



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

ГЕОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

GEOLOGICAL JOURNAL

Засновники
Національна академія наук України
Інститут геологічних наук
НАН України

Науковий журнал,
заснований у березні 1934 року
Виходить один раз
на три місяці

2018 * № 2 (363)

Головний редактор
ГОЖИК Петро Феодосійович

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

АНДРЕЄВА-ГРИГОРОВИЧ А. С. (Україна)
ВЕЛІКАНОВ В. Я. (Україна)
ГІНТОВ О. Б. (Україна)
ГАРЕЦЬКИЙ Р. Г. (Білорусь)
ГУРОВ Є.П. (Україна)
ДЕМЧИШИН М. Г. (Україна)
ДУГІНА Н. І. (Україна) *заст. гол. редактора*
ЗАГОРОДНЮК П. О. (Україна)
ЗОСИМОВИЧ В. Ю. (Україна)
ІВАНІК М. М. (Україна)
КЛИМЧУК О. Б. (Україна)
КРИВДІК С. Г. (Україна)
ЛАВРУШИН Ю. О. (Росія)
ЛУКІН О. Ю. (Україна)
ЛЯЛЬКО В. І. (Україна) *заст. гол. редактора*

МАРКС ЛЕШЕК (Польща)
МИТРОПОЛЬСЬКИЙ О. Ю. (Україна)
ОГНЯНИК М. С. (Україна)
ПОЛЄТАЄВ В. І. (Україна)
РЕМЕЗОВА О. О. (Україна)
СИТНІКОВ А. Б. (Україна)
ФЕДОНКІН М. О. (Росія)
ФЕДОРОВІЧ СТАНІСЛАВ (Польща)
ХРУЦОВ Д. П. (Україна)
ШЕСТОПАЛОВ В. М. (Україна)
ШОВКОПЛЯС В. М. (Україна) *заст. гол. редактора*
ШНЮКОВ Є. Ф. (Україна)
ШУЙСЬКИЙ Ю. Д. (Україна)
ЯКОВЛЄВ Є. О. (Україна)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

ГОЖИК П. Ф. (Украина)

АНДРЕЕВА-ГРИГОРОВИЧ А. С. (Украина)

ВЕЛИКАНОВ В. А. (Украина)

ГИНТОВ О. Б. (Украина)

ГАРЕЦКИЙ Р. Г. (Беларусь)

ГУРОВ Е. П. (Украина)

ДЕМЧИШИН М. Г. (Украина)

ДУГИНА Н. И. (Украина) *зам. глав. редактора*

ЗАГОРОДНЮК П. А. (Украина)

ЗОСИМОВИЧ В. Ю. (Украина)

ИВАНИК М. М. (Украина)

КЛИМЧУК А. Б. (Украина)

КРИВДИК С. Г. (Украина)

ЛАВРУШИН Ю. А. (Россия)

ЛУКИН А. Е. (Украина)

ЛЯЛЬКО В. И. (Украина) *зам. глав. редактора*

МАРКС ЛЕШЕК (Польша)

МИТРОПОЛЬСКИЙ А. Ю. (Украина)

ОГНЯНИК Н. С. (Украина)

ПОЛЕТАЕВ В. И. (Украина)

РЕМЕЗОВА Е. А. (Украина)

СИТНИКОВ А. Б. (Украина)

ФЕДОНКИН М. А. (Россия)

ФЕДОРОВИЧ СТАНИСЛАВ (Польша)

ХРУЩЕВ Д. П. (Украина)

ШЕЛКОПЛЯС В. Н. (Украина) *зам. глав. редактора*

ШЕСТОПАЛОВ В. М. (Украина)

ШНЮКОВ Е. Ф. (Украина)

ШУЙСКИЙ Ю. Д. (Украина)

ЯКОВЛЕВ Е. А. (Украина)

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

GOZHIC P. F. (Ukraine)

ANDREEVA-GRIGOROVICH A. S. (Ukraine)

VELIKANOV V. Ya. (Ukraine)

GINTOV O. B. (Ukraine)

GARETSKY R. G. (Belarus)

GUROV Ye. P. (Ukraine)

DEMCHYSHYN M. G. (Ukraine)

DUGINA N. I. (Ukraine) *Deputy Editor-in-Chief*

ZAGORODNYUK P. O. (Ukraine)

ZOSIMOVICH V. Yu. (Ukraine)

IVANIK M. M. (Ukraine)

KLIMCHOUK O. B. (Ukraine)

KRYVDIK S. G. (Ukraine)

LAVRUSHIN O. A. (Russia)

LUKIN O. Yu. (Ukraine)

LYALKO V. I. (Ukraine) *Deputy Editor-in-Chief*

MARKS LESZEK (Poland)

MITROPOLSKY O. Yu. (Ukraine)

OGNYANIK M. S. (Ukraine)

POLETAEV V. I. (Ukraine)

REMEZOVA O. O. (Ukraine)

SITNIKOV A. B. (Ukraine)

FEDONKIN M. O. (Russia)

FEDOROVICZ STANISLAV (Poland)

KHRUSHCHOV D. P. (Ukraine)

SHOVKOPLYAS V. M. (Ukraine) *Deputy Editor-in-Chief*

SHESTOPALOV V. M. (Ukraine)

SHNYUKOV Ye. F. (Ukraine)

SHUISKY Yu. D. (Ukraine)

YAKOVLEV E. O. (Ukraine)

Видавець: Інститут геологічних наук НАН України

Адреса редакції:

01601 Київ-54, вул. О. Гончара, 55-б
Інститут геологічних наук НАН України
Тел.: 486-38-76
E-mail: geoj@bigmir.net

Редактор Н. І. Дугіна

Комп'ютерна верстка Л. Г. Мигаль

Надруковано ПП «Фоліант»,
00121 Київ, вул. Семенівська, 13,
тел.: (044) 275-47-55

Свідоцтво про державну реєстрацію

друкованого засобу масової інформації
серія КВ № 13744-2718 ПП від 28.02.2008 р.

Рекомендовано до друку

редакційною колегією журналу

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників і роз-
повсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 4631 від 14.10.2013 р.

Здано до набору 4.06.2018. Підписано до друку 22.06.2018. Формат 60x84/8. Папір офсетний № 1.
Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 13,07. Тираж 300 прим. Зам. № 31. 2018.

© Інститут геологічних наук НАН України, 2018

ЗМІСТ

- 5 **Крупський Ю.З.** Проблеми геологічної будови і перспективи пошуку вуглеводнів у Західному нафтогазоносному регіоні України
- 14 **Глонь В.А., Гордєєва Ю.К., Стародубець К.М., Семенюк В.Г.** Проведення структурно-термо-атмогеохімічних досліджень території Срібнянської депресії
- 23 **Петренко Л.І.** Можливості штучного поповнення підземних вод кристалічних порід для водопостачання
- 33 **Шнюков Є.Ф., Деяк М.А., Науменко С.П.** Грязьові вулкани Керченського півострова як потенційні передвісники землетрусів
- 42 **Артеменко Г.В., Шумлянський Л.В., Беккер А.Ю.** U-Pb вік (LA-ICP-MS) кластогенного циркону глеуватської світи Кривбасу (Український щит)
- 58 **Присяжнюк В.А.** Наземні молюски Михайлівського кар'єру
- 69 **Карпенко А.М.** До питання про плейстоценову історію формування долинного рельєфу на Лівобережжі Середнього Дніпра. Стаття 1. Системно-геоморфологічні пам'ятки двох льодовикових трансгресивних етапів

Гіпотези. Дискусії. Рецензії

- 76 **Багрій І.Д.** Гідро-геобіогенно-мантіяна парадигма походження вуглеводнів – підгрунтя прямопошукової технології структурно-термо-атмо-гідролого-геохімічних досліджень

Із історії науки

- 85 **Дикань К.В.** ПАВЛО ТУТКОВСЬКИЙ – ЗІРКА УКРАЇНСЬКОЇ НАУКИ (До 160-річчя від дня народження та 100-річчя заснування НАН України)

Ювілеї

- 93 **ПОЛЕТАЄВ ВЛАДИСЛАВ ІНОКЕНТІЙОВИЧ** (До 80-річчя від дня народження)

Повідомлення

- 95 **Про діяльність** Національного стратиграфічного комітету України

CONTENTS

- Krupskiy Y.Z.** Problems of geological structure and perspectives of hydrocarbons prospecting in the Western oil- and gas-bearing region of Ukraine
- Glou V.A., Gordieieva Yu.K., Starodubets K.M., Semenuk V.G.** Conducting of structural-thermal-atmogeochemical research on the territory of Sribnyanska depression
- Petrenko L.I.** The possibility of artificial recharge of ground water in the crystalline rocks for water supply
- Shnyukov E.F., Deyak M.A., Naumenko S.P.** Mud volcanoes of the Kerch peninsula as potential precursors of the earthquakes
- Artemenko G.V., Shumlyansky L.V., Bekker A.Yu.** U-Pb LA-ICP-MS age of detrital zircon from the Hleuevatka suite of Kryvbass (the Ukrainian shield)
- Prisyazhniuk V.A.** Terrestrial mollusks from the Mikhailovsky quarry
- Karpenko A.M.** To problem of pleistocene history of forming of valley relief on left bank of the Middle Dnieper. Paper 1. System-geomorphological sights of two glacial transgressive stages

Hypotheses. Discussions. Reviews

- Bagriy I.D.** Hydro-geobiogenic-mantle paradigm of hydrocarbon origin – basis of direct study technology of structural-thermo-atmo-hydrological-geochemical researches

From the History of Science

- Dykan K.V. PAVLO TUTKOVSKY – A SUPERSTAR OF UKRAINIAN SCIENCE** (On the 160th Anniversary of the Birth and the 100th Anniversary of the foundation of the National Academy of Sciences of Ukraine)

Jubilees

- POLETAEV VLADISLAV INNOKENTIEVICH** (On the eighty-year-old jubilee)

Information

- Notice on the activity** of the National Stratigraphic Committee of Ukraine

СОДЕРЖАНИЕ

- Крупский Ю.З.** Проблемы геологического строения и перспективы поисков углеводородов в Западном нефтегазоносном регионе Украины
- Глонь В.А., Гордеева Ю.К., Стародубець К.Н., Семенюк В.Г.** Проведение структурно-термо-атмогеохимических исследований территории Сребненской депрессии
- Петренко Л.И.** Возможности искусственного пополнения подземных вод кристаллических пород для водоснабжения
- Шнюков Е.Ф., Деяк М.А., Науменко С.П.** Грязевые вулканы Керченского полуострова как потенциальные предвестники землетрясений
- Артеменко Г.В., Шумлянский Л.В., Беккер А.Ю.** U-Pb возраст (LA-ICP-MS) кластогенного циркона глеуватской свиты Кривбасса (Украинский щит)
- Присяжнюк В.А.** Наземные моллюски Михайловского карьера
- Карпенко А.М.** К вопросу о плейстоценовой истории формирования долинного рельефа на Левобережье Среднего Днепра. Статья 1. Системно-геоморфологические памятники двух ледниковых трансгрессивных этапов

Гипотезы. Дискусии. Рецензии

- Багрій І.Д.** Гідро-геобіогенно-мантіяна парадигма походження вуглеводородов – основа прямопошукової технології структурно-термо-атмо-гідролого-геохімічних досліджень

Из истории науки

- Дыкань К.В.** ПАВЕЛ ТУТКОВСКИЙ – ЗВЕЗДА УКРАИНСКОЙ НАУКИ (К 160-летию со дня рождения и 100-летию основания НАН Украины)

Юбилеи

- ПОЛЕТАЕВ ВЛАДИСЛАВ ИННОКЕНТЬЕВИЧ** (К 80-летию со дня рождения)

Сообщения

- О деятельности** Национального стратиграфического комитета Украины

ПЕРЕДПЛАЧУЙТЕ «ГЕОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ»

- * Засновниками журналу є Національна академія наук України та Інститут геологічних наук НАН України.
- * Журнал висвітлює нові дані геологічної науки і практики, теоретичні розробки, наукові узагальнення, результати досліджень корисних копалин, дискусійні питання, нові концепції, гіпотези тощо. Розглядаються переважно об'єкти України, а також інших країн, якщо вони становлять загальнонауковий інтерес.
- * Журнал надає українським і зарубіжним суб'єктам великі можливості для реклами виробів, продуктів, технологій, послуг, які мають відношення до геології, мінеральної сировини, геологорозвідувальних робіт тощо.
- * Журнал розрахований на широке коло геологів: практиків, науковців, викладачів, інженерів, аспірантів, студентів.
- * Матеріали друкуються українською, англійською та російською мовами.
- * Періодичність – 4 рази на рік. Передплатити журнал можна в будь-якому відділенні зв'язку.

До уваги авторів і читачів!

З 2018 р. у «Геологічному журналі» кожна стаття має свій ідентифікатор **doi**.

ПРОБЛЕМИ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОШУКУ ВУГЛЕВОДНІВ У ЗАХІДНОМУ НАФТОГАЗОНОСНОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ

Ю.З. Крупський

(Рекомендовано акад. НАН України М.І. Павлюком)

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна,

E-mail: keig@ukr.net

Доктор геологічних наук, професор геологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка.

Наведено результати сучасних досліджень геології і нафтогазоносності Західного нафтогазоносного регіону України. Дослідження проведено для Волино-Поділля, Передкарпатського прогину, Складчастих (Українських) Карпат, піднасуву Карпат та Закарпаття. Запропоновано нові напрями геологорозвідувальних робіт на нафту і газ та нове розуміння розташування Мармароського масиву і Свентокшиських гір.

Ключові слова: Західний нафтогазоносний регіон; геологічна будова; нафтогазоносність.

PROBLEMS OF GEOLOGICAL STRUCTURE AND PERSPECTIVES OF HYDROCARBONS PROSPECTING IN THE WESTERN OIL- AND GAS-BEARING REGION OF UKRAINE

Y.Z. Krupskyi

(Recommended by academician of NAS of Ukraine M.I. Pavlyuk)

Ivan Franko National University, Lviv, Ukraine,

E-mail: keig@ukr.net

Doctor of geological sciences, professor of Ivan Franko National University.

Results of modern investigations of the geology and oil- and gas-bearing strata of the Western oil- and gas-bearing region of Ukraine are given. This study has been performed for the Volhyn-Podillia, Carpathian Foredeep, Folded (Ukrainian) Carpathians, the underthrust of Carpathians and Transcarpathian region. New directions of oil and gas exploration works and new understanding of location of the Marmarosh Massif and Holy Cross Mountains in Poland are proposed.

Key words: the Western oil and gas-bearing region; geological structure; underthrust; Carpathians Foredeep.

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКОВ УГЛЕВОДОРОДОВ В ЗАПАДНОМ НЕФТЕГАЗОНОСНОМ РЕГИОНЕ УКРАИНЫ

Ю.З. Крупский

(Рекомендовано акад. НАН Украины М.И. Павлюком)

Львовский национальный университет имени Ивана Франко, Львов, Украина,

E-mail: keig@ukr.net

Доктор геологических наук, профессор геологического факультета Львовского национального университета имени Ивана Франко.

Приведены результаты современных исследований геологии и нефтегазоносности Западного нефтегазоносного региона Украины. Исследования выполнены для Волино-Подоллии, Предкарпатского прогиба, Складчатых (Украинских) Карпат, поднадвига Карпат и Закарпаття. Предложены новые направления геологоразведочных работы на нефть и газ и новое понимание расположения Мармарошского массива и Свентокшиских гор в Польше.

Ключевые слова: Западный нефтегазоносный регион; геологическое строение; нефтегазоносность.

© Ю.З. Крупський, 2018

Вступ

В останні роки були виконані геолого-геофізичні дослідження, пов'язані з можливостями вивчення перспектив нафтогазоносності нетрадиційних джерел вуглеводнів – ВВ (сланцевий газ і газ щільних колекторів) на території України, в тому числі в її Західному нафтогазоносному регіоні – НГР). Ці дослідження дозволили детально проаналізувати всі наявні дані буріння, сейсмозвідки, ГДС, геохімічних досліджень, що дало змогу по-новому осмислити геологію і перспективи пошуків ВВ. Наукові дослідження геолого-геофізичних матеріалів дозволили обґрунтувати нові уявлення про геодинамічний розвиток Західного НГР, запропонувати ряд пропозицій щодо напрямів геологорозвідувальних робіт, вивчити деякі контрастні тектонічні феномени на території Західного НГР і прилеглих територій Польщі та Румунії. Саме ці проблеми висвітлені в публікаціях [Крупський та ін., 2014; Куровець та ін., 2014; Михайлов та ін., 2014].

Зони, перспективні на пошуки сланцевого газу і газу щільних колекторів, показані на рис. 1. Видобувні ресурси сланцевого газу в Західному

НГР оцінені в 635 млрд м³. Найбільш перспективними на пошуки газу щільних колекторів є кембрійські відклади. Першочерговою може бути Таращанська структура, для якої вже підготовлено сейсмічний паспорт. Перспективними також є відклади кембрію на Великомоствіській структурі, Перемишлянській площі та Белзькій ділянці.

Матеріали та методика досліджень

При дослідженнях використані наявні дані по геолого-геофізичному вивченню Західного НГР, а також опубліковані і фондові праці та звіти, дані геологічних зйомок, великий матеріал геофізичних досліджень свердловин, даних сейсмозвідки та приповерхневих геохімічних зйомок. Було проаналізовано та узагальнено ці матеріали.

Результати та їх обговорення

Волино-Подільська нафтогазоносна область

У геологічній будові Волино-Поділля уточнено простягання зони Тейссейре-Торнквіста. Ця зона в сучасному розумінні є границею в тілі Євразійської плити, яка розділяє її давню частину

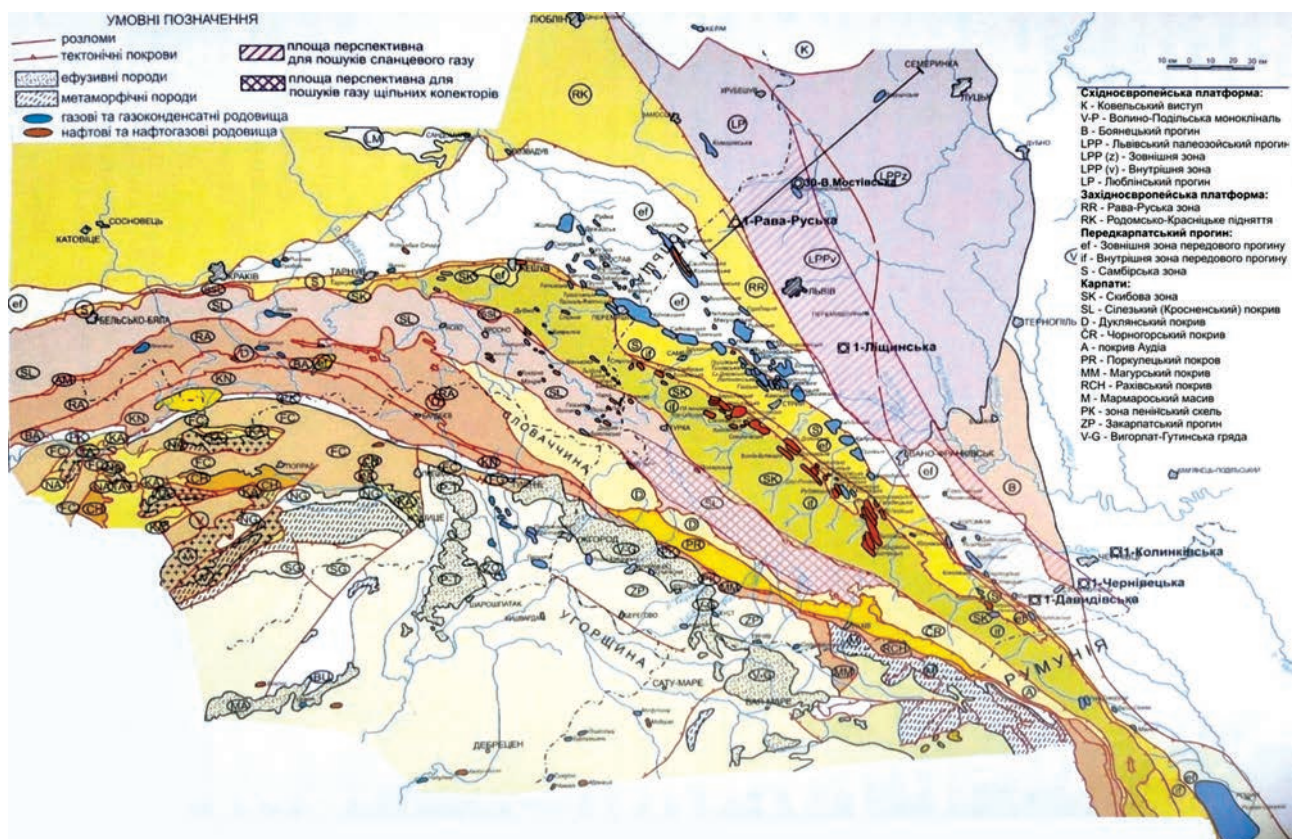


Рис. 1. Тектонічна карта, розміщення на ній родовищ нафти і газу та розташування перспективних площ для пошуків сланцевого газу і газу щільних колекторів

Fig. 1. Tectonic map, location of oil and gas fields and location of shale gas and tight gas prospects

(Східноєвропейська платформа) і більш молоді (Західноєвропейська платформа), тобто зона Тейссейре-Торнквіста – це результат дроблення Євразійської плити на поздовжні тектонічні блоки на її окраїні. Ширина цієї зони дроблення на границі з Польщею – до 100 км, а біля границі з Румунією – близько 10 км. Тут вона ховається під Карпати і, можливо, проходить через сейсмоактивну зону Вранча [Крупський, Вислоцька, 2016].

Львівський палеозойський прогин, Стрийський юрський прогин, Львівську крейдову мульду потрібно пов'язувати з Волино-Оршанським протерозойським прогином, що сформував найбільш прогнуту частину Волино-Поділля. Допускається, що цей поперечний прогин продовжується і під Передкарпатським прогином, де з ним пов'язана опущена Рудківська (сарматська) западина Зовнішньої зони та найглибші ділянки Зони насунутих структур з моласами і флішем (Бориславсько-Покутський нафтогазоносний район). Можливо, цей прогин продовжується під Складчасті Карпати, де ряд пробурених свердловин (св. 1-Шевченково – 7525 м, св. 1-Синевидне – 7000 м та ін.) не вийшли із флішу Карпат.

