

## БЪЛГАРСКА НАЦИОНАЛНА ПРОГРАМА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ГАЗОВИ ХИДРАТИ

Атанас Василев, Любомир Димитров

Институт по океанология - БАН  
ПК 152, Варна 9000, България  
[gasberg@io-bas.bg](mailto:gasberg@io-bas.bg)

### РЕЗЮМЕ

Резултатите представят моделна оценка на черноморските метанови хидрати (МХ) и проект на Българска Национална програма за изследване на газови хидрати, основаващ се на Американска план-програма за многогодишно изследване и разработване на МХ от 1999. МХ представляват огромен газов ресурс. Глобалната им оценка от  $20 \cdot 10^6 \text{ km}^3$  многократно надвишава световните запаси от нефт и газ. Българските ресурси са оценени в интервала  $1 \cdot 10 \cdot 10^3 \text{ km}^3$ . В същото време енергийното ни обезпечение е зависимо от вноса на 70% от горивата. През 2000 продукцията и консумацията на нефт и газ в еквивалент природен газ са 0.06 и 12.14  $\text{km}^3$ . Ако производството на метан от МХ е икономически изгодно, в дълготраен план - за векове - ще бъде обезпечена енергийната сигурност на страната и подобро качеството на околната среда. Програмата трябва да координира изследванията за: (1) оценка на ГХ запаси; (2) осигуряване/разработване на технологии за добив на метан от хидрати; (3) установяване на ролята на хидратите в глобалния цикъл на въглерода и глобалната промяна на климата; (4) отговор на индустрията за безопасност и стабилност на морското дъно, свързани с проучването, добива и транспорта на традиционни въглеводороди. Програмата обединява 4 технологични области, обменящи данни, концепции и резултати.

### ВЪВЕДЕНИЕ

През 1950 Артър Кларк описва в роман добив на енергийна суровина с подводници в дълбините на Мексиканския залив. Днес фантастиката става реалност. Една странна метанова суровина – газовете хидрати (ГХ) – става най-интересен обект за изследване в геонауките. Защото клатратите – друго име на тези геоложки феномени – са не само интересни, но и пряко свързани със съдбата на човечеството: неговите икономически перспективи и условия на средата на обитаване. Но даже в средите на от геочуените могат да се срещнат специалисти, които не са чували за тях. Какво да кажем за широката публика, менажерите на държавни и частни компании, учители, студенти и професори, изобретатели, министри? След 20 години те всички, а и ние, ще използваме, познаваме, работим или просто ще се съобразяваме с ГХ. Мястото между развитите и развиващите се страни, просперитетът на една нация и качеството на живот ще се определят от нашите знания, опит и технологии за тяхното изследване и разработване. Или пък не?

Само НПИГХ ще позволи на една страна да следва правилния път – този на просперитета. САЩ, Великобритания, Германия, Франция, Япония (От 1995 5-годишна програма за над \$50 милиона; сега се изпълнява втора 5-годишна) и Индия са стартирали свои програми. Някои от тях включват като един от най-перспективните региони Черно море. Повече от дузина европейски научни проекти са провеждали или планират експедиции с изследване на ГХ тук. Резултат от този анализ е разработено от автора предложение за създаване на проект на НПИГХ в рамките на финансирания от ЕС проект

“Център за устойчиво развитие и управление на Черноморския регион” (CESUM-BS - ICA1-1999-70075).

### История на изследване на ГХ

ГХ са открити експериментално през 1811 от сър Хъмфри Дейви (хлорни мехурчета в студена прясна вода). По-късно (1832) Майкъл Фарадей пръв записва химическа формула на ГХ. През 1934 феноменът запущване на тръбопровод от хидрати е описан в САЩ от Хамършмид. През 1948 И. Н. Стрижов публикува допускането за възможни ГХ в полярните области. През 1959 ван дер Ваалс и Платио публикуват първото фундаментално термодинамично описание на ГХ фаза. В 1970 група изследователи от СССР, организирана от Юри Макогон, регистрира откритие за възможността ГХ да съществуват в земната кора. През 1972 първите природни ГХ са открити в Черно море (Yefremova, Dgidgenko, 1974).

### Какво е МХ?

Метановите хидрати (МХ) са природни образувания съдържащи вода и големи количества метан във формата на лед. От научна гледна точка МХ са кристални тела образувани при умерени налягания (за Черно море чисти МХ могат да съществуват на дълбочини над 500 м) и температури по-високи от точката на замръзване на водата.

### Защо е важно изучаването на МХ?

Хидратите са потенциален енергиен източник на бъдещето; фактор за промяната на климата (източник и природен склад за атмосферен  $\text{CH}_4$ ); районите от морското дъно с хидрати са

нестабилни; хидрати блокират подводните газопроводи; могат да се използват за повишаване обемите на газ в хранилища; те са маркери за нефтени находища; алтернатива са на тръбопроводите за пренасяне на газ; могат да се използват за спиране на течове в подводни тръбопроводи; могат да се използват като гориво за двигатели – особено на кораби или да задвижват турбини при освобождаване на газ, без да се променя количеството газ...

#### Какво е количеството им?

Още няма точен отговор на този въпрос. Но оценката на световните запаси на въглерод в ГХ надхвърля 2 пъти този във всички въглеродни горива и се измерва в Петатонове (petatons: 1 Pt =  $10^{15}$  tons). Теоретично 1 обем чист МХ съдържа 164 обема метан и 0.8 обема вода. В природните ГХ обикновено метанът е 140-158 обема.

