Метанотрофное таяние Арктики

П.В. Люшвин lushin@mail.ru

Аннотация

В традиционной гидрометеорологии и физике льда при анализе и прогнозе развития ледового покрова учитывают только градусо-дни мороза и дрейф. Генезис проталин и разводий объясняют гидротермами и динамическими явлениями. Однако имеются ситуации, когда лед, несмотря на достаточное число градусо-дней мороза, не выдерживает расчетных нагрузок, в метровом – трех метровом ледовом покрове внутри припая или вдали от заприпайных полыней образуются обширные длительные разводья, части акваторий непредсказуемо рано, масштабно очищаются ото льда. Происходит это при активизации сейсмической деятельности в местах скоплений углеводородов. Энергия, выделяющаяся при бактериальном окислении метана, превращает монолитный лед в пористый с проталинами. Вследствие торошения такого льда на его поверхности оказываются серые продукты метанотрофии и детрит (поднятый пузырьками метана), которые своим цветом способствуют инсоляционному утончению льда, образованию разводий.

Ключевые слова: лед, проталины, разводья, болотный газ, метан, бактериальное окисление, метанотрофия, детрит, землетрясения.

Metanotrofnoye thawing of the Arctic

Lushvin P.V.

The summary

In traditional hydrometeorology and physics of ice in the analysis and the forecast of development of an ice cover consider only degree days of a frost and drift. Genesis of thawed patches and razvodiya explain with hydroterms and the dynamic phenomena. However there are situations when ice, despite sufficient number of degree days of a frost, doesn't maintain settlement loadings, in the meter – three

meter ice cover in solder or far from zapripayny ice-holes are formed extensive long razvodiya, parts of water areas is unpredictable early, are on a substantial scale cleared of ice. There is it at activization of seismic activity in places of congestions of hydrocarbons. The energy which is distinguishing at bacterial oxidation of methane, turns monolithic ice in porous with thawed patches. Owing to a torosheniye of such ice on its surface there are gray products of a metanotrofiya and detpit (lifted by vials of methane) which the color promote insolyatsionny thinning of ice, formation of razvodiya.

Keywords: ice, thawed patches, разводья, marsh gas, methane, bacterial oxidation, metanotrofiya, detrit, earthquakes.

Введение

В традиционной гидрометеорологии и физике льда при анализе и прогнозе развития ледового покрова учитываются только градусо-дни мороза и дрейф. В отсутствии дрейфа градусо-днями мороза определяется толщина и прочность монолитного льда [8]. Однако имеются ситуации, когда лед порист и не выдерживает расчетных нагрузок, в нем появляются разводья, части акваторий неожиданно рано, масштабно очищаются ото льда. Причина – окисление метана метанотрофными микроорганизмами структурно и функционально специализированными на использовании метана в качестве источника углерода и энергии (вне зависимости от генезиса – ювенильный из разломов земной коры, газогидратов, глиняных ловушек, или болотный био газ) при котором выделяется почти столько же энергии, что и при горении (для кипячения чашки чая достаточно энергии окисления 1 грамма метана) (рис.1) [4,6]. Например, децикилометровая проталина в центре сплошного апрельского байкальского льда метровой толщины [17]. Предиктором, обусловившим её появление 20.04.2009 г., послужило массовое поступление метана в нижнюю тропосферу 14÷15.04.2009 г. [7,11]. Значимое доказательство скоплений метана подо льдом – фонтаны огня над лунками в устье р. Селенги, на р. Лена, в море Лаптевых и у Аляски [7].

