

## Література

1. Бехта П.А. Производство фанеры : підручник / Павло Антонович Бехта. – К. : Вид-во "Основа", 2003. – 320 с.
2. Mahút J. Plywood and decorative veneers. Textbook / J. Mahút, R. Réh, J. Víglašký. – Zvolen : Technical University in Zvolen, 2007. – 239 st.
3. Фанера. Якість з'єднання. Частина I Методи випробувань: ДСТУ EN 314-1: 2003 – ДСТУ EN 314-1:2003 – [Чинний від 01.07.2004]. – К. : Вид-во Нац. стандарту України, 2003. – 8 с.
4. Долацис Я.А. Воздействие ИК-излучения на древесину / Я.А. Долацис, С.Г., Ильясков, В.В. Красников. – Рига : Изд-во "Зинатне", 1973. – 496 с.
5. Волков А.В. Справочник фанерщика / А.В. Волков, В.П. Кондратьев, А.Т. Орлов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 486 с.

Надійшла до редакції 06.06.2016 р.

### Форос В.В. Технология изготовления фанеры с предварительным инфракрасным прогревом пакетов шпона

Проанализированы основные проблемы по производству фанеры, приведены возможные варианты их решения. Предложено использование инфракрасного излучения для операции предварительного прогрева пакетов шпона. Определено влияние режимных параметров изготовления образцов фанеры: температуры инфракрасного прогрева, продолжительности прогрева подпрессованных пакетов шпона в спектре инфракрасного излучения и продолжительности прессования на прочность фанеры на разрыв. Получена значительная интенсификация процесса склеивания фанеры. Предложена новая технология изготовления фанеры.

**Ключевые слова:** инфракрасное прогревание, склеивание, прессование.

### Foros V.V. Plywood Manufacturing Technology with the Preliminary Infrared Heating of the Veneer Packages

The main plywood production problems were analyzed, with the possible variants of solutions. Infrared heating was proposed to be used for veneer packages preheat operation. The influence of operational parameters was identified to such plywood sample making as infrared heating temperature, duration of heating in the spectrum of infrared radiation and duration of plywood pressing. The considerable intensification of plywood gluing process is achieved. The new plywood manufacturing technology is proposed.

**Keywords:** infrared heating, gluing, pressing, veneer package.

УДК 621.643

## КОРОЗИЯ СТАЛЕВИХ ГАЗОПРОВОДІВ НИЗЬКОГО ТИСКУ ПІД ДІЄЮ ЗМІННОГО СТРУМУ

А.В. Яворський<sup>1</sup>, Л.Я. Побережний<sup>2</sup>, Я.М. Дем'янчук<sup>3</sup>

Під час експлуатації підземних газових мереж низького тиску не приділяють уваги боротьбі з електрокорозією під дією змінного струму. При цьому інтенсивні корозійні руйнування відбуваються у місцях стікання струму зі зовнішньої поверхні в електроліт (грунт або воду). Проведено моніторинг корозійних уражень розподільчих трубопроводів "Івано-Франківськгаз". Виявлено локальні корозійні ураження, які за формою і глибиною відповідають електрокорозійним. Показано, що електрокорозія розподільчих газопроводів може бути зумовлена помилковим або навмисно неправильним

підключенням електроприладів. Зафіксовано натікаючі струми навіть на малопотужних побутових приладах силою близько 4 А, що залежно від фізико-хімічних властивостей ґрунту відповідає густині струму на дефекті від 8,9 до 310 А/м<sup>2</sup> за максимального нормативного значення 10 А/м<sup>2</sup>.

**Ключові слова:** розподільчі газопроводи, електрокорозія, розгерметизація трубопроводів, втрати природного газу.

**Вступ.** Підземні трубопроводи є важливим елементом нафтогазового комплексу України та відіграють надзвичайно важливу роль у житті сучасного суспільства, будучи гарантом його енергетичної незалежності. Забезпечення безперебійної роботи трубопровідного транспорту з урахуванням всіх особливостей його експлуатації (нанесення захисного покриття, контроль за роботою катодних станцій, моніторинг стану трубопроводів) є першочерговим і необхідним завданням уникнення аварій та відмов, що призводять до втрати цілісності труби. Значна частина аварій (80 %) на трубопроводах є наслідком перебігу різних форм корозії: загальної корозії, щільної корозії під покриттям, що відшарувалося, точкової корозії, корозійного розтріскування під напруженням тощо.