#### «Гасберг»: как ги изследваме?

Най-подходящи, но и скъпи, са сондите и подводниците. Сеизмичните методи са най-популярни и производителни. Контрастните скорости на циментирани от хидрати зони създават ясни отражения наречени BSR "bottom simulating reflection" (симулиращи дъно отражения). Изчистването (blanking) е намаляване амплитудата на сеизмичния сигнал, причинено от хидратна циментация на пластове. То може да се използва за количествена оценка на ГХ.

#### Въпроси

За да бъде определена ролята на черноморските ГХ трябва да се отговори на много въпроси. Кога са възникнали МХ в Черно море? Каква е тяхната еволюция? Къде да се търсят реликтови ГХ? Възможно ли е да бъде разчетена "замразената" в ГХ геоложка еволюция на басейна? Каква е ролята им бюджета на въглерода, миграцията на въглеродороди, образуване релефа на морското дъно и приносът им към атмосферните парникови газове?

#### РЕЗЮМЕ НА ПРЕДЛОЖЕНИЕ ЗА НПИГХ

#### Описание на проблема

Отсъствие на информираност, дори в академичните среди и еко-журналистите, за на ГХ и значимостта им. Отсъства оценка на запасите от ГХ в българската икономическа зона на Черно море. И като резултат - отсъства НПИГХ - основа за екологичен, социален, структурен, технологичен и икономически прогрес.

#### Целеви групи

- населението (20%) и гражданските организации (20%), главно от крайбрежието - медии и Интернет (цели: еко-образование и култура (ЕОК); гражданска активност (ГА);
- представителите на местна, областна и държавна администрация (30-100) - от проекта (ефективно използване на природните ресурси (ЕИПР); подобряване

на околната среда (ПОС); ЕОК; ГА; планиране на структурни и социални промени (ПССП));

- ръководителите от частния и държавния бизнес - медии и Интернет; от проекта - 5 фирми (ЕОК; ГА; ПССП);
- академичните среди (20) и еко-журналистите (20) - медии и Интернет (професионална квалификация, търсене на алтернативни източници на енергия и суровини; ЕИПР; ПОС; ЕОК; ГА; ПССП).

#### Цели и задачи

- Създаване на проект на НПИГХ, която да бъде предложена на МОСВ. Одобрението и изпълнението и трябва да осигури траен екологичен, социален, икономически и реструктуриращ ефект за населението, разнообразни организации от прибрежните общини.
- Програмата е основа за екологичен алтернативен източник на енергия и суровина, стабилно развитие на нови и организации и работа за високо квалифицирани специалисти;
- Изпълнение на Рамковата конвенция на ООН по изменение на климата (1995) и конвенцията за достъп до информация и участие във вземане на решения (1998).

#### Дейности

- Идентификация / Инвентаризация / Архиви
- Модел / Оповестяване резултати / Дискусия
- Проект Дискусия / Стандартизация
- Изготвяне на отчет

#### Идентификация/инвентаризация/архивиране/анкета

- Създаване на "библиотека" - инвентаризация на информация, библиографски, бази данни, видео-касети, Интернет (общо 3 месеца, но обогатяването и ще продължи и след проекта);
- Създаване на адресна база данни на лица и организации (парламентарни комисии, министерства, държавни и частни организации, медии - преса, телевизия) - "участници" (общо 1.5 м);
- Провеждане на анкета за съдържанието на НП. Анализ и публикуване на резултатите в Интернет (общо 1.5 м).

#### Моделна оценка/Информирание/Дискусия:

- Математичен модел за прогнозиране на ГХ в Черно море и база данни за входна информация (6 м);
- Програма, тестове, визуализация на резултатите. Оценка на точността на модела чрез реинтерпретация на сеизмоакустични записи (общо 12 м);
- Изготвяне на отчет "Моделна оценка на ГХ в българския сектор на Черно море", 20 копия разпращане (2.5 м.); публикуване на отчета в Интернет (общо 0.5 м.);
- Проект, тиражиране (500-1 000 екз.) и разпространение на дилпънка с резултати, интересни адреси в Интернет и адреси за мнения и дискусии (общо 3 м).

#### Проектпрограма/ Дискусия /Стандартизация:

- Изучаване на съществуващи програми и изработване на проект за НПИГХ (1ва редакция) чрез компилация и отчитане на събраната информация. Изготвяне на копия, разпращане; стр. в Интернет; дискусия; анализ (2 м);
- Изготвяне на НПИГХ (2ра ред.; копия; разпращане; публикуване в Интернет; дискусия; анализ (2 м);

- Подготовка, провеждане на работна среща и изготвяне на НПИГХ (3та ред.) с представители на участниците и медиите. Копия; разпращане, Интернет (общо 0.5 м).

#### **Очаквани резултати**

**Социални** Повишаване знанията на населението за локалните и глобални фактори определящи качеството на околната среда; повишаване способността да се влияе; култивиране толерантност между социални групи и организации; повишаване отговорността на общинска и министерска администрация; стимулиране на отношенията граждани-НПО-академична сфера-медии-власт; преодоляване на апатията и анонимността на участниците и повишаване на гражданската им активност.