У Львівському палеозойському прогині параметричною св. 1-Перемишлянська, пробуреною на південь від м. Львів, на глибині 4111 м вперше в цих районах були відкриті відклади базальтів волинської серії рифею, що довело їх занурення від району Берестечко Волинської області (св. 1-Берестечко) до району Львова більше ніж на 2 км. У керні ці відклади вперше підняті та описані в св. 3-Перемишлянська з інтервалу 4084–4091 м. Вони представлені моноклініним піроксеном та плагіоклазом із ксеноморфними включеннями вулканічного скла [Павлунь та ін., 2015].

Детальне вивчення геолого-геофізичних матеріалів і їх переінтерпретація дозволили уточнити геологічну будову та запропонувати пріоритетні напрями продовження геологорозвідувальних робіт. Пропонується розпочати буріння параметричної св. 1-Літинська на Ковельському виступі з метою пошуків покладів ВВ у кембрійських відкладах. Очікувані тут перспективні ресурси категорії Д₁ – 2,05 млн т УП. Пропонується відновити геологорозвідувальні роботи на Локачинському валу на схід від Локачинського родовища. Цільові горизонти – кембрій і девон (Тихотинська площа) та на захід від нього – девон (Загорівська площа), глибини свердловин – до 1000 м. Слід також відновити геологорозвідувальне

буріння на Олеско-Золочівській площі з цільовим горизонтом – девон. Глибини свердловин тут також незначні – до 1000–1500 м. Пропонується продовжити геологорозвідувальні роботи на площі Бучач, розпочати на Бережанській та Ренівській площах. Перспективні горизонти – рифи силуру, пісковики кембрію і девону.

На Перемишлянській площі перспективність щодо газоносності відкладів кембрію та силуру залишилась невизначеною. Тут пропонується переінтерпретація матеріалів ГДС і буріння на відклади середнього і верхнього девону на невеликі глибини до 1500 м.

Особливо треба підкреслити, що на всій території Волино-Поділля пластові тиски рівні або тільки дещо більші за умовно гідростатичні. Тому при бурінні, цементуванні, випробуванні слід використовувати відповідні промивні рідини або відповідні методи буріння. Без цього позитивних результатів тут не буде отримано.

Карпатська нафтогазоносна провінція.

Передкарпатська нафтогазоносна область.

Зовнішня зона

В Зовнішній зоні уточнено районування Більче-Волицького газонафтоносного району. В поперечному перетині виділено Коломийську (баденську) і Рудківську (сарматську) западини з Івано-Франківським підняттям у межиріччі Ходорівської і Коломийської палеорік. Північно-східну границю Зовнішньої зони слід проводити по флексурних згинах мезопалеозойської основи. Уточнено значення консеквентних і субсеквентних рік у нафтогазоносності Зовнішньої зони, а отже, формування пасток ВВ та пластів-колекторів [Крупський, Чепіль, 2009].

Обґрунтовано, що в зонах Городоцького і Калуського поздовжніх розломів збільшена товщина відкладів бадену і сармату пов'язана не з опущенням по розломах, а з наявністю потужної субсеквентної палеоріки, яка текла з північного заходу з території Польщі на південний схід [Андрейчук, 2013]. В поздовжньому напрямку в північно-східній частині Зовнішньої зони виділено нову «підзону початку занурення платформи під верхні моласи» (сармат-баден) [Крупський, Вислоцька, 2014, 2016]. Тут на незначних глибинах (500–1000 м) перспективними можуть бути в ерозійних останцях юрські відклади нижньої світи, сеноманські і журавненські пісковики крейди та баденські відклади в зонах їх прилягання до ерозійних останців. У цій підзоні

відкрите нове Крехівське газове родовище в журавненських пісковиках на глибині 300 м, є відоме Струпків-Черемхівське родовище на глибині 75 м. У північно-західній частині Зовнішньої зони перспективними можуть бути відомі біогерми, закартовані сейсмозвідкою в юрських відкладах, які пропонується опосередковувати глибоким бурінням. В південно-східній частині зони перспективною є Сегівська ділянка, а на газ щільних колекторів – Байраківська.

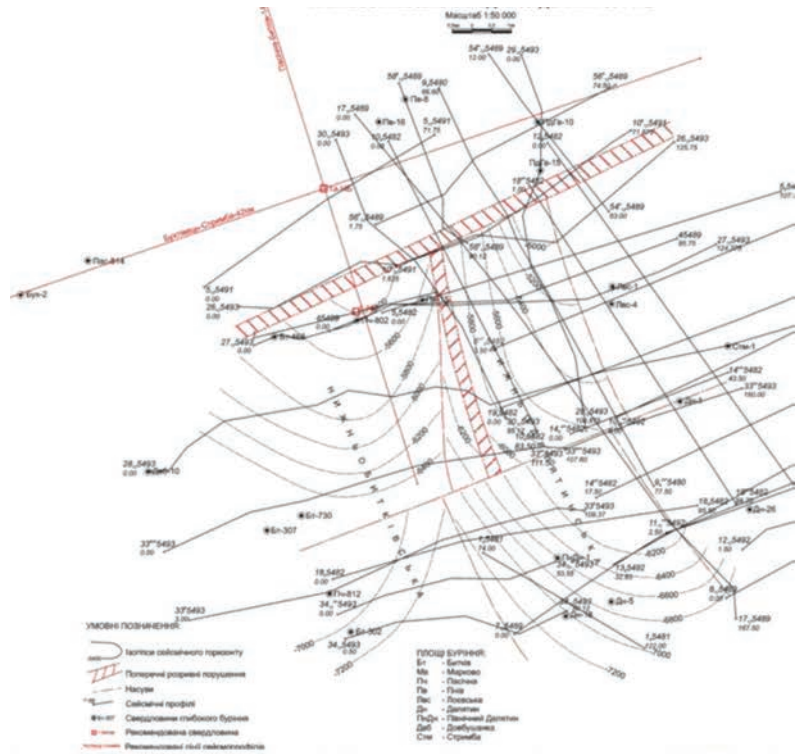
Зона насунутих структур з моласами і флішем.

Бориславсько-Покутський нафтогазоносний район

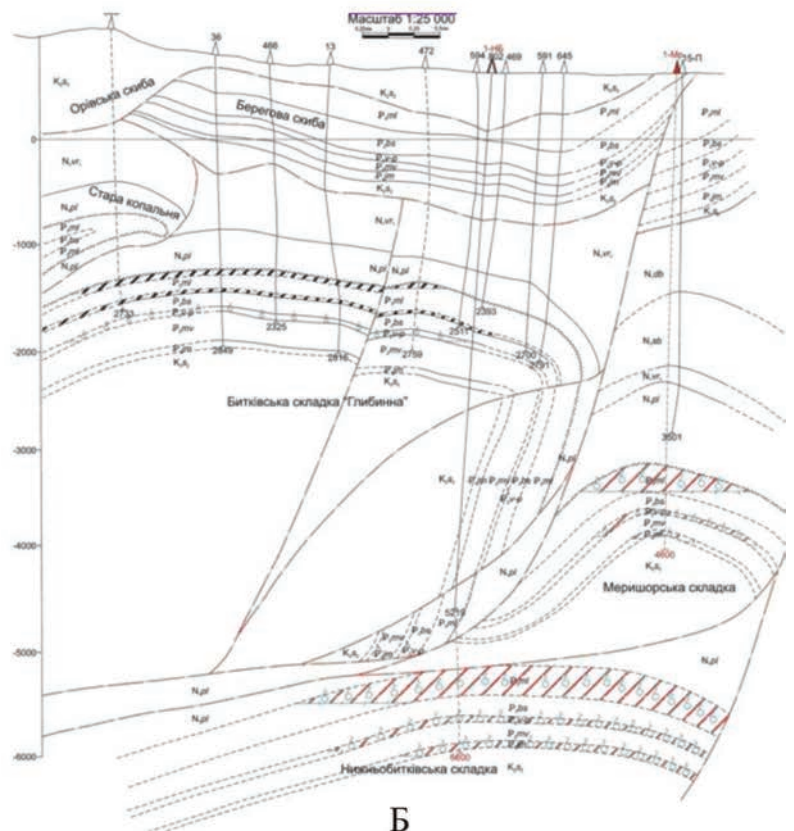
Сейсмічними дослідженнями Західноукраїнською геофізичною розвідувальною експедицією виявлено Новобитківську складку під складкою «Глибинна». Рекомендується уточнити сейсмозвідкою її будову і пробурити параметричну свердловину глибиною 6800 м (рис. 2). Перспективним об'єктом з пошуків газу щільних колекторів олігоцену обгрунтована Вигодська ділянка, де очікуються перспективні геологічні ресурси близько 9,5 млн т УП, а підраховані прогнозні ресурси газу щільних колекторів олігоцену Карпатської нафтогазоносною провінції оцінені в 23 млрд м³ газу.

Нафтогазоносна область Складчастих Карпат

Перспективним напрямом залишається пошук родовищ, пов'язаних з менілітовими і стрійськими відкладами на невеликих глибинах, подібно як на Верхньомасловецькому родовищі. Аналогічних об'єктів сейсмозвідкою виявлено багато по простяганню Складчастих (Українських) Карпат. Пошуки глибоким бурінням тут пропонується розпочати на тих з них, де вже підготовлено сейсмічні паспорти (Перешпинська, Ілемківська та інші структури). Особливо важливе значення мають дослідження,



А



Б

Рис. 2. Нижньобитківська структура (А) і прогнозний сейсмогеологічний профіль (Б)

Fig. 2. Nyzhnyobytkivska structure (A) and the forecast seismogeological cross-section (B)

які показали, що виходи на поверхню нафтопроявів у Складчастих Карпатах, встановлених польовими зйомками, та газопроявів у Зовнішній зоні, виявлених газовими зйомками, прив'язані до виходу на поверхню зон насувів одних скиб і зон на інші в Карпатах та до виходу на поверхню Стебницького насуву в Зовнішній зоні. Це означає, що поклади слід шукати на південний захід від цих аномальних зон нафтогазопроявів. У зоні Кросно, під насувом Дуклянської зони в Закарпатті в св. 2 на Лютнянській площі із щільних колекторів вперше отримано приплив газу дебітом 60 тис. м³/д. Окрім продовження тут пошуково-розвідувального буріння пропонується ліцензування і підготовка сейсморозвідкою до буріння структури на сусідній Лузькій площі.

Піднасув Карпат.

Нафтогазоносна область платформного автохтону

Переінтерпретація сейсмічного матеріалу, даних ГДС і результатів буріння свердловин дозволила обґрунтувати продовження пошуково-розвідувального буріння на Лопушнянському родовищі, Петровецькій і Таталівській структурах. На двох останніх структурах сумарні перспективні ресурси оцінені в 7852 тис. т нафти.

Закарпатський прогин.

Закарпатська газоносна область

Побудовані нами профілі локальних аномалій сил тяжіння в північно-західній і південно-східній частинах Західного НГР дозволили уточнити місцеположення в піднасуві Карпат платформної основи, крайового валу, глибоководного жолоба, зони Закарпатського розлому та зони занурення Євразійської плити під мікроплити Панонії і Трансільванії. Аналіз і вивчення літературних даних показали, що в св. 1-Лісарненська, пробуреній в зоні Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма на північ від м. Мукачеве, в лахарі (порода, винесена магмою) із інтервалу 1558–1590 м були виявлені рештки форамініфер, близьких до форамініфер сеноманських комплексів платформи. Це дозволило зробити висновок про можливість продовження в піднасуві Карпат відкладів платформи до зони Вигорлат-Гутинського пасма і запропонувати до ліцензування Лісарненську ділянку [Лещух та ін., 2015]. В Закарпатському прогині в подібних умовах рекомендовано ще ряд ділянок для ліцензування.

Мармароський кристалічний масив та Свєнтокшиські гори Лежайського масиву

Виконані нами дослідження сучасного розташування Мармароського кристалічного масиву дозволяють стверджувати про його алохтонне положення і переміщення на незначну відстань із району колізії та пологої субдукції Євразійської плити під Панано-Трансільванську мікроплиту у Східні Карпати. В кінці палеогену та в неогені активізація тектонічних процесів (савські та штирійські рухи) альпійської складчастості призвела до переміщення кристалічних порід масиву в їхнє сучасне положення. Незначна відстань переміщення зумовлена наявністю піднятого Подільського блоку платформи, який зупинив просування масиву (рис. 3) [Крупський, Марусяк, 2013].

Свєнтокшиські гори в Польщі розташовані в межиріччі рік Вісла і Каменна. Їхня геологічна будова різко відмінна від геологічної будови навколишньої території. Тут на поверхні відслонюються відклади докембрію, кембрію, силуру, девону, тріасу, юри, нижньої крейди. На південному сході й північному заході гори обрамляються відкладами молас міоцену, на північному сході і південному заході – відкладами юри і верхньої крейди Польської низовини, яка прилягає до Краківсько-Сльонзького підняття (рис. 4А).

Відклади палеозою Свєнтокшиських гір більше подібні до порід палеозою Скандинавії і Великої Британії, тобто до відкладів окраїни Європейської платформи, ніж до осадів палеозою ближче розташованих територій (офіолітова асоціація порід). Особливу увагу заслуговує наявність магматичних порід у відкладах кембрію, силуру і девону. На підставі порівняння з подібним явищем наявності магматичних порід у Мармароському масиві та встановлення неможливості формування Свєнтокшиських гір в їх сучасному місцезнаходженні стверджується їх безкореневий алохтонний розвиток у результаті переміщення на південь в час альпійської складчастості на границі палеогену і неогену. В міоцені в районі Свєнтокшиських гір, вже в сучасному місцеположенні, відклались морські і теригенні моласи, сформувавши так звані “затоки” [Крупський, Марусяк, 2014].

М. Яросінським на підставі детального вивчення брейкаутів (зміна діаметрів свердловин у певних інтервалах) під дією горизонтальних геодинамічних тисків встановлено напрямки стискуючих зусиль для Польських Карпат. Для району, який ми розглядаємо, – це напрямок

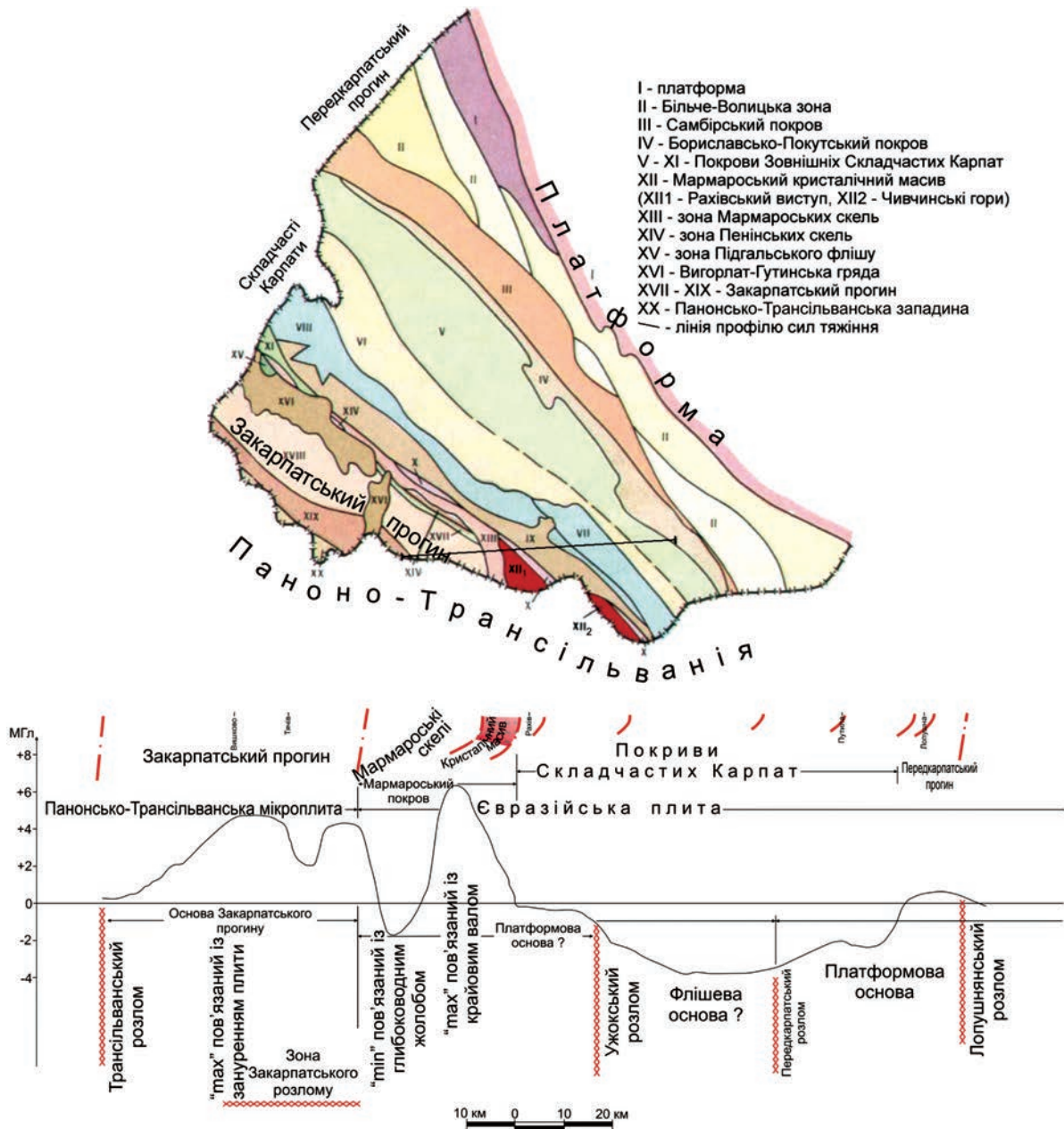


Рис. 3. Розташування Мармароського масиву в Східних Карпатах та профіль локальних аномалій сил тяжіння по лінії Тячів-Рахів-Путила-Лопушна

Fig. 3. Location of Marmarosh massif in East Carpathians and profile of local gravity anomalies along the line Tyachiv-Rakhiv-Putyla-Lopushna

північ–південь, що відповідає конвергентному напрямку руху в цьому районі Європейської плити на південь [Jarosinski, 1997].

Можливість переміщення Свентокшиських гір на південь від районів Скандинавії та Великої Британії показана і в роботі В. Рутка, А. Томаса (рис. 4Б) [Rutko, Tomas, 2001].

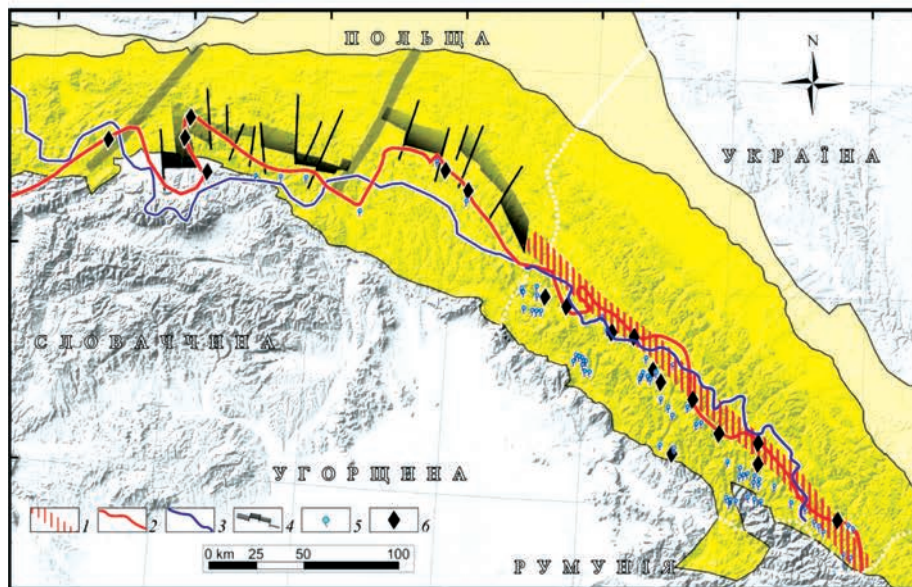
Викладене свідчить, що Лежайсько-Добруджинської гряди в піднасуві Карпат не існує, а це має значення для розуміння будови їхньої української частини.

Походження вуглеводнів

Важливі дослідження виконані для з'ясування походження ВВ у Західному НГР. Велика кількість аналізів Rock-Eval уможливила надання кількісної характеристики генераційних властивостей менілітової світи олігоцену та спаської і шипотської світ нижньої крейди. Встановлено, що менілітові чорносланцеві відклади є типовими нафтоматеринськими породами, а чорносланцеві породи спаської і шипотської світ можна вважати потенційно генеруючими тов-



А



Б

Рис. 4. Розташування Свентокшиських гір у Польщі і Мармароського масиву в Україні та напрямок стискуючих зусиль (↓) для Польських Карпат (А) [Jarosinski, 1997]; Зміщення Люблінського блоку до півдня за даними магніто-телуричних зондувань (Б) [Rutko, Tomas, 2001]

Fig. 4. Location of Holy Cross mountains in Poland and Marmarosh massif in Ukraine and direction of compression forces (↓) for Polish Carpathians (A) [Jarosinski, 1997]; Shift of the Lublin block southwards according to the data of magneto-telluric sounding (B) [Rutko, Tomas, 2001]

щами [Колтун, 2013]. За даними ізотопного складу вуглецю і водню метан з баденських і сарматських відкладів є бактеріального походження.

На основі досліджень рівноважного складу системи ВВ для умов земної мантії та кори робляться спроби визначення глибин утворення газів з окремих родовищ, підтримується теза про генезис ВВ в умовах високих тисків і температур [Хоха, 2014].

Список літератури

Андрейчук М.М. Особливості геологічної будови і пастки вуглеводнів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину: автореф. дис. ... канд. геол. наук. 04.00.17. Львів, 2013. 20 с.

Колтун Ю.В. Геохімічна еволюція чорносланцевих товщ та нафтогазоносні системи Українських Карпат і Передкарпатського прогину: автореф. дис. ... д-ра геол. наук / Ін-т геології і геохімії горючих копалин НАН України. Львів, 2013. 40 с.

Крупський Ю.З., Вислоцька О.І. Дослідження простягання зони Тейссейре-Торнквіста (ТТЗ) на території Західної України. *Геодинаміка*. 2014. № 1 (16). С. 34-42.

Крупський Ю.З., Чепіль П.М. Палеогеографічні умови осадконагромадження в неогені Зовнішньої зони Передкарпатського прогину і подальші перспективи нафтогазоносності. *Геол. журн.* 2009. № 4 (329). С. 51-58.

Крупський Ю.З., Марусяк В.П. Геодинамічні умови формування Мармароського кристалічного масиву у Східних Карпатах. *Геодинаміка*. 2014. № 1 (10). С. 71-74.