Проблема підсилюється ще й тим, що в умовах експлуатації трубопроводів, як правило, піддається одночасному впливу механічних навантажень (деформація), зносу і корозійно-активних середовищ. Така сумісна дія може спричинити пришвидшене корозійно-механічне руйнування трубопроводів, яке значно інтенсифікується під дією полів блукаючих струмів.

Під час експлуатації підземних газових мереж низького тиску не приділяють уваги боротьбі з електрокорозією під дією змінного струму, вважаючи, що ця проблема торкається лише протяжних магістральних газопроводів у разі суміжного пролягання з лініями електропередач [1]. Термін "електрокорозія" зазвичай пов'язаний з протіканням постійного струму в підземній металоконструкції.

Джерела даних блукаючих струмів знаходяться поза металоконструкцією: електрифікований транспорт, системи катодного захисту, шахтні системи електропостачання постійним струмом тощо. При цьому інтенсивні корозійні руйнування відбуваються у місцях стікання струму зі зовнішньої поверхні в електроліт (грунт або воду). Вітчизняна і світова практика експлуатації підземних металоконструкцій визнає цю проблему і враховує її.

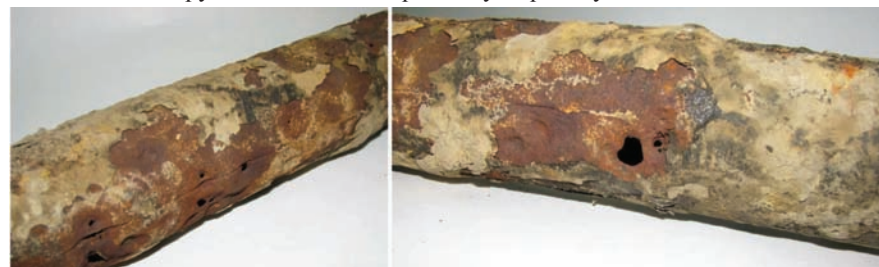


Рис. 1. Фрагменти підземного газопроводу низького тиску (Ø 60 мм) з наявними електрокорозійними дефектами типу "свиц"

Проте останнім часом під час експлуатації підземних металічних газопроводів низького тиску, які знаходяться поза зоною розтікання блукаючих стру-

<sup>1</sup> доц. А.В. Яворський, канд. техн. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу;

<sup>2</sup> проф. Л.Я. Побережний, д-р техн. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу;

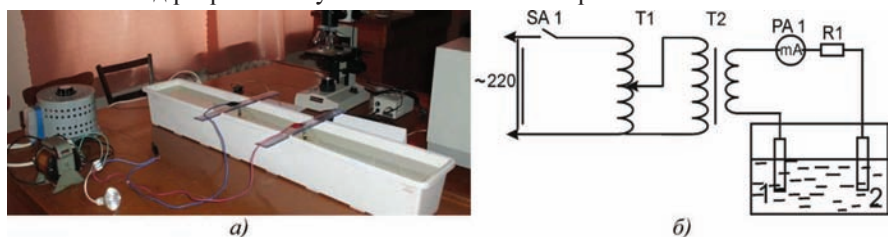
<sup>3</sup> доц. Я.М. Дем'янчук, канд. техн. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу

мів, виникають характерні для електрокорозії дефекти типу "свищ" (рис. 1), що потребує спеціального дослідження та пояснення.

**Мета роботи** – розроблення методів оцінювання небезпеки розвитку електрокорозії розподільчих газопроводів.

**Матеріали та методи дослідження.** Об'єктом досліджень вибрано труби зі сталі Ст 3 діаметром 219 із товщиною стінки 6 мм. З цієї сталі виготовляють трубопроводи низького та середнього тиску.

Дослідження електрокорозії матеріалу труби змінним струмом проведено на установці, розробленій та створеній на базі ІФНТУНГ в науково-дослідній лабораторії корозійно-механічної деградації матеріалів і конструкцій. Загальний вигляд розробленої установки показано на рис. 2.



