

льних частин зерен. Місцями у проміжках плагіоклазів присутні неправильні виокремлення пелітизованого калішпату. У метаморфізованих відмінах рудних норитів плагіоклаз заміщується агрегатом серициту, клиноцоїзиту та преніту. Ільменіт представлений правильними таблитчастими кристалами розміром 0,5–1,5 мм, які утворюють включення у плагіоклазі та піроксенах, а також розвиваються вздовж меж зерен. Орієнтація виокремлень ільменіту в окремих зразках підкреслює директивну планово-паралельну текстуру. Хімічний склад ільменіту $\text{Ilm}_{95-96}\text{Hem}_{2}\text{Py}_{1}\text{Gk}_{0.5-1}$ характеризується малим вмістом окисного заліза, що відрізняє його від гемоільменітів норвезьких родовищ. Лейкоксенізація не властива; лише у найбільш змінених відмінах за рахунок ільменіту з'являється сфен. Червоно-коричневий титанистий біотит присутній навіть у найменш змінених відмінах рудних норитів у вигляді крупних 5–6 мм скелетних кристалів, а також переривчастих облямівок навколо ільменіту та піроксенів. Крім нього розвивається вторинний дрібно-лускуватий зеленуватий слюдоподібний мінерал, який утворює суцільні вінцеві облямівки навколо мафічних мінералів на межі з плагіоклазом, а також виповнює каткластичні тріщини, що пересікають породу.

Хімічний склад титаноносних габроїдів Пенізевицького рудопрояву суттєво відрізняється від типових норитів помітно меншим вмістом SiO_2 , Al_2O_3 та CaO за рахунок більшого вмісту TiO_2 , Fe_2O_3 та FeO , що пояснюється збагаченням мафічними мінералами і збідненістю плагіоклазом. Вміст кремнезему коливається в межах 32–35 %, що відповідає ультраосновним породам, але на відміну від останніх, у рудних норитах більше глинозему та лугів. Сумарний вміст лугів наближується до властивого для норитів, але в досліджуваних відмінах більше K_2O і менше Na_2O . Концентрації TiO_2 сягають 15–17 % і є найвищими серед встановлених для габроїдів коростенського комплексу. Характерною особливістю титаноносних габроїдів Пенізевицького рудопрояву, що споріднює їх з базитами анортозит-рапаківігранітної формації, є малі значення коефіцієнтів магнезійності ($\text{MgO} / \text{MgO} + \text{FeO}^*$), ступеня окиснення ($\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{FeO}$) та вапнистості нормативного плагіоклазу ($\text{An} / \text{An} + \text{Ab}$). Привертає увагу те, що вміст головних петрогенних компонентів, перш за все FeO^*

та TiO_2 , не залежить від ступеня постмагматичного перетворення порід, яке виявляється за збільшенням втрат при прокалюванні. Цей факт припускає ізохімічний характер метаморфізму.

Висновки. Викладений матеріал дозволяє зробити ряд висновків стосовно локалізації та петрогенезису Пенізевицького рудопрояву ільменіту, а саме: 1) багаті ільменітові руди Пенізевицького рудопрояву із вмістом TiO_2 до 15–17 % приурочені до дайкоподібного тіла метаморфізованих габроїдів, що прориває Візненську брилу – відторженець Федорівського габро-анортозитового масиву. Залягання титаноносного тіла контролюється Коростенською тектонічною зоною меридіонального простягання; 2) первісний склад руд відповідав меланократовим рудним норитам, подібним до ільменітових норитів родовища Телнес (Норвегія). На відміну від останніх, ільменітові норити Пенізевицького рудопрояву зазнали накладених постмагматичних перетворень – амфіболізації та сожуритизації, які, однак, не вплинули на перерозподіл рудної речовини; 3) накопичення ільменіту, імовірно, відбувалося ще на магматичній стадії формування Пенізевицького рудопрояву як наслідок диференціації залишкового базальтового розплаву збагаченого на Fe та Ti.

