

## ПЕРШОЧЕРГОВИЙ КОМПЛЕКС ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ НА СЛАНЦЕВИЙ ГАЗ ВОЛИНО-ПОДІЛЛЯ НА ПОЧАТКОВІЙ СТАДІЇ ВИВЧЕННЯ

**В.П. Ченіль**

Інститут геологічних наук НАН України; 01054, м. Київ, вул. Гончара 55-б,  
e-mail: info@igs-nas.org.ua

*Особливості структурних умов залягання, газонакопичення, літолого-фаціальних, петрофізичних та геомеханічних параметрів, факторів екранування, характеру газонасичення газоносних сланців принципово відрізняються від традиційних покладів газу. Стратиграфічна сланцева формація розглядається як потенційний газовий поклад. Враховуючи цю специфіку, її виділення та картування повинно виконуватися уже на регіональному (початковому) етапі. Для оконтурювання газоперспективних сланцевих формацій Волино-Поділля та виділення найбільш перспективних ділянок пропонується комплексування регіональної сейсмічної зйомки 2Д для великих глибин (2-х поздовжніх профілів північно-західного простягання як їх продовження з Люблінського басейну Польщі та 5 поперечних профілів з південного-заходу на північний схід загальною протяжністю близько 1,5 тис. пог. км) з методами електророзвідки різних модифікацій, викликаної поляризації, електромагнітними методами по профілях сітки регіональної сейсморозвідки, крупномасштабної атмогеохімічної зйомки та інших прямих методів.*

*Завершенням регіонального етапу повинно бути буріння пілотних вертикальних параметричних свердловин з суцільним відбором керну із перспективних сланцевих товщ, лабораторними дослідженнями вмісту органічної речовини, катагенезу, літолого-фаціального та мінералогічного складу сланців, їх петрофізичних та геомеханічних властивостей, моделювання та випробування газоперспективних сланцевих товщ з використанням багатоступеневих гідророзривів.*

*Перспективи подальших геологорозв'язувальних робіт та їх комплекс визначатимуться за результатами геолого-економічної оцінки перспектив нафтогазоносності регіону та отриманими результатами робіт початкового етапу.*

Ключові слова: сланці, газ, Волино-Поділля, формації, сейсморозвідка 2Д.

*Особенности структурных условий залегания, газонакопления, литолого-фациальных, петрофизических и геомеханических параметров, факторов экранирования, характера газонасыщенности газоносных сланцев принципиально отличаются от традиционных залежей газа. Стратиграфическая сланцеформація рассматривается как потенциальная газовая залежь. Учитывая эту специфику, её выделение и картирование должно выполняться уже на начальном этапе. Для оконтуривания газоперспективных сланцевых формаций Волино-Подолья и выделения наиболее перспективных участков предлагается комплексирование региональной сейсмической съемки 2Д для больших глубин (2-х продольных профилей северо-западного простирания как их продолжение с Люблинского бассейна Польши и 5 поперечных профилей с юго-запада на северный восток общей протяженностью около 1,5 тыс. пог. км) с методами электроразведки разных модификаций, вызванной поляризации, электромагнитными методами по профилям сетки региональной сейсморозведки, крупномасштабной атмогеохимической съемки и других прямых методов.*

*Завершением регионального этапа должно быть бурение пилотных вертикальных параметрических скважин со сплошным отбором керна из перспективных сланцевых толщ, лабораторными исследованиями содержания органического вещества, катагенеза, литолого-фациального и минералогического состава сланцев, их петрофизических и геохимических свойств, моделирования и испытания газоперспективных сланцевых толщ с использованием многоступенчатых гидроразрывов.*

*Перспективы дальнейших геологоразведочных работ и их комплекс определяются результатами геолого-экономической оценки перспектив нефтегазоносности региона и полученных результатов работ начального этапа.*

Ключевые слова: сланцы, газ, Волино-Подолье, формации, сейсморозведка 2Д.