**Рис. 2.** Загальний вигляд (а) та принципова схема (б) установки для визначення швидкості корозії в агресивних середовищах під впливом змінного струму: SA 1 – вимикач, T1 – трансформатор ТМ-56, T2 – ЛАТР LTC-500, PA 1 – амперметр, R1 – додатковий опір, 1, 2 – зразки-моделі

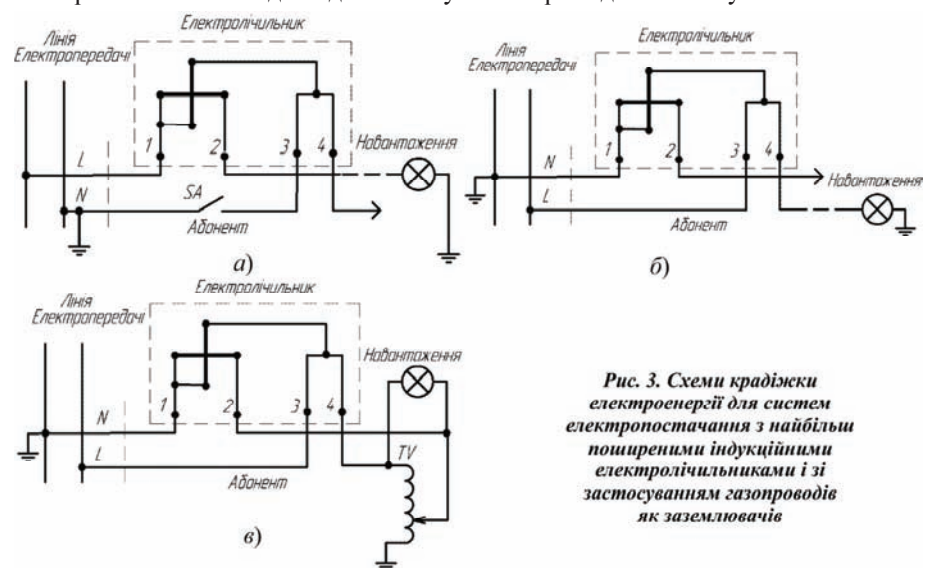
**Результати дослідження.** Проведені на цей час дослідження [2, 3] свідчать про взаємозв'язок наведених корозійних процесів з протіканням змінного струму в стінках підземного газопроводу, проте дані дослідження не вказують на швидкість розвитку корозійних процесів під дією змінного струму. Сучасна нормативна база (ДСТУ Б В.2.5-29:2006 Система газопостачання. Газопроводи сталеві підземні. Загальні вимоги до захисту від корозії) регламентує небезпечну дію змінного струму за густини вищої за  $1 \text{ mA/cm}^2$  ( $10 \text{ A/m}^2$ ), проте оперативне безконтактне визначення натікання струму на підземну частину газопроводу низького тиску і автоматичний захист від його корозійної дії є поки ще не вирішеною задачею.

Основними причинами виникнення змінних струмів натікання та потрапляння їх на газопроводи низького тиску є:

- непрофесійна експлуатація діючої системи електропостачання, наприклад, використання газопроводів як нульових робочих провідників;
- відсутність ізоляції газових ввідів у споруди;
- некоректне підключення електроспоживачів (газові котли, газові плити з електророзпалом), які зв'язують газопровідну систему зі системою електропостачання;
- пошкодження у процесі експлуатації кабельних ліній і/або електрообладнання в зоні пролягання газопроводів;
- застосування газопроводів як заземлювача у разі крадіжки електричної енергії.

