ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

С. ЛЕВАШОВ, М. ЯКИМЧУК, І. КОРЧАГІН

ІННОВАЦІЙНІ ЕКСПРЕС-ТЕХНОЛОГІЇ «ПРЯМИХ» ПОШУКІВ СКУПЧЕНЬ НАФТИ і ГАЗУ

Енергетика — це стратегічно важлива галузь для економічної безпеки будь-якої країни. Одним із найважливіших напрямів її розвитку сьогодні є модернізація видобування вуглеводнів, зокрема нафти і газу, до рівня світових стандартів. Про це йдеться в запропонованій публікації, де автори переконливо доводять, що цілеспрямоване використання експрес-технології «прямих» пошуків скупчення вуглеводнів геоелектричними методами (технології СКІП-ВЕРЗ) на відомих родовищах та перспективних площах в Україні, Казахстані та Росії сприятиме підвищенню обсягів їх видобутку.

Постійний ріст світових цін на нафту й залежність економіки України від постачання енергоресурсів із-за кордону від самого початку здобуття незалежності поставили перед країною надзвичайно важливе завдання — гарантування власної енергетичної безпеки. Сьогодні всім зрозуміло, що це завдання може бути вирішене за умови реальних, послідовних та цілеспрямованих дій щодо забезпечення диверсифікації поставок енергоресурсів в Україну, повсюдного впровадження інноваційних енергоощадних технологій у всіх галузях національної економіки, підвищення обсягів видобутку горючих корисних копалин як безпосередньо в Україні, так і національними нафтогазодобувними компаніями на ліцензійних ділянках за кордоном, більш широкого використання альтернативних (відновлюваних) джерел енергії. Через відомі проблеми з постачанням газу в останні роки всім стало зрозуміло, що для запобігання потрясінням у суспільстві розв'язувати це завдання необхідно оперативно й у максимально стислі терміни.

Сьогодні в Україні значну увагу приділяють проблемі збільшення обсягів видобутку нафти і газу. Намічені плани в цьому напрямі можуть бути реалізовані завдяки активному освоєнню шельфів Чорного й Азовського морів, глибинних, перспективних на нафту та газ горизонтів у Дніпровсько-До-

© *ЛЕВАШОВ Сергій Петрович. Кандидат фізико-математичних наук. Провідний науковий співробітник Центру менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю ІГН НАН України.*
ЯКИМЧУК Микола Андрійович. Член-кореспондент НАН України. Директор цієї ж установи.
КОРЧАГІН Ігнат Миколайович. Доктор фізико-математичних наук. Провідний науковий співробітник Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України (Київ). 2008.

нецькій западині, перспективних територій Причорноморського регіону. Проте розв'язати цю проблему у відносно короткі терміни можна, тільки застосувавши інноваційні технології пошуку та розвідування нафти й газу. Нижче на прикладах застосування з нафтогазопошуковими цілями ефективної експрес-технології «прямих» пошуків і розвідування скупчень вуглеводнів геоелектричними методами [6-8] спробуємо окреслити коло першочергових завдань, оперативне вирішення яких сприятиме розв'язанню найважливішого завдання — збільшення обсягів видобутку вуглеводнів у Україні за короткі терміни.

Об'єктивні обставини. На сьогодні провідним геофізичним методом пошуків і розвідування скупчень вуглеводнів є сейсморозвідка. Однак, незважаючи на її подальше вдосконалення як за системами спостережень, так і в напрямі нових програмно-алгоритмічних продуктів оброблення та інтерпретації хвильових полів, відсоток буріння порожніх свердловин істотно не знизився (понад 50 %). Складається враження, що кардинально змінити ситуацію тільки завдяки вдосконаленню сейсмічних технологій неможливо. Якщо до того ж урахувати важкість і високу вартість сейсморозвідувальних робіт, то це тим більше очевидно. Природно, що ефективнішим є шлях комплексного використання сейсморозвідки разом з іншими геофізичними методами й передусім із нетрадиційними, так званими «прямими» пошуками скупчень вуглеводнів.

Протягом багатьох десятиліть несейсмічні методи пошуків і розвідування родовищ нафти й газу через об'єктивні обставини не змогли зайняти гідне місце в геологорозвідувальному процесі. Ситуація почала кардинально змінюватися в останні роки у зв'язку з активним освоєнням нафтогазових ресурсів як прибережних шельфових територій, так і глибоководних ділянок морів і океанів. У межах морських акваторій, особливо арктичних, вартість буріння розвідувальних, параметричних та видобувних свердловин істотно зростає. Безперечно, у цій ситуації гостро постала проблема підвищення успішності буріння: нафтодобувні компанії змушені вкладати додаткові кошти в геолого-геофізичну розвідку. Ситуація, що склалася, сприяла активному застосуванню так званих «прямих» методів пошуків вуглеводнів, у тому числі й геоелектричних.

Особливих успіхів у впровадженні електромагнітних технологій «прямих» пошуків у нафтогазорозвідувальний процес досягли західні компанії: EMGS з технологією Sea Bed Logging (SBL) [www.emgs.com] [19, 22] та MTEM з технологією MTEM (multi-transient electromagnetic) [www.mtem.com] [23]. Сьогодні ці технології визнали провідні нафтогазові компанії світу, які виконують електромагнітні дослідження за багатомільйонними контрактами на суші та в морських акваторіях у всіх нафтогазоносних регіонах земної кулі. Так, компанія EMGS співпрацює з 35 провідними нафтогазовими компаніями і вже виконала дослідження на 250 нафтогазоперспективних об'єктах. У 2007 р. 100 % акцій компанії MTEM, яка створена в 2004 р., викупила відома сервісна компанія PGS за 275 млн дол. США.