*Features of structural conditions of occurrence, gas accumulation, lithologic-and-facies, petrophysical and geochemical parameters, shielding factor, character-bearing shale gas saturation are fundamentally different from traditional gas deposits. Stratigraphic shale formation is considered as a potential gas deposit. Considering this specificity, its allocation and mapping shall be executed at an early stage. To delineate gas bearing shale formations of Volyn-Podillia and allocation the most perspective areas the complexation of regional seismic survey 2D for great depths was offered (two longitudinal profiles of north-western stretch as it continued from the Lublin basin in Poland and 5 transversal sections from southwest to the northeast with its total length of about 1500 linear kilometers) using electric prospecting methods of different modifications, induced polarization, electromagnetic methods of regional seismic exploration grids profiles, large-scale atmogeochemical shooting and other direct methods. As the completion of regional stage shall be drilling of vertical parametric pilot wells with solid coring from perspective shale strata, laboratory studies of organic matter, catagenesis, lithologic-and-facies and mineralogical composition of shales, their petrophysical and geochemical properties, modeling and testing perspective shale strata using multistage hydrofracs. Prospects of further exploration and it's complex based on the geologic-economic evaluation results of perspective of oil and gas occurrence of the region and obtaining results of the initial phase works.*

Key words: shales, gas, Volyn-Podillia, formations, seismic exploration 2D.

**Вступ.** Стан енергетичного сектору України та нестабільність ситуації у Східному та Південному регіонах, де зосереджені основні запасами родовища та перспективні об'єкти, що забезпечують основний видобуток газу і нафти з конденсатом, а також розвинена відповідна інфраструктура, потребує невідкладного нарощування перспективних ресурсів та запасів промислових категорій вуглеводнів з метою стабілізації і збільшення власного видобутку газу та нафти для забезпечення енергетичної безпеки держави. Значне скорочення в останні роки обсягів геологорозвідувальних робіт у Західному регіоні і, як наслідок, зменшення кількості нових відкриттів родовищ, а також падіння видобутку нафти та газу, спонукає до невідкладних наукових, геолого-тематичних, лабораторно-аналітичних досліджень нових перспективних площ на вуглеводневу сировину, і, в першу чергу, нетрадиційних джерел вуглеводнів, стратиграфічних комплексів та територій зокрема, південно-західного (Волино-Подільського) схилу, Східно-Європейської платформи.

**Актуальність.** Суттєве нарощування в останні роки обсягів видобутку газу та нафти зі сланців в США, Канаді, інтенсифікацій досліджень проблеми сланцевого газу в багатьох країнах світу [1, 2], що вже вплинуло на перерозподіл джерел постачання газу, зміни пріоритетів, у тому числі і політичних, визначає актуальність досліджень.

**Аналіз опублікованих праць.** Україна все ще залишалася осторонь процесу оцінки перспектив нафтогазоносності нетрадиційних джерел вуглеводнів, не зважаючи навіть на те, що у Польщі вже довгий час світовими компаніями проводяться інтенсивні дослідження значної частини території країни з проблеми сланцевого газу, які прагнуть видобувати газ з силурійських сланців схилу Східноєвропейської плити. На сьогодні уже експлуатуються перші пілотні свердловини.

Перші вітчизняні дослідження цієї проблеми в українських наукових виданнях почали розглядатися з 2010 р. За останні роки виконано значні обсяги наукових, геолого-тематичних та лабораторно-аналітичних робіт проблеми нетрадиційних джерел вуглеводнів нафтогазоносних басейнів України [3, 4, 5]. Всі проведені роботи практично відносяться до регіонального етапу геологічного вивчення.

Українськими дослідниками також проведені відповідні дослідження та узагальнення наявних геолого-геофізичних даних, нагромаджених у ході геологорозвідувальних робіт в межах української частини західного схилу Східноєвропейської платформи, з точки зору перспектив промислової нафтогазоносності нетрадиційних джерел вуглеводнів, зокрема сланцевого газу, з врахуванням результатів досліджень, які розпочали проводити в Україні останніми роками [6, 7].

Отже, із вищенаведеного випливає, що вітчизняними науковцями в значно меншій мірі вивчалися питання удосконалення комплексу геологорозвідувальних робіт на сланцевий газ, тому метою даної роботи є визначення першочергових напрямків геологорозвідувальних робіт на неконвенційні вуглеводні Волино-Поділля, на початковому етапі вивчення.