Щодо останньої наведеної причини (крадіжки електроенергії), зупинимося детальніше, оскільки вона переросла у відносно нову проблему для газо-

вого господарства, що пов'язана з корозійним руйнуванням сталевих ввідів газопроводів у житлові будинки. На основі сучасних літературних джерел [4] можна виділити три основні схеми (рис. 3), які використовують для крадіжки електроенергії для систем електропостачання з найбільш поширеними індукційними електролічильниками і зі застосуванням газопроводів як заземлювачів. Схема, яка наведена на рис. 3, а є найпростішою, не потребує перекомутації індукційного електролічильника, зупинка електролічильника досягається прихованим розмиканням нейтралі за допомогою вимикача SA і відповідно відключенням обмотки електролічильника по напрузі, навантаження приєднується в коло фаза – заземлювач (газопровід) – заземлена нейтраль. Наступна схема (див. рис. 3, б) здійснюється шляхом перекомутації входу по електролічильнику, навантаження приєднується по лінії фаза – навантаження – заземлювач (газопровід) – заземлена нейтраль, за такої схеми досягається обхід струмової обмотки електролічильника і відповідно його зупинка при підключеному навантаженні.



**Рис. 3.** Схеми крадіжки електроенергії для систем електропостачання з найбільш поширеними індукційними електролічильниками і зі застосуванням газопроводів як заземлювачів

Найбільш досконалою є схема на рис. 3, в, де на відміну від попередньої, між фазовим провідником електролічильника і заземленням (газопровід) вмикається потужний автотрансформатор TV, вторинна обмотка якого приєднується до струмової обмотки електролічильника, регулюючи автотрансформатор і подаючи струмовий сигнал у протифазі до сигналу, на струмовій обмотці електролічильника досягається його гальмування чи реверсне обертання у разі правильного підключення навантаження. Остання схема є найбільш небезпечною з погляду електрокорозії, оскільки значення струму в лінії газопроводу, за реверсивного обертання диску електролічильника і підключеного навантаження, можуть сягати кількох десятків ампер, що може спричинити надзвичайно швидке руйнування металу в середовищі ґрунтового електроліту.

Натікання змінного струму на газопровід через підключені до електромережі газові прилади можливе за відсутності ізоляції газових ввідів у будівлі (рис. 4), хоча це регламентується для металічних підземних газопроводів відповідним нормативним документом [5]. Така ситуація, на жаль, є непоодинокую і характерною для будівель, які газифіковані у 50-60-ті роки ХХ ст.



Рис. 4. Відсутність ізолювальних фланців на газових вводах у будівлі

**Обговорення результатів дослідження.** Під час контролю протікання змінного струму в стінках газопроводу, потрібно зазначити, що однією з особливостей є зміна величини струму (до повного зникнення в певні моменти часу) залежно від зміни величини електричного навантаження в електромережі. Як зазначено вище, одним із шляхів визначення натікання змінного струму на металічний газопровід є розроблення методів і засобів для безконтактного вимірювання величини струму, особливо в умовах крадіжки електроенергії.

Для оцінювання небезпеки пришвидшення натікаючим струмом корозійних процесів потрібно перейти від показників сили струму до його густини на дефекті. Стандартна методика розрахунку полягає у визначенні густини струму на дефекті покриття круглої форми, оскільки за результатами обстежень, найчастіше трапляються дефекти захисного покриття круглої форми або проколи діаметром 0,005 м. У нормативній документації площа стандартного дефекту в ізоляційному покритті дорівнює  $6,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$  ( $d = 0,0282 \text{ м}$ ), у зарубіжних стандартах площу дефекту прийнято  $1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$  ( $d = 0,0112 \text{ м}$ ). За сталого діаметра дефекту в захисному покритті густина змінного струму буде тим вищою, чим меншим є електричний опір ґрунту (табл.).

Густина струму  $J_{zc}$  на дефекті у загальному вигляді виражається формулою

$$J_{zc} = \frac{I_{zc}}{S_{деф}}, \quad (1)$$

де:  $I_{zc}$  – сила натікаючого струму, А;  $S_{деф}$  – площа дефекту,  $\text{м}^2$ .

З урахуванням показників опору ґрунту отримуємо

$$J_{zc} = \frac{2,548 \cdot U_{zc}}{\rho \cdot d}, \quad (2)$$

де:  $d$  – діаметр дефекту ізоляції, м;  $\rho$  – електричний опір ґрунту, Ом·м.