Крупський Ю.З., Марусяк В.П. Свентокшицькі гори в Польщі. Мармароський масив в Україні – безкореневі алохтонні структури. *Геодинаміка*. 2014. № 2 (17). С. 95-100.

Крупський Ю.З., Марусяк В.П. Відновлення покладів вуглеводнів та виявлення ліквідованих свердловин з пропущеними продуктивними горизонтами (на прикладі Західного НГР). *Science Rise*. 2015. № 814 (13). Р. 25-31.

Крупський Ю.З., Вислоцька О.І. Нафтогазогеологічне районування Передкарпатського прогину. *Нафтогазова галузь України*. 2016. № 1. С. 6-9.

Крупський Ю.З., Куровець І.М., Сеньковський Ю.М., Михайлов В.А., Чепіль П.М., Дригант Д.М., Шлапінський В.Є., Колтун Ю.В., Чепіль В.П., Куровець С.С., Бодлак В.П. Західний нафтогазоносний регіон. Кн. 2. Київ: Ніка-Центр, 2014. 400 с.

Покращення охорони довкілля

Для виявлення, можливо, пропущених газонафтоносних горизонтів у ліквідованих свердловинах пропонується проводити газові зйомки біля гирл цих свердловин, а для покращення й охорони довкілля вести моніторинг газовими зйомками бурових майданчиків до початку буріння, в процесі буріння та після його закінчення і в процесі експлуатації свердловин [Крупський, Марусяк, 2015].

Куровець І.М., Михайлов В.А., Зейкан О.Ю., Крупський Ю.З., Гладун В.В., Чепіль П.М., Гуній В.М., Куровець С.С., Косянчук С.В., Грицик І.І., Намуко І.М. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Кн. 1. Київ: Ніка-Центр. 2014. 208 с.

Лещук Р.Й., Крупський Ю.З., Данилів О.В., Вислоцька О.І. Значення палеонтологічних досліджень для вибору напрямів геологорозвідувальних робіт на нафту і газ. *Проблеми геології фанерозою України: Матеріали VI Всеукр. наук. конф.* (Львів, 24-26 верес. 2015). Львів, 2015. С. 8-16.

Михайлов В.А., Вакарчук С.Г., Зейкан О.Ю., Косянчук С.В., Куровець І.М., Вишва С.А., Загітко В.М., Коваль А.М., Крупський Ю.З., Гладун В.В., Чепіль П.М., Стрижак В.П., Кільчицька Г.О. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Кн. 8. Київ: Ніка-Центр, 2014. 208 с.

Павлунь О.М., Крупський Ю.З., Бодлак П.М., Михайловський І.М., Циганчук Р.А. Нові дані з геології і розшуку вуглеводнів на Перемишлянській площі у Львівській області. *Вісн. Львів. ун-ту*. 2015. № 29. С. 3-11.

Хоха Ю.В. Термодинаміка глибинних вуглеводнів у прогнозуванні регіональної нафтогазоносності. Київ: Наук. думка, 2014. 40 с.

Шлапінський В.Є. Геологічна будова Скибового, Кросненського і Дуклянсько-Чорногорського покривів Українських Карпат та перспективи їх нафтогазоносності: автореф. дис. ... канд. геол. наук. 04.00.17. Львів, 2015. 22 с.

Jarosinski M. Rozwarstwienie współczesnego pola naprężen w zachodniej części polskich Karpat zewnętrznych. *Przegląd Geologiczny*. 1997. Vol. 45, № 8. P. 768-776.

Rutko W., Tomas A. Neogenska przebudowa podłoża polskich Karpat i jej reperkusje. *Biuletyn Państwowego Instytutu geologicznego*. Warszawa. 2001. № 395. P. 62.

References

- Andreychuk M.M.**, 2013. Peculiarities of geological structure and hydrocarbon traps of the Outer zone of Carpathian foredeep: abstract of dis. cand. geol. sci. 04.00.17. Lviv, 20 p. (in Ukrainian).
- Koltun Y.V.**, 2013. Geochemical evolution of black shale sequences and petroleum systems of the Ukrainian Carpathians and Carpathian foredeep: abstract of dis. doctor geol. sci. Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine. Lviv, 40 p. (in Ukrainian).
- Krupskiy Y.Z., Vyslotska O.I.**, 2014. Investigation of stretching of Teyseyre-Tornquist zone (TTZ) at the territory of Western Ukraine. *Geodynamika*, № 1 (16), p. 34-42 (in Ukrainian).
- Krupskiy Y.Z., Chepil P.M.**, 2009. Paleogeographic environments of sedimentation in Neogene of the Outer zone of Carpathian foredeep and further prospects of oil- and gas-bearing. *Geologichnyy Zhurnal*, № 4 (329), p. 51-58 (in Ukrainian).
- Krupskiy Y.Z., Marusyak V.P.**, 2014. Geodynamic conditions of formation of the Marmarosh crystalline massif in Eastern Carpathians. *Geodynamika*, № 1 (10), p. 71-74 (in Ukrainian).
- Krupskiy Y.Z., Marusyak V.P.**, 2014. Holy Cross mountains in Poland. Marmarosh massif in Ukraine – the unrooted allochthonous structures. *Geodynamika*, № 2 (17), p. 95-100 (in Ukrainian).
- Krupskiy Y.Z., Marusyak V.P.**, 2015. Renewal of hydrocarbons accumulations and revealing of abandoned wells with missed productive horizons (by the example of Western OGR). *Science Rise*, № 814 (13), p. 25-31 (in Ukrainian).
- Krupskiy Y.Z., Vyslotska O.I.**, 2016. Oil-gas-geological zoning of the Carpathian foredeep. *Naftogazova galuz Ukrainy*, № 1, p. 6-9 (in Ukrainian).
- Krupskiy Y.Z., Kurovets I.M., Senkovsky Y.M., Mykhailov V.A., Chepil P.M., Drygant D.M., Shlapinsky V.E., Koltun Y.V., Chepil V.P., Kurovets S.S., Bodlak V.P.**, 2014. Western oil- and gas-bearing region. Vol. 2. Kyiv: Nika-Tsenter, 400 p. (in Ukrainian).
- Kurovets I.M., Mykhailov V.A., Zeykan O.Y., Krupskiy Y.Z., Gladun V.V., Chepil P.M., Guniy V.M., Kurovets S.S., Kosyanchuk S.V., Grytsky I.I., Naumko I.M.**, 2014. Unconventional sources of hydrocarbons of Ukraine. Vol.1. Kyiv: Nika-Tsenter, 208 p. (in Ukrainian).
- Leschukh R.Y., Krupskiy Y.Z., Danyliv O.V., Vyslotska O.I.**, 2015. Importance of paleontological investigations for the choice of the directions of geological prospecting works for oil and gas. In: *Problems of geology of Phanerozoic of Ukraine: Proceedings of the VI All-Ukrainian Conference* (24-26 September 2015). Lviv, p. 8-16 (in Ukrainian).
- Mykhailov V.A., Vakarchuk S.G., Zeykan O.Y., Kosyanchuk S.V., Kurovets I.M., Vyzhva S.A., Zagnitko V.M., Koval A.M., Krupskiy Y.Z., Gladun V.V., Chepil P.M., Stryzhak V.P., Kulchytska G.O.**, 2014. Unconventional sources of hydrocarbons of Ukraine. Vol. 8. Kyiv: Nika-Tsenter, 208 p. (in Ukrainian).
- Pavlun O.M., Krupskiy Y.Z., Bodlak P.M., Mykhailovsky I.M., Tsyganchuk R.A.**, 2015. New data on geology and hydrocarbons prospecting at Pere-myshlyanska prospect in Lviv region. *Visnyk Lvivskoho universytetu*, vol. 29, p. 3-11 (in Ukrainian).
- Khokha Y.V.**, 2014. Thermodynamics of deep hydrocarbons in forecasting of the regional oil and gas bearing. Kyiv: Naukova Dumka, 40 p. (in Ukrainian).
- Shlapinsky V.E.**, 2015. Geological structure of the Skyba, Krosno and Dukla-Chornohora nappes of the Ukrainian Carpathians and prospects of their oil- and gas-bearing: abstract of dis. cand. geol. sci. 04.00.17. Lviv, 22 p. (in Ukrainian).
- Jarosinski M.**, 1997. Lamination of the present-day field of tension in western part of the Polish outer Carpathians. *Przegląd Geologiczny*, vol. 45, № 8, p. 768-776 (in Polish).
- Rutko W., Tomas A.**, 2001. Neogene reconstruction of the basement of the Polish Carpathians and its consequences. *Biuletyn Panstwowego Instytutu Geologicznego*, Warsaw, № 395, p. 62 (in Polish).

Стаття надійшла
26.03.2018

ПРОВЕДЕННЯ СТРУКТУРНО-ТЕРМО-АТМОГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕРИТОРІЇ СРІБНЯНСЬКОЇ ДЕПРЕСІЇ

В.А. Глонь¹, Ю.К. Гордєєва², К.М. Стародубець³, В.Г. Семенюк⁴

(Рекомендовано акад. НАН України П.Ф. Гожиком)

¹ *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна,
E-mail: vitaliyglon@gmail.com
Молодший науковий співробітник.*

² *Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННІ “Інститут геології”, Київ,
Україна, E-mail: iuliia_gordieieva@ukr.net
Аспірант.*

³ *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна,
E-mail: starodubets.kirill@ukr.net
Молодший науковий співробітник.*

⁴ *ТОВ «Смарт-Енерджі», Київ, Україна,
E-mail: v.semenuk@ukrgv.com
Головний геолог.*

Проведено роботи з дослідження та прогнозування нафтогазоносності перспективних об’єктів на Срібнянській западині та її схилах. Зіставлено матеріали геолого-геофізичних досліджень з результатами дешифрування космоснімків. Виконано пункти спостережень структурно-термо-атмогеохімічних досліджень профілів та перспективних ділянок розподілів температурних показників, еманційних показників, водню, гелію, вуглекислого газу та метану з його гомологами. Уточнено геодинамічну ситуацію полігону проведення структурно-термо-атмогеохімічних досліджень та виконано прогноз перспективних ділянок Срібнянської депресії.

Ключові слова: Срібнянська депресія; перспективи нафтогазоносності; аномалії.

CONDUCTING OF STRUCTURAL-THERMAL-ATMOGEOCHEMICAL RESEARCH ON THE TERRITORY OF SRIBNYANSKA DEPRESSION

V.A. Glon¹, Yu.K. Gordieieva², K.M. Starodubets³, V.G. Semenuk⁴

(Recommended by academician of NAS of Ukraine P.F. Gozhik)

¹ *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: vitaliyglon@gmail.com
Researcher associate.*

² *Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology, Kyiv, Ukraine,
E-mail: iuliia_gordieieva@ukr.net
PhD student.*

³ *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
E-mail: starodubets.kirill@ukr.net
Researcher associate.*

⁴ *Smart Energy LLC, Kyiv, Ukraine, E-mail: v.semenuk@ukrgv.com
Chief geologist.*

The research and forecasting of oil and gas potential of promising sites at the Sribnyanska depression and its slopes was carried out. The data of geological and geophysical studies were compared with the results of interpretation of space images. The observation points of structural-thermal-atmogeochemical research profiles and perspective sections of temperature distribution, emanation parameters, hydrogen, helium, carbon dioxide and methane with its homologues were performed. The geodynamic situation of the structural-thermal-atmogeochemical research testing range has been clarified and the forecast of the prospective sections of the Sribnyanska depression has been made.

Key words: Sribnyanska depression; oil and gas potential; anomalies.

ПРОВЕДЕНИЕ СТРУКТУРНО-ТЕРМО-АТМОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРРИТОРИИ СРЕБНЕНСКОЙ ДЕПРЕССИИ

В.А. Глонь¹, Ю.К. Гордеева², К.Н. Стародубец³, В.Г. Семенюк⁴

(Рекомендовано акад. НАН Украины П.Ф. Гожиком)

¹ *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: vitaliyglon@gmail.com
Младший научный сотрудник.*

² *Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, УНИ “Институт геологии”, Киев,
Украина, E-mail: iuliia_gordieieva@ukr.net
Аспирант.*

³ *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: starodubets.kirill@ukr.net
Младший научный сотрудник.*

⁴ *ООО «Смарт-Энерджи», Киев, Украина, E-mail: v.semenuk@ukrgv.com
Главный геолог.*

Проведены работы по исследованию и прогнозированию нефтегазоносности перспективных объектов на Сребненской впадине и ее склонах. Сопоставлены материалы геолого-геофизических исследований с результатами дешифрирования космоснимков. Выполнены пункты наблюдений структурно-термо-атмогеохимических исследований профилей и перспективных участков распределений температурных показателей, эманионных показателей, водорода, гелия, углекислого газа и метана с его гомологами. Уточнена геодинамическая ситуация полигона проведения структурно-термо-атмогеохимических исследований и сделан прогноз перспективных участков Сребненской депрессии.

Ключевые слова: Сребненская депрессия; перспективы нефтегазоносности; аномалии.

Вступ

Срібнянська депресія за тектонічним районуванням є від'ємною структурою II порядку північного заходу Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ). Вона знаходиться в оточенні низки середніх і малих валів. З південного сходу облямовується великою сідловиною, що розділяє Срібнянську та Жданівську депресії.

За нафтогазогеологічним районуванням Срібнянська депресія та її схили відносяться до західної частини Глинсько-Солохівського нафтогазоносного району зі щільністю нерозвіданих (класи 333+334) ресурсів 50-100 тис. т/км², що засвідчує досить високі перспективи даної території щодо нарощування вуглеводневої ресурсної бази.

Антиклінальні структури на облямуванні депресії, що були закартовані сейсморозвідкою, вже практично розвідані і саме з ними пов'язана основна кількість родовищ вуглеводнів (ВВ) (Андріяшівське, Ярошівське, Тростянецьке, Леляківське та ін.). У 2015-2017 рр. Срібнянську депресію було обрано одним з полігонів ДДЗ щодо опощування покладів ВВ у неантиклінальних пастках ХІа мікрофауністичного горизонту з нафтогазопродукуючими рудівськими шарами (Волошківське, Луценківське,

Рудівсько-Червонозаводське, Свиридівське та інші родовища) за структурно-термо-атмогеохімічними дослідженнями (СТАГД). Продуктивність нижньовізейських карбонатів на облямуванні депресії підтверджена на Компанському і Білоусівському родовищах та Біличівській продуктивній площі. Враховуючи широкий стратиграфічний діапазон, наявність нафтогазопродукуючих товщ і різноманітність нафтогазоносних пасток району, можна припустити, що депресія є ареалом інтенсивного нафтогазокопичення.

Об'єкт дослідження

Срібнянська депресія має асиметричну будову з площею близько 1200 км², що з усіх боків облямована виступами кристалічного фундаменту, перехід до яких здійснюється за складною системою порушень. Велика амплітуда виступів по відношенню до депресії свідчить про інтенсивність поступових тектонічних рухів.

Приосьова частина депресії поступово зміщується на північ від давніх до більш молодих відкладів. У межах депресії відмічено значне збільшення товщини пермських відкладів та карбону, що є наслідком інтенсивного занурення центральної частини депресії у ці періоди.

На основі комплексу СТАГД авторами вперше були проведені роботи з дослідження та прогнозування перспективних об'єктів Срібнянського прогину на ВВ (рис. 1). Були порівняні геолого-геофізичні матеріали з результатами дешифрування аерокосмоснімків, побудовані профілі розподілу температурного показника (t , °C); еманційних показників, які включають радон (R_n , Бк/дм³), торон (T_n , Бк/дм³), водень (H_2 , $n \cdot 10^{-3}$), гелій (He , $n \cdot 10^{-3}$), вуглекислий газ (CO_2 , об. %); метану (CH_4 , 10^{-5} об. %) з його гомологами – етану (C_2H_6 , 10^{-6} об. %), пропану (C_3H_8 , 10^{-6} об. %), ізобутану (iC_4H_{10} , 10^{-6} об. %), бутану (nC_4H_{10} , 10^{-6} об. %), ізопентану (iC_5H_{12} , 10^{-6} об. %), пентану (C_5H_{12} , 10^{-6} об. %); гексану (C_6H_{14} , 10^{-6} об. %); ненасичених ВВ – етилену (C_2H_4 , 10^{-6} об. %) та пропілену (C_3H_6 , 10^{-6} об. %). На підставі наведеного авторами була уточнена геологічна будова Срібнянського прогину у комплексі з її новітніми геоди-

намічними процесами. Це дозволило зробити припущення щодо перспективності досліджуваної ділянки.

Методика досліджень

У межах Срібнянської площі була застосована методика СТАГД – оригінальна, маловитратна та експресна технологія, яка методологічно й інформаційно ґрунтується на системному аналізі геологічних передумов, зокрема сприятливих структурно-тектонічних, літолого-стратиграфічних, атмогеохімічних й термометричних ознак і критеріїв нафтогазоносності.

В основу СТАГД покладено науково-методичні розробки з удосконалення та впровадження в практику комплексної методики прогнозування вуглеводневих покладів [Багрій, Гожик, 2009; Багрій, 2003; Багрій та ін., 2001]. Технологія полягає у визначенні територіального розміщення

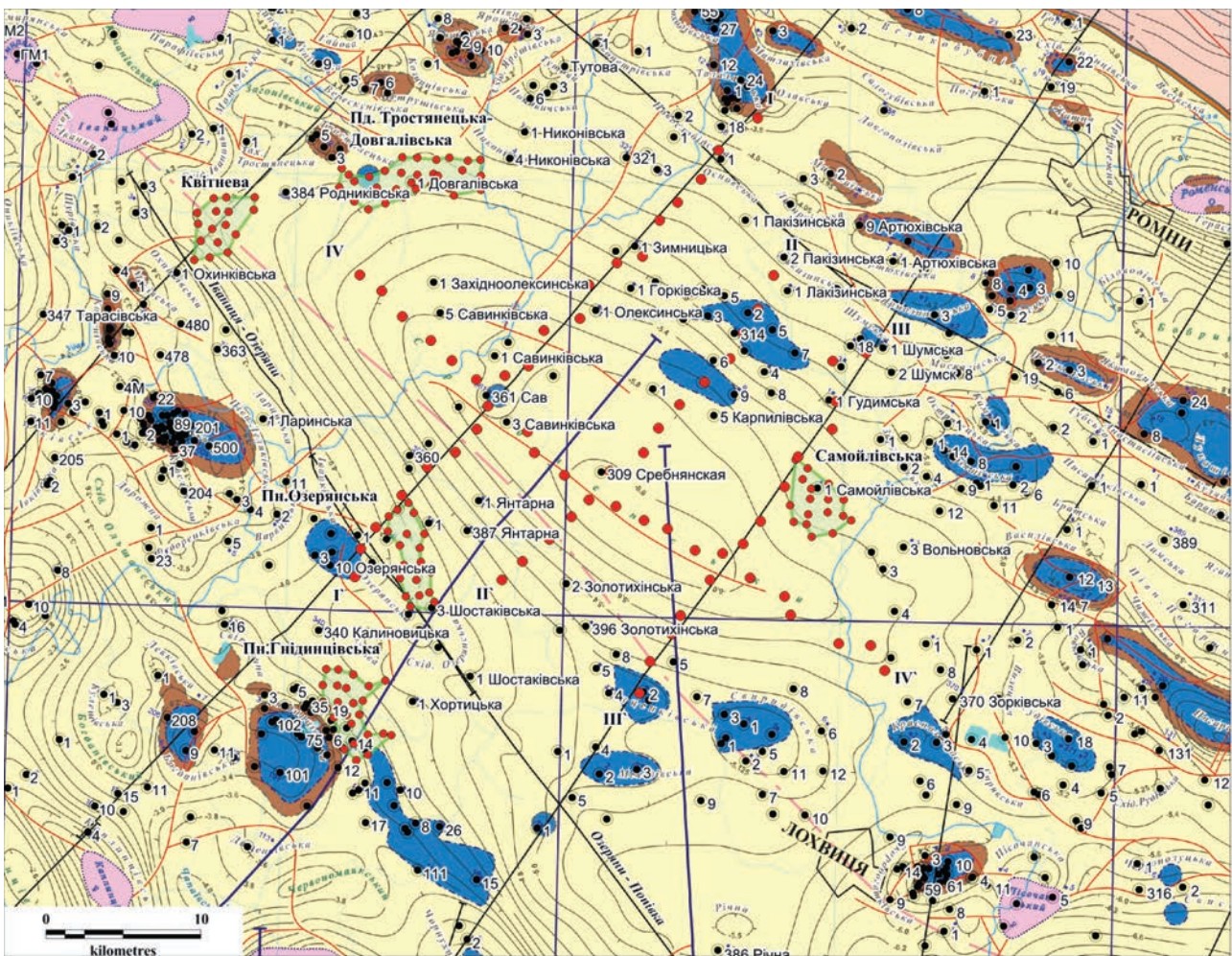


Рис. 1. Схема розташування ділянок та профілів СТАГД на Срібнянській депресії на структурно-тектонічній карті масштабу 1:200 000 (голов. ред. Є.С. Дворянин, 1996)

Fig. 1. Scheme of the placement of areas and profiles of the STAGR on the Sribnyanska depression on the structural-tectonic map, scale 1:200 000 (Editor-in-Chief E.S. Dvoryanyn, 1996)

зон, які активно впливають на умови формування та зберігання покладів ВВ. Це дозволяє виявити місця активізації сучасних геодинамічних процесів, формування зон тріщинуватості та розущільнення гірських порід, шляхи міграції до земної поверхні різних за хімічним складом і походженням флюїдів, у тому числі тих, що є індикаторами покладів ВВ. Головна вимога СТАГД – максимальна інформативність отриманих даних. За цих обставин головну увагу при виконанні досліджень приділяли вирішенню таких завдань:

1. Визначення геоструктурної позиції площі дослідження на підставі аналізу розломно-блокової тектоніки та дешифрування аеро- і космофотознімків.

2. Установлення характеру показників нафтогазоносності, що, з одного боку, визначають шляхи міграції ВВ і цим створюють умови для пошуків та оконтурювання їх покладів, з іншого – дають змогу оцінити сучасну герметичність потенційних пасток ВВ, необхідну для їх накопичення та зберігання, на основі картування зон сучасної геодинамічної активності [Багрій та ін., 2007].

СТАГД на досліджуваній території передбачала виконання комплексу польових і лабораторних досліджень за такою схемою (рис. 2): геоструктурні дослідження, структурно-неотектонічне дешифрування аеро- і космофотознім-

ків, польові термометричні, геохімічні (за вільними ВВ) та еманацияні дослідження, вивчення гідрологічної мережі району, обробка отриманих експериментальних даних, побудова картографічного матеріалу. В результаті польових робіт було відібрано газоеманацияні проби на 174 пунктах спостереження (ПС).