**Интелектуален продукт** Библиотека по проекта; публикации; модел и резултати; проект на НПИГХ.

### ОЦЕНКА НА БЪЛГАРСКИТЕ ЧЕРНОМОРСКИ ГХ

4D модел на МХ в Черно море през Кватернера използва опростен палео-климат, отразяващ скоковете в измененията на температури и морско ниво. Главни предимства на модела са дългия временен период, детайлни изчисления със стъпка 1', реинтерпретирани входни данни (например за топлинен поток - отчитащи възможността за съществуване на ГХ), нестационарни уравнения.

Отчитат се разликите в геоложкия строеж и тектонската еволюция, скоростите на седиментация, подводни каньони и феномени като газови извори, покмаркс, кални вулкани... Отчита се влиянието на сероводорода и солеността върху кривата на стабилност на ГХ.

Оценките се основават на 2 основни хипотези за образуване на ГХ - in situ от бактериална продукция и от приток на дълбочинен газ. Влиянието на тези модели върху освобождаването на метан в атмосферата, масивни подводни свличания и обводняване на седименти, също кратко се дискутират.

Моделите (Vassilev, Dimitrov, 2000;2002; 2003; Dimitrov, Vassilev, 2002; Poort, Vassilev, Dimitrov, 2002) показват обем на зоната на стабилност на МХ (ЗСМХ) в Черно море от 100,000 km<sup>3</sup>, или 77-350 km<sup>3</sup> чист МХ, съдържащ 10-50.10<sup>3</sup> km<sup>3</sup> метан. Това количество е твърде голямо – въглеводородните ресурси на Черно море са на порядък по-малко - 3.5.10<sup>3</sup> km<sup>3</sup>. Стационарният модел за последния глациален максимум (ПГМ) внушава драстично намаление на резервоарния обем (15-62%) след ПГМ. Отчитайки процесът на проникване на климатичната топлинна вълна в седиментите, моделът показва незначително съвременно увеличение на обема – в рамките на точността. Температурите на дълбочини 200 и 500 m под дъното достигат 90% от равновесните 200 до 1,000 Ку след ПГМ.

Фигура 1. Зона на стабилност на ГХ в Черно море (m) определена по in situ измерени T-градиенти

## Потребление на природен газ в България

През Май 2001 България подписва 25-годишно лицензионно съглашение с Петреко, Великобритания за проучване и добив на природен газ. Находище Галата е с оценени запаси от 53 Bcf. Петреко планира добив от 14 Bcf газ годишно.

Но България е зависима от 70% внос на енергийни суровини. С почти никакви запаси от нефт и незначителни от газ, България трябва да плаща на международните пазари в твърда валута и това е основа за ненадеждност на икономиката. През 2000 добивът на нефт е бил 1,000 барела дневно (b/d) (159 m<sup>3</sup> – 58,000 m<sup>3</sup>/y – 0.057 km<sup>3</sup>/y gas) и 0 на газ. Потреблението на петрол е било 117,000 b/d (или еквивалентен газ – 6.64 km<sup>3</sup>/y) и на газ 0.193 Tcf (5.5 km<sup>3</sup>/y).

Т.е. през 2000 пълните добив и консумация на нефт и газ в еквивалент природен газ са 0.06 and 12.14 km<sup>3</sup>. Когато добивът на метан от ГХ стане икономически възможен ще бъде осигурена дългосрочната енергийна сигурност за векове и качеството на околната среда ще се подобри.

### ПРОЕКТ НА НПИГХ – 1-ва РЕДАКЦИЯ

Авторът предлага за основа да бъде използвана NPGHRD на САЩ от 1999 като най-детайлна и логически свързана. Тя ще бъде преработена в съответствие с българските условия и изоставането и спрямо останалите подобни програми.

Програмата на САЩ определя Федералните отговорности по координиране, интегриране и синтез на дейности за: установяване на ресурсите от газ в залежи на МХ; разработване на технологии за добив на метан; изясняване на ролята на МХ в глобалния цикъл на въглерода (ГЦВ) и глобалната промяна на климата (ГПК); отговор на индустриалния интерес за безопасност и стабилност на морското дъно; запушването на тръбопроводи; проучването, добива и транспорта на традиционни въглеводороди. Планът е структуриран в 4 технологични области, обменящи данни, теоретични концепции и резултати.

Становището на Президентския комитет на съветниците по наука и технология (PCAST) е, че на МХ не е отделено нужното място в програмите на Бюрото по изкопаеми горива (FE) и са необходими целенасочени усилия и специални приложни програми. PCAST предлага финансиране от \$5 млн за 1999, нарастващо на \$11 млн през 2001 и \$12 million през 2003. Според съгласувано мнение на Енергийния отдел (DOE), за постигане на набелязаните цели е необходимо финансиране на 10 годишна програма със \$150 до \$200 млн.

Относителното ниво на усилията в 4-те технологични области и техните промени в процеса на изпълнение на програмата са изобразени на Фиг. 2.