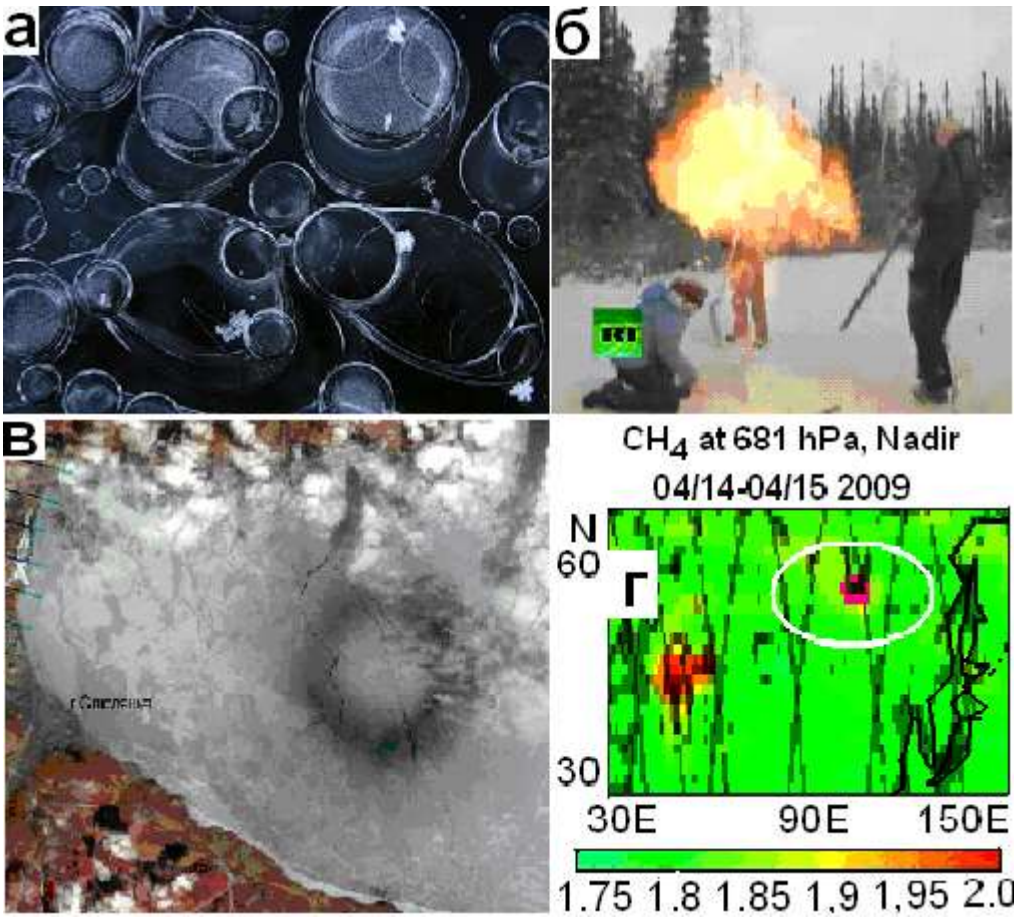

Рис.1. Застывшие пузырьки болотного газа во льду (*а*). Поджег болотного газа (*б*). Круговая проталина в Байкале 20.04.2009 г. (*в*). Повышенная концентрация метана на 681 гПа над Байкалом (в белом эллипсе); повышенная концентрация метана над Средним Каспием – результат дегазации при землетрясении 19.04.2004 г., магнитудой 5, с эпицентром 44ºС.Ш., 51ºВ.Д. 14÷15.04.2009 г. (*г*)

Метанотрофное сокращение площади льда в Арктике

Последние десятилетия имеется тенденция к стагнации ледового покрова Арктики. К октябрю его площадь с 1980 г. по 2012 г. сократилась на треть (рис.2) [15]. Связано это с активизации втрое сейсмической деятельности в регионе насыщенном углеводородами [2,16]. За счет форшоков и афтершоков число землетрясений в отдельные годы стало превышать 100. Анализ ситуации показал, что для более детального выявления влияния сейсмогенной метанотрофии следует учитывать землетрясения с мая месяца по сентябрь. Исключить

акватории севернее 82º, где метанотрофные разводья быстро затягиваются дрейфующим или новообразованным льдом, и акватории, в которых к августу-сентябрю лед традиционно практически отсутствует, например, южнее Шпицбергенского архипелага, у устьев рек.