Геоструктурні дослідження ґрунтувалися на аналізі існуючої геологічної та геофізичної інформации і мали на меті аналіз розломно-блокової тектоніки з урахуванням геодинамічних й морфокінематичних характеристик розломів і форм їх відображення у фундаменті та чохлі. Структурно-неотектонічне дешифрування космо- та аерофотознімків (рис. 3) було виконано для виявлення неотектонічно активних порушень на підставі їх закономірного зв'язку з певними типами сучасних структур і формами рельєфу.

Геоструктурна інформація була вихідною при виборі оптимальної мережі станцій інструментальних польових робіт, що включали атмогеохімічні, термометричні та еманацияні дослідження.

Теоретичним підґрунтям геохімічних пошуків родовищ ВВ слугували уявлення про дифузійно-фільтраційний масоперенос вуглеводневих газів (і низькомолекулярних рідких ВВ) із нафтогазових покладів у перекриваючі осадові породи [Соколов, 1971].

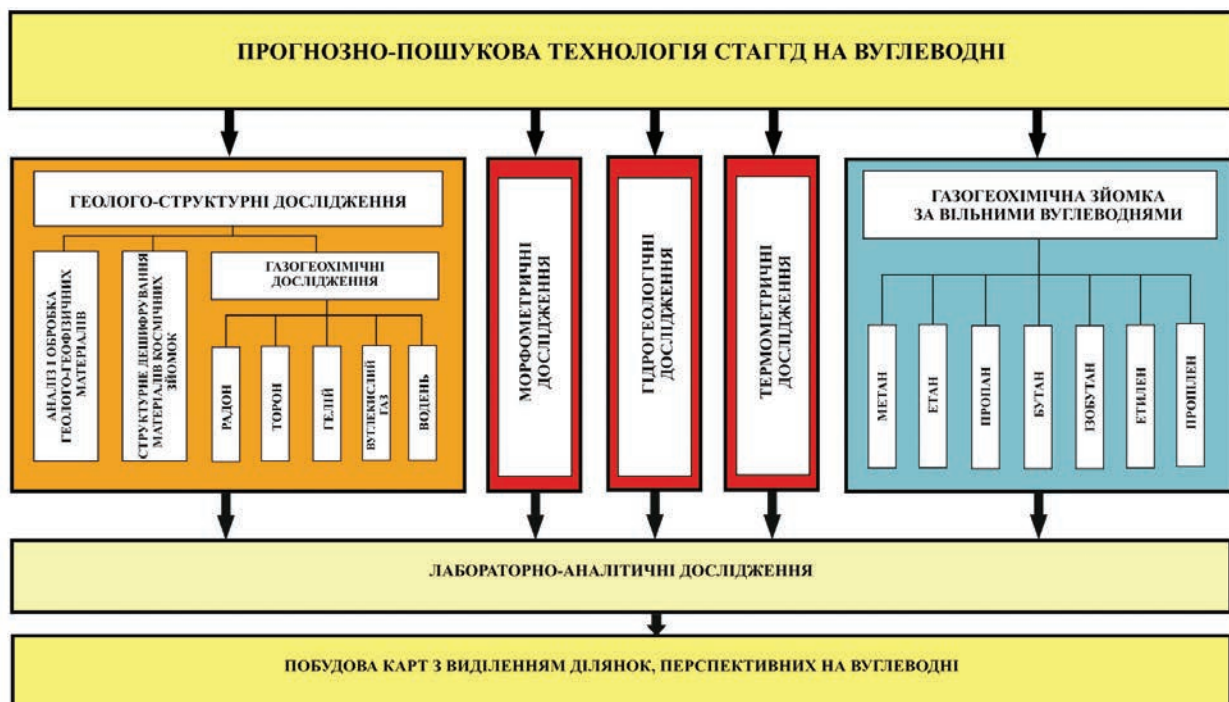


Рис. 2. Принципова прогнозно-пошукова схема СТАГД на ВВ

Fig. 2. The fundamental predictive-searching scheme of STAGR on hydrocarbons

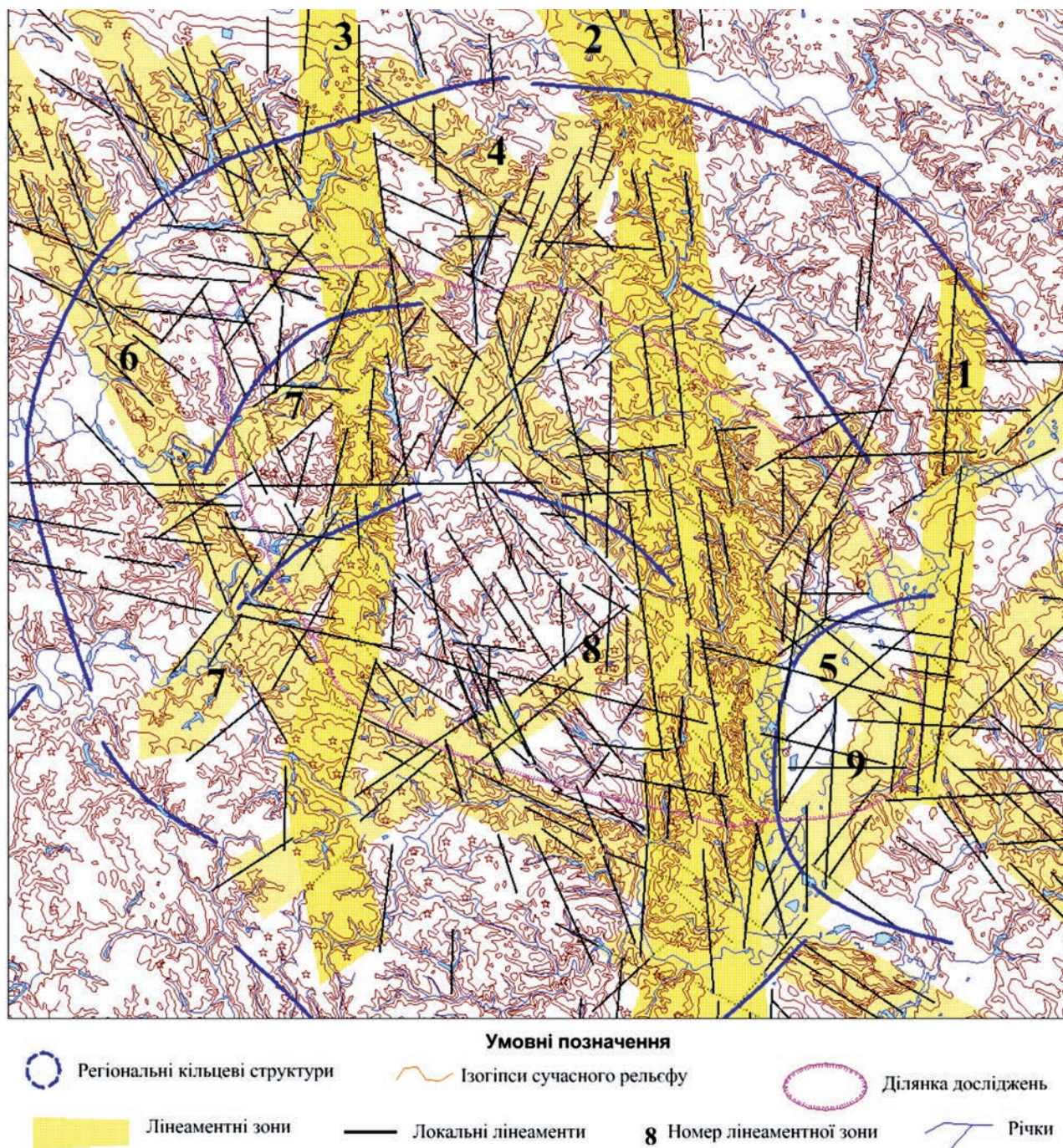


Рис. 3. Структурно-неотектонічне дешифрування району досліджень
Fig. 3. Structural-neotectonic interpretation of the research area

Результати дослідження

На підставі інтерпретації даних космодешифрування фіксуються кільцеві та лінеаментні зони, а також Пирятинське склепінне підняття, яке в сучасній структурі ДДЗ містить Срібнянський прогин. У межах цього підняття знаходиться значна кількість родовищ нафти і газу, які пов'язані з карбонатно-теригенними відкладами девону, карбону та пермі.

На території Срібнянського прогину були виконані експедиційні дослідження, що включали повний комплекс робіт, а саме: термометричні, еманційні дослідження (визначення радону й торону), визначення вуглекислого газу, водню, гелію та метану з його гомологами. Були отримані дані по чотирьох профілях: три профілі простягаються в північно-східному напрямку, а один – у північно-західному. За результатами

профільних побудов найбільш інтенсивні аномалії спостерігалися у північній частині досліджуваної ділянки. За характером розподілу показники поділяються на дві групи. Перша група – це температура, радон, торон, вуглекислий газ та водень. Друга група – метан, етан, пропан, бутани, пентани, гексани, етилен і пропілен.

Проби відібрано безпосередньо на ПС, які в подальшому досліджено в лабораторних умовах на хроматографах.

Результати дешифрування космознімків Л.В. Шандренка та О.О. Янцевича (2009 р.) частково знаходять своє відображення на профілях СТАГД. Це може свідчити про активність того чи іншого блоку (розлому), а також про геодинамічну ситуацію в цій частині прогину. Місця, які не відображені в геохімічних полях, можна інтерпретувати як непровідні тектонічні елементи.

На основі наведеного виконано виділення перспективних ділянок для подальшого опитування на ВВ.

Опис профілю I-I. Профіль трасується через Срібнянський прогин. Довжина профілю – 38 800 м. Для побудови використано дані профільної зйомки. При побудові профілю (рис. 4, 5) було використано 21 ПС та відображено такі показники: температурний показник (t , °C); еманційні показники, які включають радон (R_n , Бк/дм³), торон (T_n , Бк/дм³), водень (H_2 , $n \cdot 10^{-3}$), гелій (He , $n \cdot 10^{-3}$), вуглекислий газ (CO_2 , об.%), метан (CH_4 , 10^{-5} об.%) з його гомологами – етаном (C_2H_6 , 10^{-6} об.%), пропаном (C_3H_8 , 10^{-6} об.%), ізобутаном (iC_4H_{10} , 10^{-6} об.%), бутаном (nC_4H_{10} , 10^{-6} об.%), ізопентаном (iC_5H_{12} , 10^{-6} об.%), пентаном (C_5H_{12} , 10^{-6} об.%), гексаном (C_6H_{14} , 10^{-6} об.%), ненасичених ВВ – етилену (C_2H_4 , 10^{-6} об.%), пропілену (C_3H_6 , 10^{-6} об.%).

Профіль трасується з північного сходу на південний захід по лінії сейсмостратиграфічного розрізу регіонального профілю методом спільної глибинної точки Пирятин – Талалаївка.

Опис аномалій виконано з північного сходу на південний захід.

За розподілом *температурного показника* профіль дослідження можна поділити на три частини:

Північно-східна (ПС А01-А05), що на початку профілю в ПС А01-А02 приурочена до Талалаївського газоконденсатного родовища та поступово зростає.

Східний край Срібнянської депресії (ПС А06-А11), що набуває стрімкого зросту в ПС А05 та коливається в межах середнє +3S, підвищені значення припадають на північно-східний схил Срібнянського прогину.

Центральна частина, що включає також південно-західну частину Срібнянської депресії, в ПС А12-А18 має підвищені значення показника, в ПС А13-А14 збігається з Савинківським родовищем ВВ, що в структурному плані відноситься до центрального та південно-західного схилів Срібнянського прогину.

Розподіли *радону, торону й вуглекислого газу* є подібними, тому наводимо загальний опис. Профіль можна поділити на дві частини: північно-східну та південно-західну. Тут всі підвищені значення показників збігаються з родовищами ВВ, що були описані при температурному розподілі.

Північно-східна частина (ПС А01-А14). Фіксуються аномальні значення в ПС А01, які стрімко спадають до фонових та несуттєво коливаються на протязі всього профілю, а ближче до середини знову швидко зростають, але не перевищують середнє +3S. В структурному плані ПС А01 відноситься до північно-східного схилу Срібнянського прогину. Аномалію в північно-східній частині можна віднести до найбільш піднятої частини прогину.

Південно-західна частина (ПС А14-А20). Фіксуються підвищені (ПС А14 та А20) значення показників в центральній та південно-західній частинах Срібнянського прогину, на протязі всього профілю, спостерігаються понижені або фонові значення, окрім двох підвищених.

За розподілом *водню* виокремлюються дві аномалії в північно-східній та південно-західній частинах, що знаходяться на найбільш піднятих ділянках схилу Срібнянського прогину. Центральна та перехідні зони Срібнянської депресії фіксуються у мінливому коливанні показника, що не перевищують середнє +3S. Значення показника в межах родовищ ВВ мають переважно характер зниження, в той час як у Талалаївському родовищі, навпаки, зростають.

За розподілом *гелію* виокремлюються підвищені значення в північно-східній, центральній та південно-західній частинах, які не перевищують середнє +3S. В межах Талалаївського родовища спостерігаються фонові значення показника, а на Савинківському та Озерянському родовищах показники мають підвищені значення та спадають до фонових.

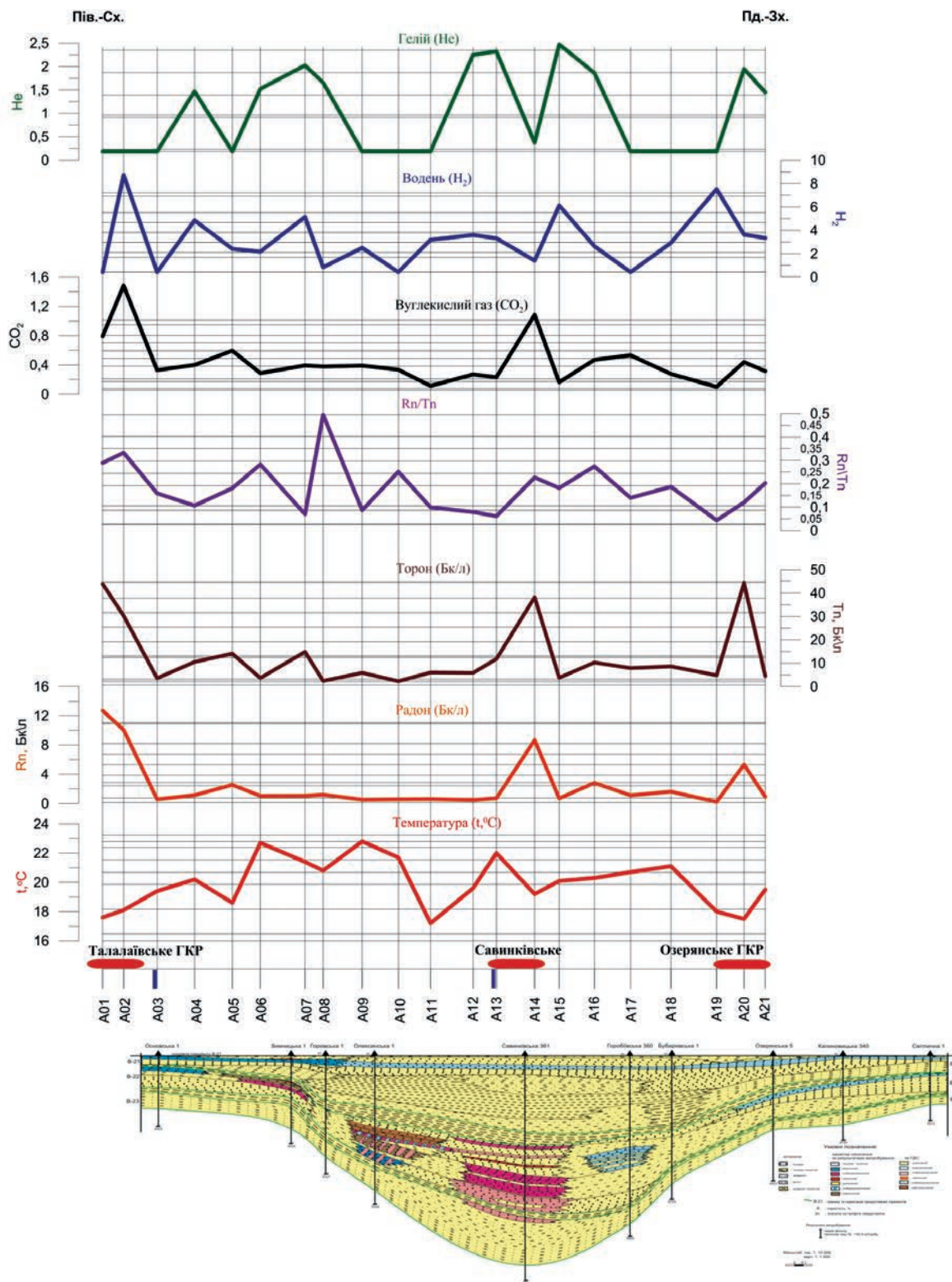


Рис. 4. Графіки розподілу температурного показника (t , °C), еманацийних показників, які включають радон (R_n , Бк/дм³), торон (T_n , Бк/дм³), водень (H_2 , $n \cdot 10^{-3}$), гелій (He , $n \cdot 10^{-3}$), вуглекислий газ (CO_2 , об.%) з палеогеографічним розрізом відкладів XIIa мікрофауністичного горизонту по лінії профілю Пирятин – Талалаївка (Т.Л. Попова, Т.М. Пригаріна, 2017)

Fig. 4. Graph of the distribution of thermometric data (t , °C), emanation data, that include radon (R_n , Бк/дм³), thoron (T_n , Бк/дм³), hydrogen (H_2 , $n \cdot 10^{-3}$), helium (He , $n \cdot 10^{-3}$), carbon dioxide (CO_2 , vol%) with paleogeographic cross-section of the deposits XIIa of the microfauna of the stylistic horizon along the line of the Pyriatyn – Talalaivka profile (T.L. Popova, T.M. Prigarina, 2017)

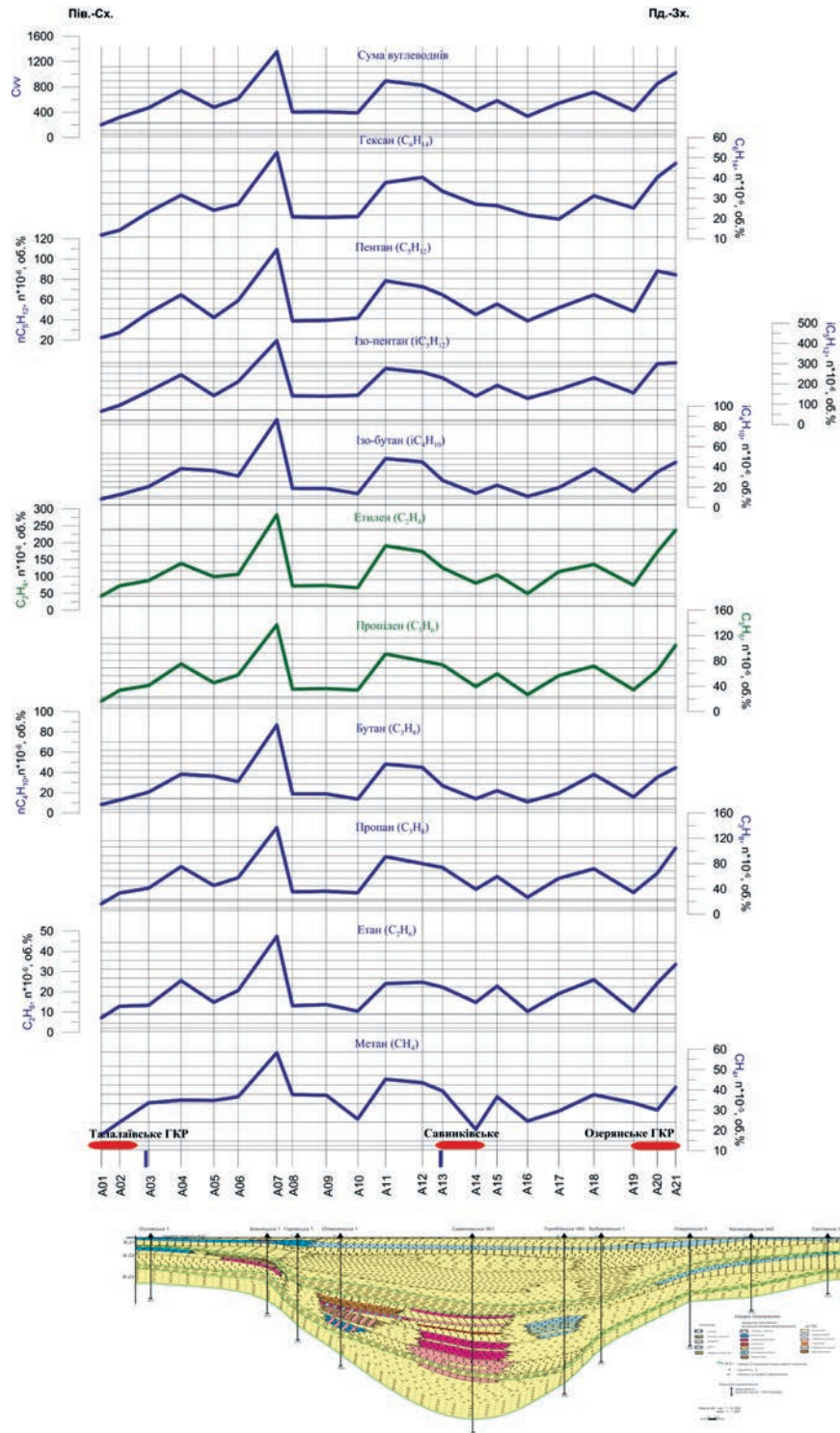


Рис. 5. Графіки розподілу метану (CH_4 , 10^{-5} об.%) та його гомологів – етану (C_2H_6 , 10^{-6} об.%), пропану (C_3H_8 , 10^{-6} об.%), ізобутану ($i\text{C}_4\text{H}_{10}$, 10^{-6} об.%), бутану ($n\text{C}_4\text{H}_{10}$, 10^{-6} об.%), ізопентану ($i\text{C}_5\text{H}_{12}$, 10^{-6} об.%), пентану (C_5H_{12} , 10^{-6} об.%), гексану (C_6H_{14} , 10^{-6} об.%) та ненасичених ВВ – етилену (C_2H_4 , 10^{-6} об.%), пропілену (C_3H_6 , 10^{-6} об.%) з палеогеографічним розрізом відкладів XIIa мікрофауністичного горизонту по лінії профілю Пирятин – Талалаївка (Т.Л. Попова, Т.М. Пригаріна, 2017)

Fig. 5. Graph of methane data distribution (CH_4 , 10^{-5} об.%) and its homologues – ethane (C_2H_6 , 10^{-6} об.%), propane (C_3H_8 , 10^{-6} об.%), isobutane ($i\text{C}_4\text{H}_{10}$, 10^{-6} об.%), butane ($n\text{C}_4\text{H}_{10}$, 10^{-6} об.%), iso-pentane ($i\text{C}_5\text{H}_{12}$, 10^{-6} об.%), pentane (C_5H_{12} , 10^{-6} об.%), hexane (C_6H_{14} , 10^{-6} об.%) and unsaturated hydrocarbon gases – ethylene (C_2H_4 , 10^{-6} об.%), propylene (C_3H_6 , 10^{-6} об.%) with paleogeographic cross-section of the deposits XIIa of the microfauna of the stylistic horizon along the line of the Pyriatyn – Talalaivka profile (T.L. Popova, T.M. Prigarina, 2017)

Розподіли *вуглеводневих газів*, а саме метану з його гомологами, є подібними. Профіль дослідження можна умовно поділити на дві частини.