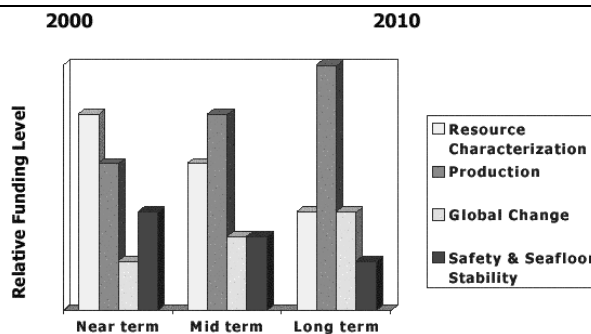


Figure 1 – R & D Funding Evolution

Фигура 2. Финансиране по технологични области

### Краткосрочни предимства/продукти (5 г)

- Оценка на МХ, необходима при вземането на решения за енергийната политика;
- Техники за предотвратяване образуването на МХ в тръбопроводи и оборудване за добив в акватории;
- Практически средства за избягване или намаляване на риска от покриващи Х при традиционен добив;
- Усъвършенствани сеизмични и др геофизични средства за откриване и картиране на Х, приложими в петролната индустрия, отбраната и др;
- Инженерни концепции за добив на газ от природни ГХ;
- Бази данни с океански и атмосферни промени и взаимодействия за модели на глобалния климат, включително термодинамични данни за CO<sub>2</sub>;
- Устройства за вземане на биологични проби при контрол на Р-Т условия (за използване от НАСА на Марс).

### Средно срочни предимства/продукти (5 до 10 г)

- Детайлни оценки на извлекаеми запаси от ГХ за управление на енергийната политика и планирането;
- Усъвършенствана техника за откриване и анализ на формации и резервоарни системи;
- Нови или усъвършенствани технологии за добив, включващи изпитания на инженерни концепции.

### Дългосрочни предимства/Продукти (10 до 15 г)

В дългосрочен план Програмата води до нарастващо снабдяване с по-чисто гориво, чрез развитие на комплект от технологии за промишлен добив на метан от арктични или морски Х, основаващо се на полево опробване и доказателство на специални геофизични технологии, концепции за добив и моделиране на резервоари.

## ЕЛЕМЕНТИ НА ПЛАН-ПРОГРАМАТА

### Ресурсна характеристика

Тази ключова дейност включва събиране на съществуващи данни, полеви и лабораторни проучвания и разработване на модел за изясняване и оценка на мащабите НА природните ГХ находища и прецизна оценка на потенциалните метанови ресурси. Тези резултати са необходими за всички програмни области.

### **Добив**

Целта е да се разработят знания и технологии, необходими за промислен добив на метан от Х системи.

По-специално Програмата ще:

- разработи научната информация, необходима за добив на метан от ГХ;
- проведе инженеринг на резервоари и процеси, както и икономически анализи;
- разработи и тества традиционни и алтернативни технологии за добив

### **ГЦВ и ГПК**

Метанът от природни Х е източник в атмосферния бюджет на въглерода директно като метан или индиректно като CO<sub>2</sub> при химично или биологично окисляване. От друга страна, използването на този ресурс осигурява ниско въглеродни горива, част от стратегията за намаляване нивата на антропогенни парникови газове. Тази дейност преследва разбиране на двойната роля на Х в ГЦВ и ГПК.

Таблица 3. Глобален въглероден цикъл

### **БСМД**

Тези дейности се базират на Ресурсната характеристика. Отначало ще бъдат преследвани средносрочни решения, касаещи обикновено търсене, добив и транспорт на традиционни въглеродороди. Тези предварителни модели ще бъдат обогатени с данни за Х, получени на ранните стадии на моделирането на добив. Новите резултати ще бъдат документирани в специален доклад, обединяващ знания и практически решения (предлагайки евтини решения за откриване и избягване на проблеми). Предвиждат се полеви демонстрация и тест за БСМД като кооперативни и съвместно финансирани усилия с нефтогазовата промишленост, ако не съществуват други приемливи алтернативи. Възможните и непредсказуеми бъдещи трендове в ефектите на глобално затопляне, които могат да изострят опасностите и нестабилността на морското дъно вследствие дисоциация на Х, ще бъдат наблюдавани и предприемани съответни действия.

This work is supported by the EC 5FP project "Centre for Sustainable Development and Management of the Black Sea Region" (CESUM-BS; ICA1-1999-70075)

## ЛИТЕРАТУРА

- A Strategy for MHs Research & Development*. 1998. U.S. Department of Energy Office of Fossil Energy.
- Dimitrov, L., Vassilev, A. 2001. Black Sea methane hydrates – how many they are. – *EUG XI, Symposium: Clathrates, Climate, and Carbon Budget*, 8-12 Apr., Strasbourg, France.
- Efremova, A., B. Dgidgenko. 1974. Finding GH crystals in marine sediments (in Russian). (Obnarugenie kristalogidratov gasov v osadkah sovremennih akvatorii). – *Dokl. AN USSR*, 214, 5, 1179-1181.
- National Methane Hydrate Multi-Year R&D Program Plan*. 999. U.S. Department of Energy Office of Fossil Energy, Federal Energy Technology Center.
- Poort, J., Vassilev, A., Dimitrov, L. 2002. Changes of the Black Sea Gas Hydrate Reservoir from the Last Glacial Maximum to Present. – *Proceedings of the Fourth International Conference on Gas Hydrates, Vol. 1*, Yokohama, Japan, 53-58.
- Vassilev, A., L. Dimitrov. 2000. Spatial and qualitative evaluation of methane hydrates in the Black Sea. - 6<sup>th</sup> Conf. *Gas in Marine Sediments*, 12-15 Sep. 2000 Sanct-Petersburg, Russia.
- Vassilev, A., L. Dimitrov. 2002. Spatial and qualitative evaluation of methane hydrates in the Black Sea (in Russian and English). – *Russian Geology and Geophysics*, 43, 7, 637-649.
- Vassilev, A., L. Dimitrov. 2003. Model evaluation of the Black Sea gas hydrates. – *Compt. Rend. 'Acad. Bulg. Sci.*, 56, 3, 15-19.