1. Борисенко Л.Ф., Проскурин Г.П., Крупенькіна Н.С., Воллосевич Н.Н. Рудоносные габбро-нориты Володарск-Волынского массива // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1982. – № 2.
2. Верховгляд В.М. Возрастные этапы магматизма Коростенского плутона // Геохимия и рудообразование. – 1995. – Вып. 21.
3. Кириликца С.И., Тарасенко В.С., Металиди С.В. Критерии титановой рудности габбро-анортозитовых массивов Украинского щита // Вестн. Киевск. ун-та. Прикладная геохимия и петрофизика. – 1984. – № 11.
4. Митрохин О.В., Богданова С.В., Шумлянський Л.В. Анортозитові породи Федорівського масиву (Коростенський плутон, Український щит) // Сучасні проблеми геолог. науки: 36. наук. пр. ІГН НАН України / Відп. ред. П.Ф. Гожик. – К., 2003.
5. Тарасенко В.С. Богатые титановые руды в габбро-анортозитовых массивах Украинского щита // Изв. АН СССР. – 1990. – № 8.
6. Тарасенко В.С. Минерально-сырьевая база титановых руд на Украине // Геол. журн. – 1992. – № 5.
7. Duchesne J.C. Fe-Ti deposits in Rogaland anorthosites (South Norway): geochemical characteristics and problems of interpretation // Mineralium Deposita. – 1999. – Vol. 34.
8. Force E.R. Geology of Titanium-Mineral Deposits // Geological Society of America: Special paper. – 1991. – Vol. 259.
9. Gursky D., Nechaev S., Bobrov A. Titanium deposits in Ukraine focused on the Proterozoic anorthosite-hosted massifs // Ilmenite deposits and their geological environment: Special Publication of NGU (Geological Survey of Norway). – Trondheim, 2003. – № 9.

Надійшла до редколегії 21.09.06

УДК 553.981:551.462](260+262.5-16)

С. Половка, канд. геол. наук

ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ НЕТРАДИЦІЙНИХ ВИДІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН У МЕЖАХ ДНА СВІТОВОГО ОКЕАНУ ТА УКРАЇНСЬКОГО СЕКТОРУ ЧОРНОГО МОРЯ (НА ПРИКЛАДІ ГАЗОГІДРАТІВ)

Викладено історію відкриття нетрадиційних видів корисних копалин (газогідратів). Висвітлено здобутки українських дослідників у цьому напрямі. Наведено карту перспектив газонасиченості зони газогідратів Чорноморської улоговини. Подано підрахунки вчених про запаси та глибини, на яких вони залягають у Чорноморському регіоні.

The article presents the way non-traditional treasures of the soil (the so-called gas-hydrate). The Ukrainian scientists' achievements in this sphere have been described. The prospect chart of zone gasing in the Black Sea deep trench is created. The data of the depth and density of the gas-hydrate concentration are given.

Вступ. Вперше газогідрати були відкриті Хемфрі Деві в 1810 р. Вони довгий час лишалися мало вивченими, але утворення газогідратів як шкідливої домішки при експлуатації магістральних газопроводів і відкриття їх покладів у природних умовах на суші (60-ті рр. XX ст., арктичний сектор Західносибіського басейну), заставило вчених провести комплексне дослідження і дати попередню оцінку в якості нового виду корисної копалини. У подальшому при проведенні геолого-геофізичних робіт і відборі проб донних відкладів газогідрати

були виявлені в надрах Світового океану: глибоководних западинах, внутрішніх і окраїнних морях.

Газогідрати – це клатрати (з'єднання, включення), що складаються з молекули води та газу, які за зовнішніми ознаками подібні на звичайний лід. Кристалічна решітка клатрата вміщує до восьми молекул газу на 46 молекул води. Найчастіше ця решітка природного "горючого льоду" складається із шести молекул води й однієї молекули метану, який знаходиться там у стисненому вигляді (до 25 МПа) [5; 7]. Умови утворення газогідратів – високий тиск і низькі температури, що

обумовлює їх розвиток у зоні вічної мерзлоти або у глибинах океанів і морів.