Північно-східна від початку профілю ПС А01 до ПС А09, яка в структурному плані збігається з північно-східною крайовою частиною та північно-східним схилом Срібнянського прогину. На початку профіля, в межах Талалаївського родовища, фіксуються фонові значення, що поступово зростають до максимуму в ПС А07 в межах св. Зимницька-1, яка в структурному плані збігається з північно-східним схилом Срібнянської депресії, та спадають до фонових.

Центральна, яка включає південно-західну частину Срібнянської депресії та простежується від ПС А10 до завершення профілю ПС А21. Починаючи з ПС А10 розподіл показників доволі контрастний й набуває куполоподібного вигляду до ПС А14, що збігається з Савинківським родовищем ВВ та найбільш зануреною частиною Срібнянського прогину. На продовженні профілю відмічаються незначні коливання показників, що не перевищують середнє +3S. В межах Озерянського газоконденсатного родовища, яке збігається з пів-

денно-східним схилом Срібнянської депресії, прослідковується пониження всіх показників.

Висновки

В результаті проведених досліджень були встановлені закономірності проявів атмогеохімічних параметрів з їх неотектонічною приналежністю. В межах бортів та забортових зон Срібнянського прогину у відкладах палеозою широко розвинуті літолого-стратиграфічні та комбіновані пастки і передбачається наявність пасток ВВ неантиклінального типу. За площовими дослідженнями були виділені перспективні ділянки на п'яти площах – Квітнева, Довгалівська, Самойлівська, Північно-Гнідинцівська та Північно-Озерянська. Ділянки бортової та забортової частин можуть утворювати скупчення ВВ, про що свідчать поля визначених газових показників на південному заході над Озерянською структурою та в центральній частині над Савинківською структурою. Були виділені перспективні ділянки для подальшого опішукування на вуглеводневу сировину. Результати досліджень підтверджують високу перспективність на виявлення родовищ ВВ у межах Срібнянського прогину.

Список літератури

Багрій І.Д. Прогнозування розломних зон підвищеної проникності гірських порід для вирішення геоекологічних та пошукових задач. Київ: ТОВ «Видавничий дім Дмитра Бураго», 2003. 149 с.

Багрій І.Д., Гладун В.В., Довжок Т.Е., Знаменська Т.О., Клочко В.П., Круський Б.Л. Розробка комплексу структурно-термо-атмогеохімічних методів для прогнозування й пошуків покладів вуглеводнів. *Геол. журн.* 2001. № 2 (296), С. 89-93.

Багрій І.Д., Гладун В.В., Гожик П.Ф., Круський Б.Л., Клочко В.П., Почтаренко В.І., Бенько В.М., Знаменська Т.О., Дубосарський В.Р., Лихван В.М.,

Шостак Т.А. Нафтогазоперспективні об'єкти України. Прогнозування нафтогазоперспективних об'єктів Дніпровсько-Донецької газонафтоносної області з використанням комплексу нетрадиційних приповерхневих методів дослідження. Київ: Варта, 2007. 533 с.

Комплексна методика структурно-термо-атмогеохімічних досліджень (СТАГД): а.с. № 28176, Україна. Багрій І.Д., Гожик П.Ф.; заявник і власник Інститут геологічних наук НАН України. 31.03.2009.

Соколов В.А. Геохимия природных газов. Москва: Недра, 1971. 333 с.

References

Bagriy I.D., 2003. Prediction of fracture zones of high permeability of rocks to solve search and geoeological problems. Kyiv: LLC "Dmytro Burago Publishing House", 149 p. (in Ukrainian).

Bagriy I.D., Gladun V.V., Dovzhok T.E. Znamenska T.O., Klochko V.P., Krupsky B.L., 2001. Development of a complex of structural-thermo-atmogeochemical methods for forecasting and searching of hydrocarbons deposits. *Geologichnyy zhurnal*, № 2 (296), p. 89-93. (in Ukrainian).

Bagriy I.D., Gladun V.V., Gozhik P.F., Krupsky B.L., Klochko V.P., Pochtarenko V.I., Benko V.M., Znamenska T.O., Dubosarsky V.R., Lihvan V.M., Chostak T.A., 2007. Oil and gas prospecting objects of Ukraine.

Forecasting of oil and gas prospecting objects of the Dnipro-Donetsk gas-fossil region using a complex of non-traditional methods for surface research. Kyiv: Varta, 533 p. (in Ukrainian).

A comprehensive methodology structural-thermo-atmogeochemical research (STAGR): Pat. № 28176 Ukraine. Bagriy I.D., Gozhik P.F.; applicant and owner Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine. 31.03.2009 (in Ukrainian).

Sokolov V.A., 1971. Geochemistry of natural gases. Moscow: Nedra, 333 p. (in Russian).

Стаття надійшла
27.02.2018

МОЖЛИВОСТІ ШТУЧНОГО ПОПОВНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД КРИСТАЛІЧНИХ ПОРІД ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Л.І. Петренко

(Рекомендовано акад. НАН України В.М. Шестопаловим)

*Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: Petrenko.L@nas.gov.ua
Кандидат геологічних наук, науковий співробітник відділу гідрогеологічних проблем.*

Висвітлено проблему додаткового водозбагачення водоносного комплексу окремих ділянок кристалічних порід у межах центральної частини Українського щита.

Доступ користувача до якісної води для водоспоживання, а також для технічних потреб з часом ускладнюється з різних причин. Так, використання згаданих ресурсів у районах з розвитком кристалічних порід розповсюджене, однак через те, що породи не відзначаються високою водозбагаченістю і, як правило, є мало дебітними. Зростаюча потреба у водних ресурсах у майбутньому, але низький досвід зберігання та накопичення поверхневих вод саме в умовах Українського щита свідчать про необхідність вирішення питання продуктивності водозаборів підземних вод тріщинуватих кристалічних порід. Підвищення ефективності їх використання є дуже складним завданням, проте можливим при умові штучного поповнення підземних вод кристалічних порід.

Розглянуто можливості штучного поповнення запасів підземних вод, яке широко відоме для водоносних горизонтів осадових відкладів, на відміну від підземних вод тріщинуватих кристалічних порід.

Наведено стислу характеристику водоносності кристалічних порід, а також приклади деяких підходів до збільшення запасів підземних вод у цих породах.

Ключові слова: водозбагачення; ресурси; підземні води; тріщинуваті кристалічні породи; штучне поповнення запасів підземних вод; водозабір; водоносний комплекс.

THE POSSIBILITY OF ARTIFICIAL RECHARGE OF GROUND WATER IN THE CRYSTALLINE ROCKS FOR WATER SUPPLY

L.I. Petrenko

(Recommended by academician of NAS of Ukraine V.M. Shestopalov)

*Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: Petrenko.l@nas.gov.ua
PhD of geological sciences, researcher of the department of hydrogeological problems.*

The problem of additional water-absorption of the aquifer complex of separate sections of crystalline rocks within the central part of the Ukrainian shield is highlighted.

The user's access to high-quality water for water use, as well as for technical needs, is complicated by time for various reasons. Thus, the use of these resources in areas with the development of crystalline rocks is widespread, however, because rocks are not characterized by high water absorption and, as a rule, ineffective. The growing need for water resources in the future, but the low experience of storing and accumulation of surface water in the conditions of the Ukrainian Shield, indicates the need to address the issue of productivity of water intake of groundwater of cracked crystalline rocks. Increasing the efficiency of their use is a very difficult task, but it is possible under the condition of artificial replenishment of groundwater of crystalline rocks.

The possibilities of artificial recharge of groundwater system, which is widely known for the aquifers of sediment deposits, are considered, in contrast to underground waters of cracked crystalline rocks.

A brief characterization of the water content of crystalline rocks is given, as well as examples of some approaches to increasing groundwater reserves in these rocks.

Key words: water enrichment; resources; underground waters; cracked crystalline rocks; artificial recharge of groundwater system; water intake; aquifer complex.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ПОПОЛНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Л.И. Петренко

(Рекомендовано акад. НАН Украины В.М. Шестопаловым)

Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: Petrenko.L@nas.gov.ua
Кандидат геологических наук, научный сотрудник отдела гидрогеологических проблем.

Освещена проблема дополнительного восполнения водоносного комплекса отдельных участков кристаллических пород в пределах центральной части Украинского щита.

Доступ пользователя к качественной воде для водопотребления, а также для технических нужд со временем усложняется по разным причинам. Так, использование упомянутых ресурсов в районах с развитием кристаллических пород распространено, однако из-за того, что породы не отличаются высокой водообильностью и, как правило, мало дебитные. Растущая потребность в водных ресурсах в будущем на фоне низкого опыта хранения и накопления поверхностных вод именно в условиях Украинского щита свидетельствует о необходимости решения вопроса производительности водозаборов подземных вод трещиноватых кристаллических пород. Повышение эффективности их использования является очень сложной задачей, однако возможным при условии искусственного пополнения подземных вод кристаллических пород.

Рассмотрены возможности искусственного пополнения запасов подземных вод, которое широко известно для водоносных горизонтов осадочных отложений, в отличие от подземных вод трещиноватых кристаллических пород.

Приведены краткая характеристика водоносности кристаллических пород, а также примеры некоторых подходов к увеличению запасов подземных вод в этих породах.

Ключевые слова: восполнение; ресурсы; подземные воды; трещиноватые кристаллические породы; искусственное пополнение запасов подземных вод; водозабор; водоносный комплекс.

Вступ

Сьогодні потреба у питній воді нормованої якості особливо гостро постає перед суспільством. Приблизно 50% від поточного споживання води у світі забезпечується за рахунок підземних вод [Giordano, 2009]. Передбачається, що зі зміною клімату збільшиться кількість посух [Alcamo et al., 2007], а також використання підземних вод для зрошення та питних потреб. Україна, згідно із [Шестопалов та ін., 2005], належить до держав, які мало забезпечені водними ресурсами (менше 1000 м³/рік на одного мешканця, тоді як ООН вважає достатнім цей показник на рівні 10-15 тис. м³/рік). Це вимагає пошуку нових підходів і методів для поповнення підземних вод, які експлуатуються для водопостачання, особливо в тих районах, де їх кількість досить обмежена.

Актуальність. Забезпечення доступу будь-якого користувача до якісної води в достатній кількості у різних гідрологічних та гідрогеологічних умовах є життєво важливим завданням для України. З цього випливає актуальність питання підвищення продуктивності водозаборів, що можуть бути закладені у слабководоносних кристалічних породах, створення водозаборів із штучно організованою системою поповнення їх ресурсів.

Постановка проблеми. Водоносні горизонти, які в даний час використовуються у кожній країні, – це ті, що характеризуються достатньою пористістю і проникністю, в той час як менше уваги приділяється водоносності кристалічних порід з низькою проникністю.

Низький рівень використання ресурсів підземних вод для питного водопостачання в районах з розвитком кристалічних порід пов'язаний із поганою вивченістю водоносних комплексів кристалічних порід та з особливостями обводнення кристалічних порід. Великі втрати ресурсів поверхневих вод для водопостачання маємо в результаті повеней/паводків і випаровування у разі штучних водойм. Як було згадано, у майбутньому потреба у водних ресурсах зросте ще більше – як у зв'язку із розвитком виробництва, так і зі змінами клімату. Це все свідчить про доцільність вирішення питання підвищення продуктивності водозаборів підземних вод, особливо тих, що закладені в тріщинуватих кристалічних породах.

Аналіз літературних джерел. На сьогодні штучне поповнення запасів підземних вод (ШПЗПВ) широко використовується для підтримки господарсько-питного постачання у ряді країн – Німеччині, Нідерландах, Ізраїлі та ін.

[Григорійчук, 2014]. Там отримані суттєві наукові та практичні результати щодо збільшення запасів підземних вод та їхнього забору разом із використанням поверхневих вод. Дослідження у контексті поповнення водоносних горизонтів підземних вод, що відбуваються в осадових відкладах, продовжуються сьогодні і на сучасному рівні. Так, у роботі [Tagun et al., 2016], з метою оцінки фактичного обсягу води, необхідної для насичення зони аерації та встановлення місць для проведення робіт щодо ШПЗПВ на основі використання супутникових даних та ГІС-технологій, дослідники пропонують попередньо створити систему тематичних карт-шарів. Це карти геологічних умов, глибини залягання рівнів підземних вод та областей їх розвантаження у різні сезонні періоди, геоморфологічних умов, карти складу ґрунтів, землекористування та ін. Аналіз таких карт та їх зіставлення допоможуть знайти найбільш вдалі ділянки та місця для закладення споруд з метою штучного поповнення горизонтів підземних вод. Перелік карт подібної тематики наведено також і у [Zare, Koch, 2016]. У статті [Hashemi et al., 2013] запропоновано методологію дослідження кількісного внеску поповнення водоносних горизонтів від уявного русла річки і від введеної системи штучного поповнення (внаслідок повеней) шляхом зворотного моделювання. Згідно з результатами, у нормальний рік без екстремальних природних явищ паводкова система на 80% виступає основним джерелом поповнення, тоді як уявне русло річки – тільки на 20% від загального поповнення в досліджуваній області. Було також встановлено, що за рахунок розширення системи штучного поповнення підземних вод обсяг поповнення водоносного горизонту може бути збільшений навіть при невеликій повені, в той час як поповнення запасів у випадку зростання русла річки можливе лише при великих повенях.

Дослідження поповнення запасів підземних вод у кристалічних породах (гранітах), наприклад у роботі [Raposo, 2012], виконано на підставі дослідження стосовно оцінки ресурсів підземних вод одного іспанського гідрогеологічного району, серед геологічних відкладів якого переважають тріщинуваті граніти та метаморфічні породи. Для оцінки швидкості поповнення підземних вод дев'яти пілотних водозаборів було використано підхід моделювання водного балансу. Результати підтвердились перехресною перевіркою незалежними технічними методами,

зокрема методом хлоридного масового балансу. Було отримано дві логарифмічні криві, які показують зв'язок живлення підземних вод та річних опадів, що дозволяє проводити параметризацію живлення за допомогою лише кількох гідрогеологічних параметрів. У статті [Bour et al., 2013] представлені результати чисельного моделювання взаємозв'язку між ресурсами підземних вод у кристалічних породах і гідравлічними та геометричними властивостями зон розломів.

ШПЗПВ застосовувалося і в нашій країні. Так, у м. Чернівці функціонують водозабори такого типу ще з початку ХХ ст. Подібні водозабори відомі в Івано-Франківську, Надвірній, Яремчі, Коломиї та багатьох інших населених пунктах Прикарпаття та Закарпаття [Григорійчук, 2014; Штогрін, 1963; Штогрін, Гавриленко, 1968].

Підземні води тріщинуватої зони кристалічних порід майже на всій території Українського щита (УЩ) використовують для водопостачання, незважаючи на те, що окремі комплекси порід не характеризуються високою водозбагаченістю [Шестопапов и др., 1989]. Водоносність та обводненість тріщинуватих кристалічних порід території УЩ вивчали багато радянських та українських дослідників. Це роботи Ф.А. Руденка, Е.Е. Соболевського, М.І. Дробнохода, В.М. Шестопапова та ін. [Шестопапов и др., 1989; Руденко, 1958; Соболевский, 1978 та ін.]. Пошуки підземних вод ґрунтувались майже виключно на матеріалах спеціальних геофізичних робіт. Зокрема, у 1983 р. було проведено районування території за класами родовищ тріщинних вод і було надано імовірнісні моделі розподілу питомих дебітів свердловин для різних районів УЩ [Литвак, Никиташ, 1983]. З метою дослідження умов водопостачання, наприклад у Вінницькій області, проведено польові роботи із використанням методу вертикального електричного зондування [Волик, 1993 та ін.]. В останні десятиліття роботи з пошуків питних підземних вод для водопостачання центральної частини УЩ продовжуються [Михайленко, Панченко, 2012; Павлюченко, 2006 та ін.]. Однак складність гідрогеологічних умов у масивах тріщинуватих порід і недостатнє розроблення методів розрахунку продуктивності водозаборів не дозволяють вважати жоден з методів прогнозу, що застосовуються зараз, достатньою мірою прийнятним для вирішення практичних завдань з необхідною достовірністю.

Теоретично-методична частина

Український щит являє собою, відповідно до «Державного водного кадастру України», басейн тріщинних вод [Курганевич, 2007; Про затвердження..., 1996], а у системі гідрогеологічного районування – гідрогеологічний район першого порядку (або мегарегіон, за В.М. Шестопаловим) [Шестопалов и др., 1989]. У природних умовах УЩ (у регіональному масштабі) за особливістю водообміну виділяють групу водоносних горизонтів і комплексів осадового чохла і групу водоносних горизонтів і комплексів тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію і продуктів їх вивітрювання [Шестопалов и др., 1989].

Водоносні горизонти та комплекси осадового чохла мають важливе значення як осередки природного і штучного формування запасів і ресурсів підземних вод, як джерела припливу вод до свердловин, що розкрили кристалічні породи та отримуватимуть з них воду, яка формується у залягаючих вище шарах, особливо у локальних ерозійних западинах, де потужності осадових відкладів збільшуються. Вони розглядатимуться на стадії детального вивчення району чи області, що буде обрана як найбільш перспективна з позиції тріщинуватості, умов формування ресурсів та інших характеристик. Надалі підземні води тріщинуватих кристалічних порід за особливостями їх водоносності будуть подаватися в якості водоносного комплексу.

Водоносний комплекс кристалічних порід може складатись із підземних вод кори вивітрювання кристалічних порід та/або підземних вод власне зони тріщинуватості кристалічних порід.

Водоносність кори вивітрювання кристалічних порід. Кристалічні породи на значній площі масиву вкриті продуктами руйнування – жорсткою материнської породи і каолінами. Потужність порід кори вивітрювання змінюється від 1 до 130 м, але частіше не перевищує 12-20 м. Підземні води кори вивітрювання здебільшого безнапірні або слабонапірні, величина напору сягає в середньому 20-22 м. Найчастіше вони гідравлічно пов'язані з тріщинно-жильними водами регіональної тріщинуватості кристалічних порід; тоді величина напору збільшується в окремих випадках до 30 м; іноді свердловини фонтанують. Глибина їх залягання найчастіше не перевищує 20-30 м, рідко становить 70-80 м і більше.

Води кори використовуються для водопостачання (міста Біла Церква, Житомир, Вінниця та ін.). Продуктивність свердловин і колодязів звичайно не перевищує 3 дм³/с. На вододілах продуктивність набагато менша, ніж на схилах вододілів. На ділянках, вкритих відкладами осадового чохла, підземні води кори вивітрювання знаходяться в тісному гідравлічному зв'язку з водами кристалічних порід (міста Кіровоград, Вінниця).

Водоносність докембрійських кристалічних порід. Ці підземні води, які пов'язані з верхньою тріщинуватою зоною кристалічних порід, у межах УЩ мають найбільше площинне розповсюдження. Отримані при бурінні свердловин дані свідчать, що глибина розвитку активної тріщинуватості в середньому сягає 60-90 м (у долинах річок) [Бабінец и др., 1979]. У межах зон розломів вона іноді збільшується до декількох сотень метрів. Існує ряд непрямих критеріїв (морфологічні, структурні та ін.) і методів, за якими можна виокремити зони тріщинуватості. Особливу увагу приділяють наземним геофізичним дослідженням. Згідно із цими дослідженнями зони підвищеної тріщинуватості кристалічних порід мають протяжність сотні, рідко понад тисячі метрів і ширину від декількох десятків до 200-300 м.

Підземні води тріщинуватої зони кристалічних порід майже на всій території поширення є основним, а іноді й єдиним джерелом водопостачання. Однак кристалічні породи фундаменту характеризуються досить нерівномірною водозбагаченістю. Ділянки з підвищеною водозбагаченістю розвинуті значно рідше порівняно з ділянками із зниженою водозбагаченістю. Тому навіть при наявності ресурсів підземних вод (наприклад, значні природні запаси підземних вод в осадових відкладах) важко гарантувати необхідний водовідбір із кристалічних порід реальною системою водозаборів.

Водозбагаченість свердловин, що випробували зону тріщинуватості кристалічних порід центральної частини УЩ (зокрема, у Кіровоградській області), коливається в широких межах – від практично безводних до обводнених з дебітом до 25 дм³/с і питомим дебітом до 0,7-4,4 дм³/с (м. Долинська) [Литвак, Никиташ, 1983]. Більшість свердловин з підвищеним дебітом знаходяться в придолинних ділянках, що, як правило, приурочені до локальних чи регіональних розломних зон. Крім того, кристалічні

породи у таких місцях часто залягають близько до поверхні, де створюються сприятливі умови для їх вивітрювання, живлення і циркуляції підземних вод.

Спостереженнями в глибоких свердловинах Новоград-Волинського, Звенигородки, у шахтах та надглибокій свердловині Криворізького залізничного басейну (НГ-8) та інших місцях встановлено, що заглиблення свердловин нижче 120 м дуже слабо позначається на збільшенні припливу води. Характер і форми розвитку депресійних воронок у кристалічних породах при проведенні розвідувальних робіт свідчать про переважання орієнтування воронок вздовж поверхневих водотоків (незалежно від умов взаємозв'язку підземних і поверхневих вод) і про нерівномірний розподіл знижень всередині воронки за напрямком і на відстані.

