Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет
Кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых

Газовые гидраты озера Байкал

Выполнила:
Карамова Г.Ф.
Научный руководитель:
К.г.-м.н., ст. науч.сотрудник
Козлова Елена
Владимировна

2015 г.

Газовые гидраты – твердые растворы

Газовые гидраты **-** твердые растворы, где растворителем является вода, молекулы которой за счет *водородной связи* образуют объемный каркас, в полости которого внедряются легкоподвижные молекулы газов.

Рис. 1. Газовый гидрат о. Байкал (материалы экспедиции Плавучий Университет, 2014).

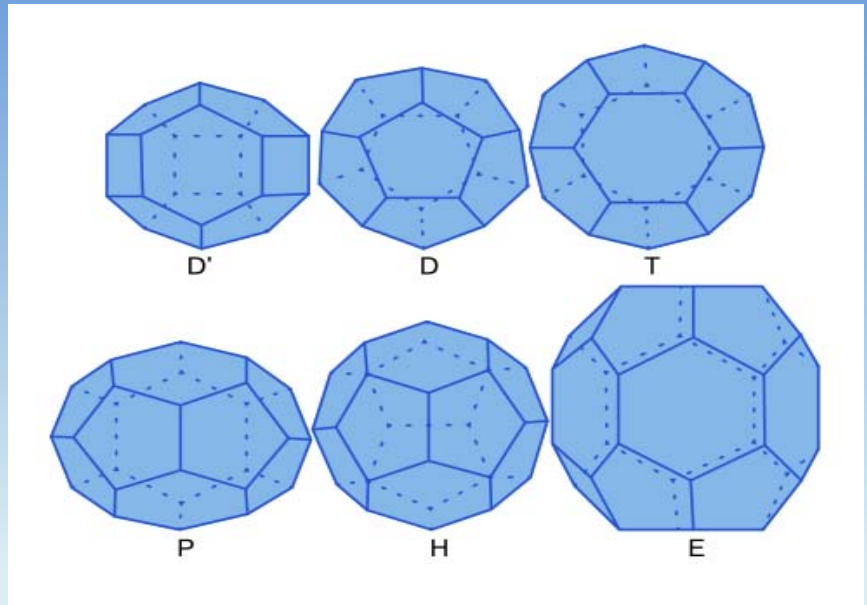


Рис. 2. Типы полостей в газогидратах (Дядин, Гущин, 1998).

Двенадцатигранные полости D и D′ принято называть *малыми*, а остальные (T, P, H, E) – *большими*.

Кристаллические структуры газовых гидратов

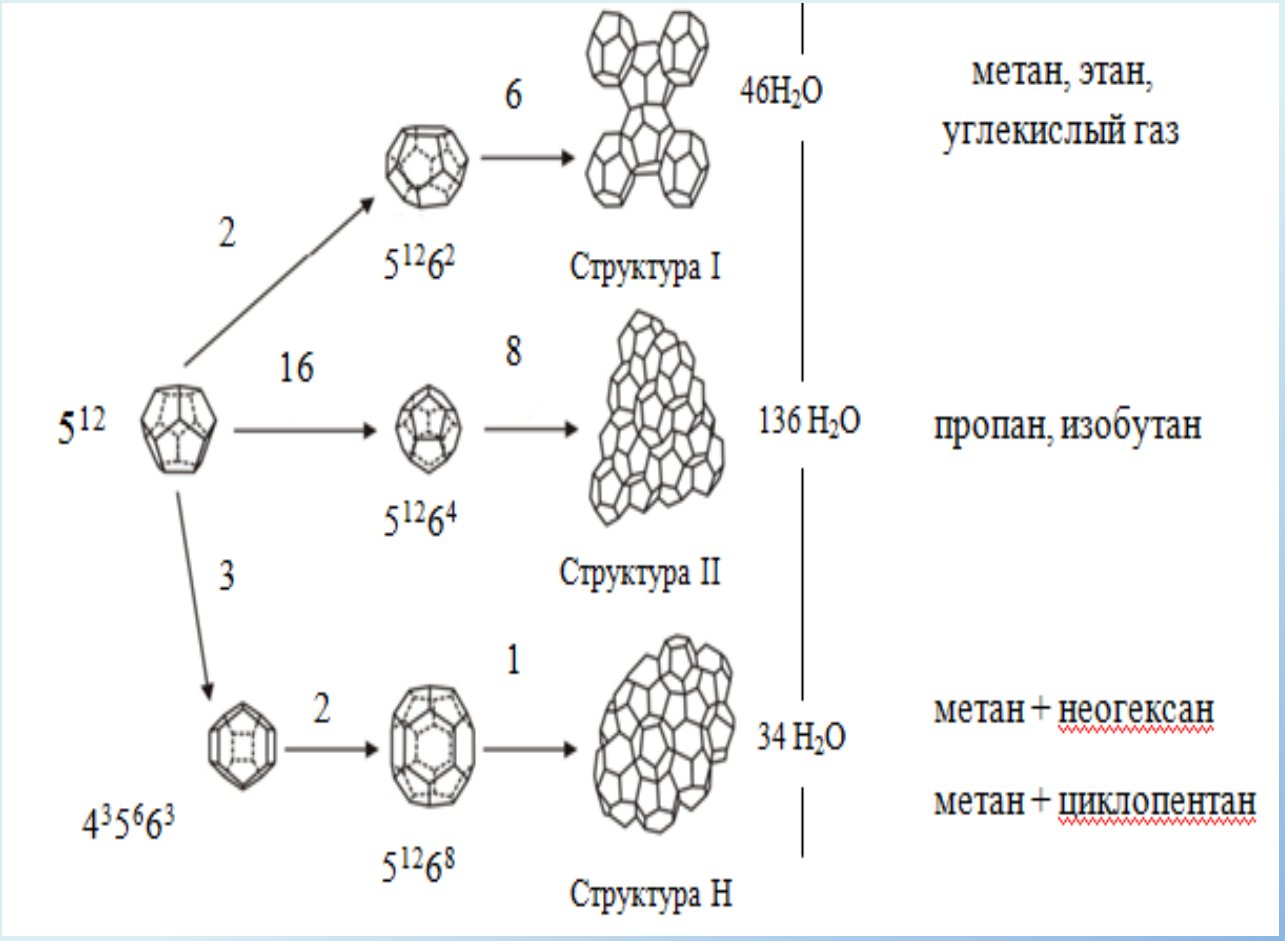


Рис. 3. Структурные вариации газогидратов (Sloan, 1997).