За розрахунками А. Трофимука в 1 м^3 пористого осаду, насиченого газогідратами, міститься $30\text{--}35 \text{ м}^3$ (до 60 м^3) метану.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перші відомості про наявність газогідратів у Чорному морі висвітлено в науковій праці А. Єфремової та Б. Жижченко [4]. Дані про їх площинне розповсюдження були отримані при аналізі сейсмічних профілів Туапсинського прогину й

материкового схилу південно-західніше Анапи (1986) і в межах прикримської частини материкового схилу (1987–1989). За цими дослідженнями прояви газогідратів було нанесено на карту (рис. 1). У подальшому такі аномалії були виявлені свердловиною № 379 (Проект глибокого буріння DSDP), під час 51 рейсу НДС "Михайло Ломоносов" (піднята колонка із глибини 900 м насичених газогідратами мулів у 28 милях на захід – південний захід від Севастополя – (Шнюков Є.Ф. та ін., 1990) та в інших науково-дослідних рейсах.

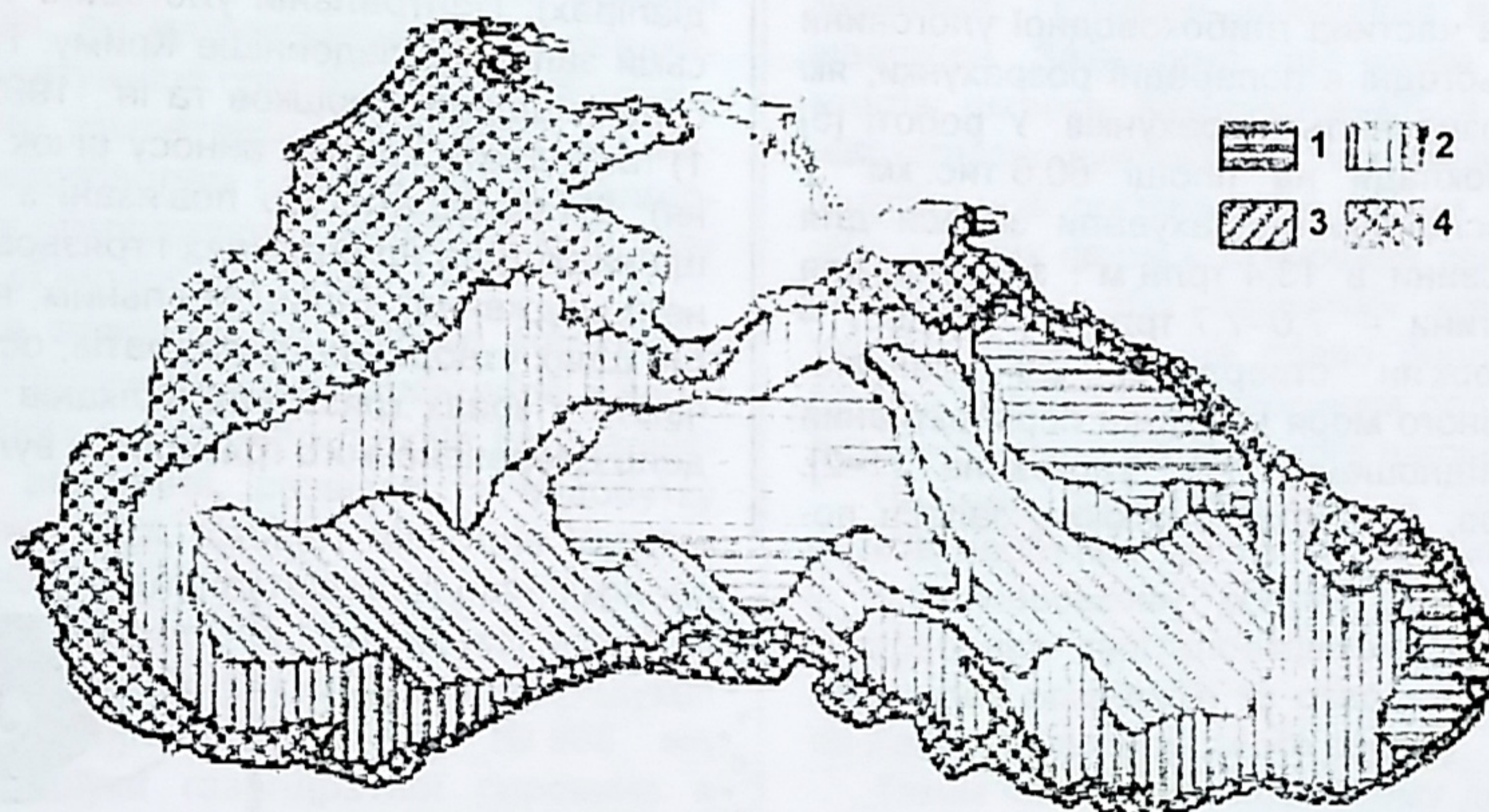


Рис. 1. Карта перспектив газонасиченості зони газогідратів Чорноморської улоговини (за [6])
Зони: 1 – високо перспективні; 2 – перспективні; 3 – мало перспективні; 4 – безперспективні

Дослідженням даного питання присвячені наукові публікації українських вчених, а саме: Є. Шнюкова [8–12], П. Гожики, В. Краюшкіна [3; 7], В. Геворк'яна [1–2] тощо. У роботі [12] узагальнено відомості про знахідки метану в Чорному морі, прослідковано зв'язок з тектонічними структурами регіону. Її автор на основі досліджень стверджує, що більшість знахідок газогідратів приурочено до викидів грязьових вулканів. Він свої висновки підкріплює схемою, де вказано перспективні райони розвитку газогідратів, висловлює критерії пошуку газогідратів [12, с. 48–49].