Води зони активної тріщинуватості слабонапірні. Однак трапляються також високонапірні води. Величина напору може становити 25-40 м над поверхнею кристалічних порід, досягаючи інколи 90 м. Окремі свердловини, пробурені на території кристалічного масиву, фонтанують. Напір тріщинних вод обумовлюється відносно високим гіпсометричним положенням областей живлення та наявністю водотривкого шару, який перекриває кристалічні породи і представлений глинистими різновидами (часто каолінами); іноді напір викликається тим, що у верхній зоні кристалічних порід тріщини відсутні або ж закольматовані глинистим матеріалом. Падіння напорів спостерігається від вододілів до долин річок, де відбувається дренажування тріщинних вод. Зони розломів є найбільш сприятливими, при всіх інших рівних умовах, місцями для накопичення значних ресурсів підземних вод у річкових долинах.

Поповнення запасів підземних вод зони тріщинуватості кристалічних порід УЩ відбувається в основному внаслідок інфільтрації атмосферних опадів. Інтенсивність цього живлення у різних частинах УЩ різна (як правило, через різну потужність покривних відкладів і ступінь тріщинуватості кристалічних порід). Поповнення вод зони тріщинуватості відбувається і в результаті перетікання. Найбільш сприятливі умови живлення підземних вод у північній частині щита; на решті території у зв'язку із зменшенням кількості опадів умови накопичення значно погіршуються.

Максимальні рівні підземних вод приурочені до підвищених у рельєфі ділянок, де тріщинні води інтенсивно поповнюються внаслідок низхідної фільтрації із залягаючих вище водонесних горизонтів осадової товщі або інфільтрації атмосферних вод, де кристалічні породи виходять на поверхню. Спад рівнів відбувається в бік областей розвантаження, тобто у прирічкові зони і річки.

Ступінь відокремленості умов формування підземних вод на конкретних територіях, при інших рівних умовах, визначається інтенсивністю розчленування рельєфу. Зародження потоків підземних вод тріщинуватої зони кристалічних порід відбувається у місцях з найбільш високими відмітками сучасного рельєфу. Загальний напрямок потоку прослідковується від основного вододілу на північ і північний схід до долини р. Дніпро і на південь до Чорного моря [Tagun et al., 2016]. Згідно із [Бабинець и др., 1979], рух підземних вод тріщинуватих кристалічних порід характеризується підпорядкованістю руху поверхневого стоку. Відповідно, і глибина залягання тріщинних вод також обумовлюється рельєфом денної поверхні та гіпсометрією поверхні кристалічних порід. У долинах річок вона становить від 1–5 до 30 м, на вододілах і в зниженнях кристалічного фундаменту – від 10 до 160 м. При цьому тріщини вивітрювання розповсюджуються до глибини 40-60 м, а тріщини тектонічного походження – до 120-150 м і більше. Нижче цієї глибини трапляються лише дрібні волосні тріщини, циркуляція підземних вод в яких утруднена [Шестопапов та ін., 1989; Руденко, 1958]. У розрізі свердловин потужності окремих зон водотоків частіше становлять 1-3 м.

Водозбагаченість кристалічних порід різко зростає в зонах тектонічних порушень з відкритою тріщинуватістю. Так, зони тектонічних порушень характеризуються значеннями коефіцієнтів фільтрації, які можуть досягати до 228 м/добу [Шестопапов та ін., 1989].

За даними Е.Е. Соболевського [Соболевский, 1978], визначення впливу різноманітних чинників на водозбагаченість тріщинуватих кристалічних порід вивчається під час проведення пошуково-розвідувальних робіт на окремих родовищах підземних вод. Аналіз результатів цих робіт полягає у визначенні:

– ступеня водозбагаченості тріщинуватих кристалічних порід у розрізі;

– зміни глибин розвитку активної тріщинуватості кристалічних порід від сучасної поверхні Землі;

– характеру зміни водозбагаченості тріщинуватих кристалічних порід з глибиною;

– залежності водозбагаченості тріщинуватих кристалічних порід від потужності кори вивітрювання;

– залежності водозбагаченості тріщинуватих кристалічних порід від глибини їх залягання;

– залежності ступеня співпадіння покрівлі кристалічних порід і верхньої границі водопрпливу в свердловину;

– залежності водозбагаченості тріщинуватих кристалічних порід від зміни верхньої границі зони водопрпливу в свердловину;

– ступеня участі свердловин різної водозбагаченості в загальній кількості розвіданих експлуатаційних запасів підземних вод.

Додатково слід зауважити, що досвід проведення пошуково-розвідувальних робіт і буріння поодиноких розвідувально-експлуатаційних свердловин з метою питного водопостачання вказує на те, що реальні умови відбору підземних вод з тріщинуватих кристалічних порід для практичних цілей можливі тільки на обмежених по площі ділянках, незважаючи на суцільне розповсюдження кристалічних порід на території УЩ.

Згідно із [Бабинець и др., 1979], узагальнені характеристики водоносного комплексу у докембрійських кристалічних гірських породах такі:

– майже суцільне поширення;

– приуроченість до порід різного петрографічного складу;

– неоднорідність та анізотропність фільтраційних властивостей водовмісних порід, обумовлених нерівномірним і орієнтованим розвитком тріщин;

– нерівномірна тріщинуватість кристалічних порід у плані і розрізі;

– нерівномірна обводненість тріщинуватих кристалічних порід;

– нерівномірний розподіл у розрізі інтервалів активної тріщинуватості, їх невелика кількість і досить обмежені розміри (перші метри, іноді десятки сантиметрів). Частими є випадки, коли водопрплив у свердловини забезпечується єдиним інтервалом;

– нерідкісними випадками є неспівпадіння глибин залягання кристалічних порід і початкових інтервалів водопрпливів у свердловини;

– практично замкнутий баланс формування підземних вод у тріщинуватих кристалічних породах у межах окремих басейнів. Це зумовлено досить низькими фільтраційними властивостями кристалічних порід на вододілах і їх відносно високим ступенем тріщинуватості у долинах річок.

Проаналізувавши умови живлення та інші характеристики водоносного комплексу у кристалічних породах УЩ, а також враховуючи складність гідрогеологічних умов зони тріщинуватості для прогнозування значних дебітів свердловин, можна зробити такий попередній висновок. Перспективні для експлуатації ділянки повинні бути приурочені до знижених форм рельєфу (долини поверхневих водотоків); мати підвищену тріщинуватість кристалічних порід, пов'язану з ділянками розломів (прогнозується комплексом досліджень: геофізичних, гідрологічних, гідрогеологічних, оцінками за аналогією та експертними); мати тісний взаємозв'язок підземних і поверхневих вод; ділянки повинні характеризуватись відсутністю кори вивітрювання, представленою первинними або вторинними каолінами; мати відносно невелику глибину залягання кристалічних порід та характеризуватись сприятливим петрографічним складом кристалічних порід (граніти, мігматити, гнейси).

ШПЗПВ, як правило, застосовується для забезпечення збільшення експлуатаційних запасів на діючих водозаборах, якщо водозбір не забезпечується природними джерелами формування експлуатаційних запасів. В областях чи районах некристалічних порід при необхідності збільшити такі запаси на конкретному водозборі або розширюють діючий водозбір на флангах (однак це не завжди можна зробити – проблеми із землевідводом та організацією зони санітарної охорони, взаємодія із сусідніми водозаборами та ін.), або застосовують власне штучне поповнення запасів. В умовах кристалічних тріщинуватих порід розширення водозбору на флангах може бути неефективним, оскільки часто водоносні зони в тріщинуватих відкладах обмежені по площі поширення.

По суті, проблема підвищення водопостачання за рахунок підземних вод, що містяться у кристалічних тріщинуватих породах, зводиться до технічної можливості вилучення (водозбору) природних і залучених ресурсів, дотримуючись умов допустимого ступеня впливу на

навколишнє середовище. Варто зазначити, що новизна у даному контексті не стосується ШПЗПВ як самого по собі, а тільки у застосуванні його в умовах УЩ.

ШПЗПВ можна розглядати у двох самостійних напрямках. При першому водозабір закладається з урахуванням наявності:

- зони тріщинуватості, яка може забезпечити необхідний дебіт свердловин;
- ресурсів поверхневих вод, з допомогою яких можна створити джерело поповнення експлуатаційних запасів підземних вод;
- ємності для накопичення додаткових запасів води.

Другий напрям – водозабір вже є і необхідно знайти визначені вище компоненти для підвищення його дебіту.

Обговорення результатів

Таким чином, основні висновки, які слід брати до уваги при розгляді можливостей використання підземних вод із кристалічних тріщинуватих відкладів, такі:

- розкрита свердловинами потужність кристалічних порід характеризується нерівномірною тріщинуватістю;
- водопритливи в каптажні споруди забезпечуються із зон так званої активної тріщинуватості;
- вірогідність наявності зон активної тріщинуватості зменшується зі збільшенням глибин залягання кристалічних порід;
- найбільш водозбагаченою є товща кристалічних порід, що не перевищує 50 м від їх покрівлі, інколи вона сягає 80 м;
- найбільш водозбагаченими є тріщинуваті кристалічні породи, пов'язані із зонами розломів;
- покрівлю кристалічних порід не слід отожнювати з початковою границею водопритливів, оскільки інтервали водопритливів зв'язані з окремими зонами тріщинуватості, потужність яких змінюється в основному від десятків сантиметрів до 2-3 м, і знаходяться на різних глибинах залягання кристалічних порід;
- основними складовими формування експлуатаційних запасів підземних вод у тріщинуватих кристалічних породах є природні ресурси та залучення поверхневого (транзитного) стоку.

Експлуатаційні запаси родовищ підземних вод у тріщинуватих кристалічних відкладах зде-

більшого невеликі та становлять від декількох тисяч до декількох десятків тисяч кубометрів за добу [Шестопалов та ін., 1989]. Головну роль у формуванні експлуатаційних запасів родовищ у тріщинуватих відкладах відіграють природні і залучені ресурси поверхневих водопритливів. Часто поверхневий стік на родовищах тріщинних вод діє періодично, головним чином у весняний період у вигляді короткотривалих паводків. У місцях розташування великої потужності тріщинуватих порід доцільно здійснювати інтенсифікований відбір тріщинних вод (завідомо більший від природного живлення) з одночасним штучним поповненням за рахунок поверхневих вод.

Наприклад, район, який має потребу у воді, у геоморфологічному плані характеризується розчленованістю рельєфу або знаходиться поблизу річки чи її притоки. В таких умовах можна розглядати варіант спорудження запруд чи греблі для збору і накопичення поверхневих вод, які слугують джерелом живлення підземних вод. Важливою особливістю родовищ підземних вод у тріщинуватих породах є зв'язок більш водозбагачених ділянок із долинами річок і зонами тектонічних порушень [Шестопалов та ін., 1989]. Найкращий варіант розташування загати – зона найбільшої чи посиленої тріщинуватості. Іноді такі ділянки локалізуються на окремих тріщинах і зонах дроблення.

Інший приклад, коли кристалічні породи не характеризуються підвищеною тріщинуватістю. Тоді треба дослідити район щодо можливості штучного посилення тріщинуватості із застосуванням вибухової речовини. Цей метод не є новим при вирішенні завдань збільшення притливу води до свердловини [Григорійчук, 2014]. Непоодинокі випадки, коли свердловини, пробурені поруч, розкривають породи з істотною відмінною водопроникністю. Це варто враховувати при виборі технічних можливостей водозбору – наприклад, пробурити свердловину із горизонтальними відводами (система променів) замість простої свердловини і т.п.

Як варіант, можемо спостерігати ситуацію, коли осадові відклади, що залягають на тріщинуватих породах, можуть мати значну потужність. Природні запаси водоносних відкладів осадового чохла у загальному балансі експлуатаційних ресурсів нерідко виявляються досить суттєвими. Тобто водоносність осадового чохла може виступати основним джерелом

поповнення вод у кристалічних породах. Адже, незважаючи на малу потужність, низьку проникність і невитриманість водовмісних кристалічних порід, у ряді випадків саме ці запаси повністю визначають загальні експлуатаційні можливості ділянок водозаборів, закладених на підземні води зони тріщинуватості [Бабинець і др., 1979]. Для оцінки умов взаємозв'язку підземних вод, приурочених до осадових і кристалічних порід, необхідно розглядати взаємовідношення у розрізі проникних і слабопроникних відкладів.

У складних гідрогеологічних умовах, що властиві водоносним комплексам у тріщинуватих малопроникних кристалічних відкладах, досліднику варто мати інформацію про живлення та розвантаження, глибину залягання підземних вод, оцінити ступені обводненості та неоднорідності, володіти базою даних про геофільтраційні параметри, знати фізико-географічні умови ділянки – наявність чи відсутність річки, інших поверхневих джерел, мати відомості про кліматичні умови в період весняного сніготанення та період повеней і паводків, режим витрат води у річках за певні періоди часу та дані про інші гідрологічні параметри і т. д. Крім цього, дуже важливим у даному контексті є вибір оптимального режиму експлуатації, дотримання балансу між потребами у воді в тому чи іншому районі і природними можливостями водоносної системи.

Список літератури

Бабинець А.Е., Боревский Б.В., Шестопалов В.М. Формирование эксплуатационных ресурсов подземных вод платформенных структур Украины. Киев: Наук. думка, 1979. 216 с.

Волик А.П. Отчет о результатах геофизических исследований на воду, выполненных с целью водоснабжения колхозов в Винницкой области за 1991-1993. Киев: АП Киевская ГФЭ Госкомводхоза Украины, 1993. 70 с.

Григорійчук В.В. Світовий досвід використання штучного поповнення запасів підземних вод, 2014. URL: <http://geopolitika.crimea.edu/arhiv/2014/tom10-v-1/079grigor.pdf>

Курганевич Л.П. Водний кадастр. Львів: Видав. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 116 с.

Литвак Д.Р., Никитаиш А.П. Отчет о результатах работ по оценке водообильности гидрогеологических скважин на территории Украинского щита применительно к задачам разведки и оценки

Висновки

Роль підземних вод у вирішенні завдань питного водопостачання важлива. Обґрунтування водозбагаченості кристалічних порід є складним завданням. Природні запаси підземних вод зони тріщинуватості незначні. Тому оцінку експлуатаційних ресурсів підземних вод у кристалічних породах необхідно виконувати перш за все у межах найбільш перспективних ділянок. Якщо ресурсів оцінено як «достатньо» у рамках конкретного завдання, то тріщинуватість кристалічних порід зможе забезпечити витрату водозабору; в іншому випадку витрата води швидко ним реалізується і такий водозабір буде неефективний. У такому разі треба вдатися до вивчення можливостей і способів використання штучного поповнення ресурсів. Можливості застосування ШПЗПВ доцільно розглядати як в умовах вже діючих водозаборів, так і при проектуванні нових. Для цього необхідно уточнювати реальні гідрологічні, гідрогеологічні, геоморфологічні, геологічні та інші умови. Наведені у статті варіанти не можуть охопити всі можливі створені природою випадки. Проте вони вимагають розгляду різних підходів, найбільш характерних для конкретних умов при вирішенні задачі застосування штучного поповнення підземних вод кристалічних порід з метою оптимізації їх використання для водопостачання.

Автор висловлює подяку акад. НАН України В.М. Шестопалову за цінні зауваження та побажання, які використані під час підготовки статті.

эксплуатационных запасов подземных вод на 1981-1983 гг.: (в 4 т.). Киев: Мингео УРСР, “Севукргеология”, Комплексная геофизическая экспедиция, 1983. 160 с.

Михайленко М.Г., Панченко Т.О. Пошуки питних підземних вод для водопостачання м. Умань Черкаської області. Маньківський, Жашківський та Уманський райони Черкаської області. Черкаси: ДП “Центрукргеология”, 2012. 80 с.

Павлюченко В.Г. Звіт з вивчення режиму підземних вод на території Черкаської та Кіровоградської областей за 2001-2005 рр. Черкаси: ДП “Центрукргеология”, 2006. 100 с.

Про затвердження Порядку введення державного водного кадастру, 1996. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/413-96-%D0%BF>

Руденко Ф.А. Гидрогеология Украинского кристаллического массива. Москва: Госгеолтехиздат, 1958. 214 с.

Соболевский Э.Э. Особенности региональной оценки эксплуатационных запасов подземных вод массивов трещиноватых пород (на примере северо-западной части Украинского щита): дис. ... канд. геол.-минерал. наук / Пос. Зеленый, 1978. 208 с.

Шестопалов В.М., Лялько В.І., Гудзенко В.В. Підземні води як стратегічний ресурс. *Вісн. НАН України*. 2005. Т. 5. С. 32–39.

Шестопалов В.М., Лялько В.І., Огняник Н.С. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: Водообмен в естественных условиях. Киев: Наук. думка, 1989. 288 с.

Штогрін О.Д. Підземні води четвертинних відкладів Передкарпаття. Київ: Вид-во АН УРСР, 1963. 50 с.

Штогрін О.Д., Гавриленко С.К. Підземні води західних областей України. Київ: Наук. думка, 1968. 316 с.

Alcamo J., Floerke M., Maerker M. Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. *Hydrological Sciences Journal*. 2007. Vol. 52. P. 247–275.

Bour O., Roques C., Leray S., J.-R. De Dreuzy. 2013. Fault zones properties and groundwater resources in crystalline rocks. *Geological Society of America*. URL://gsa.confex.com/gsa/2013AM/webprogram/Paper229146.html

Giordano M. Global groundwater? Issues and solutions. *Ann. Rev. Environ. Resour.* 2009. Vol. 34. P. 7.1-7.26.

References

Alcamo J., Floerke M., Maerker M., 2007. Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. *Hydrological Sciences Journal*, vol. 52, p. 247–275 (in English).

Babinets A.E., Borevsky B.V., Shestopalov V.M., 1979. Formation of the exploitable resources of groundwater in Ukrainian platform structures. Kiev: Naukova Dumka, 216 p. (in Russian).

Bour O., Roques C., Leray S., J.-R. De Dreuzy., 2013. Fault zones properties and groundwater resources in crystalline rocks. *Geological Society of America*. URL://gsa.confex.com/gsa/2013AM/webprogram/Paper229146.html (in English).

Giordano M. 2009. Global groundwater? Issues and solutions. *Ann. Rev. Environ. Resour.*, vol. 34, p. 7.1-7.26 (in English).

Grigoriychuk V.V., 2014. World experience of artificial replenishment of groundwater reserves URL: http://geopolitika.crimea.edu/arhiv/2014/tom10-v-1/079grigor.pdf (in Ukrainian).

Hashemi H., Berndtsson R., Kompani-Zare M., Persson M., 2013. Natural vs. artificial groundwater recharge, quantification through inverse modeling. *Hy-*

drol. EarthSyst. Sci. URL: https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/17/637/2013/hess-17-637-2013.pdf

Raposo J.R., 2012. Parameterization and quantification of recharge in crystalline fractured bedrocks in Galicia-Costa (NW Spain). *Hydrol. EarthSyst. Sci.* URL: https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/1667/2012/hess-16-1667-2012.pdf

Tarun K., Tripathi M.P., Katre P., Priti T., 2016. Groundwater recharge plan for durg district of chhattisgarh using satellite data and GIS technique. *Agric Res.* URL: https://www.researchgate.net/publication/305040325_GROUNDWATER_RECHARGE_PLAN_FOR_DURG_DISTRICT_OF_CHHATTISGARH_USING_SATELLITE_DATA_AND_GIS_TECHNIQUE DOI No. 10.5958/2395-146X.2016.00044.2

Zare M., Koch M., 2016. Integrating Spatial Multi Criteria Decision Making (SMCDM) with Geographic Information Systems (GIS) for determining the most suitable areas for artificial groundwater recharge. Sustainable Hydraulics in the Era of Global Change. URL: https://www.researchgate.net/publication/295903796_Integrating_Spatial_Multi_Criteria_Decision_Making_SMCDM_with_Geographic_Information_Systems_GIS_for_determining_the_most_suitable_areas_for_artificial_groundwater_recharge

drol. EarthSyst. Sci. URL: https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/17/637/2013/hess-17-637-2013.pdf (in English).

Kurganevich L.P., 2007. Water cadastre. Lviv: Vydavnychyy Tsentrl LNU imeni Ivana Franka, 116 p. (in Ukrainian).

Litvak D.R., Nikitash A.P., 1983. Report on the results of the work on the assessment of the water availability of hydrogeological wells in the territory of the USh with reference to the tasks of exploration and assessment of the operational reserves of groundwater for 1981-1983. (in 4 volumes). Kiev: Mingeo URSR, "Sevukgeologiya", Complex geophysical expedition, 160 p. (in Russian).

Mikhailenko M.G., Panchenko T.O., 2012. The search for drinking groundwater for water supply in the city of Uman, Cherkasy region. Mankovsky, Zhashkivsky and Uman district of Cherkasy region. Cherkasy: State Enterprise "Centrukrgeologiya", 80 p. (in Ukrainian).

On approval of the procedure for conducting state water cadastre, 1996. URL:http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/413-96-%D0%BF (in Ukrainian).

Pavlyuchenko V.G., 2006. Report on the study of the regime of groundwater in the territory of Cherkasy and Kirovograd regions for 2001-2005. Cherkasy: SE "Centrukrgeologiya", 100 p. (in Ukrainian).

Raposo J.R., 2012. Parameterization and quantification of recharge in crystalline fractured bedrocks in Galicia-Costa (NW Spain). *Hydrol. Earth Syst. Sci.* URL: <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/1667/2012/hess-16-1667-2012.pdf> (in English).

Rudenko F.A., 1958. Hydrogeology of the Ukrainian crystal massif. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 214 p. (in Russian).

Shestopalov V.M., Lyalko V.I., Gudzenko V.V., 2005. Underground waters as a strategic resource. *Visnyk NAN Ukrainy*, vol. 5, p. 32-39 (in Ukrainian).

Shestopalov V.M., Lyalko V.I., Ognyanik N.S., 1989. Water exchange in hydrogeological structures of Ukraine: Water exchange in natural conditions. Kiev: Naukova Dumka, 288 p. (in Russian).

Shtogrin O.D. 1963. Underground waters of the Quaternary deposits of Precarpathians. Kyiv: Vydavnytstvo AN USSR, 50 p. (in Ukrainian).

Shtogrin O.D., Gavrilenko S.K., 1968. Underground waters of the western regions of Ukraine. Kyiv: Naukova Dumka, 316 p. (in Ukrainian).

Sobolevsky E.E., 1978. Features of the regional assessment of the operational reserves of groundwater in fractured rock massifs (on the example of the northwest-

ern part of the Ukrainian Shield): dis. ... cand. geol.-min. sci. v. Pos. Zeleny, 208 p. (in Russian).