В ***малых*** полостях располагаются молекулы газа, размер которых не превышает **5,2 ° А**, в **больших – 5,9 ° А.**

В ***малых*** полостях располагаются молекулы размером до **4,8 ° А** в **больших** – до **6,9 ° А.**

Молекулы диаметр которых варьирует от **6,9** до **9,2 ° А** при участии меньших по размеру молекул формируют структуры типа H.

Состав и свойства газовых гидратов

Способностью образовывать гидраты обладают многие известные газы: ***Ar, N_2, O_2, CH_4, CO_2, C_2H_4, C_2H_6, C_3H_8, H_2S, SO_2, CS_2*** и др.

Теплофизические свойства:

-теплота гидратообразования Q_p или энтальпия разложения ΔH;

-теплоемкость;

-низкая теплопроводность (в 5 раз ниже, чем у льда).

Механические и электрические свойства:

-высокая прочность;

-плотность каркаса 0,908 - 0,917 г/см^3;

-скорость звука (продольная) при 273,15 К 3,5 – 3,8 км/с.

Образование газовых гидратов

Стадии жизни:
-нуклеация;
-рост;
-разложение.

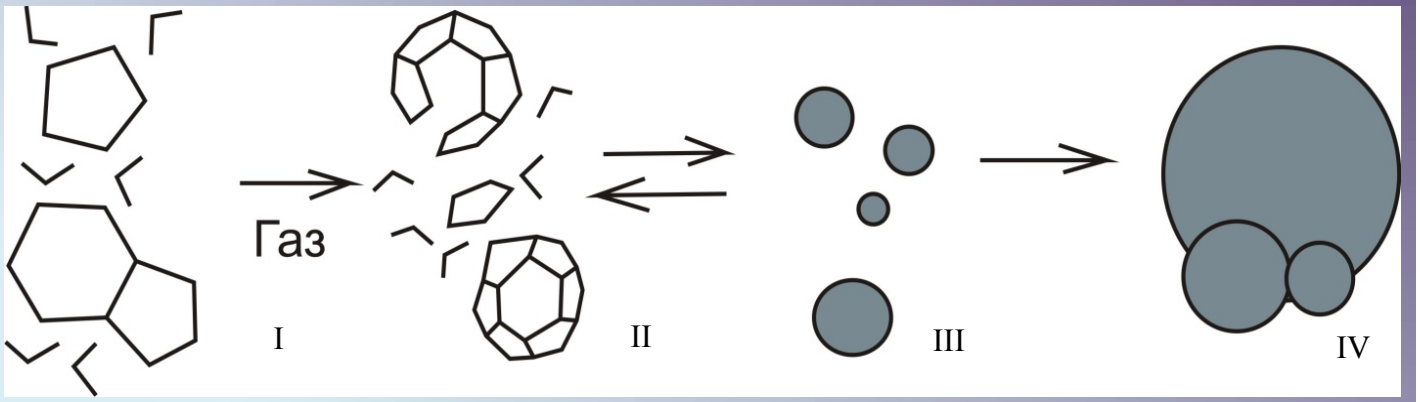
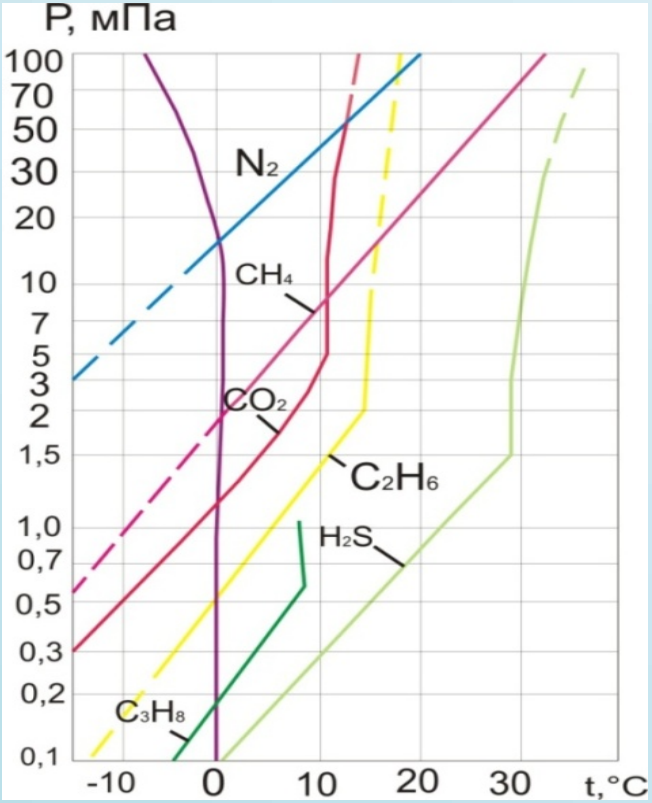