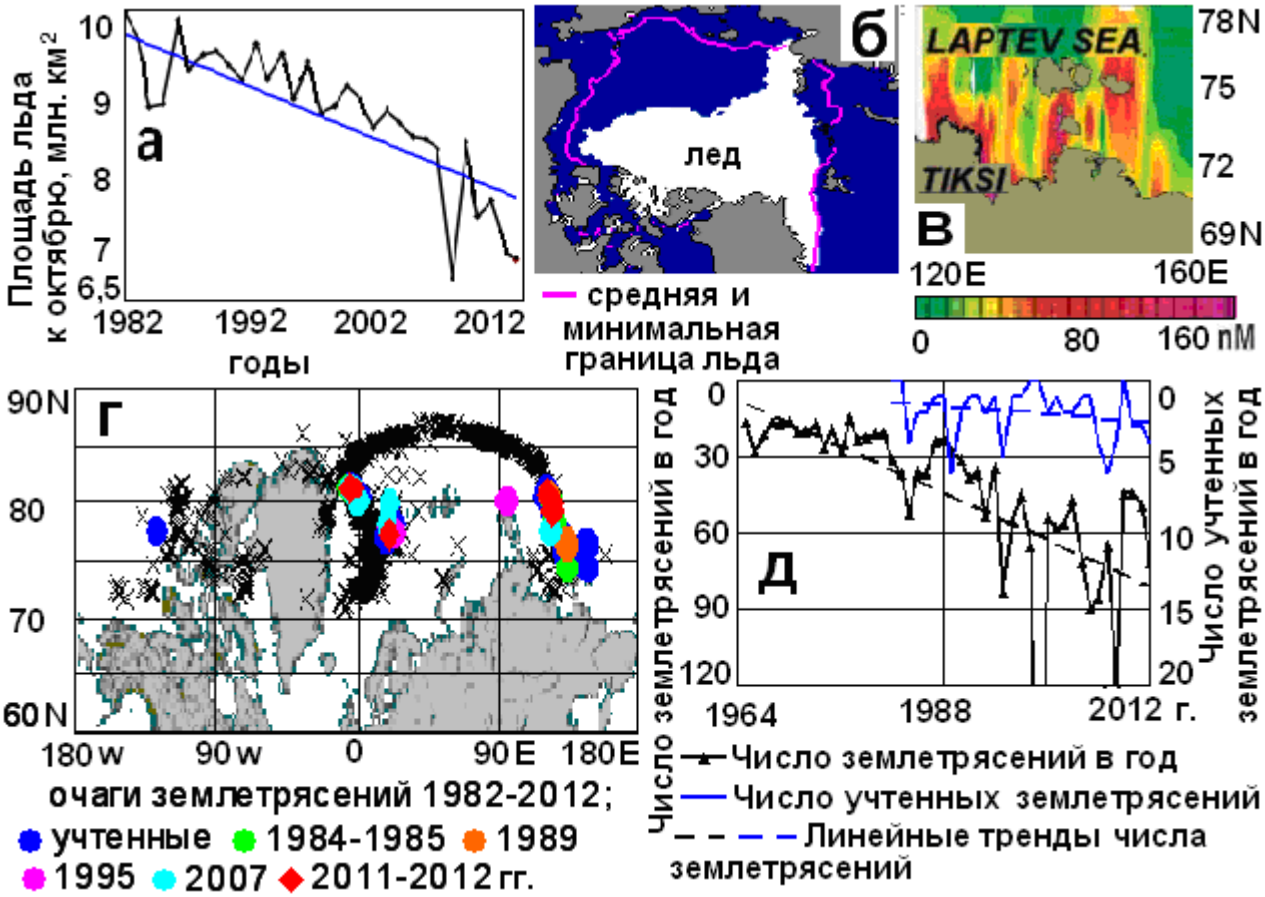

Рис.2. Межгодовой ход минимальной площади льда в Арктике (*а*), средняя граница льда и минимальная 16 сентября 2007 г. (*б*). Концентрация метана в восточносибирских морях (*в*). Очаги всех и учтенных землетрясений (*г*), межгодовой ход числа всех и учтенных землетрясений (*д*).

При таком подходе едва ли не все фоновые вариации положения кромки льда в восточносибирских морях объясняются с позиции метанотрофии. А именно, до 1989 г. и позднее в сейсмоспокойные 1994, 1998, 1999 и 2001 гг. в море Лаптевых и Восточно Сибирском море одной инсоляции было не достаточно, чтобы растопить лед у Новосибирских островов (рис.3) [3]. Только после сейсмогенной обработки льда метаном и детритом со второй половины мая, начиная с 1989 г., Восточно Сибирское море к сентябрю стало освобождаться

ото льда. Изменение ледового режима связано и с разрушением пакового льда за счет тройной активизации землетрясений на хребте Гаккеля 1965 г. Сейсмогенная метанотрофия и торошение обуславливают появление на поверхности льда серых продуктов метанотрофии и детрита (поднятого пузырьками метана), что уменьшая величину альбедо, способствует инсоляционному таянию льда.