## КРАЙ ИЛИ НАЧАЛО?

Допълнителна информация: <http://www.io-bas.bg/gh/>

Моля, изпращайте Вашите файлове до А. Василев на [gasberg@io-bas.bg](mailto:gasberg@io-bas.bg):

- Мнения, съвети, web links
- Ваши нови или редактирани части от НПИГХ
- Персонални и фирмени резюмета и т.н.

Пощенски адрес:

Д-р Атанас Василев, пк 152, ИО-БАН, Варна 9000

Препоръчана за публикуване от  
катедра "Приложна геофизика", ГПФ



# BULGARIAN NATIONAL PROGRAM FOR GAS HYDRATES RESEARCH

Atanas Vassilev, Lyobomir Dimitrov

Institute of Oceanology – BAS  
PO Box 152, Varna 9000, Bulgaria  
[gasberg@io-bas.bg](mailto:gasberg@io-bas.bg)

## ABSTRACT

Results present model estimations of the Black Sea MHs and Draft of Bulgarian National Program for GHs on the base of the US National MH Multi-Year R&D Program Plan from 1999.

MHs represent an enormous gas resource. The estimate of  $20 \cdot 10^6$  km<sup>3</sup> worldwide is many times the estimated oil and gas. For the Bulgaria, resources are estimated in the range  $1-10 \cdot 10^3$  km<sup>3</sup>. In the same time we are dependent on imports for 70% of energy supplies. In 2000, total oil and gas production and consumption in equivalent natural gas are 0.06 and 12.14 km<sup>3</sup>. If the production of methane is economically viable, a long-term energy security for centuries would be ensured, and environmental quality would be improved.

The Program must coordinate research to: (1) estimate GH resources; (2) obtain/develop technology for production of methane from hydrates; (3) understand the roles of hydrates in the global carbon cycle and global climate change; and (4) respond to industry for safety and sea floor stability, currently associated with the exploration, production, and transportation of conventional hydrocarbons. The Program is framed as four technology areas which will share data, concepts, and results.

## INTRODUCTION

In the 1950s, Arthur C. Clarke wrote a novel in which energy was harvested deep in the Gulf of Mexico by submarines. Today fantastic became reality. One strange methane source – gas hydrates (GHs) – is most interesting object in the field of geo-sciences. And most money are spent for their research. Because clathrates – other name for these geological phenomena – are not only interesting, but in close dependence to humanity fate: its economical prospect and environmental conditions. But even between geo-scientists could found specialists, which haven't heard of them. What to say about wide public, state and private companies' managers, teachers, students and professors, inventors, ministries? After 20 years, all they and we will use, know, work and take in account GHs. The place between developed and developing countries; the prosperity of a nation and quality of life will be determined from our knowledges, skill and technologies to research and develop them. Or not?

Only a NPGH Research and Development (RD) will allow a country to follow right direction – the direction of prosperity. US, Great Britain, Germany, France, Japan (from 1995 5-years program for over \$50 millions; now – second 5-years plan) and India started their programs. Some of them include as one of most perspective regions the Black Sea. More than dozen European scientific projects are carried out or plan expeditions for GHs research here.

As a result of this analysis the author develop proposal for creation draft NPGHRD in the frame of EC funded project "Centre for Sustainable Development and Management of the Black Sea Region" (CESUM-BS - ICA1-1999-70075).

## GHs History

GHs have been discovered experimentally in 1811 by Sir Humphry Davy (chlorine bubbling in cold fresh water). Later (1832) Michael Faraday has established first chemical formula of GHs. In 1934 the phenomenon of pipeline blockage by hydrates was described in the USA by Hammerschmidt. In 1948 Strizhov has published assumption about GHs spreading in permafrost areas. In 1959 van der Waals and

Platteeuw have published first fundamental thermodynamic description of GH phase. In 1970 a group of Soviet researchers initiated by Yuriy Makogon has registered the discovery of the possibility of GHs existence in the Earth crust. In 1972 natural GHs for the first time have been recovered in the Black Sea (Yefremova, Dgidgenko, 1974).

## What is MH?

Methane hydrates (MHs) are type of natural formation that contains water and large amounts of methane, in the form of ice. From a scientist's point of view, MHs are crystalline solids that form under moderate pressure (for the Black Sea pure MHs exist at water depths greater than 500 meters) and at temperatures above the freezing point of water.

## Why is it important to study MHs?

Hydrates are potential future energy resource; factor for climate change (a source and a sink for atmospheric CH<sub>4</sub>); seafloor areas with hydrates are less stable; hydrates cause blocking in underwater gas pipelines; could be used to increase the volumes of gas in storage; they are markers for oil deposits; may be an alternative to pipeline as a way to move gas; could be used to patch leaks in underwater pipelines; might be used as a vehicular fuel, especially for ships or to drive machinery without affecting the energy content of the gas...