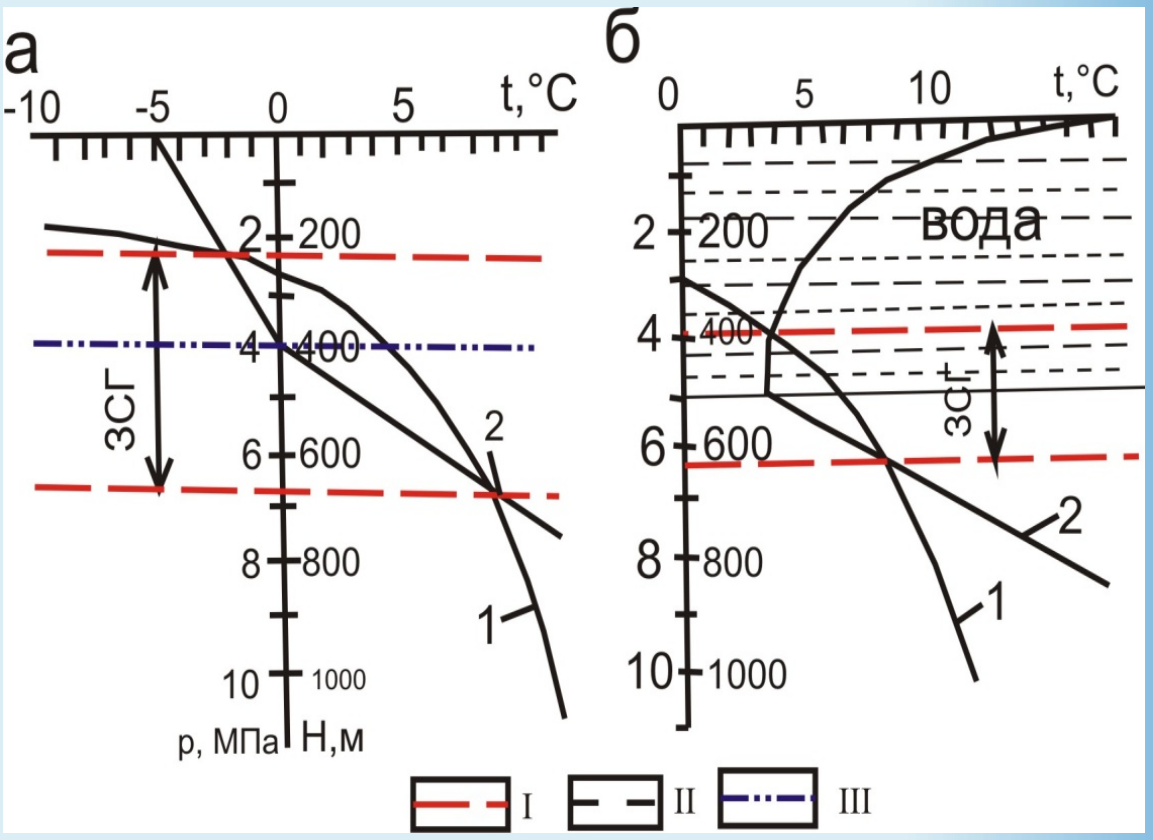
Рис. 4. Схематическая модель гидратообразования (Sloan, 1997).



Термодинамическая стабильность газогидратов, это основное ***условие*** для среды образования и сохранения гидратов.

Рис. 5. Равновесные термобарические условия гидратообразования для индивидуальных газов (Макогон, Фомина, 1980).

Зона стабильности газовых гидратов



Факторы, влияющие на процесс гидратообразования:

-температура;
-давление;
-состав газа;
-минерализация пластовых вод;
-проницаемость пласта.

Рисунок 6. Графоаналитический метод выделения зоны термодинамической стабильности газовых гидратов на суше (а) и на море (б) (Истомин, Якушев, 1992).

I - граница ЗСГ; II - вода; III - граница криолитозоны; 1 - кривая равновесных условий гидратообразования метана; 2 - распределение температур по разрезу.

Газовые гидраты о. Байкал

Необходимые условия для образования газогидратов в донных отложениях водоемов:

- Осадки должны содержать ***достаточное количество газа и воды***;

- находиться под ***большим P и при низкой T***, т. е. при глубине воды свыше 500 или даже 700–800 м

Именно такие условия характерны для глубоководных районов Байкала.