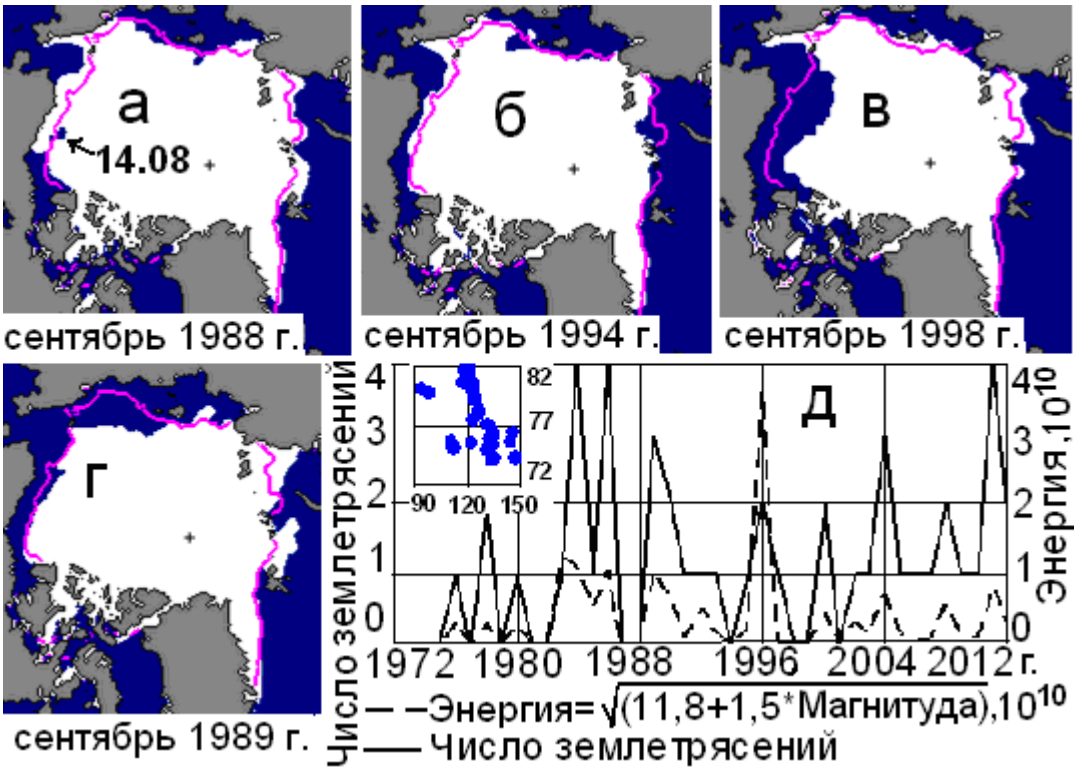

Рис.3. Кромка льда в сентябре в сейсмоспокойные годы (*а-в*) и в сейсмоактивный 1989 г. (*г*). Число учтенных землетрясений и их энергия, на врезке их эпицентры (*д*).

Идентифицировать сейсмогенные разводья в арктическом льду «удобнее» в мористых акваториях, поскольку у берегов их проблемно отличить от заприпайных полыней (рис.4) [1]