**Дослідження.** За результатами літологічних, мінералого-петрографічних, петрофізичних, геохімічних, термометричних досліджень порід (описи та лабораторні дослідження кернів, шліфів, промислово-геофізичні дані, результати газового каротажу, кількість органічної речовини у перспективних відкладах та їхня термічна зрілість, ступінь катагенезу, помірні глибини залягання перспективних горизонтів тощо) можна однозначно констатувати, що до найперспективніших на сланцевий газ територій належать південно-західний схил Східноєвропейської платформи (Волино-Поділля, північно-східна і східна частини Львівського прогину), в першу чергу, відклади лудловського ярусу верхнього силуру [6, 7].

Потенційно продуктивною товщею є також відклади верхнього ордовіку і нижнього силуру. При вмісті органічної речовини попередньо встановленої у сланцях (понад 1–1,5 %) катагенез тут характеризується найсприятливішими для нафтогазоутворення етапами, які могли забезпечити генерацію газу метану у значних обсягах.

При визначенні перспектив та геолого-економічного обґрунтування пошуків покладів вуглеводнів величина видобувних ресурсів відіграє особливе значення. Прогнозні видобувні ресурси газу чорносланцевих порід силуру Волино-Поділля складають біля 1,6 трлн. куб.м. [6, 7], а з врахуванням чорносланцевих відкладів верхнього ордовіку і нижнього силуру можуть досягати 2 трлн. куб. м. Враховуючи значні прогнозні ресурси сланцевого газу чорносланцевих товщ і високу ймовірність відкриття традиційних покладів вуглеводнів у палеозойських відкладах, територія досліджень потребує проведення цілеспрямованих геологорозвідувальних робіт, що сприятиме нарощуванню паливно-енергетичного потенціалу України.

Газоносна сланцева система принципово відрізняється від традиційних покладів газу за геологічними умовами газонакопичення, структурними умовами залягання, літологічними, петрофізичними та геомеханічними параметрами, факторами екранування, характером газонасичення тощо. Якщо традиційні скупчення газу приурочені до класичних антиклінальних, структурно-тектонічних, літологічних чи комбінованих пасток, моделі колектор - (напівпокришка, то поклади сланцевого газу приурочені до крупних однотипних (сланцевих) літофаціальних стратиграфічних формацій з одночасними функціями колектора та покришки.

Враховуючи цю специфіку родовищ сланцевого газу, пріоритетні комплекси геологороз-

відувальних робіт теж повинні бути видозмінені. Якщо сланцева стратиграфічна формація розглядається як потенційний продуктивний комплекс, то власне її картування та виділення найбільш перспективних ділянок повинно виконуватися уже на регіональному етапі вивчення.

До комплексу геофізичних методів повинна входити регіональна сейсмічна зйомка 2Д для великих глибин як доповнення до раніше проведених регіональних сейсмічних досліджень. При цьому цю зйомку бажано виконувати за відомою технологією компанії IONGeophysical-GXT як продовження розпочатої у суміжному Люблінському басейні Польщі відповідно до концепції «SPAN», що успішно виконується для Балтійсько-Чорноморського басейну. Ця технологія забезпечує наддовгі системи спостережень (до 12 км), збільшений час запису сейсмічних сигналів (12 с), невеликі відстані між каналами записів (25 м), збільшену кратність перекриття (480) тощо та комплексну інтерпретацію з попередніми 2Д регіональними сейсмічними дослідженнями і результатами вимірювань параметрів у пробурених свердловинах.

Завдання 2Д регіональної сейсмічної зйомки за згаданою технологією повинні включати: наукове регіональне вивчення перспективної території; вивчення стратиграфічних комплексів; геологічної будови басейну; регіональний розподіл сейсмофаций, що відображають будову нижньопалеозойських сланців та їх товщин, особливо поблизу зони Тейсейре-Торнквіста, де наявні сейсмічні дані є не досить достовірними; вивчення тектонічної еволюції басейну та відтворення його глибинної будови; встановлення розподілу основних та другорядних зон розломів, які незадовільно відображаються існуючими сейсмічними даними; моделювання вуглеводневих систем тощо.

З врахуванням польського досвіду доцільним є виконання у межах Волино-Поділля як мінімум 2-х повздовжніх профілів північно-західного простягання як їх продовження з Люблінського басейну Польщі, а також 5 поперечних профілів з південного-заходу на північний схід загальною протяжністю біля 1,5 тис. пог. км, варіант розміщення сітки згаданих сейсмопрофілів наведено на рис. 1.