Tarun K., Tripathi M.P., Katre P., Priti T., 2016. Groundwater recharge plan for durg district of chhattisgarh using satellite data and GIS technique. *Agric Res.* URL: https://www.researchgate.net/publication/305040325_GROUNDWATER_RECHARGE_PLAN_FOR_DURG_DISTRICT_OF_CHHATTISGARH_USING_SATELLITE_DATA_AND_GIS_TECHNIQUE DOI No. 10.5958/2395-146X.2016.00044.2 (in English).

Volyk A.P., 1993. A report on the results of geophysical studies on water carried out for the purpose of supplying water to collective farms in the Vinnytsia region for 1991-1993. Kiev: AP Kiev GFE Goskomvodkhov Ukrainy, 70 p. (in Russian).

Zare M., Koch M., 2016. Integrating Spatial Multi Criteria Decision Making (SMCDM) with Geographic Information Systems (GIS) for determining the most suitable areas for artificial groundwater recharge. Sustainable Hydraulics in the Era of Global Change. URL: https://www.researchgate.net/publication/295903796_Integrating_Spatial_Multi_Criteria_Decision_Making_SMCDM_with_Geographic_Information_Systems_GIS_for_determining_the_most_suitable_areas_for_artificial_groundwater_recharge (in English).

Стаття надійшла
01.03.2018

ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПРЕДВЕСТНИКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Е.Ф. Шнюков¹, М.А. Деяк², С.П. Науменко

¹ Государственное научное учреждение «Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины», Киев, Украина, E-mail: shnyukov@nas.gov.ua
Академик НАН Украины, доктор геолого-минералогических наук, заведующий отделом.

² Государственное научное учреждение «Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины», Киев, Украина, E-mail: nayk@ukr.net
Кандидат геологических наук, старший научный сотрудник.

Приведены данные о взаимосвязи между грязевыми вулканами Керченского полуострова и землетрясениями. Установлено влияние землетрясений на состояние грязевых вулканов, соотношения основных компонентов сопочных газов, дебит сопочных вод и объем изверженной сопочной брекчии. Выявлено коррелятивную связь между изменением концентрации углекислого газа и гелия с землетрясениями.

Ключевые слова: грязевые вулканы; сопочные газы; землетрясения; Керченский полуостров.

MUD VOLCANOES OF THE KERCH PENINSULA AS POTENTIAL PRECURSORS OF THE EARTHQUAKES

E.F. Shnyukov¹, M.A. Deyak², S.P. Naumenko

¹ State sciences institution «Department of marine geology and sedimentary ore formation of National Academy of Sciences of Ukraine», Kiev, Ukraine, E-mail: shnyukov@nas.gov.ua
Academician of NAS of Ukraine, doctor geological-mineralogical sciences, head of department.

² State sciences institution «Department of marine geology and sedimentary ore formation of National Academy of Sciences of Ukraine», Kiev, Ukraine, E-mail: nayk@ukr.net
Candidate of geological sciences, senior scientific researcher.

The data about connection between mud volcanous of the Kerch Peninsula and earthquakes are presence. Influence of the earthquakes on state of the mud volcanoes, correlations main component mud volcanic gases, debet mud volcanic water and the volume of the eruptet mud volcanic breccia are established. The correlative relationship between change of the concentrations CO₂, He and earthquakes are revealed.

Key word: mud volcanoes; mud volcanic gases; earthquake; Kerch peninsula.

ГРЯЗЬОВІ ВУЛКАНИ КЕРЧЕНСЬКОГО ПІВОСТРОВА ЯК ПОТЕНЦІЙНІ ПЕРЕДВІСНИКИ ЗЕМЛЕТРУСІВ

Є.Ф. Шнюков¹, М.А. Деяк², С.П. Науменко

¹ Державна наукова установа «Відділення морської геології та осадочного рудоутворення НАН України», Київ, Україна, E-mail: shnyukov@nas.gov.ua
Академік НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук, завідувач відділу.

² Державна наукова установа «Відділення морської геології та осадочного рудоутворення НАН України», Київ, Україна, E-mail: nayk@ukr.net
Кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник.

Наведено дані про зв'язок між грязьовими вулканами Керченського півострова та землетрусами. Встановлено вплив землетрусів на стан грязьових вулканів, співвідношення основних компонентів сопочних газів, дебіт сопочних вод і об'єм виверженої сопочної брекчії. Виявлено корелятивний зв'язок між зміною вуглекислого газу і гелію із землетрусами.

Ключові слова: грязьові вулкани; сопочні газы; землетруси; Керченський півострів.

© Е.Ф. Шнюков, М.А. Деяк, С.П. Науменко, 2018

На протяжении последних десятилетий на Земле наблюдается активное увеличение стихийных бедствий, среди которых одними из главных являются землетрясения, имеющие во многих случаях катастрофические последствия. В результате землетрясений каждый год в мире погибает огромное количество людей. В настоящее время весьма актуален вопрос по выявлению предвестников землетрясений. Сейчас эта проблема – одна из важнейших для ученых.

В пределах Крымского региона самой информативной геосистемой предсказания землетрясений являются грязевые вулканы Керченского полуострова.

Грязевой вулканизм – уникальное природное явление, которое проявляется в динамически активных зонах земной коры. Грязевые вулканы распространены в Азербайджане, Туркменистане, Дагестане, Грузии, России, Украине, Румынии и других странах. С грязевым вулканизмом связаны месторождения нефти и газа, железных руд, бальнеологического сырья. Грязевой вулканизм дает большую геологическую и сейсмическую информативность о регионе, в котором он распространен. По данным трехмерной сейсмоки азербайджанские геологи установили, что субвертикальные тела грязевых вулканов, находящихся на территории Азербайджана, прослеживаются на глубину до 18-20 км [Алиев и др., 2015].

Во многих работах отмечается связь грязевого вулканизма и землетрясений. Впервые эту мысль высказал академик П.С. Паллас. Он отметил взаимосвязь сильного землетрясения в Екатеринодаре и взрыва грязевого вулкана Голубицкий в Азовском море у г. Темрюк в 1796 г. В. Г. Абиx указывает на приуроченность грязевых вулканов к разломам земной коры. По его мнению, импульсами для начала вулканической деятельности являются сейсмические толчки. Крупные извержения грязевых вулканов, таких как банка Ливанова (Южный Каспий), Шихзарлы (Кобыстана), Джау-Тепе (Керченский полуостров), произошли после сильных землетрясений – соответственно Красноводского (1895), Шемаханского (1902). Четыре грязевулканических острова были обнаружены в Аравийском море в прибрежной зоне Макрана после землетрясения 28.11.1945 г. Многочисленные грязевулканические проявления наблюдались после Ашхабадского землетрясения (1948) в пределах его эпицентральной зоны.

Рассматривая связь извержений грязевых вулканов с землетрясениями, Ф.С. Ахмедбейлы (1975) утверждал, что сейсмические толчки создают благоприятные условия и могут способствовать извержению грязевых вулканов. Отмечается также, что в ряде случаев извержения грязевых вулканов и землетрясений совпадают во времени, а иногда интервал между событиями составляет несколько дней. Часто очаги извержения вулкана и эпицентр сейсмического толчка, который спровоцировал его, располагаются рядом, хотя известны случаи их значительного удаления друг от друга.

В последнее десятилетие появилось много публикаций, посвященных изучению связей между землетрясениями и грязевыми вулканами. Стоит выделить работы Ад.А. Алиева. Им и его коллективом был собран огромный материал по всем грязевым вулканам мира, что отображено в книге «Атлас грязевых вулканов мира» [Алиев и др., 2015].

Под руководством Ад.А. Алиева за последние 30 лет были опубликованы работы, посвященные связи между извержениями грязевых вулканов Азербайджана и землетрясениями.

Надо сказать, что еще в 80-х и в начале 90-х годов прошлого столетия в течение ряда лет (1982-1985 – 1991-1992 гг.) на 14 грязевых вулканах, расположенных в различных регионах Азербайджана, преимущественно в пределах Шамахи-Гобустанского сейсмоактивного региона, под руководством Ад.А. Алиева проводился мониторинг – режимные наблюдения с целью выявления связи грязевулканической деятельности с сейсмичностью. В результате были выявлены закономерности в изменении отдельных компонентов газа (CO_2 , He) и вод (B , Cl, SO_4) в сторону их аномального увеличения в период активизации грязевулканической деятельности, предшествующих и сопутствующих сейсмособытиям. Исследованиями было установлено, что в период активизации деятельности вулкана CO_2 при среднем фоне 2% увеличивается до 4-5%; He – на порядок; SO_4 – до 0,4-0,5 мг·экв/л (фон 0,2); B – более 100 мг/л и т.д. Следовательно, они могут рассматриваться в качестве возможных газогидрогеохимических предвестников слабых землетрясений; причем углекислый газ является «коротким предвестником», гелий – длительным, так как содержания первого в составе газовой составляющей вулканов увеличивается за 2-5 дней,

второго – за месяц до сейсмического события [Алиев, 1992; Алиев и др., 1989, 2000].

В конце 90-х годов XX в., продолжая наблюдения за деятельностью грязевых вулканов, особенно эруптивной стадии их проявления, Ад.А. Алиевым было установлено, что извержения происходят преимущественно после сильных землетрясений. Выполненный сравнительный анализ данных о землетрясениях и зафиксированных извержениях грязевых вулканов, происшедших в Азербайджане за последние два столетия, выявил генетическую связь между активизацией грязевулканической деятельности и сейсмичностью района развития вулканов или смежных территорий [Алиев, 1992; Алиев и др., 1989, 2000].

Ад.А. Алиевым установлена парагенетическая связь грязевулканической деятельности с сейсмическими событиями, особенно когда очаги землетрясений и вулканов расположены в пределах региональных структур – автохтона и параавтохтона [Алиев и др., 2001].

Выполненный Ад.А. Алиевым в последние годы анализ сведений о землетрясениях и деятельности грязевых вулканов за период 1986-2006 гг. показал, что подземные толчки, как правило, не только провоцируют бурные извержения грязевых вулканов, но и влияют на активизацию грифонно-сальзовой стадии вулканической деятельности. Об этом свидетельствуют результаты наблюдений в последние годы [Алиев, Байрамов, 2007, 2008; Алиев и др., 2009].

Сейчас на Керченском полуострове насчитывается до 17 действующих грязевых вулканов. Все они находятся в спокойной газогрифонной стадии развития. На поверхность медленно извергают жидкую грязь, сопочную воду и газ. За последнее десятилетие самым активным среди них является Булганакский, который в дальнейшем был избран нами в качестве полигона.

Методика исследований

Режимные наблюдения проведены Отделением морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины на протяжении 2007-2008 гг. – 2010-2013 гг. Исследованиями были охвачены Булганакский, Мало-Тарханский, Солдатско-Слободской и Еникальский грязевые вулканы.

Во время полевых исследований выполнено картирование зон активизации грязевулканической деятельности на исследуемых вулканах. Были отобраны каменный материал, сопочные

воды и газ для лабораторных исследований. Проведены визуальные наблюдения за активизацией грифонно-сальзовой стадии.

Сопочные воды отбирались непосредственно из кратера сопки в герметичную пластиковую тару и на протяжении трех дней анализировались в лаборатории. Отбор сопочной воды обязательно сопровождался замерами температуры и дебита. При анализе воды определяли соленость, содержание в воде бора, ртути, мышьяка. Химический состав сопочных вод определен в лаборатории Государственного предприятия “Укрчерметгеология”.

Результаты изучения воды оказались малопродуктивными. Пожалуй, соленость воды в большей степени определялась осадками, чем глубинными факторами. В связи с этим не удалось проследить взаимосвязь между содержанием бора с сейсмическими событиями. Содержание ртути и мышьяка в сопочной воде имеют не очень четкую связь с сейсмической активностью: в целом, концентрации этих элементов в значительной степени подпадают под погрешность; поэтому их использование для прогнозирования землетрясений нецелесообразно.

Отбор сопочных газов проводился непрерывно в течение 30 дней (один раз в сутки), а в 2008 г. – в течение 60 дней. Газ отбирался по методике И.А. Брода (через воду в бутылку с гидравлическим замком).

Химический состав газов определен в лаборатории Института геологических наук НАН Украины (аналитик И.Е. Мамышев). Измерение содержания кислорода, азота, водорода, метана осуществлено на хроматографе Цвет-560 М (детектор ДТП, колонка – молекулярные сита, газ-носитель – аргон). Измерение углекислого газа проводилось на хроматографе ЛХМ-8М (детектор ДТП, колонка – порapak, газ-носитель – гелий). Расчеты отдельных компонентов газовой смеси выполнены по внешнему стандарту. Для калибровки хроматографов применены протестированные проверочные газовые смеси в соответствии с ГОСТ-3214 – 2003 г.

Исследования позволили оценить возможные результаты прогнозирования по всем указанным направлениям и прийти к выводу о наибольших перспективах мониторинга газов вулканов для возможного прогноза землетрясения.

При анализах газов определены CH_4 , CO_2 , N_2 , H_2 , O_2 , He.

Результаты исследований

Сопоставление взаимосвязи выбросов различных газов с составом газовых струй грязевых вулканов, а также изучение воды в сравнении с сейсмической картиной за период наблюдений позволили установить сложность взаимосвязей содержания изученных компонентов и сейсмических явлений.

Газы грязевых вулканов имеют полигенную природу. Об этом свидетельствуют многочисленные данные изотопного состава их компонентов [Алиев, 2006; Алиев и др., 2015; Лаврушин и др., 2009; Сорочинская и др., 2009; Шнюков и др., 1986, 1992]. Так, для Булганакского вулкана, как в целом и для Керченско-Таманской грязевулканической области, изотопный состав углерода из метана и углекислого газа существенно отличаются.

Для метана $\delta^{13}\text{C}$ изменяется от $-3,33$ до $-4,84\%$, что характерно для углерода газовых и нефтегазовых месторождений осадочных толщ этого региона. Для углекислоты $\delta^{13}\text{C}$ колеблется от $-0,99$ до $+1,17\%$, что хорошо согласуется с изотопным составом газов глубинного происхождения, например вулканических газов Курильских островов ($-0,71$ до $+0,38\%$) [Сорочинская и др., 2009].

Изотопные исследования гелия Булганакского грязевого вулкана указывают на его осадочное происхождение. Соотношение $^3\text{He}/^4\text{He}$ – $(5,5-6,8)\times 10^{-8}$. Сходные данные получены для большинства вулканов Азербайджана ($(5-55)\times 10^{-8}$), Туркмении ($(6,6-33)\times 10^{-8}$) и Румынии ($(2,1-6,1)\times 10^{-8}$) [Алиев и др., 2015; Vaciu et al., 2007; Herbin et al., 2008].

Только для некоторых вулканов Сахалина (Южно-Сахалинский – 300×10^{-8}), Грузии (Восточ-

ная Кила-Купра – 200×10^{-8}) наблюдаются эманации гелия глубинного происхождения [Якубов, 1980].

Учитывая сказанное, можно с определенной вероятностью утверждать, что газы Булганакского грязевого вулкана будут по-разному реагировать на сейсмические события в регионе. Наиболее чувствительным к землетрясениям должен быть углекислый газ, поскольку он большей частью имеет глубинное происхождение. Амплитуды его пульсации будут коррелировать с периодами растяжения и сжатия наиболее глубоких участков земной коры.

Во время проведения мониторинговых работ нами было проведено сопоставление изменения содержания каждого компонента газа с сейсмическими событиями. Данные о сейсмической обстановке в регионе на период наблюдений (2007-2013 гг.) получены в Крымском отделении сейсмологии Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины. Учитывались землетрясения местной (до 300 км) и ближней зон (300-1000 км).

В местной зоне Крымско-Черноморского региона выделяются следующие сейсмические районы: Севастопольский, Ялтинский, Алуштинский, Судакский-Феодосийский, Керченско-Анапский, Степной Крым, Азово-Кубанский, Северо-Западный, Черноморская впадина.

Наибольшее количество землетрясений в пределах Крымско-Черноморского региона приходится на 2009 г. Здесь в течение года состоялось более 160 землетрясений. А максимальное количество выделяемой энергии при землетрясении зафиксировано в 2002 и 2008 гг. (рис. 1).

Основные очаги землетрясений ближней зоны расположены в Турции, Болгарии, Румынии, Грузии, Эгейском море и на Кавказе.

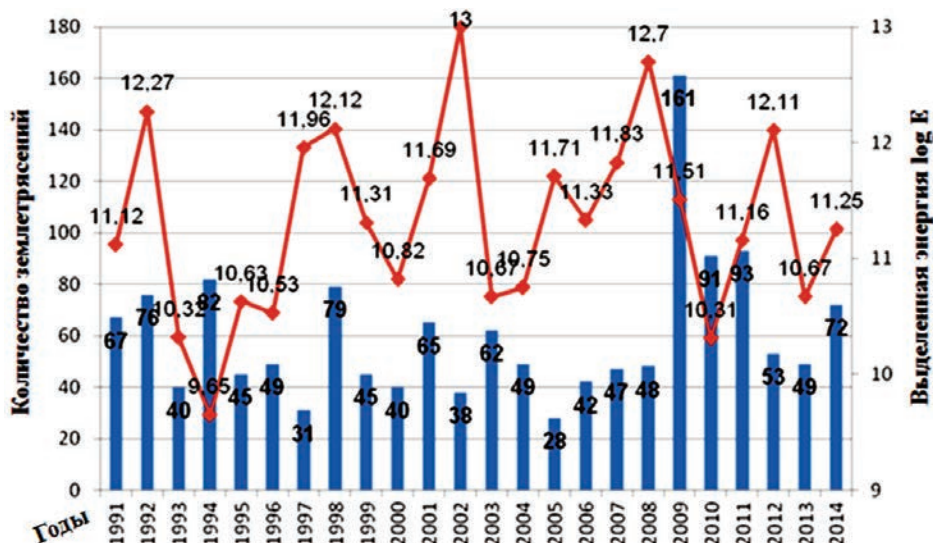


Рис. 1. Распределение выделенной энергии и количество землетрясений в пределах Крымско-Черноморского региона за период 1991-2014 гг.

Fig. 1. The distribution of released energy and the number of earthquakes in Crimean-Black Sea region for period from 1991 on 2014

Сопоставление данных состава газовой фазы с пиками сейсмической активности за период мониторинга показало неоднозначный и сложный характер корреляции между этими параметрами. Наиболее чувствительным к сейсмическим колебаниям среди компонентов являются углекислый газ и гелий.

Связь колебаний содержания углекислого газа с сейсмичностью региона проявляется на всех вулканах; она универсальна для Керченского полуострова в целом. Динамические изменения содержания углекислого газа в сопочных газах происходят непосредственно перед волной сейсмической активности или совпадают с ее максимумом.

Содержание углекислого газа в источниках, которые изучены, колебалось в широких пределах – от 4,3% (сопка Тищенко) до 18% (сопка Андрусове), но почти во всех случаях было зафиксировано повышение содержания углекислого газа, которое предшествовало или совпадало с сейсмическими событиями (рис. 2-4). Максимальная амплитуда колебаний концентрации углекислого газа достигала 6%.

В составе сопочных газов гелий менее чувствителен к землетрясениям, чем углекислый газ. Содержание гелия в сопочных газах колеблется от 0,007% (сопка Тищенко) до 0,044% (сопка Андрусова). Максимальная амплитуда изменения концентрации гелия достигает 0,034%.

Рис. 2. Всплески концентрации углекислого газа на сопке Андрусова, которые совпадали с землетрясениями региона и предшествовали им (2010 г.)

Fig. 2. The increase in CO₂-concentration observed at the Andrusov mud volcano, coinciding with and preceding earthquakes in this region (2010)

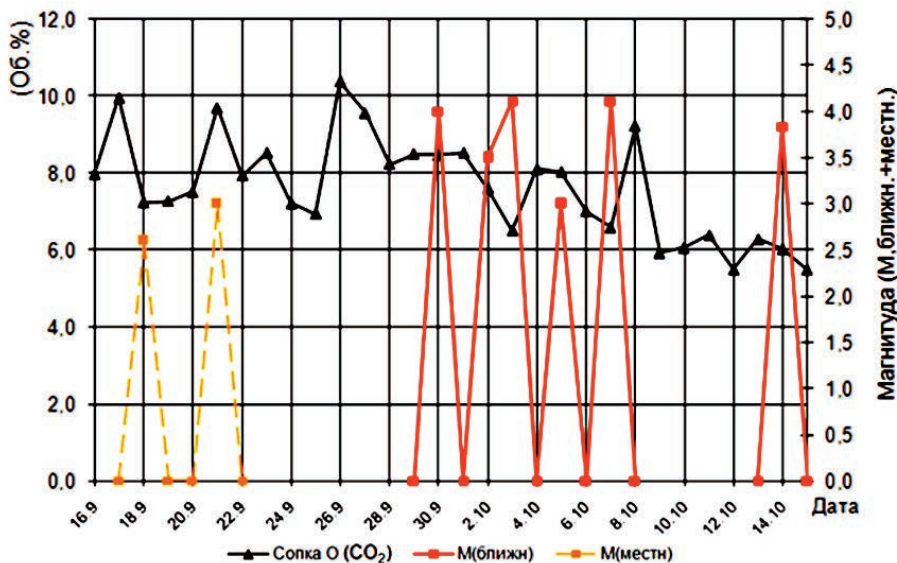
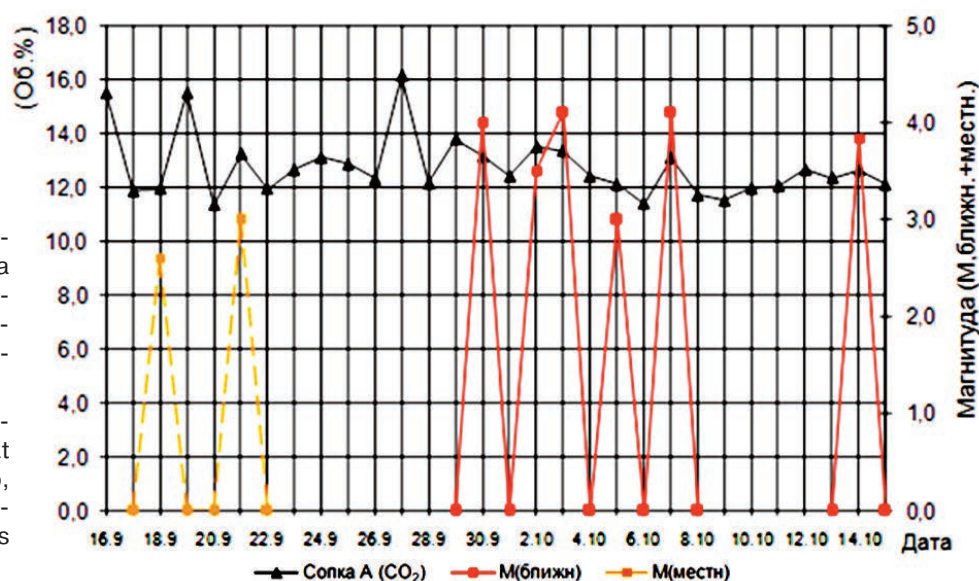


Рис. 3. Всплески концентрации углекислого газа на сопке Ольденбургского, которые зафиксированы перед, во время и после сейсмических событий в регионе (2010 г.)