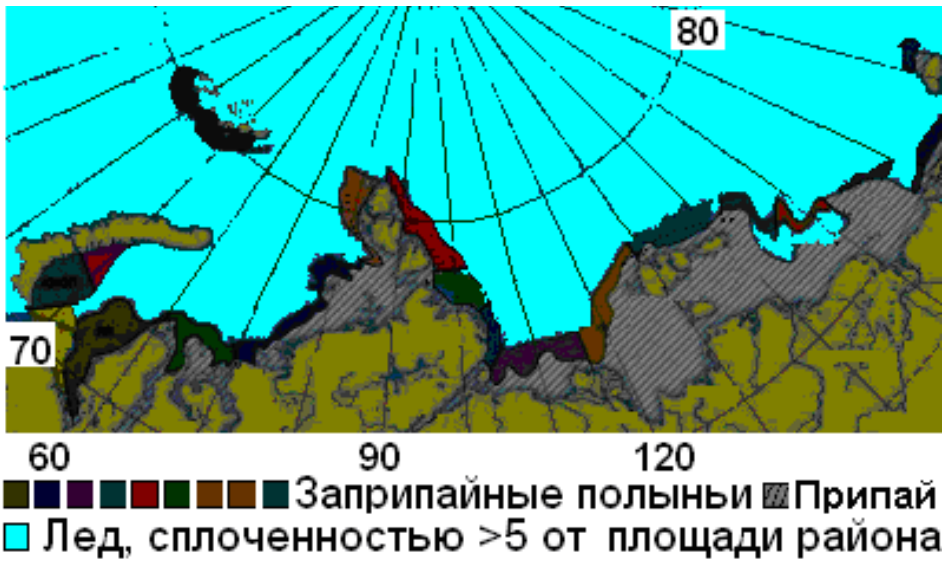

Рис.4. Заприпайные полыньи.

Из сопоставления положения и сроков мористых эпицентров июньско-августовских землетрясений и разводий (по микроволновой информации низкого разрешения) следует, что через 20-30 дней у очагов землетрясений во льду появляются масштабные (свыше 500-5000 км^2) стабильные разводья, сохраняющиеся до октября [15,16]. Так было после августовского землетрясения на аляскинском шельфе в 1988 г. (рис.3.*а*), после июльского и августовского землетрясений 2012 г. у 80N в море Лаптевых (рис.5). «Поддерживает» их квази стабильность метан и детрит афтершоков. Наличие массы мелкого детрита значимо для таяния льда, так как детрит, гравитационно медленно (за 30÷50 суток) осаждаясь из холодного фотического слоя, утончая его, способствует нагреванию поверхностной воды на 2÷3ºС [6]. Сейсмогенные процессы, способствующие таянию льда, происходят не только у очагов землетрясений, но и над разломами земной коры, в зоне которых благодаря электромагнитным возмущениям возникают атмосферные аномалии – локальные минимумы водяного пара, куда стягивается атмосферная пыль, или безоблачные прорези в метеорологических облаках [5].