Нетрадиційні джерела вуглеводневого газу створюють різні аномальні геоелектричні, електромагнітні та інші ефекти. У зв'язку з цим не менш важливу роль на початковому етапі вивчення повинні відіграти відомі різнотипні геоелектричні методи (МТЗ, ВЕЗ, ДЕЗ та ін.), методи становлення короткоімпульсного електромагнітного поля (СКІП) та вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ) для виявлення цих аномальних ефектів. Підставою для використання цих методів є диференціація геологічного розрізу за електричним опором, діелектричною проникністю і іншими електричними та електромагнітними властивостями. Оскільки найбільш важливою фізико-хімічною специфікою газоносних сланців є їх маловод-

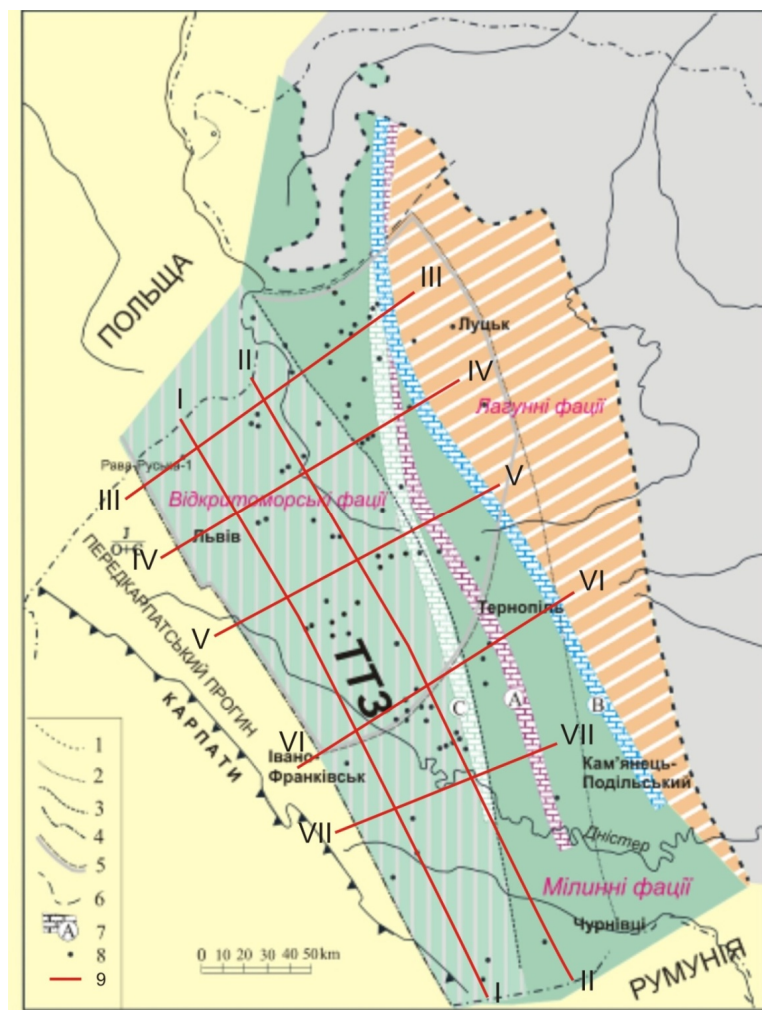
ність та гідрофобність, то їх товщі будуть виділятися високоомними, електромагнітними та іншими аномаліями. Власне геоелектричні, електромагнітні методи можна розглядати як прямі методи просторового картування газоперспективних чорносланцевих формацій. На початковій стадії геологічного вивчення перспективних територій Лукіним О.Ю. [8] пропонується використання методу визваної поляризації (ВП) як прямого методу просторового картування чорносланцевих формацій, враховуючи їх високу насиченість дисперсним піритом. Ця особливість, а також інші особливості мінерального складу та геохімії як фактори формування аномальних ефектів – підвищена уранрадієва радіоактивність, підвищена присутність дисперсних частин самородних металів, в т. ч. заліза, тощо, характерні практично для всіх родовищ сланцевого газу Північної Америки.