## How much hydrate is there?

There is no definitive answer to this question at this time. However, the worldwide amount of carbon bound in GHs is estimated to total twice the amount of carbon to be found in all known fossil fuels on Earth and measured in petatons ( $10^{15}$  tons). Theoretically, one volume of pure MH should yield about 164 volumes of methane and 0.8 volumes of water. In nature, it is more typical to get 158 or so volumes.

## 'Gasbergs': How do we study them?

Drilling and submarines are best, but expensive. Seismic is most popular. The contrasts in velocity created by the hydrate-cemented zone produces a strong reflection

called BSR "bottom simulating reflection". "Blanking" is the reduction of the amplitude of seismic reflections that is caused by cementation by hydrate of the strata. The blanking can be quantified to estimate the amount of GH.

### Questions

To understand the role of the Black Sea GHs must be found answer of many questions: When do MHs appear in the Black Sea? What is their evolution? Where to look for relict MHs? Is it possible to reconstruct a "frozen" geological history of the basin by analyzing their structure? What is their role in the carbon budget, hydrocarbon migration, sea bottom relief origin and contribution to the atmospheric greenhouse gases?

### SUMMARY OF PROPOSAL FOR NPGHRD CREATION

#### Problem Description

Absence of information even in academic environment and eco-journalists about the nature of the gas GH and their importance. Absence of an evaluation for the GH deposits and their distribution area in the Bulgarian Black Sea part. And as a result - absence of a NPGHRD - foundation for significant social, structural, technological and economical progress.

#### Target Groups and Beneficiaries

- The Bg population (20%) and the civilian organisations (20%) and mainly from the beach districts (aims: eco-education and culture (EEC); civilian activity (CA));
- Representatives of the municipality, district and state administration (30 - 100) (aims: effectively utilization of nature resources (EUNR); improvement of the environment (EE); EEC; CA; structural and social changes planing (SSCP));
- Business Leaders (EEC; CA; SSCP);
- Academic environments and eco-journalists - (professional qualification; alternative energy and raw material sources research).

#### Project Goals and Objectives

- Foundation of a NP, which to be proposed to the Ministry of Environment and Water. Its approval and realization would secure a durable ecological, social, economical and re-structural effect for gradually increased parts of population and varied organizations.
- The program is a base for introducing an ecological alternative energy and raw material resource) and stable growth of new and restructuring organizations and revealing of new positions for various high skilled specialists;

- Execution of the Frame Convention of OON about global climate change (1995) and the Convention for public participation in the process of decision making (1998);

### Project Activities

- Identification / Inventory / Archives creation / Inquiry
- Model quantitative predictions / Results acquaint / Public discussion
- Draft program / Social discussion / Standartization
- Working out project report

#### 1. Identification / Inventory / Archives creation / Inquiry

- Creation of project library - sources inventory: bibliographical, data bases, video tapes, Internet resources (on the whole 3 months (m); will grow and after the project);
- Creation of data base with the addresses of interested persons and organizations (parliament commissions, ministries, state and private organizations, media - press, TV) - "participants" (on the whole 1.5 m);
- Carry out an inquiry to find out concepts of participants about the content of such NP. Analysis publication of results in Internet for discussion enrich (on the whole 1.5 m)

#### 2. Model quantitative predictions / Results acquaint / Public discussion

- Developing mathematical model for GH reserves prediction and data base with the necessary input information (6 m);
- Programming, tests, numerical experiments and graphical visualization of the results. Model accuracy estimation through re-interpretation of seismic records (on the whole 12 m);
- Building up academic report:"Model Estimation of GH reserves and distribution in the Bulgarian Black Sea Part", 20 copies preparing and sending to participants (2.5 m); report publication in Internet (0.5 m);
- Design, printing (500 - 1,000 copies) and distribution of a booklet (A4, 2 sided, color) with general results, Internet links and addresses for opinions and discussions (3 m).

#### 3. Draft program / Social discussion / Standartization

- Study of the existing programs and creation draft NP GH (1st edition) through compilation and render an account of collected information. Copies preparation, sending; Internet page; discussion, analysis (2 m);

- Creation draft NP GH (2nd edition); copies; sending; Internet; discussion, analysis (2 m);
- Organize and carry out a work meeting for creation NP GH (3rd edition) with presence of representatives of applicants and media. Copies; sending; Internet publication (2 m)

### Expected Results

**Social** Heighten civil knowledge for local and global factors determined the environmental quality; heighten the ability to affect; cultivate tolerance between social groups and organizations; heighten civil responsibility of the municipality and ministry administration; stimulate the dialog citizenship - NGO - academic sphere - media - authority; overcome apathy and desire for anonymous of participants and heighten their citizen activity.

**Intellectual Product** Project library; published materials; GH model and results; Draft Bg NPGH in the Black Sea.

### ESTIMATION OF BULGARIAN BLACK SEA GHs

4D model of the MHSZ in the Black Sea during the Quaternary realized a simplified paleo-climate, focusing on the abrupt temperature and sea level changes. Major model advantages are the long period (allowed correct initial thermal conditions setting), detail 1' calculation and bottom depths grid (for better relief effect accounting), reinterpreted data from heat flow measurements (for possible hydrate existence), non-stationary processes equation accounting the heat of hydrates creation and dissociation.

