	безбарвна рідина	світло-жовта рідина	прозора синя рідина	прозора синя рідина
Густина, кг/м <sup>3</sup>	990	950	890	820
В'язкість, мм <sup>2</sup> /с	за 20 °С	—	21	—
	за 40 °С	625	2,9	9
Температура спалаху, °С	> 61	> 61	> 61	> 60
Температура застигання, °С	—	< -39	< -39	< -39
Норма введення, мг/кг	145...220	290...440	1400...2000	1400...2000

Таблиця 3

Фізико-хімічні характеристики додатку AQUAGASOL

Показник	AQUAGASOL
Склад	поверхнево-активні речовини в спиртах
Зовнішній вигляд	світло-жовта рідина
Густина, кг/м <sup>3</sup>	810...830
Пружність пари при 20 °С, кПа	12,8
Температура спалаху, °С	11

### Висновки

1. Аналіз енергетичного сектора України вказує на те, що за останні 5 років швидко зросло видобування, виробництво та споживання скрапленого (LPG) газу. Динамічне зростання використання LPG газу, як палива для автомобільного транспорту, є стрімкою реакцією ринку на зменшення обсягів продажу ( $\approx 30\%$  лише в 2015 р.) та підвищення цін на світлі нафтопродукти (бензин, дизельне паливо).

2. Українські НПЗ і ГПЗ не в змозі забезпечити необхідну якість LPG газу, в зв'язку з чим актуальною є проблема швидкого і якісного контролю сірковмісних сполук у складі LPG газу.

3. Для забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик LPG газу в світовій практиці використовують спеціальні додатки. Такий підхід покращення експлуатаційних характеристик LPG газу є перспективним напрямком для науково-практичних досліджень та розробок науковими установами України державного та приватного підпорядкування.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] А. Куянов Скрапленный газ: бар'ерам усупереч. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://dt.ua/energy\\_market/skrapleniy-gaz-bar-eram-usuperech-.html](https://dt.ua/energy_market/skrapleniy-gaz-bar-eram-usuperech-.html). Дата звернення: Січ. 14, 2018.
- [2] ДСТУ 4047-2001. Газы углеводневі скраплені паливні для комунально-побутового споживання. Технічні умови.
- [3] ГОСТ 27578-87. Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта. Технические условия.
- [4] Підсумки від Української Асоціації скрапленого газу. Рік 2015. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://uasg.com.ua/ua/golovna/item/7731-pidsumky-vid-ukrainskoi-asotsiatsii-skraplenoho-hazu-rik-2015>.
- [5] А. Ф. Пушак, В. А. Пушак, П. И. Топильницкий и В. В. Романчук. Улучшение качества сжиженного углеводородного газа. Львов, Украина: Предприятие ДЕОЛ, 2014.

Рекомендована кафедрою хімії та хімічної технології ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 20.02.2018

**Білинський Йосип Йосипович** — д-р. техн. наук, професор, завідувач кафедри електроніки та наносистем;

**Гордієнко Ольга Анатоліївна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри хімії та хімічної технології;  
**Тітов Тарас Сергійович** — канд. хім. наук, доцент кафедри хімії та хімічної технології, e-mail: tarastitov88@gmail.com ;  
**Сахно Олексій Миколайович** — аспірант кафедри електроніки та наносистем.  
 Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**Yo. Yo. Bilynskiy<sup>1</sup>**  
**O. A. Gordiienko<sup>1</sup>**  
**T. S. Titov<sup>1</sup>**  
**O. M. Sakhno<sup>1</sup>**

## Liquefied Gas in the Energy Complex of Ukraine

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University

*The dynamics of consumption of liquefied petroleum gas (LPG) for 2010—2016 was analyzed and a forecast was made by the end of 2017. The necessity of development of the LPG sector in the national energy sector was substantiated. There have been determined the main technical requirements and qualitative parameters of LPG gas, which depend on the content of the main components and technology of its production and are regulated by the existing normative documents of Ukraine, in particular, the topicality of analysis of sulfur compounds in the composition of LPG gas was indicated.*