Газовые гидраты о. Байкал

История изучения

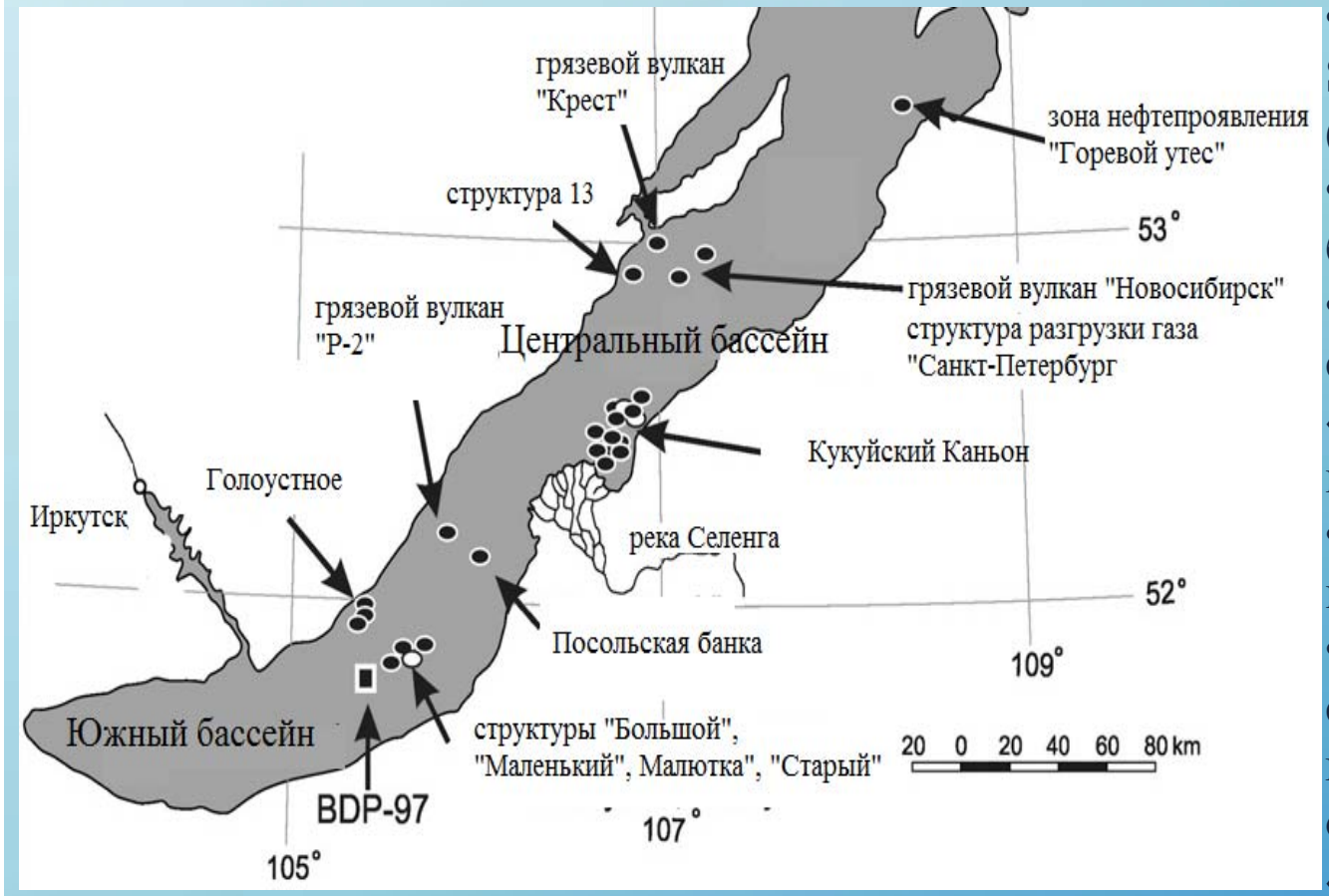
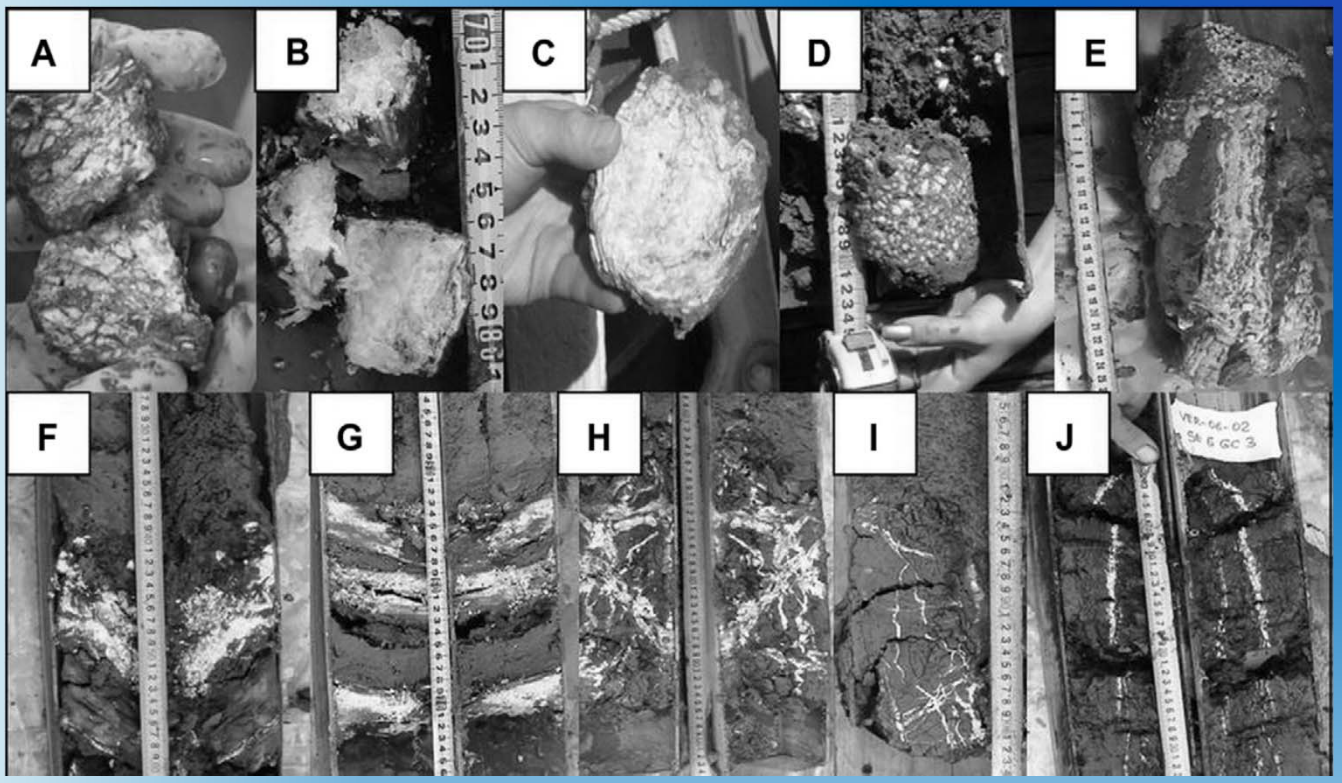


Рис. 7. Географическое распределение изученных зон скопления газовых гидратов в озере Байкал (Khlystov, 2012).

- 1989 г. – открытие «Bottom Simulating Reflectors» (BSR);
- 1997 г. – глубоководное бурение о. Байкал (BDP);
- 1997 – 2002 гг. – открытие структур «Большой», «Маленький», «Малютка» и «Старый»;
- 2002 – 2008 гг. – поиск новых залежей;
- 2008 – 2010 гг. - донные структуры, состоящие из газогидратов и битумов в области нефтепроявления «Горевой Утес»;
- 2014 г. – открыты еще 11 областей скопления гидратов.

Характеристика газовых гидратов о. Байкал

Среди гидратов отмечается большое разнообразие текстур:



В большинстве случаев, газовый гидрат содержал 98 % метана (C_1) **бактериального** происхождения.

Рис.8. Текстуры газовых гидратов озера Байкал (Khlystov, 2012).

A – псевдопорфировая, B,C – массивная, D – зернистая, E – зернистая с вертикальной слоистостью, F –массивная со слоистостью, G – слоистая, H-J – жильная.