Проте шлях становлення сучасних інноваційних технологій у цілому не простий. Так, Ken Feather, віце-президент компанії EMGS, яка була визнана представниками нафтогазового співтовариства тільки після одержання в 2003 р. премії журналу «World Oil» за розроблення SBL, пише: «Історія свідчить, що ... успішні, які істотно змінюють правила гри, технології ... часто переживають порівняно важкі часи становлення. Фактично співтовариство споживачів послуг намагається ігнорувати їх, іноді з незнання, іноді зі страху, але більшою мірою через те, що такі технології зазвичай пору-

шують статус-кво. Вони часто є руйнівними технологіями» [22]. Проте досвід закордонних компаній свідчить, що при правильній організації маркетингової та рекламної стратегії інноваційні технології можуть бути визнані потенційними споживачами.

Геоелектричні методи польових спостережень різних модифікацій (МТЗ, ЗСП, ТТ, ЧЗ, ВЕЗ, ВП та ін.) широко використовують під час геолого-геофізичних досліджень з метою пошуків і розвідування родовищ вуглеводнів [1, 3—5, 18, 24]. Під час проведення таких досліджень геоелектричними методами виділяють аномальні ділянки підвищеної поляризації та підвищеного питомого електричного опору порід, які в межах перспективних на нафту і газ площ називають аномаліями типу «поклад» (АТП). Факти підвищення питомого електричного опору середовища та збільшення його поляризаційних властивостей в інтервалах розміщення покладів вуглеводнів установлені на підставі аналізу польових і лабораторних матеріалів. У спеціальних дослідженнях відзначено, що опір насичених нафтою колекторів майже на два порядки вищий від насичених водою [19].

Компоненти технології та апаратура. Інноваційна геофізична експрес-технологія «прямих» пошуків і розвідування скупчень вуглеводнів геоелектричними методами («ноу-хау») включає площадкове зняття методом становлення короткоімпульсного електромагнітного поля (СКІП), метод вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ) і флюксметричне зняття (експрес-технологія СКІП-ВЕРЗ) [6—9]. Оригінальні методи геофізичних досліджень, що входять у цю технологію, базуються на вивченні геоелектричних параметрів середовища в імпульсних несталих геоелектричних полях, а також квазістаціонарного електричного поля Землі та його спектральних характеристик над покладами вуглеводнів:

1. Методом СКІП реєструють процес становлення поля короткого електричного імпульсу в малогабаритних дипольних феритових антенах. Використання в розробленій модифікації методу коротких і потужних електричних імпульсів дало можливість відмовитися від використання довгих ліній, що істотно скорочує час спостережень у фізичній точці, а отже, значно підвищує продуктивність та економічність цього методу.

2. За допомогою флюксметричного зняття вимірюють вертикальний складник напруженості електричного поля Землі над покладами. Ця інформація під час інтерпретації даних польових спостережень дає можливість оцінити потужності аномальних зон типу «нафтогазовий поклад».

3. Вертикальне електрорезонансне зондування базується на вивченні процесів природної поляризації середовища і спектральних характеристик природного електричного поля над покладом. Для горизонтально-шаруватих розрізів цей складник технології дає можливість ефективно розділяти розріз у точці зондування на окремі стратиграфічні підрозділи і з високою точністю визначати глибину їх залягання.

Сьогодні технологія СКІП-ВЕРЗ не має завершеного теоретичного обґрунтування. Основні компоненти технології розроблено в процесі багаторічних експериментів у польових умовах. Польові спостереження здійснюють за допомогою портативних вимірювальних комплексів «GEMA» та ВЕРЗ [6—7], які за допомогою програмного інтерфейсу з'єднані з GPS-приймачем і польовим комп'ютером. Безпосередньо в польових умовах оперативно здійснюють оброблення даних спостережень, аналізують отримані результати, коригують послідовність польових спостережень і проводять попередню інтерпретацію даних. Комплекси обслуговує один або два оператори.

Загалом розроблена технологія (комплекс геофізичних методів) дозволяє опе-

ративно, за максимально стислі терміни та з мінімальними фінансовими витратами ефективно вирішувати широкий комплекс екологічних, інженерно-геологічних, гідрогеологічних і геолого-геофізичних завдань. При цьому оперативно вирішують окремі завдання на всіх етапах конкретних досліджень, а саме: а) польових вимірювань; б) попереднього і (чи) остаточного оброблення даних геофізичних спостережень; в) інтерпретації отриманої інформації та підготовки висновків, рекомендацій і звітів. Досягнута оперативність розв'язання конкретних практичних завдань забезпечує надання попередніх висновків і рекомендацій за результатами виконаних робіт безпосередньо в полі, відразу ж після завершення етапу польових вимірів.

Апробація технології. У 2001—2005 рр. технологія СКІП-ВЕРЗ пройшла широку апробацію на родовищах і перспективних на наявність вуглеводнів площах в Україні, Казахстані, Росії [6, 8, 10—17]. У цілому за цей період геоелектричні дослідження з використанням експрес-технології СКІП-ВЕРЗ проведені на 40 родовищах нафти і газу. Аномалії типу «поклад» зафіксовані зніманням СКІП на всіх (!) родовищах. У розрізах родовищ зондуванням ВЕРЗ виділено АТП типу «нафтогазовий пласт». Аномалії типу «поклад» закартографовані методом СКІП у межах 50 перспективних структур і окремих площ із 62 обстежених.