Формування цілей статті. Починаючи із середини ХХ ст. людство стоїть на межі енергетичної кризи, яка пов'язана з виснаженням запасів корисних копалин на суші та зростанням їх собівартості у зв'язку з видобутком з більших глибин. В останні десятиріччя суспільство все більше уваги приділяє акваторії. Дослідження її надр показало, що там зосереджена значна кількість різномірних корисних копалин, які можуть стати альтернативними (газогідрати тощо) тим, що використовуються сьогодні. Освоєння покладів газогідратів на дні Світового океану вирішить енергетичну проблему людства. Україна ж позбавиться багатьох економічних та політичних проблем. Дивлячись під таким кутом на проблему, на наш погляд доцільно розглянути, які перспективи в акваторії креслять українські вчені при освоєнні даної вуглеводневої сировини та що було зроблено в цьому напрямку Україною.

Виклад основного матеріалу. За даними вчених, газогідрати покривають більше 90 % площі дна океану, у тому числі: 10 % ($1,1 \times 10^6 \text{ км}^2$) припадає на шельф, 60 % ($32,2 \times 10^6 \text{ км}^2$) – континентальний схил, 30 % ($56 \times 10^6 \text{ км}^2$) – океанічну улоговину. Глибина їх залягання від поверхні дна становить 0–400 м, потужність сягає від одиниць до сотень метрів (до 150 м), сумарні запаси – $12,1 \times 10^{16} \text{ м}^3$, що в енергетичному еквіваленті

в сотні разів перевершує ресурси всіх відомих родовищ нафти, газу та кам'яного вугілля (Черський, 1981).

Потужні поклади вуглеводневих газогідратів в акваторії Світового океану виявлено сейсморозвідкою та бурінням: в Атлантиці – на підводному хребті Блейк Оутер Бридж біля узбережжя США, у Гвінейській і Мексиканській затоках, на узбережжі Колумбії та Панами, у Гренландському, Північному та Норвезькому морях; в Індійському океані – в Бенгальській і Оманській затоках; у Північно-Льодовитому океані – в Баренцовому морі, дельті р. Маккензі та морі Бофорта; Тихому океані – біля узбережжя на схід від Нової Зеландії та Японському жолобі, Аляскінській і Каліфорнійській затоках; у нашій країні – в акваторії Чорного та Азовського морів [8–11].