Характеристика газовых гидратов озера Байкал (Хлыстов, 2007)

№	Название	Год открытия	Текстура	Тип газа	Тип структуры
1	Маленький	2000	Псевдопорфировая, слоистя	Бактериальный	КС-1
2	Большой	2003	Массивная, псевдопарфировая, слоистая	Бактериальный	КС-1
3	К-2	2005	Зернистая с вертикальной слоистостью	Смешанный	КС-2
4	К-0	2006	Жильная	Бактериальный	КС-1
5	Малютка	2006	Слоистая, жильная	Бактериальный	КС-1
6	К-6	2007	Массивная, псевдопорфировая, слоистая, жильная	Бактериальный	КС-1
7	Р-2	2007	Массивная, слоистая, жильная	Бактериальный	КС-1
8	G1-3	2007	Слоистая, жильная	Смешанный	КС-1
9	Горевой Утес	2008	Массивная	Термогенный	КС-1
10	Санкт-Петербург	2009	Массивная	Смешанный	КС-1
11	Посольская Банка	2010	Зернистая, слоистая/жильная	Смешанный	КС-2
12	К-1	2010	Слоистая, жильная	Смешанный	КС-1
13	К-9	2010	Массивная, слоистая, жильная	Бактериальный	КС-1
14	К-10	2010	Мелкозернистая, слоистая, жильная	Смешанный	КС-2 КС-1
16	К-8	2010	Слоистая, жильная	Смешанный	КС-1
17	К-11	2011	Слоистая, жильная	Смешанный	КС-1
18	К-12	2011	Слоистая, жильная	Бактериальный	КС-1
19	К-4	2011	Зернистая, слоистая, жильная	Термогенный	КС-2 КС-1
20	Структура 13	2011	Жильная	Смешанный	КС-1
21	Крест	2011	Массивная, слоистая, жильная	Смешанный	КС-1

Характеристика газовых гидратов о. Байкал

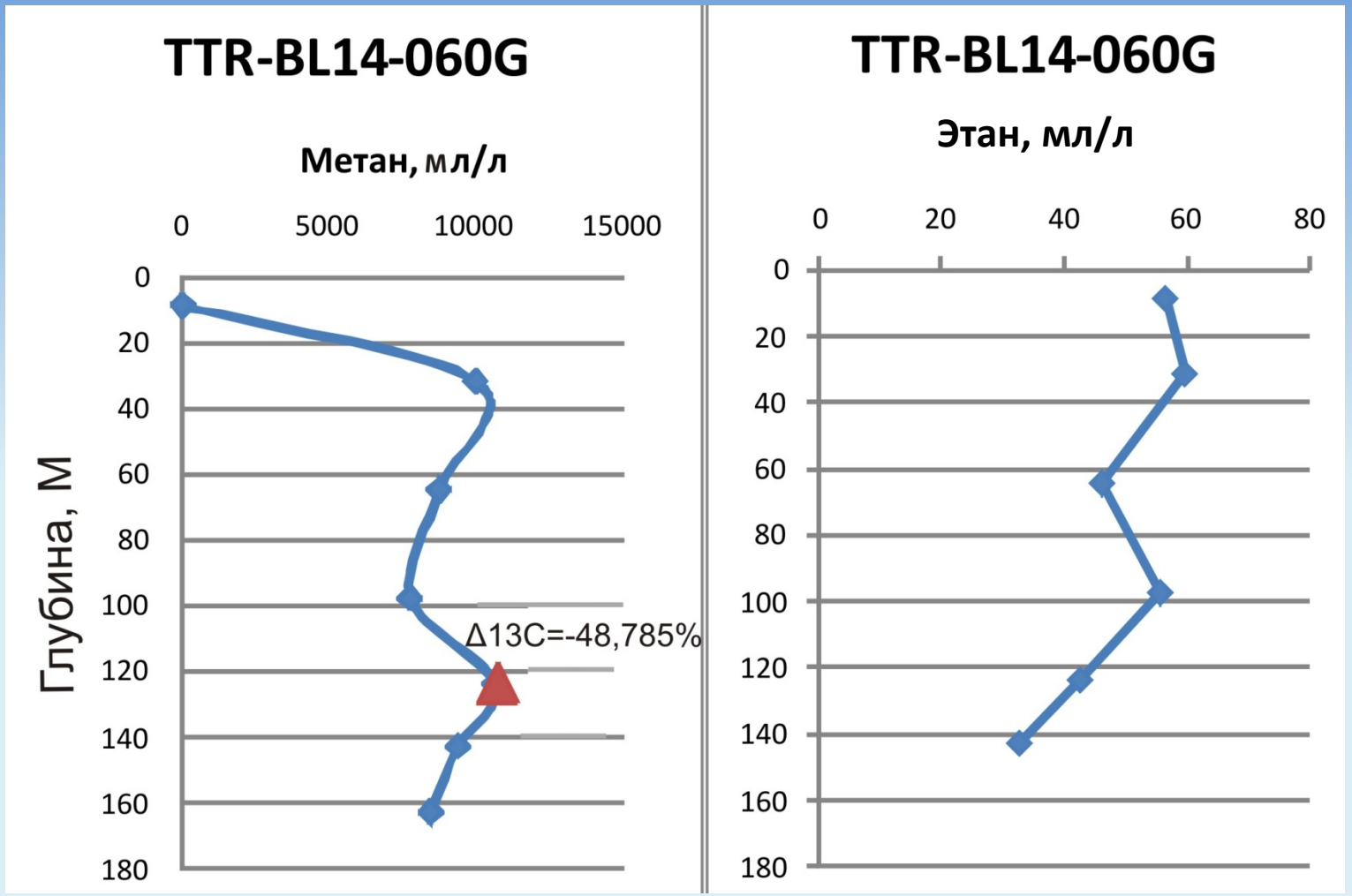


Рис. 9. Кривые распределения концентраций газа по глубине на основе данных из «Структуры 13» (материалы экспедиции Плавучий Университет, 2014).

Характеристика газовых гидратов о. Байкал

Рис. 10. Литологическая колонка на основе данных из «Структуры 13» (материалы экспедиции Плавучий Университет, 2014).

Рис. 11. Газовые гидраты, выделяющие газ при нагревании (фотографии экспедиции Плавучий Университет, 2014).