Основний результат проведених робіт — оперативне одержання нової (додаткової) інформації, яка разом з іншими даними дозволяє виділити найперспективніші ділянки як для детальних геолого-геофізичних досліджень, так і для проведення параметричного і розвідувального буріння. Установлено інтервали глибин для кожної перспективної структури, які заслуговують на першочергову увагу під час аналізу та інтерпретації наявних геологічних і геофізичних даних.

Істотний обсяг геоелектричних досліджень із застосуванням технології СКІП-ВЕРЗ виконано у 2006 р., зокрема:

1. У сезонних роботах 11-ї Української антарктичної експедиції (січень—лютий 2006 р.) в акваторіях Антарктичного півострова вперше за допомогою маршрутного знімання СКІП із борту судна закартографовано аномалію типу «поклад», а зондуванням ВЕРЗ у її межах виділено АТП типу «поклад вуглеводнів» [11, 21]. Це свідчить про практичну можливість застосування технології СКІП-ВЕРЗ під час пошуків і розвідування скупчень вуглеводнів у морських акваторіях.

2. Геоелектричні дослідження в межах виділеного за сейсмічними даними Вороновського склепіння на Сіверськодонецькій площі (березень, 2006 р.) продемонстрували доцільність застосування технології під час вибору місць закладання розвідувальних свердловин [12].

3. Рекогносцирувальні (червень, 2006 р.) і деталізовані (серпень, 2006 р.) дослідження в межах Кустанайської нафтогазоперспективної площі (Республіка Казахстан) понад 4000 км^2 ще раз підтвердили ефективність технології СКІП-ВЕРЗ під час рекогносцирувального обстеження значних за площею територій, засвідчили можливість і об'єктивну доцільність її комплексного застосування разом із дистанційними (аерокосмічними) методами й ефективність під час вибору місць оптимального закладання розвідувальних свердловин [14].

4. Експериментальні дослідження (серпень, 2006 р.) на Собінському нафтогазоконденсатному родовищі в Красноярському краї (Росія) довели принципову можливість проведення знімання СКІП із літака, що дозволяє застосовувати його в комплексі з іншими аерогеофізичними методами для рекогносцирувального обстеження важкодоступних територій [15].

5. Рекогносцирувальні та детальні дослідження (жовтень, 2006 р.) на Новоніжинській нафтогазоперспективній ділянці (1260 км^2) (Республіка Казахстан) становлять інтерес щодо їх зіставлення з матеріалами, отриманими раніше іншими геофізичними методами (у тому числі і сейсмічними). Нові геоелектричні дані підтвердили доцільність буріння розвідувальних свердловин у межах антиклінальних структур, виділених за матеріалами сейсморозвідки 2Д, дозволили уточнити місце їх розташування.

Про економічну ефективність технології СКІП-ВЕРЗ свідчить і таке. На площі блоку влітку 2006 р. виконано сейсморозвідку 2Д в обсязі 170 погонних км (1 місяць — польові роботи, 3 місяці — оброблення й інтерпретація даних). Польові геоелектричні роботи проведено за 10 днів, 2 тижні витрачено на остаточне оброблення матеріалів та підготовку звіту. Договірна вартість геоелектричних робіт на порядок нижча від вартості сейсмічних. Загалом при комплексному застосуванні технології СКІП-ВЕРЗ разом із сейсморозвідкою загальна вартість робіт майже не збільшується, однак найперспективніші ділянки при цьому можна обстежити за допомогою сейсморозвідки детальніше.

6. У грудні 2006 р. дослідження на окремих родовищах і площах у Дніпровсько-Донецькій западині засвідчили принципову можливість виявлення і обстеження за допомогою технології СКІП-ВЕРЗ АТП типу «нафта» і «газ» у глибинних (понад 6000 м) горизонтах осадового чохла [16]. Підтверджено перспективи газоносності глибинних горизонтів на Кобзівському газоконденсатному родовищі (ГКР) [2]. На Західно-Радченківській площі детальні дослідження в околицях соляного штоку виявили і закартографували АТП типу «газ» у надсольових та підсольових (підкарнизних) відкладеннях [20].

7. Наприкінці 2006 р. — на початку 2007 р. на одній із ділянок Таврійської площі виконано детальні роботи, у результаті яких закартографовано аномалію типу «поклад» загальною площею понад 60 км^2 [17]. Ці роботи ще раз засвідчили, що Таврійська площа є високоперспективною для пошуків і розвідування промислових покладів газу у відкладах нижньої крейди (1870—2070 м), нижнього палеоцену (1210—1460 м) і майкопу (800—900 м).

8. Значний для подальшого становлення технології СКІП-ВЕРЗ обсяг експериментальних досліджень виконано в жовтні 2007 р. на території всієї Кустанайської площі (8045 км^2). Знімання в модифікації АероСКІП із борту літака АН-2 по регулярній мережі профілів охопило всю перспективну на нафту частину території. Це дозволило виявити здебільшого всі аномальні зони типу «поклад», що становлять нафтопошуковий інтерес і можуть бути пов'язані зі скупченнями вуглеводнів. Побудовані за даними АероСКІП карти аномалій типу «поклад» для трьох ділянок площі є детальними інформаційними матеріалами, що дозволяють надрокористувачеві обґрунтовано виділити безперспективну частину території щодо виявлення промислових скупчень вуглеводнів і повернути її компетентному органові відповідно до умов ліцензійної угоди.