Природно, що багато країн світу, таких як США, Англія, Японія, Індія, Південна Корея проявляють на державному рівні інтерес до вивчення родовищ газогідратів. Наприклад, конгрес США в 90-ті рр. минулого століття прийняв спеціальний законопроект про фундаментальні дослідження щодо розвідки, оцінки запасів і технологій промислової розробки газогідратів метану. У 1995 р. у Японії розпочала діяти "Програма досліджень та вивчення газогідратів", завдяки якій країна "Восходящего Сонця" на кінець першого десятиріччя ХХІ ст. зможе задовольнити свої потреби в газі із газогідратних родовищ, розташованих на глибині 950 м у Нанайській западині [5].

Особливо гострою проблемою України є забезпечення внутрішніх потреб газом. Економіка нашої країни за часів СРСР була орієнтована на експорт у постачанні енергоносіїв (потреба газу – 100 млрд м^3). На сьогодні наша держава має орієнтуватися на освоєння нетрадиційних ресурсів енергетичної сировини, яка раніше не використовувалась (менілітові сланці, метановий газ, газогідрати тощо).

В Україні ініціатором вивчення газогідратів був професор А. Клименко та Інститут геологічних наук НАН

України (ІГН НАНУ). Останній займається проблемою потоків глибинних флюїдів у земній корі з 1968 р. (В. Геворк'ян). У процесі виконання морських геологічних досліджень на НДС і підводних апаратах було виявлено численні ознаки скупчень газогідратів і продуктів їх розкладу практично на всій акваторії Чорного моря.

З цієї позиції доцільно дати загальну оцінку перспектив видобутку газогідратів з українського сектора акваторії (100000 км²), до якої входить значна частина північно-західного та Кримського шельфів, Азовського моря, материковий схил та частина глибоководної улоговини Чорного моря. На сьогодні є попередні розрахунки, які свідчать про неоднозначність підрахунків. У роботі [5] автори оцінюють поклади на площі 60,6 тис. км² у 7,0 трлн м³, інші дослідники підраховали запаси для глибоководної улоговини в 13,4 трлн м³, зокрема для Центральної її частини – 7,0–7,7 трлн м³, Східної – 5,7 трлн м³. В. Геворк'ян стверджує, що північно-західний шельф Чорного моря не менш перспективний в газогідратному відношенні, ніж улоговина [1–2]. О. Корсаков, А. Бяков, С. Ступак оцінюють запаси по-

кладів газогідратів у 20–25 трлн м³ [3]. Болгарські вчені А. Васильєв та Л. Димитров – 42–49 трлн м³. На думку акад. НАН України Є. Шнюкова, час оцінок загальної маси газогідратів у Чорному морі ще не настав [12].

У кінці 80-х рр. XX ст. було встановлено на глибині 2000 м прояви газогідратів у поверхневих осадах і в глибоководній Феодосійській частині прогину Сорокіна (на сьогодні саме перспективне родовище, інтервал, де містяться газогідрати становить 300–500 м від поверхні дна, склепових частинах грязьових вулканів і глинистих діапінрах), Центральній улоговині та Західно-Чорноморській западині південніше Криму. На основі цих проявів було виділено (Горшков та ін., 1992) два типи покладів: 1) газогідрати конусів виносу річок (органічне походження); 2) газогідрати, що пов'язані з міграційними газами, що надходять по розривах і грязьових вулканах (абіогенне походження). Більш реальним, на нашу думку, є другий шлях утворення газогідратів, оскільки їх часто зустрічають у зонах грязьових вулканів (як приклад див. модель Двуреченського грязьового вулкану) (рис. 2).