The data are processed by applying different parameters depending of the geology and tectonic evolution of the area; sedimentation rates; submarine fans and canyons; and evidences of gas seepages, pockmarks and mud volcanoes. The equations governing the MH stability curve are also conformable to Hydrogen Sulphide content and salinity of the bottom and pore waters.

The estimations are based on the two main theories of GH formation - in situ bacterial production and pore fluid expulsion models. The implications of these models on atmospheric methane release or massive slumping and liquefaction, are briefly examined.

Models (Vassilev, Dimitrov, 2000;2002; 2003; Dimitrov, Vassilev, 2002; Poort, Vassilev, Dimitrov, 2002) predict the volume of MH stability zone (MHSZ) in the Black Sea of about 100,000 km<sup>3</sup>, or 77-350 km<sup>3</sup> pure MHs with 10-50.10<sup>3</sup> km<sup>3</sup> of gas Methane. This amount seems to be too high, even the total Black Sea resources of conventional hydrocarbons are in magnitude lower - about 3.5.10<sup>3</sup> km<sup>3</sup>.

The equilibrium model for the Last Glacial Maximum (LGM) suggests a drastic reduction of the reservoir volume (15-62%) since the LGM. Taking into account the process of climatic heat wave propagation in the sediments, the model predicts a present MHSZ enlarging in the frame of method accuracy. However, the temperatures at depth of 200 and 500 m under the bottom will reach 90 % of the temperature equilibrium 200 to 1,000 Ky after LGM and we must run models for longer time periods.



Figure 1. The Black Sea hydrate stability zone thickness (m) calculated with in situ measured temperature gradients

## Bulgarian natural gas consumption

In May 2001, Bulgaria signed a 25-year concession agreement with Patreco of the United Kingdom for exploration and extraction of natural gas. The area covered by the agreement is Bulgaria's sector of the Black Sea, including the Galata deposit which has estimated reserves of 53 Bcf. Beginning with 2002, Patreco plans to extract 14 Bcf of gas per year.

But Bulgaria is dependent on imports for 70% of its energy supplies. With virtually no supplies of oil and small reserves of gas, Bulgaria has had to pay for energy in hard currency at world market prices, resulting in less reliable supplies.

In 2000, oil production was 1,000 barrels per day (b/d) (159 m<sup>3</sup> – 58,000 m<sup>3</sup>/y – 0.057 km<sup>3</sup>/y gas) and 0 gas, Petroleum consumption in Bulgaria in 2000, was 117,000 b/d (or equivalent gas – 6.64 km<sup>3</sup>/y) and gas 0.193 Tcf (5.5 km<sup>3</sup>/y).

So, in 2000, total oil and gas production and consumption in equivalent natural gas are 0.06 and 12.14 km<sup>3</sup>. If the production of methane is economically viable, a long-term energy security for centuries would be ensured, and environmental quality would be improved.

## DRAFT NPGHRD – 1<sup>ST</sup> EDITION

The author offer as first Bulgarian NPGHRD to be used the US National MHs Multi-Year R&D Program Plan from 1999 as most detail and logically linked. It would be edited taking in account Bulgarian peculiarities.

The US Plan illustrates how technology is expected to proceed to achieve Program goals. The Federal role provides for the coordination, integration, and synthesis of research efforts to:

- (1) estimate gas resources from MHs;
- (2) develop the technology for commercial production of methane;
- (3) understand the dual roles of MHs in the global carbon cycle and their relationship to global climate change; and
- (4) respond to industry concerns the safety, seafloor stability and pipeline plugging which are currently associated with the exploration, production, and transportation of conventional hydrocarbons.

The R&D Program is framed as four technology areas which will share data, theoretical concepts, and results.

The position of the President's Committee of Advisors on Science and Technology (PCAST) in its 1997 *Report on Energy Research and Development for the Challenges of the Twenty-First Century* was that MHs were not being addressed adequately in Office of Fossil Energy (FE), or in other Department of Energy (DOE) R&D programs, and that more emphasis through applicable R&D was needed.

The PCAST suggested first-year funding of \$5 million, rising to \$12 million in the fifth year. The current consensus of DOE is that a MH R&D program of \$150 to \$200 million over a ten-year period will be needed to accomplish mission goals.

The relative level of effort in the four technology areas and their changes are depicted in Fig. 2.

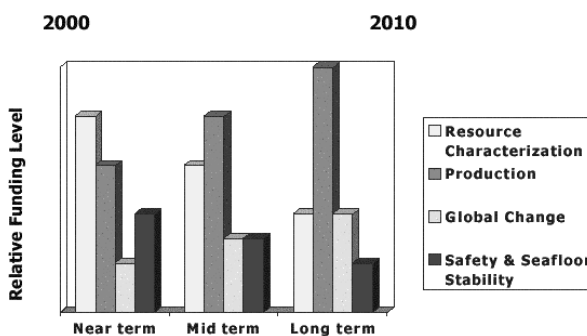


Figure 1 – R & D Funding Evolution

Figure. 2. R & D Funding by technology areas

### Near-Term Benefits/Products (Within 5 Years)

- Assessment of the location and volume of MH resources for use in energy policy decision making;
- Techniques to mitigate methane hydrate formation in pipelines and production facilities offshore;
- Improved seismic and other geophysical tools for hydrates identification and characterization for use by the petroleum industry, military, etc.;
- Engineering concepts for production of gas from natural GH deposits;
- Databases containing ocean and atmospheric changes and coupling, for use in global climate modeling, including thermodynamic data applicable to CO<sub>2</sub> sequestration; and
- P-T-controlled sampling devices (which could be a prototype for NASA samplers).