Оперативне обстеження найбільших аномальних зон у межах західної ділянки площі наземним зніманням СКІП і зондуванням ВЕРЗ дало можливість класифікувати їх як найбільш перспективні щодо закладення перших розвідувальних свердловин. Це дало можливість оперативно (ще в процесі проведення польових робіт) прийняти рішення про першочергове буріння розвідувальної свердловини в цій зоні. Головними аргументами на користь цього стали: а) великі (за площею) розміри аномальної зони; б) велика сумарна потужність АТП

типу «нафта»; в) відносно невелика глибина залягання АТП типу «нафта»; г) відсутність на ділянці комплексу відкладень трапів. Усе це разом дозволяє пробурити свердловину (а отже, остаточно оцінити нафтоперспективність ділянки) у відносно стислі терміни і з мінімальними витратами. У межах аномальної зони виконано значний обсяг деталізованих робіт методом ВЕРЗ, необхідних для побудови структурно-тектонічної моделі структури ділянки і, отже, проектування свердловини. За даними ВЕРЗ, рекомендовано місце для закладання свердловини.

Технологію СКІП-ВЕРЗ, а також більшість результатів її практичного застосування опубліковано в наукових журналах, збірниках наукових праць і тез доповідей (понад 200 публікацій). Вона пройшла широку апробацію на національних і міжнародних семінарах, конференціях, симпозіумах і конгресах (понад 90 наукових форумів у 2002—2007 рр.).

Перспективи використання технології. Результати практичної апробації технології СКІП-ВЕРЗ на родовищах і перспективних площах в Україні, у Республіці Казахстан і в Росії свідчать про доцільність її широкого застосування як для рекогносцирувального обстеження значних за площею нафтогазоперспективних територій, так і детального вивчення окремих структурних елементів будови осадового чохла в межах ділянок розташування виявлених аномалій типу «поклад». Додаткова геолого-геофізична інформація, яку можна оперативно одержати за допомогою використання експрес-технології, сприятиме підвищенню ефективності геолого-геофізичних робіт щодо розвідування покладів нафти і газу в цілому.

Практичне випробування показує, що ефективність геоелектричних досліджень можна підвищити як завдяки їхньому комплексному використанню разом з іншими геофізичними методами, так і під час проведення разом із замовниками етапу інтерпретації таких польових вимірювань. Основні напрями досліджень, де використання експрес-технології СКІП-ВЕРЗ може дати відчутні результати найближчим часом, можна сформулювати таким чином:

1. Рекогносцирувальні обстеження великих площ із метою пошуків середніх та великих родовищ вуглеводнів на території України.

Проблема пошуків середніх і великих родовищ вуглеводнів у Україні є однією з найбільш пріоритетних. Аналіз і зіставлення закартографованих аномалій із місцем розташування продуктивних і порожніх свердловин на родовищах вуглеводнів показує, що контури АТП у цілому відображають контури поширення продуктивних горизонтів. Це дозволяє вважати, у першому зіставленні, що площа закартографованої аномалії близька до площі поширення покладів. З іншого боку, зондування ВЕРЗ також показує, що чим вища інтенсивність аномалій СКІП, тим більша потужність АТП типу «нафтогазовий пласт», зафіксованих діаграмами ВЕРЗ у точці зондування. Отже, розміри аномалій типу «поклад», а також їхню інтенсивність можна використовувати як критерії для одержання кількісних оцінок площі поширення АТП типу «нафтогазовий пласт», а також їхньої потужності в розрізі. Так, найінтенсивнішу аномалію типу «поклад» закартографовано над відомим у всьому світі великим родовищем вуглеводнів Тенгіз (Республіка Казахстан) [8]. В Україні найбільш інтенсивну АТП закартографовано у 2006 р. на Кобзівському ГКР, що також належить до розряду великих [2]. У зв'язку з цим для пошуків великих і середніх родовищ вуглеводнів можна запропонувати таку стратегію:

а) академічні, університетські і галузеві науково-дослідні установи за результатами своїх теоретичних розроблень, аналізу та узагальнення наявних геолого-геофізичних

даних виділяють найперспективніші райони і площі, що заслуговують на першочергову увагу щодо пошуків великих родовищ вуглеводнів. Додамо, що на сьогодні в цьому напрямі вже досить багато зроблено. Результати узагальнень наявних геолого-геофізичних матеріалів, виконані провідними спеціалістами з нафтогазової проблематики, можна знайти в численних науково-дослідних звітах, а також у спеціальних публікаціях;

б) на виділених площах і ділянках проводять рекогносцирувальні дослідження методом СКІП в автомобільному варіанті (або в аероваріанті). У межах закартографованих зніманням СКІП аномалій виконують зондування ВЕРЗ для оцінення потужностей АТП типу «нафтогазовий пласт». Такі дослідження можуть бути проведені на значних за площею територіях за відносно короткі проміжки часу. У результаті рекогносцирувальних робіт буде виявлено геоелектричні аномалії типу «поклад» і потужності АТП типу «нафтогазовий пласт», які ці аномалії зумовлюють;

в) у межах виявлених найбільших за розмірами та інтенсивністю геоелектричних аномалій здійснюють детальний аналіз наявних геолого-геофізичних матеріалів, проводять додаткові детальні геолого-геофізичні дослідження, виконують параметричне і розвідувальне буріння.