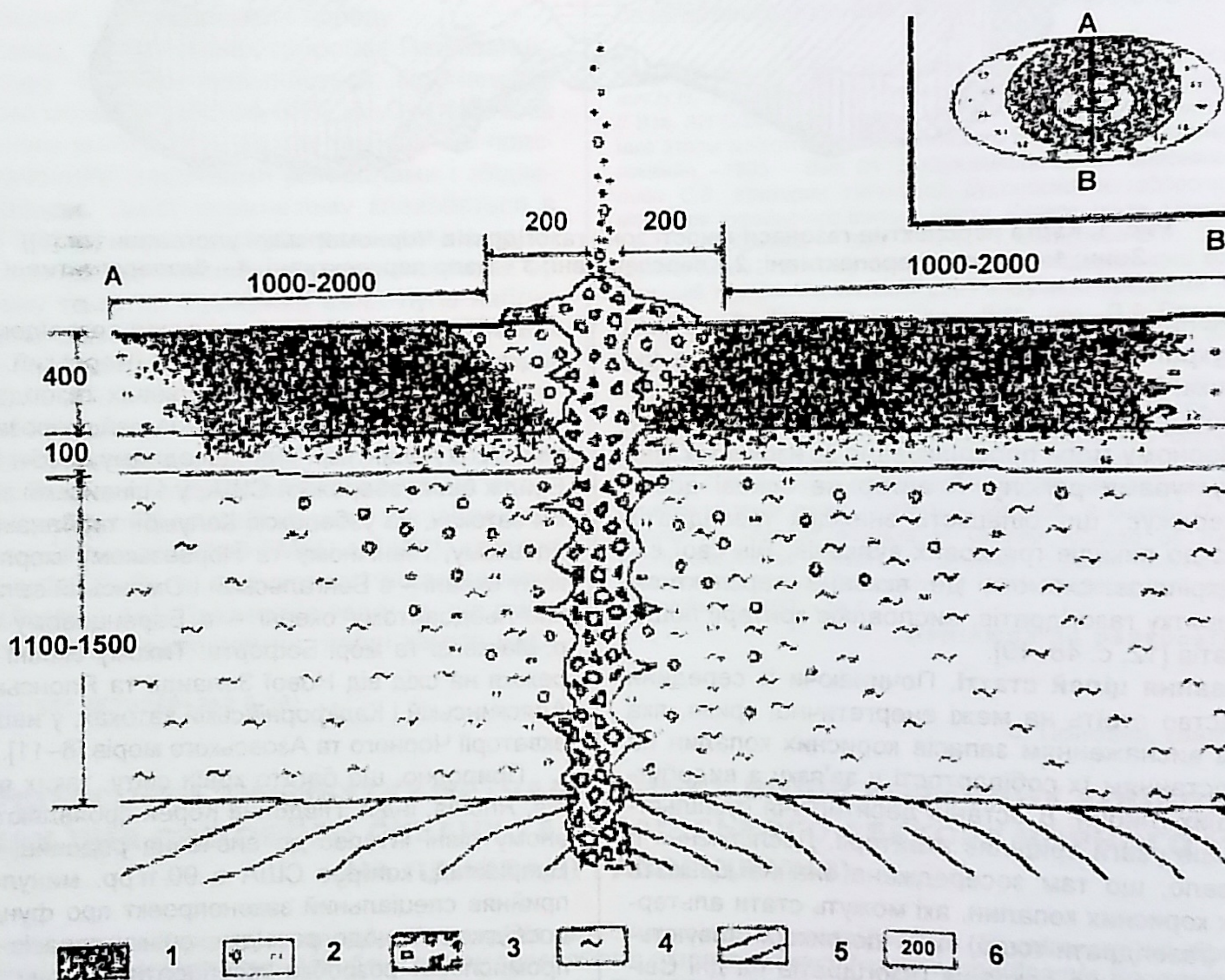


Рис. 2. Гіпотетична модель покладу газогідратів грязьового вулкану Двуреченського (за Є. Шнюковим, 2004)
1 – мули насичені газогідратами; 2 – підгідратний газовий поклад; 3 – сопочна брекція; 4 – мул;
5 – складки корінних порід; 6 – відстань, м

Дослідниками було зроблено висновок про зону, яка сприяє процесам гідратуутворення в Чорному морі (глибина 700–750 м), потужність цієї зони оцінюється від 500 до 1000–1200 м. Прогноз запасів метану в газогідратах для глибоководної частини Чорного моря становить 25–30 трлн м³ [3]. Аналізуючи карту перспектив газонасиченості зони газогідратів Чорноморської улоговини (рис. 1) відзначимо, що найбільш перспективною є центральна глибоководна частина Чорного моря, включаючи склепові ділянки валів Шатського й Андрусова, схід Західно-Чорноморської та Туапсинська западини, материковий

схил між Анапою та Сочі. Слід наголосити, що в роботі [13] зазначено, що на північно-західному шельфі Чорного моря розміщено 53 % всіх виявлених газових факелів, які знаходяться на глибинах від 51 до 100 м; 14 % – 101–150 м; 16 % – 151–200 м, тобто на шельфі сконцентровано 83 %. Звідси висновок, що шельф є інтенсивною зоною розвантаження покладів газогідратів.