Fig. 3. The increase in CO₂-concentration observed at the Oldenburgskiy mud volcano before, during and after seismic events in this region (2010)

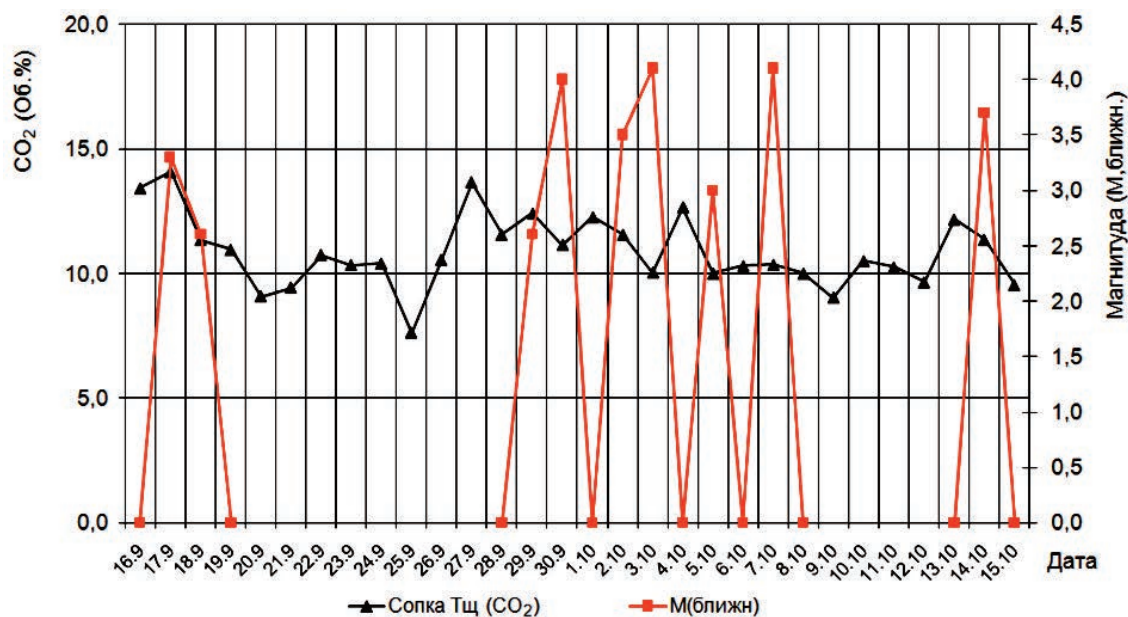


Рис. 4. Всплески концентрации углекислого газа на сопке Тищенко, которые предшествовали сейсмическим событиям региона (2010 г.)

Fig. 4. The increase in CO₂-concentration observed at the Tishchenko mud volcano, preceding seismic events in this region (2010)

В течение мониторинга были зафиксированы две аномалии гелия.

Первая наблюдалась 28.07.2013 г. на сопке Андрусова. Содержание гелия составило 0,044%, что является максимальным в течение всего мониторинга. Эта аномалия предшествовала землетрясению с магнитудой 5,3 балла, которое состоялось 30.07.2013 г. в Эгейском море. Эпицентр землетрясения находился на глубине 10 км (рис. 5).

Вторая аномалия гелия была зафиксирована 10.08.2013 г. на сопке Ольденбургского. Содержание гелия составило 0,032%. Это значение зафиксировано накануне землетрясения в Румынии, которое состоялось 11.08.2013 г. Его магнитуда составила 4,3 балла, а эпицентр землетрясения находился на глубине 86 км (рис. 6).

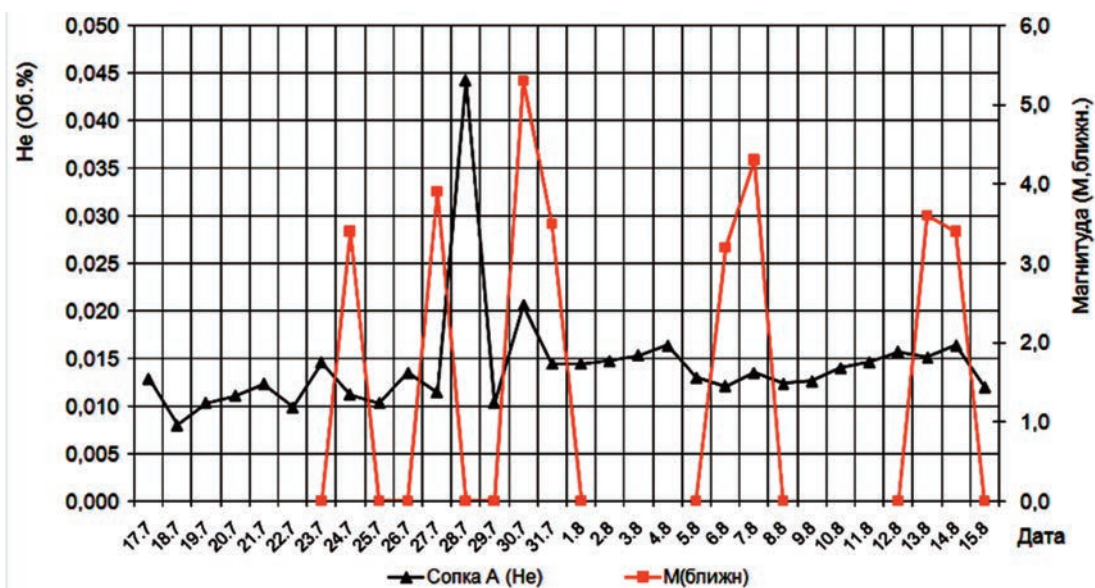


Рис. 5. Аномальная концентрация гелия на сопке Андрусова, которая предшествовала землетрясению с магнитудой 5,3 балла в Эгейском море

Fig. 5. The anomalous concentration of Helium observed at the Andrusov mud volcano, preceding the earthquake with 5,3 magnitude in the Aegean Sea

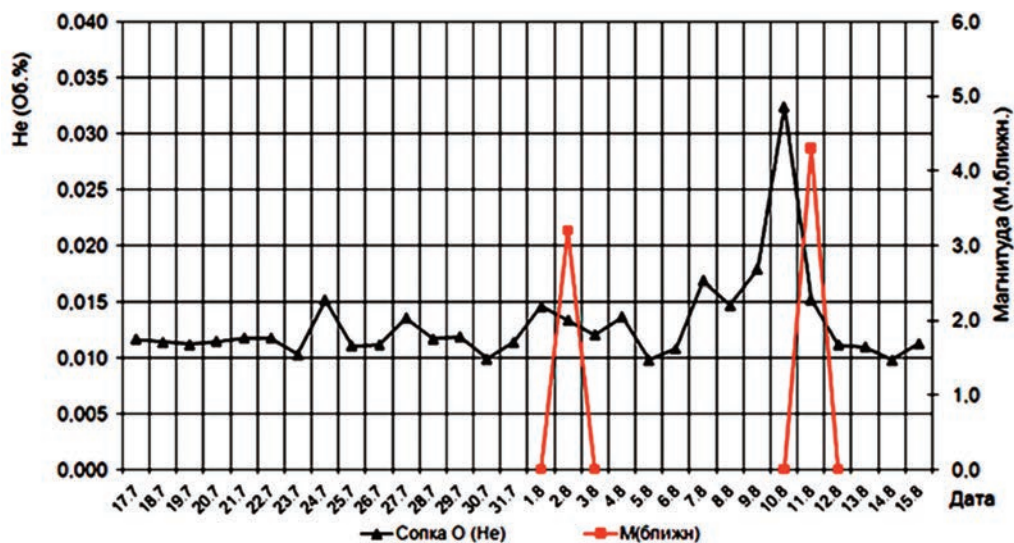


Рис. 6. Аномальный всплеск концентрации гелия на сопке Ольденбургского, который предшествовал землетрясению в Румынии с магнитудой 4,3 балла

Fig. 6. The anomalous concentration of Helium observed at the Oldenburgskiy mud volcano, preceding the earthquake with 4,3 magnitude in Romania

Следует отметить, что динамические изменения содержания углекислого газа в зависимости от сейсмических событий проявляются не только на Булганакском грязевом вулкане, но и на всех действующих вулканах, расположенных в пределах северо-восточной части Керченского полуострова (Мало-Тарханский, Еникальский, Солдатско-Слободской). Однако даже в пределах одного вулкана, но на разных сопках отмечается различный характер углекислотных всплесков. Это касается как амплитуды колебаний, так и смещения их во времени. Итак, каждая сопка имеет свою собственную реакцию на проявления землетрясений.

На графиках изменения концентрации углекислого газа и других газов наблюдаются отрицательные аномалии (рис. 4), связанные с

нарушением методики отбора газов; они не учитываются при интерпретации данных.

Нами было проведено сопоставление между изменением концентрации углекислого газа и гелия в связи с сейсмическими событиями каждого региона. Оказалось, что сопочные газы грязевых вулканов Керченского полуострова наиболее чувствительны к землетрясениям с эпицентрами в Румынии и западной Турции (рис. 7, 8).

Изучение колебаний содержания других компонентов природных газов грязевых вулканов (метан, кислород, азот) в основном не показывает четких связей с сейсмичностью региона. Во всяком случае такую зависимость нам обнаружить не удалось. Возможно, это связано с достаточно коротким периодом мониторинговых исследований или отсутствием в это время крупных сейсмических событий.

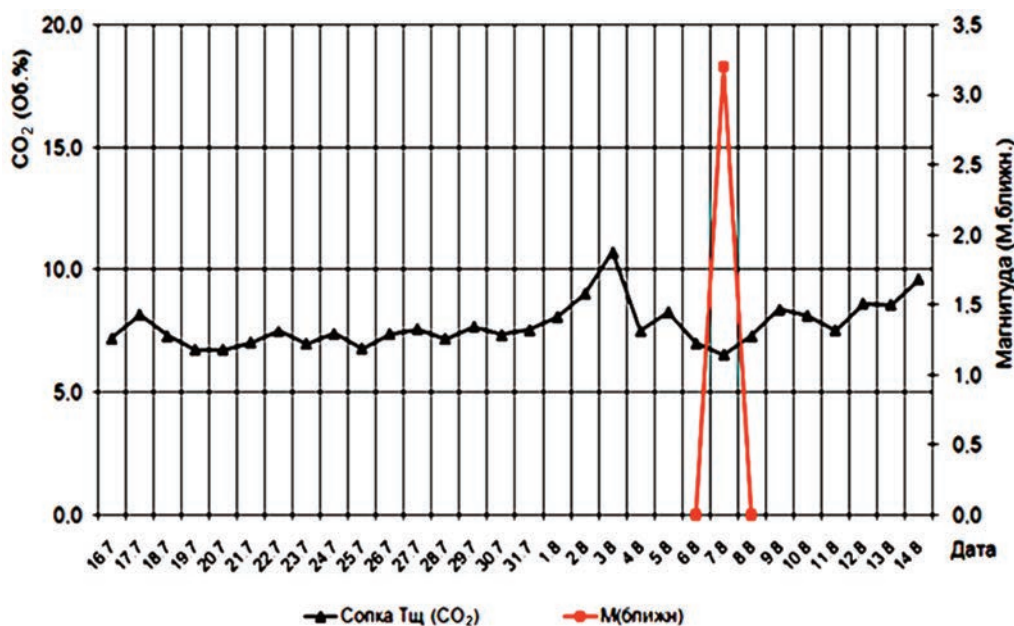


Рис. 7. Повышение концентрации углекислого газа на сопке Тищенко, которое предшествовало землетрясению в западной Турции (2011 г.)

Fig. 7. The increase in CO₂-concentration observed at the Tishchenko mud volcano, preceding earthquake in western Turkey (2011)

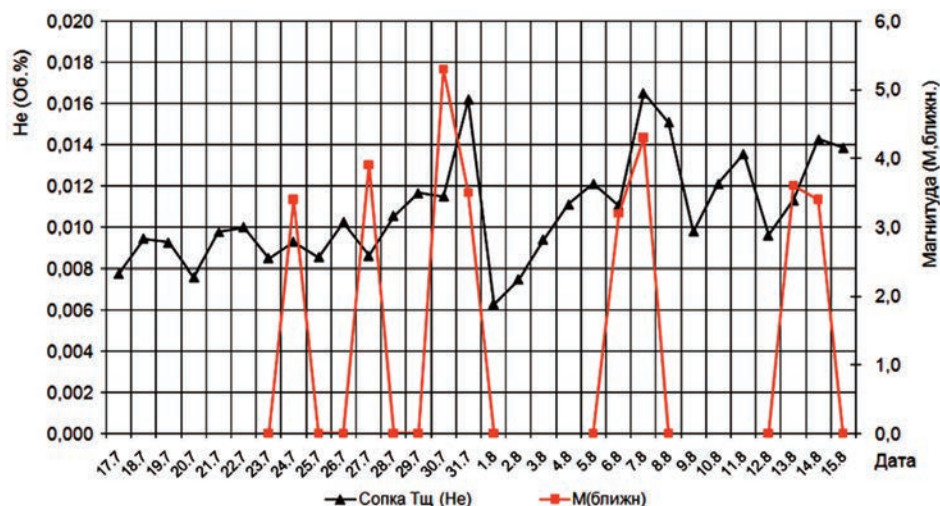


Рис. 8. Всплески концентрации гелия на сопке Тищенко, которые совпадают с землетрясениями в западной Турции (2013 г.)

Fig. 8. The increase in He-concentration observed at the Tishchenko mud volcano, which comply with earthquakes in western Turkey (2013)

Выводы

1. Выявлено, что подземные толчки, как правило, не только провоцируют бурные извержения вулканов, но и влияют на активизацию грифонно-сальзевой стадии вулканической деятельности. Активизация может проявляться перед, во время и после землетрясения.

2. С учетом магнитуды, глубины эпицентра, энергетического класса, расстояния между эпицентром и вулканом землетрясения играют роль «спускового механизма» в грязевулканическом процессе. Особенно хорошо это проявляется, если вулкан накопил аномально высокое давление в корневой системе, но его недостаточно для прорыва.

3. Основным компонентом газов грязевых вулканов Керченского полуострова является метан. Второй по содержанию – углекислота.

4. На проявление сейсмической активности в регионе наиболее чувствительны колебания концентрации углекислого газа и гелия в газовой фазе. Такая зависимость наблюдается на всех сопках, но наиболее коррелятивные связи выявлены на сопках Андрусова, Ольденбургского и Тищенко.

5. Установленные аномалии гелия на сопках Андрусова и Ольденбургского указывают на то, что каждая сопка по-разному реагирует на геодинамические процессы в регионе и имеет разные глубины корневой системы.

6. Содержание углекислого газа и гелия в сопочных газах наиболее чувствительно к землетрясениям с эпицентром в Румынии и западной Турции.

Список литературы

Алиев Ад.А. Геохимия грязевых вулканов и нефтегазоносность больших глубин: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. ИГ АН Азербайджана. Баку, 1992. 49 с.

Алиев Ад.А. Грязевой вулканизм Южно-Каспийского нефтегазоносного бассейна. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2006. № 3. С. 35-51.

Алиев Ад.А., Байрамов А.А. Новые данные об особенностях проявления грязевых вулканов в Шамахи-Гобустанском регионе. *Тр. ИГ АН Азербайджана*. 2000. № 28. С. 5-17.

Алиев Ад.А., Байрамов А.А. Закономерности пространственно-временного распределения грязевых вулканов Южно-Каспийской впадины в свете новой тектонической концепции. *Тр. ИГ НАН Азербайджана*. 2007. № 35. С. 25-45.

Алиев Ад.А., Байрамов А.А. Влияние сейсмичности на грязевой вулканизм Азербайджана и неко-

торые парадоксы. *Тр. ИГ НАН Азербайджана*. 2008. № 35. С. 40-51.

Алиев Ад.А., Гасанов А.Г., Байрамов А.А., Белов И.С. Землетрясения и активизация грязевулканической деятельности (причинная связь и взаимодействие). *Тр. ИГ АН Азербайджана*. 2001. № 29. С. 26-39.

Алиев Ад.А., Гасанов А.Г., Кабулова А.Я., Аббаслы А.А. Грязевые вулканы и сейсмичность Шемахино-Гобустанского района. *Материалы юбилейной сессии, посвященной 50-летию ИГ АН Азербайджана*. Баку: Элм, 1989. С. 215-217.

Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Рахманов Р.Р. Каталог извержений грязевых вулканов Азербайджана (1810-2007 гг.). Баку: Nafta-Press, 2009. 110 с.

Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Дадашев Ф.Г., Рахманов Р.Р. Атлас грязевых вулканов мира. Баку: Nafta-Press, 2015. 322 с.

Лаврушин В.Ю., Поляк Б.Г., Покровский Б.Г., Копп М.Л., Буачидзе Г.И., Каменский И.Л. Изотопно-геохимические особенности грязевых вулканов Восточной Грузии. *Литология и полез. ископаемые*. 2009. № 2. С. 183-197.

Сорочинская А.В., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И. Грязевые вулканы о. Сахалин (газогеохимия и минералогия). *Регион. проблемы*. 2009. № 11. С. 39-44.

Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.В., Гнатенко Г.И., Науменко П.И., Кутний В.А. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области. Атлас. Киев: Наук. думка, 1986. 149 с.

Шнюков Е.Ф., Гнатенко Г.И., Нестеровский В.А., Гнатенко О.В. Грязевой вулканизм Керченско-Таманского региона. Киев: Наук. думка, 1992. 199 с.

References

Aliiev Ad.A., 1992. Geochemistry of mud volcanos and oil- and gas-bearing of the large depths: avtoref. dis. d-ra geol.-min. sciences. IG AN Azerbaijan. Baku, 49 p. (in Russian).

Aliiev Ad.A., 2006. Mud volcanism of the South Caspian Oil Gas Field. *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*, No 3, p. 35-51 (in Russian).

Aliiev Ad.A., Bayramov A.A., 2000. New data about the features of the mud volcanos in the Schamahy-Gobustan region. *Tr. IG AN Azerbaijan*, No 28, p. 5-17 (in Russian).

Aliiev Ad.A., Bayramov A.A., 2007. The patterns of the spatially- temporal distribution of the mud volcanos of the South Caspian depression in the light of the new tectonic conception. *Tr. IG AN Azerbaijan*, No 35, p. 25-45 (in Russian).

Aliiev Ad.A., Bayramov A.A., 2008. The influence of seismicity on the mud volcanism of Azerbaijan and some paradoxes. *Tr. IG AN Azerbaijan*, No 35, p. 40-51 (in Russian).

Aliiev Ad.A., Gasanov A.G., Bayramov A.A., Belov I.S., 2001. Earthquakes and activation of mud volcanic activity (causal connection and interaction). *Tr. IG AN Azerbaijan*, No 29, p. 26-39 (in Russian).

Aliiev Ad.A., Gasanov A.G., Kabulova A.Ya. Abbasly A.A., 1989. Mud volcanoes and the seismicity of the Schamahy-Gobustan region. *Materials of the jubilee session dedicated to the 50th anniversary IG AN Azerbaijan*. Baku: Elm, p. 215-217 (in Russian).

Aliiev Ad.A., Quliyev I.S., Rahmanov R.R., 2009. Catalogue of mud volcanoes eruptions of Azerbaijan (1810-2007). Baku: Nafta-Press, 110 p. (in Russian).

Aliiev Ad.A., Quliyev I.S., Dadashev F.G., Rahmanov R.R., 2015. Atlas of mud volcanoes of the world. Baku: Nafta-Press, 322 p. (in Russian).

Якубов А.А., Григорьянц Б.В., Алиев А.А. и др. Грязевой вулканизм Советского Союза и его связь с нефтегазоносностью. Баку: Элм, 1980. 165 с.

Baciu C., Caracausi A., Etiopie G. and Italiano F. Mud volcanoes and methane seeps in Romania: main features and gas flux. *Annals of geophysics*. August 2007. Vol. 50, N. 4. P. 501-512.

Herbin J.P., Saint-Germès M., Maslakov N., Shnyukov E.F. and Vially R. Oil Seeps from the "Boulganack" Mud Volcano in the Kerch Peninsula (Ukraine - Crimea), Study of the Mud and the Gas: Inferences for the Petroleum Potential. *Oil & Gas Science and Technology. Rev. IFP*. 2008. Vol. 63, No. 5. P. 609-628.

Lavrushin V.Yu., Pole B.G., Pokrovskiy B.G., Kopp M.L., Buachidze G.I., Kamenskiy I.L., 2009. Isotopic-geochemical features of mud volcanos of the East Georgia. *Litologiya i poleznye iskopaemye*, No 2, p. 183-197 (in Russian).

Sorochinskaya A.V., Shakirov R.B., Obzhirov A.I., 2009. Mud volcanoes of Sakhalin (geochemistry of gas and mineralogy). *Regionalnye problemy*, No 11, p. 39-44 (in Russian).

Shnyukov E.F., Sobolevskiy Yu.V., Gnatenko G.I., Naumenko P.I., Kutniy V.A., 1986. Mud volcanoes of Kerch-Taman' area. Atlas. Kiev: Naukova Dumka, 149 p. (in Russian).

Shnyukov E.F., Gnatenko G.I., Nesterovskiy V.A., Gnatenko O.V., 1992. Mud volcanoes of Kerch-Taman' region. Kiev: Naukova Dumka, 199 p. (in Russian).

Yakubov A.A., Grigoriyanc B.V., Aliiev A.A. et al., 1980. Mud volcanoes of the Soviet Union and its relationship with oil- and gas-bearing. Baku: Elm, 165 p. (in Russian).

Baciu C., Caracausi A., Etiopie G. and Italiano F., August 2007. Mud volcanoes and methane seeps in Romania: main features and gas flux. *Annals of geophysics*, vol. 50, N. 4, p. 501-512 (in English).

Herbin J.P., Saint-Germès M., Maslakov N., Shnyukov E.F. and Vially R., 2008. Oil Seeps from the "Boulganack" Mud Volcano in the Kerch Peninsula (Ukraine - Crimea), Study of the Mud and the Gas: Inferences for the Petroleum Potential. *Oil & Gas Science and Technology. Rev. IFP*, vol. 63, No. 5, p. 609-628 (in English).

Статья поступила
23.04.2018