Сейсмические признаки газовых гидратов

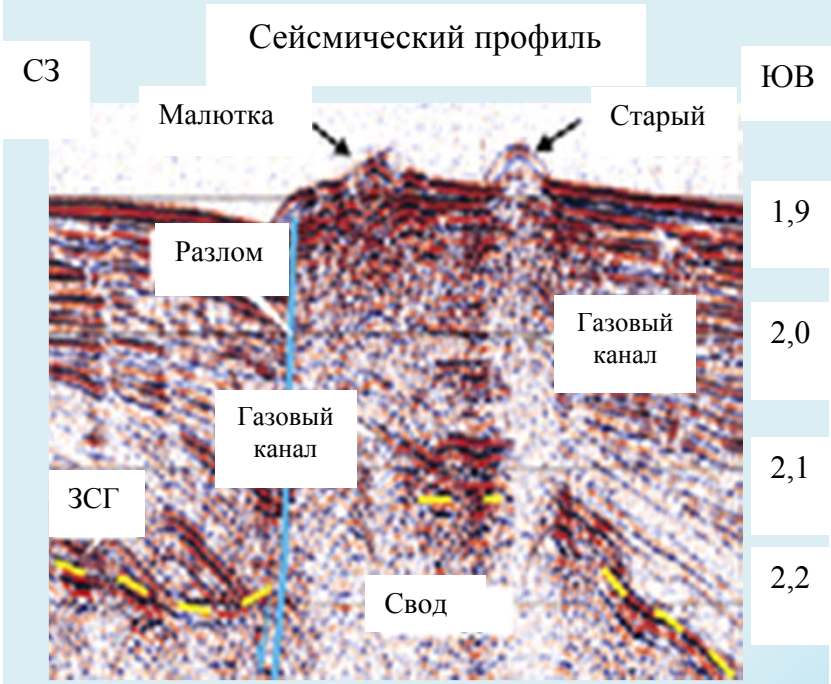


Рис. 11. Сейсмоакустический разрез Южно-Байкальской котловины, на котором видно нарушенное строение границы BSR, с приподнятыми участками и разрывами (проект INTAS, RSMG (De Batist, 2002)).

Сейсмический метод позволяет точно определять глубину, на которой проходит ***нижняя граница*** реально существующего ***газогидратного слоя***.

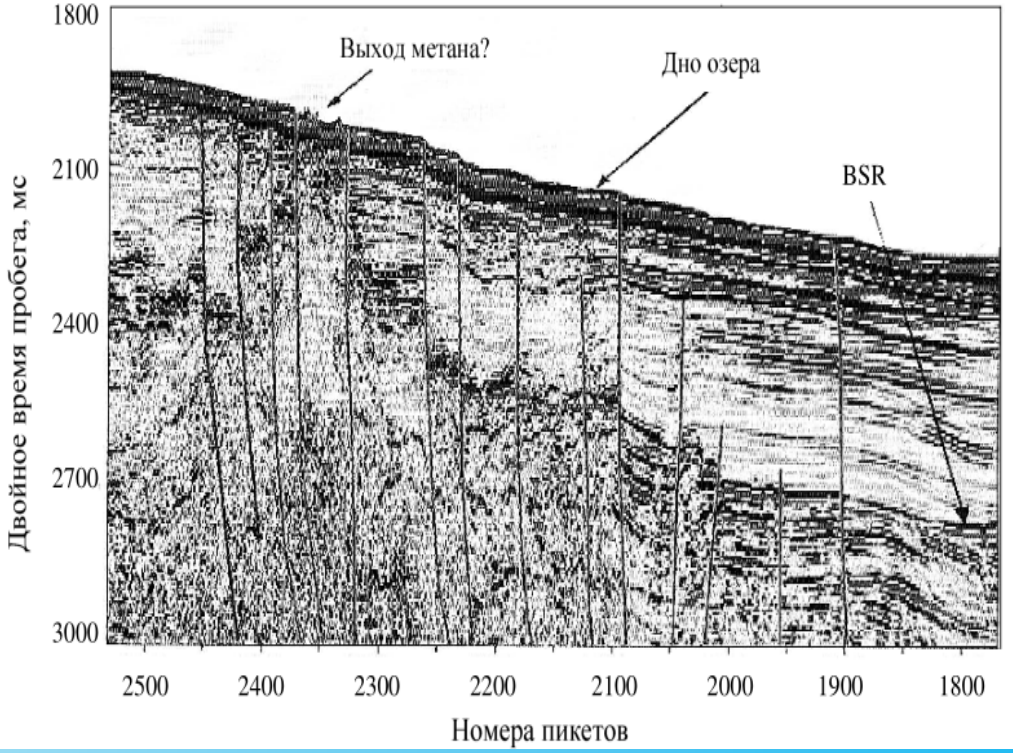


Рис. 12. Временной сейсмический разрез по профилю 92-13 через южную часть Центрально-Байкальской котловины (Дучков, 2003).

Причины нестабильности

Почему слой газогидратов в ***Байкале нестабилен*** в то время как в ***морях и океанах*** газогидратный слой, как правило, ***устойчив***?

- быстрое накопление осадочной толщи;
- тектоническое поднятие земной коры;
- миграция флюидов;
- локальное растяжение земной коры;
- оползневые явления.

Рис. 13. Пузырьки газа, скопившиеся подо льдом на поверхности озера Байкал (Клеркс, 2004).

Зачем изучать газовые гидраты?