Технологію рекогносцирувального обстеження великих за площею територій випробувано практично в межах розвідувального блоку Р-9 у Західному Казахстані [8], а також на Кустанайській нафтогазоперспективній площі [14]. Проведення площинних досліджень зніманням АероСКІП з борту літака істотно прискорить виконання рекогносцирувального етапу робіт.

Протягом останніх років у Україні цілеспрямовано виконують аеромагнітне знімання в межах української частини шельфу Чорного й Азовського морів. Однак такі масштабні аеромагнітні роботи не можна комплексно проводити з іншими геофізичними дослідженнями, що в цілому знижує їхню ефективність. Комплексні магнітні, ізотопні та геоелектричні виміри з борту літака АН-2 на Собінському нафтогазоконденсатному родовищі (НГКР) у 2006 р. продемонстрували як можливість такої роботи, так і її ефективність.

2. Рекогносцирувальні й детальні дослідження на окремих родовищах і ділянках з метою вибору місць закладання свердловин.

Зіставлення геоелектричних аномалій типу «поклад» з даними буріння на родовищах Західного Казахстану показує, що свердловини, пробурені в зоні аномалій, розкривають продуктивні нафтоносні відклади, а пробурені поза контурами аномалій значних припливів нафти не дають.

У 2005 р. зондування ВЕРЗ за детальною методикою виконано з метою оцінення перспектив поновлення видобутку вуглеводнів біля пробурених свердловин на деяких родовищах Керченського півострова. Усього методом ВЕРЗ обстежено понад 40 старих свердловин. За даними зондування, визначено найперспективніші свердловини для організації видобутку вуглеводнів.

Виконані дослідження показали, що: а) експрес-технологію можна використовувати під час обстеження старих (законсервованих) свердловин з метою відновлення в них видобутку вуглеводнів; б) зондування ВЕРЗ за детальною методикою дає можливість виділяти в розрізі продуктивні горизонти потужністю до 1 м; в) експрес-технологію доцільно використовувати в комплексі із сучасними методами інтенсифікації видобутку вуглеводнів.

Загалом проведення додаткових геоелектричних досліджень методами СКІП і ВЕРЗ під час вибору місць закладання свердловин сприятиме підвищенню коефіцієнта успішності буріння.

3. Виконання рекогносцирувальних обстежень перспективних структур в акваторіях шельфу Чорного й Азовського морів.

Під час сезонних робіт 9-ї (2004 р.) та 11-ї (2006 р.) Українських антарктичних експедицій відпрацьовано методичні питання проведення геоелектричних спостережень у морських акваторіях в Антарктичному регіоні.

Експериментально-дослідницькі роботи також доцільно провести на перспективних структурах шельфу північно-західної частини Чорного моря. Практичне підтвердження дієвості технології СКІП-ВЕРЗ на відомому родовищі в акваторії шельфу дозволить надалі істотно прискорити процес оперативного рекогносцирувального обстеження перспективних структур і ділянок як в акваторіях шельфу, так і в районах схилів і глибоководних частин морських западин.

4. Вивчення перспективних об'єктів і структур у Причорноморському регіоні за допомогою рекогносцирувальних і детальних геоелектричних досліджень.

Перші практичні випробування експрес-технології СКІП-ВЕРЗ здійснено в Причорноморському регіоні (Східносаратське родовище). У цьому ж регіоні випробували нові методичні й апаратурні розроблення. Наприкінці 2005 р. у Придністров'ї було проведено детальні дослідження на території площею майже 600 км^2, у результаті яких установлено зв'язок закартографованих у цьому районі аномалій типу «поклад» із тектонічними і структурними елементами геологічної будови регіону.

Загалом результати багаторічного застосування технології СКІП-ВЕРЗ у межах суходолу Азовсько-Чорноморського регіону для рекогносцирувального й детального обстеження відомих родовищ і перспективних на вуглеводні структур та площ дозволяють констатувати, що отримані нові геоелектричні дані підтверджують неодноразово висловлені численними дослідниками припущення про перспективність цього регіону щодо виявлення і відкриття великих і середніх за запасами родовищ вуглеводнів. Доцільно підвищити інтенсивність пошукових геолого-геофізичних робіт щодо розвідування покладів нафти і газу в цьому регіоні.

5. Виділення і картографування продуктивних інтервалів у глибинних горизонтах осадового чохла, а також тріщинуватих зон (колекторів) у кристалічному фундаменті.

Промислові скупчення вуглеводнів виявлено в породах кристалічного фундаменту в ряді родовищ у прибортових частинах ДДЗ, наприклад, у Юліївському нафтогазоконденсатному родовищі. За допомогою зондування ВЕРЗ у межах аномалій типу «поклад», закартографованих зніманням СКІП на Голубівській, Ульяновській і Пролетарській площах, зафіксовано АТП типу «нафтогазовий пласт» на глибинах залягання кристалічного фундаменту. І нарешті, досвід застосування технології СКІП-ВЕРЗ у 2004—2005 рр. для вивчення структури кристалічного масиву в межах проекту з пошуку в ньому монолітних блоків для поховання радіоактивних відходів показав можливість ефективного виділення як зон дроблення, так і відносно стабільних непорушених блоків.

Наведені вище міркування свідчать про можливість застосування експрес-технології СКІП-ВЕРЗ для вивчення будови кристалічного фундаменту, а отже, і пасток для вуглеводнів у ньому. Практичну можливість виявлення і обстеження методами СКІП-ВЕРЗ АТП типу «нафта» і «газ» у глибинних горизонтах осадового чохла продемонстровано експериментальними дослідженнями на Кобзівському ГКР [16].