Табл. *Питомий опір ґрунтів різних типів*

Тип ґрунту	Питомий електричний опір ґрунту, Ом·м
Пісок	400-1000 і більше
Супісок	150-400
Суглинок	40-150
Глина	8-70
Чорнозем	10-50
Торф	20

Підставивши нормативні розміри дефекту, отримаємо значення густини струму. Зафіксовано показник сили струму натікання 3,88 А. Отже, за формулою (1) йому відповідатиме значення  $6208 \text{ А/м}^2$ , а з урахуванням питомого опору ґрунту (див. табл.) отримаємо такі усереднені значення: для піщаних ґрунтів –  $8,9 \text{ А/м}^2$ , для супісків –  $22,5 \text{ А/м}^2$ , для суглинків –  $65,4 \text{ А/м}^2$ , для глинистих ґрунтів –  $159 \text{ А/м}^2$ , для чорноземів і торфовищ – 206 та  $310 \text{ А/м}^2$ . Враховуючи, що нормативно допустима величина густини струму на дефекті становить  $10 \text{ А/м}^2$ , можемо зробити висновок про значні ризики розвитку електрокорозії та пов'язаної з нею розгерметизації газопроводів низького і середнього тиску у більшості областей України. Отже, у подальшому потрібно продовжити системні дослідження електрокорозії матеріалу розподільчих газових мереж з метою запобігання позаштатним ситуаціям та втратам газу.

**Висновки.** Проведено моніторинг корозійних уражень розподільчих трубопроводів "Івано-Франківськгаз". Виявлено локальні корозійні ураження, які за формою і глибиною відповідають електрокорозійним. Показано, що електрокорозія розподільчих газопроводів може бути зумовлена помилковим або навмисно неправильним підключенням електроприладів.

На малопотужних побутових приладах (газова плита з електрозапалом) зафіксовано натікаючі струми силою 3,88 А, що для різних типів ґрунтів відповідає густині струму від  $8,9$  до  $310 \text{ А/м}^2$  і свідчить про високу небезпеку розвитку електрокорозійних процесів.

### Література

1. Джала Р.М. Електрохімічний захист підземного трубопроводу в зоні впливу електропередач / Р. Джала, Б. Вербенець, О. Винник, Ю. Гужов, Р. Савула // Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів. – В 2-х т. / Спецвипуск журналу "Фізико-хімічна механіка матеріалів". – Львів : Вид-во ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2010. – Т. 2, № 8. – С. 498-503.
2. Michael Horton. "Corrosion effects of electrical grounding on water pipe". Corrosion 91 The NACE Annual Conference and Corrosion Show. – March 11-15 1991 Cincinnati, Ohio.
3. Григорьев О.А. Неисправности систем электроснабжения зданий ускоряют коррозию трубопроводов / О.А. Григорьев, В.С. Петухов, В.А. Соколов. – Житомир : Изд-во "Новости электротехники", 2003. – № 4(22). [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://www.tesla.ru/publications/files/018.pdf>.
4. Красник В.В. 102 способа хищения электроэнергии / В.В. Красник. – М. : Изд-во ЭНАС, 2010. – 160 с. – (Рынок электроэнергии).
5. Инженерное оборудование будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди Газопостачання ДБН В.2.5-20-2001.

Надійшла до редакції 18.05.2016 р.



**Яворский А.В., Побережный Л.Я., Демьянчук Я.М. Коррозия стальных газопроводов низкого давления под действием переменного тока**

При эксплуатации подземных газовых сетей низкого давления не уделяется внимание борьбе с электрокоррозией под действием переменного тока. При этом интенсивные коррозионные разрушения проходят в местах стока постоянного тока с внешней поверхности в электролит (почву или воду). Проведен мониторинг коррозионных поражений распределительных трубопроводов "Ивано-Франковскгаз". Выявлены локальные коррозионные поражения, по форме и глубине соответствуют электрокоррозионным. Показано, что электрокоррозия распределительных газопроводов может быть обусловлена ошибочным или намеренно неправильным подключением электроприборов. Даже на маломощных бытовых приборах зафиксированы натекающие токи силой около 4 А, что в зависимости от физико-химических свойств почвы соответствует плотности тока на дефекте от 8,9 до 310 А/м<sup>2</sup> при максимальном нормативном значении 10 А/м<sup>2</sup>.