- *нетрадиционный источник УВ*

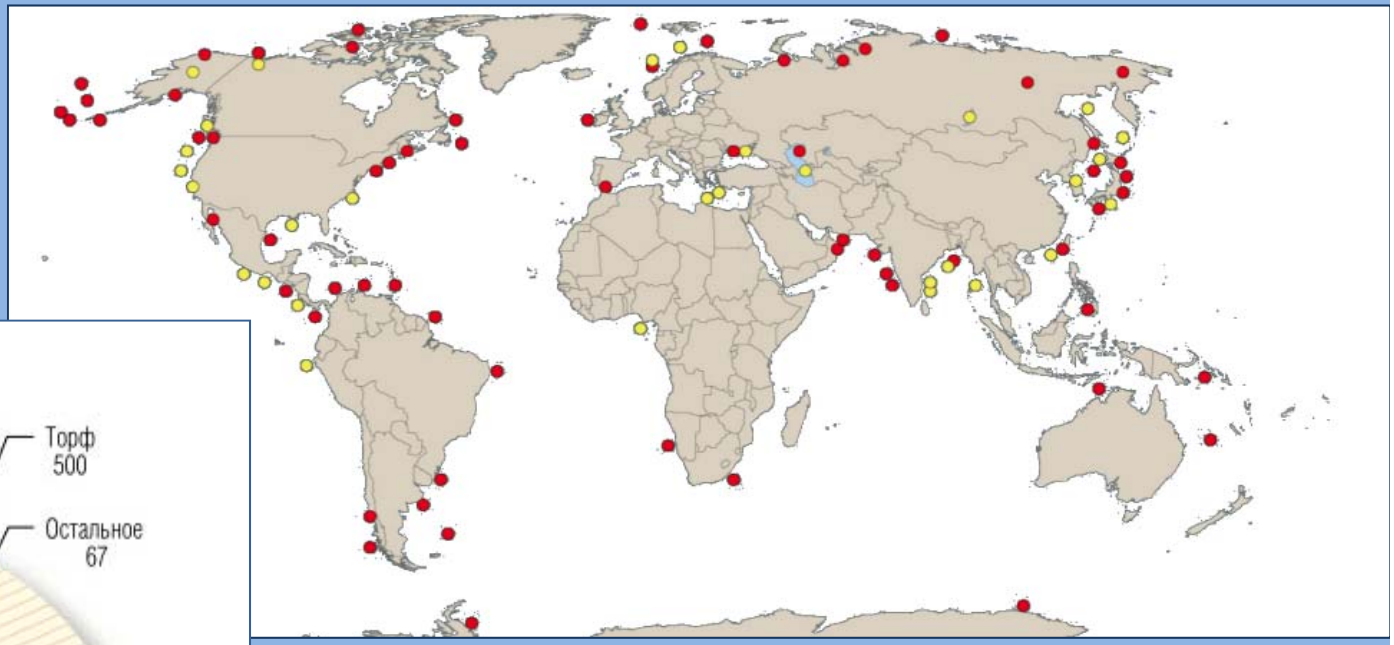


Рис. 15. Подтвержденные и предполагаемые газогидратные месторождения (примечание: желтый цвет – подтвержденные запасы, красный – предполагаемые (Николаев, 2013).

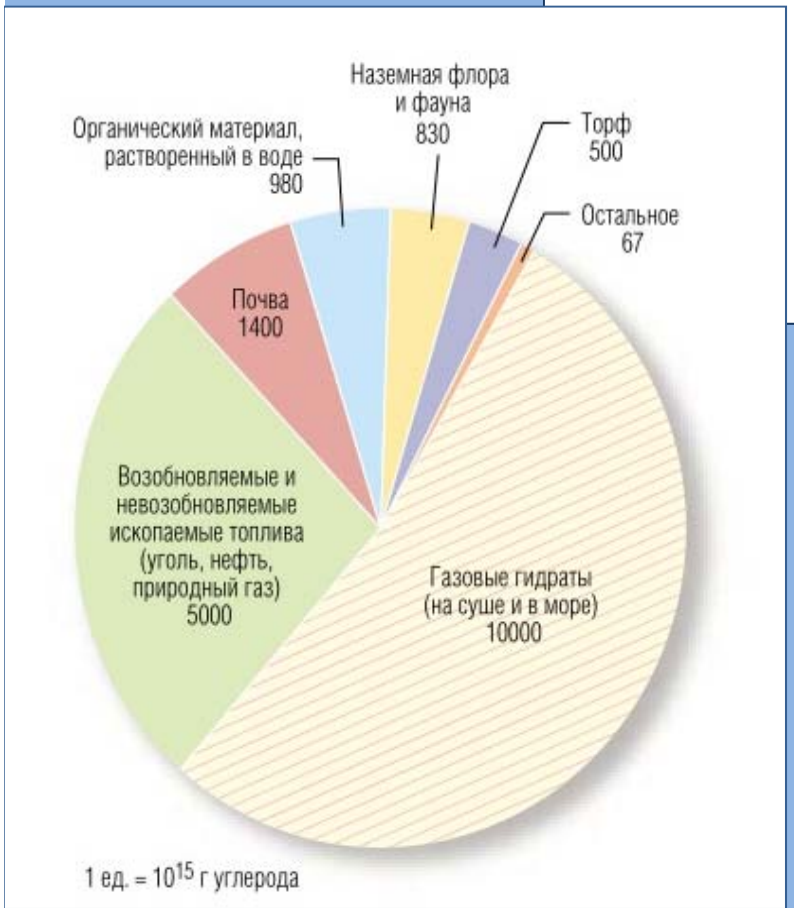


Рис. 14. Содержание углерода в известных мировых запасах углеводородов (Коллетт, 2001).

Способы добычи газовых гидратов

+ невысокие затраты; простота процесса; возможность быстрой добычи больших объемов.
− при низких Т вода может закупорить оборудование.

+ простота; отсутствие сложной техники.
− высокие затраты энергии; невозможность добычи из пластов глубокого залегания; медленное разделение гидрата на газ и воду.

+ возможность контроля над объемами добычи; предотвращения замерзания воды.
− высокая стоимость; медленное протекание химической реакции; экологическая опасность.