### Mid-Term Benefits/Products (5 to 10 Years)

- Improved estimates of recovery potential from the natural GH useful in guiding energy policy and planning;
- Advanced techniques to detect and analyze formation and reservoir systems;
- New or advanced production technologies, including tests of engineering concepts, for production of natural gas.

### Long-Term Benefits/Products (10 to 15 Years)

Long-term, the Program will lead to an increased supply of cleaner fuel through development of technologies for commercial production of methane from marine hydrates, based on field testing and verification of improved geophysical technologies, production concepts, and reservoir model development for natural GH recovery.

## PLAN-PROGRAM ELEMENTS

### Resource Characterization

This key activity will involve the data compilation, field and laboratory studies, and model development necessary to understand and measure natural GH deposits and to assess the methane resource. This work will provide information to all

program areas: resource characterization, production, sea floor stability, and environmental issues.

Table 1. Resource Characterization





## **Production**

The goal is to develop the knowledge and technology necessary for commercial production of methane from oceanic hydrate systems.

Specifically, the Program will:

- Develop a basic information necessary for production;
- Conduct reservoir and process engineering and economic analysis;
- Develop and test conventional recovery technologies and evaluate alternative recovery technologies.

Table 2. Production









### **Global Carbon Cycle**

Releases of methane from hydrates add to the atmospheric carbon budget, either as methane, or indirectly as carbon dioxide through chemical/biological oxidation.

Utilization of this resource would provide additional low-carbon fuels - part of a strategy for reducing atmospheric anthropogenic greenhouse gases. This activity seeks to understand and quantify the dual roles of hydrates in the global carbon cycle and their relationship to global climate change.

Table 3. Global carbon cycle



Field demonstration and testing of both safety and sea floor stability mitigation technology is envisioned as a cooperative/co-funded effort with the oil and gas industry.

Possible and unpredictable future trends in global warming effects, that could exacerbate safety and/or sea floor stability due to hydrate dissociation, will be monitored and activities adjusted accordingly.

Table 4. Safety and sea floor stability

### **Safety and Sea Floor Stability**

This activity will be co-developed and integrated with the Resource Characterization effort.

Early emphasis will be focused on near-term solutions of both safety and sea floor stability, due to natural GH occurrence associated with the exploration, production, and transportation of conventional hydrocarbons.

These preliminary models will be upgraded in the mid-term to incorporate subsurface hydrate data obtained from early stage hydrate production modeling efforts.

Findings will be documented in a report on Advanced Mitigation Recommendations, which would conclude the Government's principal research effort to define safety and sea floor stability problems and offer practical solutions (if possible, offering low-cost problem recognition/avoidance solutions.)



## END OR START?

Look for additional information at <http://www.io-bas.bg/gh/>

Please, send ANY files to A. Vassilev at [gasberg@io-bas.bg](mailto:gasberg@io-bas.bg):

- i. Opinions, advices, web links
- ii. Your new or edited parts of the  
National Program
- iii. CVs of persons or organizations,  
etc.

Please, send post materials to:

Dr. Atanas Vassilev, IO-BAS, PO Box 152, Varna 9000

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work is supported by the EC 5FP project "Centre for Sustainable Development and Management of the Black Sea Region" (CESUM-BS; ICA1-1999-70075).

## REFERENCES

- A Strategy for MHs Research & Development*. 1998. U.S. Department of Energy Office of Fossil Energy.
- Dimitrov, L., Vassilev, A. 2001. Black Sea methane hydrates – how many they are. – *EUG XI, Symposium: Clathrates, Climate, and Carbon Budget*, 8-12 Apr., Strasbourg, France.
- Efremova, A., Dgidgenko, B. 1974. Finding GH crystals in marine sediments (Obnarugenie kristalogidratov gasov v osadkah sovremennih akvatorii). – *Dokl. AN USSR*, 214, 5, 1179-1181(in Russian).
- National Methane Hydrate Multi-Year R&D Program Plan, 1999. *U.S. Department of Energy Office of Fossil Energy, Federal Energy Technology Center*.
- Poort, J., Vassilev, A., Dimitrov, L. 2002. Changes of the Black Sea Gas Hydrate Reservoir from the Last Glacial Maximum to Present. – *Proceedings of the Fourth International Conference on Gas Hydrates, Vol. 1*, Yokohama, Japan, 53-58.
- Vassilev, A., Dimitrov, L. 2000. Spatial and qualitative evaluation of methane hydrates in the Black Sea. 6<sup>th</sup> Conf. "Gas in Marine Sediments", 12-15 Sep. 2000 Sanct-Petersburg, Russia.
- Vassilev, A., Dimitrov, L. 2002. Spatial and qualitative evaluation of methane hydrates in the Black Sea (in



Russian and English). – *Russian Geology and Geophysics*, 43, 7, 637-649.

Vassilev, A., Dimitrov, L. 2003. Model evaluation of the Black Sea gas hydrates. – *Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci.*, 56, 3, 15-19.

*Recommended for publication by Department  
of Applied Geophysics Faculty of Geology and Prospecting*