**Ключевые слова:** распределительные газопроводы, электрокоррозия, разгерметизация трубопроводов, потери природного газа.

**Yavorsky A.V., Poberezhny L.Ya., Demianchuk Ya.M. AC Corrosion of Low Pressure Steel Gas Pipelines**

When operating underground gas networks of low pressure almost no attention is paid to the electro corrosion control under AC. This intensive corrosion occurs in places of draining DC external surface of the electrolyte (soil or water). Corrosion lesions of distribution pipelines of Ivano-Frankivskgas are monitored. Local corrosion lesions are detected to form and depth correspond to electrocorrosion. It is shown that electrocorrosion of distribution pipelines can be caused by erroneous or intentionally wrong connecting appliances. There stray currents even in low-power home appliances at 4 A, depending on the physical and chemical properties of the soil meet the current density to defect ranging from 8.9 to 310 A/m<sup>2</sup> at maximum standard value of 10 A/m<sup>2</sup>.

**Keywords:** distribution pipelines electro corrosion, decompression pipelines, natural gas leaks.

**4. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ**

УДК 528.48

**ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ДОВГОТИ ЗА ВИМІРЯНИМИ ЗЕНІТНИМИ ВІДСТАНЯМИ ЗІР У ПЕРШОМУ ВЕРТИКАЛІ**

**Р.Г. Пилип'юк<sup>1</sup>, Р.Р. Пилип'юк<sup>2</sup>, Т.Ю. Грицюк<sup>3</sup>, Б.О. Лиско<sup>4</sup>**

Сучасні способи визначення довгот з астрономічних спостережень ґрунтуються на визначенні місцевого зоряного часу в точці спостереження та порівняння його з одноп'ятих часом у Гринвічі *S* в один і той же фізичний момент. Місцевий зоряний час *s* можна визначити двома шляхами. Перший шлях передбачає фіксацію по хронометру моменту спостереження зірки і визначення на цей момент поправки хронометра, а другий – визначення на момент спостереження годинного кута і розрахунок на цей момент видимого прямого сходження. У сучасній геодезичній практиці визначення довгот використовують, як правило, перший спосіб.

Розглянуто можливість визначення довготи другим способом, за вимірними зенітними відстанями зір. Отримано формули, які дають змогу обчислювати довготу без використання поправки хронометра. Встановлено вигідніші умови для спостережень зір, з яких випливає, що спостереження зір і вимірювання їх зенітних відстаней потрібно проводити у першому вертикалі.

**Ключові слова:** астрономічна довгота, зорі, перший вертикал, зенітні відстані.

**Постановка проблеми.** Однією з найважливіших проблем сьогодення є вивчення реальної фігури Землі як у цілому, так і для окремих її частин. Зробити це неможливо без знання астрономічних координат точок земної поверхні. Сучасні способи визначення цих координат і їх точність регламентуються керівним документом [4]. Так, для визначення астрономічних довгот у середніх широтах рекомендується використовувати спосіб визначення довготи за спостереженнями пари зірок на рівних висотах (спосіб Цінгера). Практична реалізація цього способу часто ускладнюється погодними умовами, оскільки потребує одночасних відкритих частин небесної сфери як у західній, так і у східній півкулях. Тому дослідження інших способів визначення довгот є доцільними.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій,** які стосуються вирішення цієї проблеми. Відомо [1, 2, 5], що сучасні способи визначення довгот з астрономічних спостережень ґрунтуються на визначенні місцевого часу в точці спостереження та порівнянні його з одноіменним часом у Гринвічі в один і той же фізичний момент. Керівним нормативним документом [4] довготи рекомендується визначати способами Цінгера (до паралелі з широтою 65°) і Деллена (від паралелі з широтою 65° до паралелі з широтою 75°). І в першому, і в другому способах зенітні відстані зірок безпосередньо не вимірюються.

<sup>1</sup> проф. Р.Г. Пилип'юк, канд. техн. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу;

<sup>2</sup> доц. Р.Р. Пилип'юк, канд. техн. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу;

<sup>3</sup> доц. Т.Ю. Грицюк, канд. техн. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу;

<sup>4</sup> аспір. Б.О. Лиско – Івано-Франківський НТУ нафти і газу