*It was shown the structure of resource filling of the Ukrainian market of LPG gas, the characteristic feature of which still remains the deep dependence on import deliveries. So, according to the results of 2016, the Russian Federation remains the largest supplier of LPG gas in Ukraine with a market share of 54 %, and in total, with Belarusian producers dependent on Russia, 70 %. This is due to the lack of any restrictions on the delivery of LPG by Russian producers to Ukraine over the past three years and a logistical advantage, and therefore for Russian producers, Ukraine remains a more economically advantageous market compared with, for example, Poland or Turkey. At the same time, the most powerful among Ukrainian producers are «Ukrasvydobuvannya», «Ukrnafta» and «Ukratnafta» with a total volume of liquefied gas production of only 377 thousand tons (26 %). This can be partly explained by the absence of own raw materials for increasing the capacity of Ukrainian LPG gas production.*

*It is shown that Ukrainian oil and gas refineries cannot provide production of high-quality automotive liquefied gas, therefore the available LPG gas is processed by additives, which can significantly reduce its negative impact on the engine and the environment. To improve the quality and performance of LPG gas, packages of additives from industrial companies such as Innospec (Octimise series) and Petrol (AQUAGASOL, CORIMSOL series) were used. There also have been presented the basic physical and chemical characteristics of these additives and their mechanism of action.*

**Keywords:** liquefied gas, mercaptans, special additives.

**Bilynskiy Yosyp Yo.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Electronics and Nanosystems;  
**Gordiienko Olha A.** — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Chemistry and Chemical Technology;  
**Titov Taras S.** — Cand. Sc. (Chemistry), Assistant Professor of the Chair of Chemistry and Chemical Technology, e-mail: tarastitov88@gmail.com ;  
**Sakhno Oleksii M.** — Post-Graduate Student of the Chair of Electronics and Nanosystems

**И. И. Билинский<sup>1</sup>**  
**О. А. Гордиенко<sup>1</sup>**  
**Т. С. Титов<sup>1</sup>**  
**А. Н. Сахно<sup>1</sup>**

## **Сжиженный газ в энергетическом комплексе Украины**

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет

*Проанализирована динамика потребления сжиженного (LPG) газа в 2010–2016 годах. Обоснована необходимость развития сектора сжиженного газа в национальной энергетике, а также определены основные технические требования и качественные характеристики сжиженного газа, зависящие от содержания основных компонентов, технологии его производства и регулируются действующими нормативными документами Украины.*

*Показана структура ресурсного заполнения украинского рынка сжиженного LPG газа, для которого характерна глубокая зависимость от импортных поставок. По итогам 2016 года, Российская Федерация остается крупнейшим поставщиком сжиженного газа в Украине с долей рынка в 54 %, а суммарно с зависимыми от РФ белорусскими производителями — 70 %. Это связано с отсутствием каких-либо ограничений на поставки LPG российскими производителями в Украину в течение последних трех лет, а также логистическим преимуществом, и поэтому для российских производителей Украина остается экономически выгодным рынком по сравнению, например, с Польшей или Турцией. В то же время, самыми мощными среди украинских производителей является «Укргазвыдобування», «Укрнафта» и «Укртатнафта» с общим объемом производства сжиженного газа только 377 тыс. тонн (26 %). Это частично объясняется отсутствием собственного сырья для увеличения мощности украинского производства LPG газа.*

*Показано, что украинские нефтегазоперерабатывающие заводы не могут обеспечить производство высококачественного автомобильного сжиженного газа, поэтому доступный LPG газ обрабатывается присадками, которые могут значительно уменьшить его негативное влияние на двигатель и окружающую среду. Для улучшения качества и производительности LPG газа использованы пакеты присадок от промышленных компаний, таких как Innospec (Octimine series) и Petrol (AQUAGASOL, CORIMSOL). В статье представлены основные физико-химические характеристики этих присадок и механизм их действия. Указана актуальность анализа серосодержащих соединений в составе сжиженного LPG газа и улучшения его эксплуатационных характеристик путем введения специальных присадок.*

**Ключевые слова:** сжиженный газ, меркаптаны, специальные присадки.

**Билинский Иосиф Иосифович** — д-р. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой электроники и наносистем;

**Гордиенко Ольга Анатольевна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры химии и химической технологии;

**Титов Тарас Сергеевич** — канд. хим. наук, доцент кафедры химии и химической технологии, e-mail: tarastitov88@gmail.com ;

**Сахно Алексей Николаевич** — аспирант кафедры электроники и наносистем