Дослідження умов залягання та складу чорноморських газогідратів показало, що останній змінюється в широких межах, але домінуючим є метан (93,3–95,7 %) з домішками інших газів. Руйнування газогідратів відбу-

вається під дією природних факторів і супроводжується появою потоків метану (В. Геворк'ян і Ю. Чугунний, 1990). Встановлено, що дегазація газогідратних покладів супроводжується низкою побічних явищ, які можна розглядати як ознаки їх існування. До них належать: газові "факели", інтенсивні просадкові явища, поверхневе сірководневе зараження вод акваторії, розвиток специфічних біоценозів.

Історичні відомості, що наводить у своїх роботах Є. Шнюков (1989, 1993) свідчать, що в Чорному морі у 20-х – 30-х рр. ХХ ст. спостерігалися виділення великої кількості горючих газів, які супроводжувалися спалахами та вибухами. Найпотужніші спалахи було зафіксовано під час Кримського землетрусу (12.08.1927) на відстані 55,5 км між Севастополем і мисом Лукул. Болгарські дослідники також стверджують, що такі викиди газу відомі з часів Римської імперії.

Надаючи важливе значення укріпленню енергетичної бази України та створенню нових технологій з використання нетрадиційних видів енергоносіїв було здійснено першу спробу вивчення, розвідки та видобутку газогідратів у Чорному морі. Кабінет Міністрів України за представленням Національної Академії наук України, Державного комітету з геології та Української асоціації виробників передових технологій і наукоємної продукції "АССО – УНИТИ" прийняв постанову № 938 від 22.11.1993 р. "Про пошуки газогідратної сировини в Чорному морі та створенні ефективних технологій його видобутку та переробки". Фінансування робіт за проектом "Газогідрати Чорного моря" (у подальшому Проект) здійснювала Українська асоціація "АССО – УНИТИ". Для науково-організаційного виконання робіт було створено кооперацію із 12 виробничих і наукових організацій, яку здійснювали Головна Рада й Технічна дирекція виконавців проекту. Дані роботи було розпочато з другої половини 1994 р.

Не дивлячись на відсутність фінансування та брак інвестицій ініціативно з боку ІГН НАН України було досліджено геологічні особливості розподілу газогідратів у Чорному морі, а саме:

- ✓ створено спеціалізований комплекс геофізичної апаратури, що орієнтований на їх пошук;
- ✓ розроблено проект науково-дослідного судна і розпочато його будівництво (на 2000 р. виконано 50 % робіт);
- ✓ виявлено нові структури, перспективні на газогідрати;
- ✓ з'ясовано фізико-хімічні особливості їх формування.

Проектом передбачалося виконання всього комплексу дослідницьких, пошуково-розвідувальних, дослідно-експлуатаційних та інженерно-технологічних робіт. Планувалося ввести в дію декілька родовищ газогідратів з річним видобутком до 1 млрд м³ газу з кожного [1–2].

Зазначимо, що до чорноморських нафтогазових родовищ, які сконцентровані в кайнозойських і верхньокрейдяних відкладах проявили інтерес такі іноземні компанії, як Амоко, Шелл, Пентагон петролеум, Western Geophysical (рейс в економічній зоні України НДС "Метеор" – 2001 р., міжнародний рейс НДС "Професор Водяницький" та ін.). Остання експедиція виконала сейсмічну зйомку практично всього Українського сектора Чорного моря і виявила близько 250 локальних антиклінальних структур перспективних на видобуток вуглеводнів, але пошуків газогідратних родовищ не здійснювала.