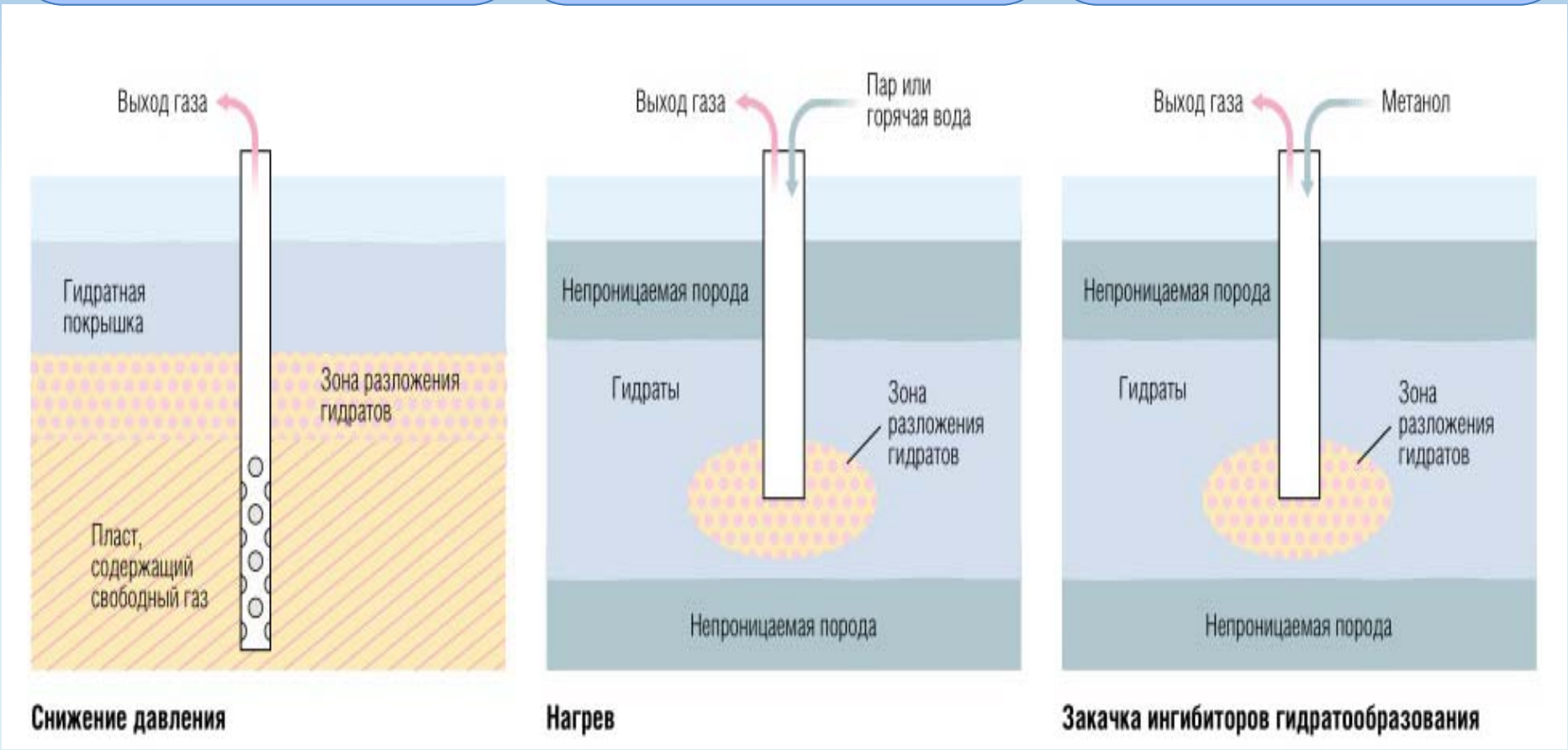


Рис. 16. Три рассматриваемых метода добычи газа из гидратов (Коллетт, 2001).

Зачем изучать газовые гидраты?

• *для предотвращения проблем, связанных с наличием газовых гидратов*

Проблемы:

• создают осложнения при бурении и отрицательно влияют на устойчивость морских платформ;

• при транспортировке сырой нефти или газа закупоривают трубопровод;

• могут вызывать оползни;

• могут привести к изменению климата (присутствие в атмосфере **метана** усиливает парниковый эффект примерно **в 20 раз** по сравнению с массой **углекислого газа**).

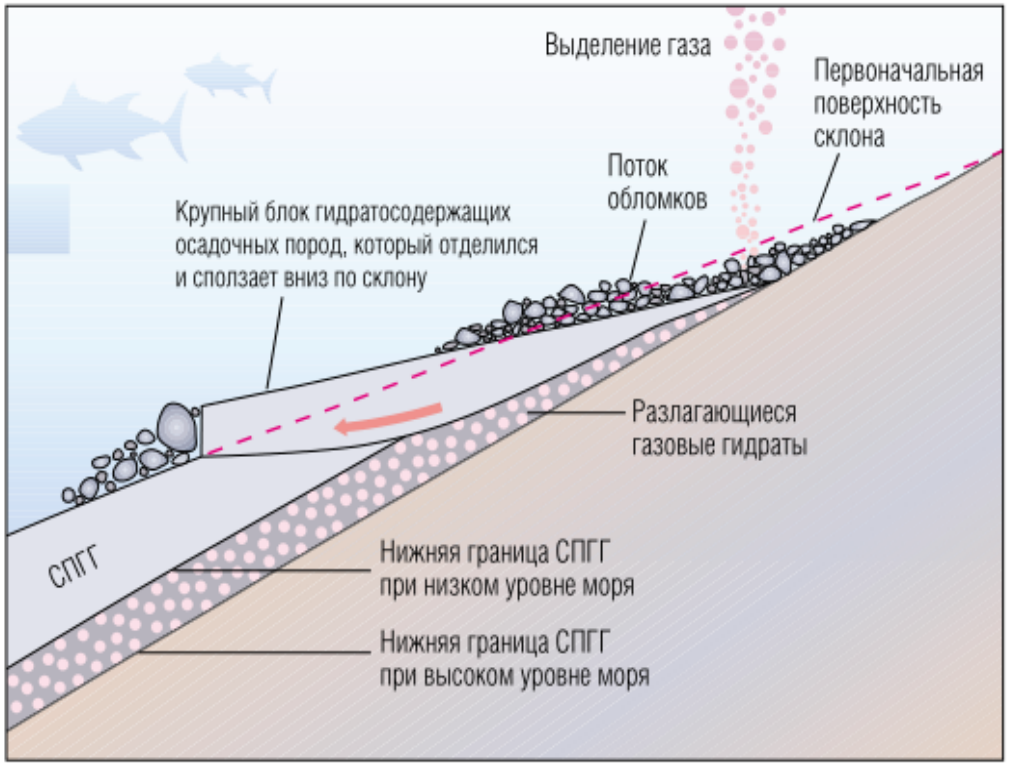


Рис. 17. Разложение газовых гидратов, являющиеся причиной подводных оползней (Коллетт, 2001).

Заключение

• Газовые гидраты могут стать новым источником природного газа благодаря весьма ***значительным ресурсам***, ***неглубокому залеганию*** и ***концентрированному состоянию в них газа***.

•Газовые гидраты интересны не только, как потенциальный источник углеводородов, но и как мощный механизм, способный ***изменить климат нашей планеты***.

•***Необходимо продолжить изучение влияния газовых гидратов на окружающую среду, а также создание достоверных моделей образования и разложения газовых гидратов в природных условиях. Все это требует объединения имеющихся данных по газовым гидратам.***

Спасибо за внимание!