У цьому зв'язку крім згаданих електричних методів важливу роль повинні відігравати також і атмогеохімічні дослідження.

Таким чином, на початковій стадії геологічного вивчення для оконтурювання газоперспективних сланцевих формацій Волино-Поділля важлива роль повинна відводитись комплексуванню 2Д регіональної сейсмічної зйомки для великих глибин з різнотипними геоелектричними, електромагнітними методами, методом викликаної поляризації як прямих методів по профілях сітки регіональної сейморозвідки, а також крупномасштабної та за необхідності деталізаційної атмогеохімічної зйомки тощо.

За результатами комплексної інтерпретації виконаних досліджень, моделювання палеозойського басейну та системного аналізу отриманих результатів визначатимуться найбільш перспективні зони (ділянки надр) для подальших пошукових робіт. Важливу роль відіграватимуть технології з прогнозування геологічного розрізу, виділення ділянок з покращеними колекторськими властивостями, розуцільнення, мікротріщинуватості, газонасиченості тощо. Дисперсний характер газонасиченості сланцевих товщ, часткова чи повна маловодність розрізу суттєво змінюють їх щільнісні, міцнісні, акустичні та інші властивості [8]. Ці фактори відкривають значні перспективи для використання інших модифікацій сейморозвідки, зокрема пасивної сейморозвідки, яка базується на цілеспрямованому вивченні природної (спонтанної) сейсмічної активності розсіяних хвиль (мікросейсм) [8], що дає змогу виявляти та картувати хаотично поширені мікротріщинуваті зони.

Завершенням регіонального етапу буде буріння пілотних вертикальних параметричних свердловин в межах виділених найбільш перспективних ділянок з суцільним відбором керну із перспективних сланцевих товщ з подальшими системними лабораторними дослідженнями вмісту органічної речовини, катагенезу чорносланцевих порід, їх літолого-фаціального та мінералогічного складу, петрофізичних та геомеханічних властивостей тощо,



1–3 – східна межа поширення відкладів (1 – силуру, 2 – тиверської серії, 3 – дністерської серії або олд-реду); 4 – західна межа поширення відкладів силуру і девону; 5 – межа поширення середньодевонських відкладів (межі Львівського прогину); 6 – зони тектонічних порушень; 7 – розміщення біогермових бар'єрів (А – баговицького, В – малиновецького (конівського), С – скальського (ісаковецького) віку); 8 – свердловини; ТГЗ – Зона Тейссейра–Торнквіста; 9 – проектні сейсмопрофілі 2D (I–VII)

### Рисунок 1 – Принципова схема розташування проектних регіональних сейсмопрофілів 2D

проведення комплексу ГДС з обов'язковим включенням ГГК (щільнісного та селективного), моделювання та випробування перспективних газосланцевих товщ з використанням багатоступеневих гідророзривів пластів.

Перспективи подальших геологорозвідувальних робіт визначатимуться за отриманими результатами робіт регіонального етапу та геолого-економічної оцінки перспективних об'єктів.

Значні прогнозні видобувні ресурси газу чорносланцевих порід силуру Волино-Поділля (біля 1,6 трлн. куб. м, а з врахуванням відкладів верхнього ордовіку і нижнього силуру до 2 трлн. куб. м) та висока ймовірність відкриття традиційних покладів вуглеводнів у палеозойських відкладах потребують проведення цілеспрямованих геологорозвідувальних робіт.

Газосланцева система принципово відрізняється від традиційних покладів газу за геологічними умовами газонакопичення, структурними умовами залягання, літологічними, пет-

рофізичними та геомеханічними параметрами, факторами екранування, характером газонасичення тощо. Зокрема, якщо традиційні скупчення газу приурочені до класичних антиклінальних, структурно-тектонічних, літологічних чи комбінованих пасток, моделі колектор - (напівпокришка) покришка, то поклади сланцевого газу приурочені до крупних однотипних (сланцевих) літофаціальних стратиграфічних формацій з одночасними функціями колектора та покришки.

**Висновки та завдання подальших досліджень.** Вказана специфіка родовищ сланцевого газу спонукає до видозміни вимог до стабільності геологорозвідувальних робіт. Сланцева стратиграфічна формація розглядається як потенційний продуктивний комплекс. Тому її виділення та картування повинно виконуватися уже на регіональному етапі вивчення геофізичними та іншими методами.