Сьогодні для розроблення перспективних на наявність вуглеводнів глибинних горизонтів ДДЗ в Україні вирішено залучити іноземні нафтодобувні компанії, які володіють сучасними технологіями розвідування та видобутку вуглеводнів. Однак і

національним нафтогазовим компаніям також бажано освоювати сучасні технології глибокого буріння й видобутку вуглеводнів із глибинних горизонтів розрізу.

6. Дослідження можливостей застосування геоелектричних методів для вивчення закритих осадових басейнів.

Деякі дослідники на основі теоретичних розроблень і практичних результатів обґрунтовують припущення про наявність у межах території України закритих кристалічних порід осадових басейнів, із якими можуть бути пов'язані великі родовища вуглеводнів. Результати застосування технології СКІП-ВЕРЗ для виділення непорушених блоків у кристалічному масиві показують принципову можливість її застосування для виявлення і виділення в закритих осадових басейнах АТП типу «нафто-, газо- чи водонасичений пласт» [11].

7. Розвідування вугільних родовищ і картографування зон скупчення вільного газу (метану) в межах шахтних полів.

Практичний досвід успішного картографування геоелектричними методами СКІП і ВЕРЗ (як у плані, так і в розрізі) ділянок підвищеного скупчення вільного газу (метану) у вугільних розрізах двох шахтних полів у Донбасі відкриває широкі перспективи активнішого використання як енергоносія для виробничого процесу шахтного метану у вугільних басейнах країни. З іншого боку, ефективне розв'язання проблеми дегазації шахтних розрізів також сприятиме підвищенню безпеки технологічного процесу вуглевидобутку. Загалом маємо всі свідчення як на користь повсюдного використання геоелектричних методів на етапах пошуків, розвідування й експлуатації вугільних родовищ, так і щодо подальшого вдосконалення технології в теоретичному, методичному й апаратурному аспектах з метою повнішого й оперативнішого вирішення завдань, пов'язаних з утилізацією метану вугільних родовищ.

8. Комплексне використання експрес-технології разом із дистанційними (аерокосмічними) методами пошуків і розвідування родовищ вуглеводнів.

Технології пошуків скупчень вуглеводнів, за даними зондування Землі в різних діапазонах частот із космічних і літальних апаратів, на сьогодні активно розробляють і застосовують як на суші, так і в морських та океанічних акваторіях.

Рекогносцирувальні та деталізовані геоелектричні дослідження в межах Кустанайської нафтогазоперспективної площі є переконливим прикладом можливості й доцільності такого поєднання [14]. Так, за допомогою методів СКІП і ВЕРЗ було обстежено понад 30 аномальних зон, виділених за даними космогеофізичного прогнозування щодо нафтогазоносності. За допомогою знімання СКІП з автомобіля на площі досліджень виявлено 5 великих і 7 невеликих аномальних зон типу «поклад». За допомогою зондування ВЕРЗ у їхніх межах виділено кілька глибинних горизонтів розташування АТП типу «нафта» і «газ». Отримані результати наочно демонструють, що технологію СКІП-ВЕРЗ можна застосовувати для надійного підтвердження й ефективного розбраковування аномалій космогеофізичного прогнозування щодо нафтогазоносності.

9. Рекогносцирувальні обстеження ліцензійних ділянок на територіях зарубіжних країн з метою вибору найперспективніших для детального геолого-геофізичного вивчення та розроблення.

Оперативність проведення польових геоелектричних вимірів за технологією СКІП-ВЕРЗ дозволяє застосовувати її на етапах попереднього оцінювання перспективності ліцензійних ділянок, що може сприяти зниженню показника ризику під час прийняття рішень щодо конкретних об'єктів.

Досвід робіт із застосуванням технології СКІП-ВЕРЗ на Кустанайській (8045 км^2) та

Новоніжинській (1260 км^2) площах у Республіці Казахстан свідчить про те, що за допомогою технології СКІП-ВЕРЗ етап розвідування площі можна істотно скоротити. Застосування методів СКІП-ВЕРЗ у межах ліцензійних блоків дозволить оперативно вибрати найсприятливіші ділянки як для проведення детальних сейсмічних та інших геолого-геофізичних робіт, так і для закладання розвідувальних свердловин.

Зрозуміло, що скорочення етапу розвідування й відповідно більш ранній початок розроблення родовища може значною мірою підвищити ефективність інвестицій, а також прискорити окупність проектів у цілому.

Припускаємо, що істотне скорочення етапу геолого-геофізичного розвідування в межах ліцензійних блоків, якого принципово можна досягти за допомогою застосування експрес-технології СКІП-ВЕРЗ, може також зіграти істотну, навіть і визначальну роль у тендерах щодо розвідування і розроблення нових ліцензійних блоків. Технологія СКІП-ВЕРЗ дає можливість брати участь у тендерах на проведення пошукових і розвідувальних робіт у межах великих (10—30 тис. км^2) ліцензійних блоків. Досвід свідчить, що рекогносцирувальне обстеження території площею 30 000 км^2 може бути здійснене за допомогою повітряного й автомобільного знімання СКІП протягом 2—3 місяців польових робіт.

Висновки. Отримані у 2007 р. результати площадкового знімання методом СКІП з борту літака (модифікація АероСКІП) свідчать де-факто про створення ефективної й економічної технології для оперативного обстеження з нафтогазопопошуковими цілями великих, віддалених і важкодоступних нафтогазоперспективних територій. Практичне застосування цієї технології на початковому етапі нафтогазопошукових робіт дозволяє значно прискорити геолого-розвідувальний процес шодо залягання покладів нафти і газу в цілому.