За своєю суттю запропонований Проект є першою спрямованою спробою комплексного освоєння нетрадиційних енергоносіїв, що сконцентровані в українському секторі Чорного моря.

Економічні негаразди нашої держави не дали можливості вкласти відповідні кошти в повноцінне здійснення намічених Проектом задач. На сьогодні Україна самостійно не в змозі вирішити питання забезпечення своїх енергетичних потреб за рахунок газогідратів, хоча їх запаси в акваторії, яка належить до її юрисдикції, є значними. Потрібне залучення потужного іноземного інвестора. Зазначимо, що такий механізм залучення коштів широко використовується у світовій практиці нафтогазопишуків і експлуатаційних робіт. Для цього потрібні нові організаційні форми виконання робіт. Однією з таких форм є створення спеціалізованої приватно-державної або приватної компанії, якій Урядом України буде надане право пошуково-розвідувальних робіт з подальшим освоєнням родовищ газогідратів на деяких ділянках українського шельфу.

На нашу думку, економічна стабільність України та наукові здобутки, що є в українських морських геологів у Чорноморському регіоні сприятимуть концентрації закордонних капіталовкладень у роботи, пов'язані з пошуками, розвідкою та освоєнням родовищ газогідратів Азово-Чорноморського регіону.

Таким чином, при постійному дефіциті енергоресурсів в Україні проблема освоєння газогідратів у Чорному морі зберігає свою актуальність і на сьогодні.

Висновки.

1. Дії держави мають бути спрямовані на пошуки можливостей максимального використання вітчизняного науково-технічного потенціалу, для збереження лідерства українських морських геологів у розв'язанні проблем забезпечення власними енергоресурсами нашої держави.

2. Освоєння газогідратів в акваторії Чорного моря позбавить Україну економічного й політичного тиску в середині та зовні держави і виведе її на нові рубежі використання екологічно чистої енергетичної сировини.

3. Оскільки північно-західний шельф Чорного моря є зоною розвантаження газогідратів, доцільним є першочергово освоювати та розробляти його.

1. Геворк'ян В.Х., Дубас В.Н., Ильясев Н.Н. Газогидраты и их место в решении стратегических проблем развития топливно-энергетического комплекса Украины // Геол. журн. – 2004. – № 4.
2. Геворк'ян В.Х. Альтернативные ресурсы энергетического сырья Украины – газогидраты углеводородных газов Черного моря // Геология и полезные ископаемые Черного моря. – К., 1999.
3. Гожик П.Ф., Крайшук В.А., Ключко В.П. К проблеме промышленного освоения черноморских газогидратов в прибрежье Украины // Геол. журн. – 2004. – № 2.
4. Ефремова А.Г., Жижченко Б.П. Обнаружение кристалл – гидратов газов в осадках современных акваторий // Докл. АН СССР. – 1974. – Т. 214, № 5.
5. Корсаков О.Д., Ступак С.Н., Бяков Ю.А. Черноморские газогидраты – нетрадиционный вид углеводородного сырья // Геол. журн. – 1991. – № 5.
6. Корсаков О.Д., Ступак С.Н., Бяков Ю.А. Газовые гидраты Черноморской впадины // Сов. геология. – 1989. – № 12.
7. Крайшук В.А. Газогидраты в подводных недрах Мирового океана // Геол. журн. – 1991. – № 5.
8. Шнюков Е.Ф., Зиборов А.П. Минеральные богатства Черного моря. – К., 2004.
9. Шнюков Е.Ф., Зиборов А.П. Освоение минеральных богатств Черного моря – прорыв на передовые рубежи в сфере горного промысла // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2005. – № 1.
10. Шнюков Е.Ф., Крайшук В.А. Природа, структура, условия залегания и запасы морских метаногидратов // Геология и полезные ископаемые Черного моря. – К., 1999.
11. Шнюков Е.Ф., Щербатов И.Б., Шнюкова Е.Е. Палеострофанная дуга севера Черного моря. – К., 1997.
12. Шнюков Е.Ф. Газогидраты метана в Черном море // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2005. – № 2.

Надійшла до редколегії 24.05.06