На початковій стадії геологічного вивчення для оконтурювання газоперспективних сланцевих формацій Волино-Поділля важлива роль повинна відводитись комплексуванню 2Д регіональної сейсмічної зйомки за технологією компанії IONGeophysical-GXT (мінімум 2-х повздовжніх профілів північно-західного простягання як їх продовження з Люблінського басейну Польщі та 5 поперечних профілів з південного-заходу на північний схід загальною протяжністю біля 1,5 тис. пог. км) з методами електророзвідки, викликаної поляризації тощо за профілями сітки регіональної сейсморозвідки, крупномасштабної атмогеохімічної зйомки.

Суттєві зміни щільнісних, міцнісних, акустичних та інших властивостей внаслідок дисперсного характеру газонасиченості сланцевих товщ, часткова чи повна маловодність розрізів відкривають значні перспективи використання пасивної сейсморозвідки, яка базується на цілеспрямованому вивченні природної (спонтанної) сейсмічної активності розсіяних хвиль (мікросейсм), що дає можливість виявляти та картувати хаотично поширені мікротріщинуваті зони.

Завершенням регіонального етапу буде буріння пілотних вертикальних параметричних свердловин в межах виділених найбільш перспективних ділянок з суцільним відбором керну із перспективних сланцевих товщ з подальшими лабораторними дослідженнями вмісту органічної речовини, катагенезу чорносланцевих порід, їх літолого-фаціального та мінералогічного складу, петрофізичних та геомеханічних властивостей тощо, проведення комплексу ГДС з обов'язковим включенням ГГК (щільнісного та селективного), моделювання та випробування перспективних газосланцевих товщ з використанням багатоступеневих гідророзривів.

В основу перспективи подальшої роботи буде покладено впровадження у виробництво геологорозвідувальних, які визначатимуться за результатами геолого-економічної оцінки перспектив нафтогазоносності регіону та отриманих результатів робіт регіонального етапу.

### *Література*

- 1 Hill R. J., Jarvie, D. M. Barnett Shale // AAPG Bulletin. – 2007. – V. 91. – P. 399–622.
- 2 Jaffe A.M. Shale Gas Will Rock the World // The Wall Street Journal. – USA, May 10, 2010.
- 3 Гурский Д.С. Сланцевый газ и проблемы энергообеспечения Украины / Гурский Д.С., Михайлов В.А., Чепиль П.М. и др. // Мін. ресурси України. – 2010. – № 3. – С. 3–8.
- 4 Лукин А.Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Статья 1. Современное состояние проблемы сланцевого газа (в свете опыта освоения его ресурсов в США) // Геол. журн. – 2010. – № 3. – С. 17–32.
- 5 Куровець І.М., Михайлов В.А., Зейкан О.Ю., Крупський Ю.З., Гладун В.В., Чепиль П.М., Гулій В.М., Куровець С.С., Касянчук С.В., Грицик І.І., Наумко І.М. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Огляд проблеми. Книга І. – Київ: Ніка-Центр, 2014. – 208 с.
- 6 Куровець І. Перспективи газонасиченості та прогнозні ресурси сланцевого газу породних комплексів силуру Волино-Поділля (Україна) / І. Куровець, Ю. Крупський, В. Чепиль. // Геологія і геохімія горючих корисних копалин. – 2014. – № 1-2.
- 7 Крупський Ю.З., Куровець І.М., Сеньковський Ю.М., Михайлов В.А., Чепиль В.П. та ін. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Книга II. Західний нафтогазоносний регіон. – Київ: Ніка-Центр, 2013. – 400 с.
- 8 Лукін О.Ю. Геофізичні методи та проблема виявлення нетрадиційних джерел природного газу / О.Ю. Лукін // Геологічний журнал. – 2014. – № 1. – С. 7-22.
- 9 Ведерников Г.В. Прогноз залежей углеводородов по характеристикам микросейсм. – Новосибирск. Изд-ство Свиныин и сыновья. 2012. – 2001 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
13.10.14*

*Рекомендована до друку  
професором Федоришиним Д.Д.  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
канд. геол. наук Чорним О.М.  
(ГПУ «Львівгазвидобування», м. Львів)*