Досвід знімання СКІП з борту літака на Собінському НГКР (2006 р.) [15] і Кустанайській нафтогазоперспективній площі (жовтень, 2007 р.) свідчить про можливість застосування зазначеної нижче методичної послідовності (етапності) вивчення нових великих за площею і важкодоступних нафтогазоперспективних територій за допомогою технології СКІП-ВЕРЗ, а також методу АероСКІП:

а) рекогносцирувальне знімання методом АероСКІП території досліджень за регулярною сіткою профілів із кроком 2 км між ними з метою виявлення і картографування аномальних зон типу «поклад»;

б) деталізація ділянок виявлених аномалій профілями АероСКІП із кроком між ними 1—0.5 км;

в) фіксація виявлених аномалій за допомогою наземного (автомобільного) знімання СКІП за окремими профілями, а також виконання в їхніх межах оцінювальних (рекогносцирувальних) зондувань ВЕРЗ із метою оцінення потужності (сумарної) і глибин залягання АТП типу «нафта» і «газ»;

г) оперативне оцінення отриманих аеродинамічних результатів наземних досліджень СКІП і ВЕРЗ з метою вибору першочергових об'єктів (ділянок) для оперативного проведення деталізованих робіт;

д) виконання деталізованих досліджень методом ВЕРЗ у межах найперспективніших аномальних зон типу «поклад» з метою визначення місць закладання розвідувальних свердловин.

Описана вище технологічна схема проведення польових досліджень повною мірою реалізована на Кустанайській нафтогазоперспективній площі (8045 км^2) у жовтні 2007 р. Таку практично апробовану методику оперативного обстеження нових нафтогазоперспективних територій можна

рекомендувати для широкого застосування після підтвердження перспектив нафтогазоносності Кустанайської площі за допомогою буріння.

Подальші перспективи підвищення ефективності технології АероСКІП можуть бути пов'язані з використанням безпілотних літальних апаратів. Такі сучасні апарати вже здатні літати зі швидкістю 180 км на годину і перебувати в повітрі до 16 годин. Їх використання дозволить знизити фінансові витрати на виконання польових вимірювань. У такому разі повітряні вимірювання й наземні геоелектричні роботи можна виконувати паралельно. Досить ефективним може бути використання цих апаратів також під час проведення робіт у морських акваторіях.

Підсумовуючи, зазначимо, що практичні результати свідчать: інноваційна експрес-технологія СКІП-ВЕРЗ «прямих» пошуків і розвідування родовищ нафти і газу дозволяє оперативно й ефективно вирішувати широкий спектр нафтогазопошукових завдань.

1. *Агеев В.В., Лисин А.С.* Возможности метода становления электрического поля в поляризующихся средах при поисках месторождений углеводородов (УВ) на морском шельфе // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 32-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского (Пермь, 24—29 января 2005 г.). — Пермь, 2005. — С. 9.
2. *Бенько В.М., Дячук В.В., Мачужак М.И., Олексюк В.И., Лизанец А.В., Лагутин А.А., Волосник Е.А., Горяйнова О.Б.* Кобзевское месторождение — основной объект поисково-разведочных работ и увеличения добычи газа ДК «Укргазвидобування» // Материалы Международной научно-технической конференции «Геопетроль-2006» (Закопане, 18—21 сентября 2006 г.). — Краков, 2006. — С. 855—858.
3. *Корольков Ю.С.* Зондирование становлением электрического поля для поисков нефти и газа. — М.: Недра, 1987. — 116 с.
4. *Кукуруза В.Д.* Геоэлектрические факторы в процессах формирования нефтегазоносности недр: Монография. — К.: 2003. — 410 с.
5. *Могилатов В.С., Потапов В.В.* Оконтуривание залежей углеводородов с использованием ТМ-поляризованного электромагнитного поля // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 29-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского. — Екатеринбург, 2002. — С. 220—226.
6. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Таскинбаев К.М.* Технология прямых поисков залежей углеводородов геоэлектрическими методами и результаты ее применения на нефтегазовых месторождениях Западного Казахстана // Геоинформатика. — 2002. — № 3. — С. 15—25.
7. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Пищаный Ю.М.* Метод электрорезонансного зондирования и его возможности при проведении комплексных геолого-геофизических исследований // Геоинформатика. — 2003. — № 1. — С. 15—20.
8. *Левашов С.П., Самсонов А.И., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Таскинбаев К.М.* Использование геоэлектрических методов при проведении рекогносцировочных исследований на нефть в Западном Казахстане // Геоинформатика. — 2004. — № 1. — С. 21—31.
9. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Дегтярь Р.В., Божежа Д.Н.* Обнаружение и картирование геоэлектрическими методами зон повышенного газонасыщения на угольных шахтах // Геофизика. — 2006. — № 2. — С. 58—63.
10. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н.* Экспресс-технология «прямых» поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами: результаты практического применения в 2001—2005 гг. // Геоинформатика. — 2006. — № 1. — С. 31—43.
11. *Левашов С.П., Бахмутов В.Г., Корчагин И.Н., Пищаный Ю.М., Якимчук Н.А.* Геоэлектрические исследования во время проведения сезонных работ 11-й Украинской антарктической экспедиции // Геоинформатика. — 2006. — № 2. — С. 24—33.
12. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Василюк В.М., Корчагин И.Н., Пищаный Ю.М., Божежа Д.Н.* Использование геоэлектрических методов для оценки целесообразности бурения параметрической скважины на перспективной структуре // Геоинформатика. — 2006. — № 4. — С. 22—27.
13. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н.* Экспресс-технология прямых поисков и разведки месторождений углеводородов геоэлектрическими методами и перспективы ее применения // Докл. НАН Украины. — 2007. — № 1. — С. 116—122.
14. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Жулдаспаев М.Д., Якубовский В.И., Божежа Д.Н.*

Рекогносцировочные и детальные геоэлектрические исследования при поисках углеводородов на Кустанайской нефтегазоперспективной площади // Геоинформатика. — 2007. — № 1. — С. 27—37.
15. *Левашов С.П., Червоный Н.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Пищаный Ю.М.* Опыт проведения аэрогеоэлектрических исследований на Собинском нефтегазоконденсатном месторождении в Красноярском крае // Геоинформатика. — 2007. — № 2. — С. 68—77.
16. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Пищаный Ю.М.* Перспективы нефтегазоносности глубинных горизонтов ДДВ по геоэлектрическим данным. Геодинамика, тектоника и флюидодинамика нефтегазоносных регионов Украины: Тезисы докладов VII Международной конференции «Крым-2007» (АР Крым, Симферопольский р-н, с. Николаевка, 10—16 сентября 2007 г.). — С. 100—103.
17. *Самсонов А.И., Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н.* Перспективы нефтегазоносности в Причерноморском регионе по данным геоэлектрических исследований. Геодинамика, тектоника и флюидодинамика нефтегазоносных регионов Украины. Тезисы докладов VII Международной конференции «Крым-2007» (АР Крым, Симферопольский р-н, с. Николаевка, 10—16 сентября 2007 г.). — С. 109—111.
18. *Фінчук В.В., Скопиченко І.М., Михайлюк С.Ф.* Деякі основи використання методу точкових електромагнітних зондувань для прогнозування скупчень вуглеводнів // Нафта і газ України. Матеріали 8-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Нафта і газ України — 2004» (Судак, 29 вересня — 1 жовтня 2004 р.) в 2-х томах. — Л.: «Центр Європи», 2004. — Т. 1. — С. 365—366.
19. *Eidesmo T., Ellingsrud S., MacGregor L.M., Constable S., Sinha M.C., Johansen S., Kong F.N., Westerdahl H.* Sea Bed Logging (SBL), a new method for remote and direct identification of hydrocarbon filled layers in deepwater areas // First Break. — 2002. — Vol. 20. — № 3. — P. 144—152.
20. *Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Soroka A.I., Bozhezha D.N.* Over-salt and sub-salt gas-bearing layers mapping by geoelectric methods within the salt dome region in Dniepr-Donetsk Depression. 69nd EAGE Conference and Technical Exhibition. London, United Kingdom, 11—14 June 2007. CD-ROM Abstracts volume. P. 167, 4 pages.
21. *Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bachmutov V.G., Solovyov V.D. and Bozhezha D.N.* (2007), Drake Passage and Bransfield Strait — new geophysical data and modelling of the crustal structure, in Antarctica: A Keystone in a Changing World — Online Proceedings of the 10th ISAES X, edited by A. K. Cooper and C. R. Raymond et al., USGS Open-File Report 2007-1047, Extended Abstract 028, 4 p.
22. www.emgs.com/_assets/documents/ ScandinavianOilandGas0607therapidadoptionofseabedlogging.pdf.
23. www.mtem.com.
24. www.zonge.com/PDF_Papers/IP-Petro_9.pdf.

С. Левашов, М. Якимчук, І. Корчагін

ІННОВАЦІЙНІ ЕКСПРЕС-ТЕХНОЛОГІЇ «ПРЯМИХ» ПОШУКІВ СКУПЧЕНЬ НАФТИ І ГАЗУ

Р е з ю м е

У статті проаналізовано можливі шляхи прискорення геологорозвідувальних досліджень щодо покладів нафти і газу, а також роль інноваційних геофізичних технологій у цьому процесі. Осмислено результати практичної апробації експрес-технології «прямих» пошуків скупчень вуглеводнів за допомогою геоелектричних методів (технологія СКІП-ВЕРЗ) на відомих родовищах і перспективних площах в Україні, Казахстані та Росії. Розглянуто ряд напрямів, де активне застосування зазначеної технології може дати відчутні результати вже найближчим часом. Рекомендовано включати експрес-технологію «прямих» пошуків та розвідування скупчень вуглеводнів геоелектричними методами в комплекс геолого-геофізичних методів і розвідування покладів нафти й газу.

S. Levashov, M. Yakymchuk, I. Korchagin

INNOVATION EXPRESS-TECHNOLOGIES OF “DIRECT” SEARCH OF OIL AND GAS CLUSTERS

S u m m a r y

Possible ways to accelerate oil and gas deposits geological surveys as well as the role of innovative geophysical technologies in this field have been analyzed. The results of practical approbation of express technology for "direct” exploration of hydrocarbon accumulations with the use of geoelectrical techniques (SKIP-VERZ technology) at the well-known fields and promising areas in Ukraine, Kazakhstan and Russia were comprehended. A number of trends where active application of the above technology may provide noticeable results in the near future have been considered. It is recommended to include express technology for "direct” exploration and survey of hydrocarbon accumulations with the use of geoelectrical techniques in the complex of geological and geophysical methods as well as oil and gas deposits survey.