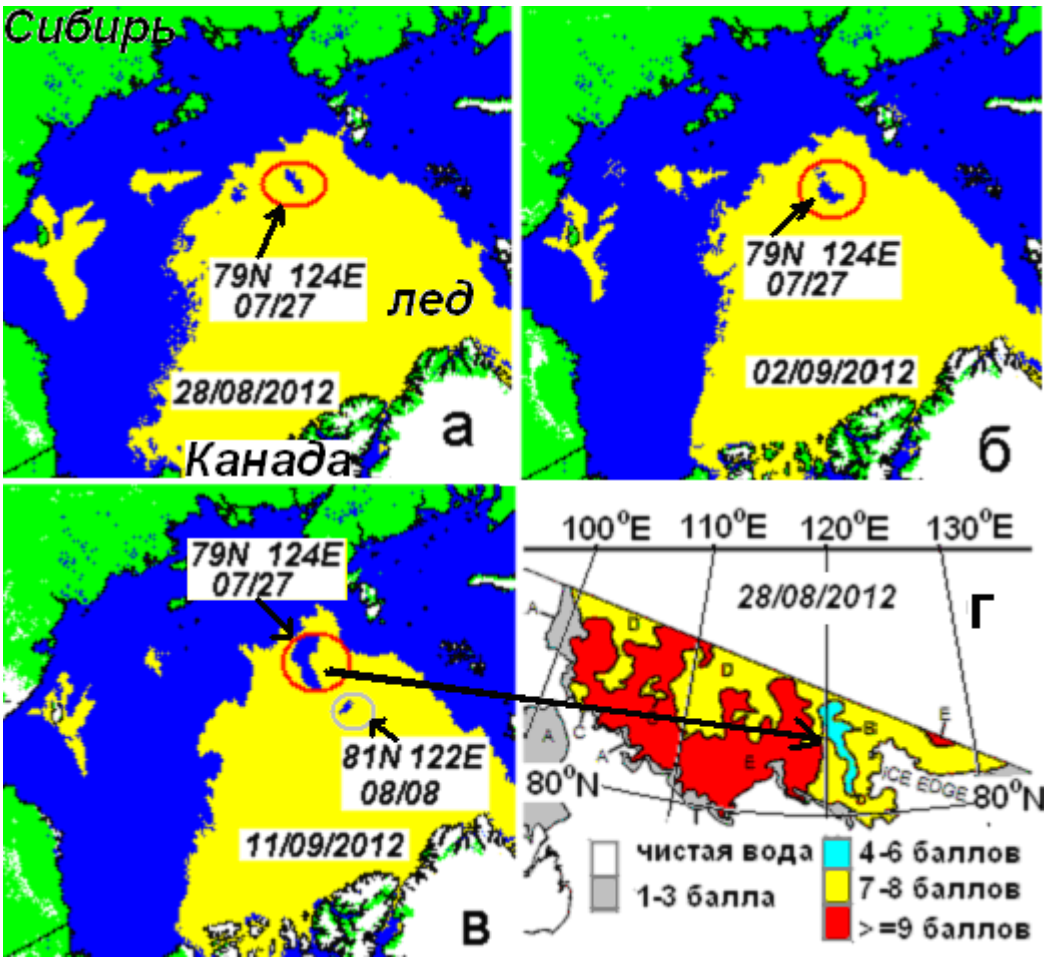

Рис.5. Сейсмогенные разводья в ледовом покрове Арктики.

Сейсмогенные разводья вдали от заприпайных полыней наблюдались и ранее, например, на карте 13.06.1951 г. у очага землетрясения 29.04.1051 г. с магнитудой 5,2 (рис.6.*а*) [12,19].

Метана в регионе столько, что даже в условиях вечной мерзлоты январские прибрежные землетрясения (06.01.2007 г., 73,7ºС.Ш., 125,5ºВ.Д., М=3,2; 08.01.2007 г. 71,1ºС.Ш., 142,6ºВ.Д. М=2,2) [10] сопровождаются массовыми поступлениями метана в нижнюю тропосферу (рис.6.*б*).

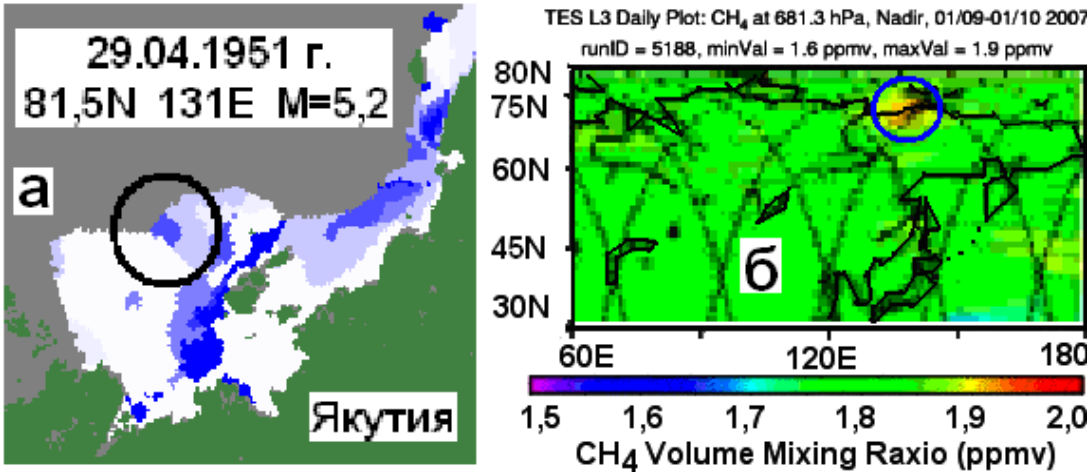

Рис.6. Разводье (в черном кругу) у очага землетрясения на ледовой карте 13.06.1951 г. (*а*). Содержание метана в нижней тропосфере 9-10.01.2007 г. (в синем эллипсе вспышка метана в районе якутской литорали) (*б*).

Толщина льда

На рубеже 70-х - 80-х годов XX века в Арктике был экстремально толстый лед (рис.7) [15]. К 2002-2012 гг. толщина пакового и дрейфующего льда, сохранившегося с прошлого года, уменьшилась на ≈40%, причем в 2004÷2006 гг. было временное утолщение льда ≈10%. Происходило это на фоне сейсмоспокойных лет с 1977 г по 1981 г., активизации сейсмической деятельности начиная с 1982 г., стагнации числа землетрясений в период с 2002 г. по 2006 г.

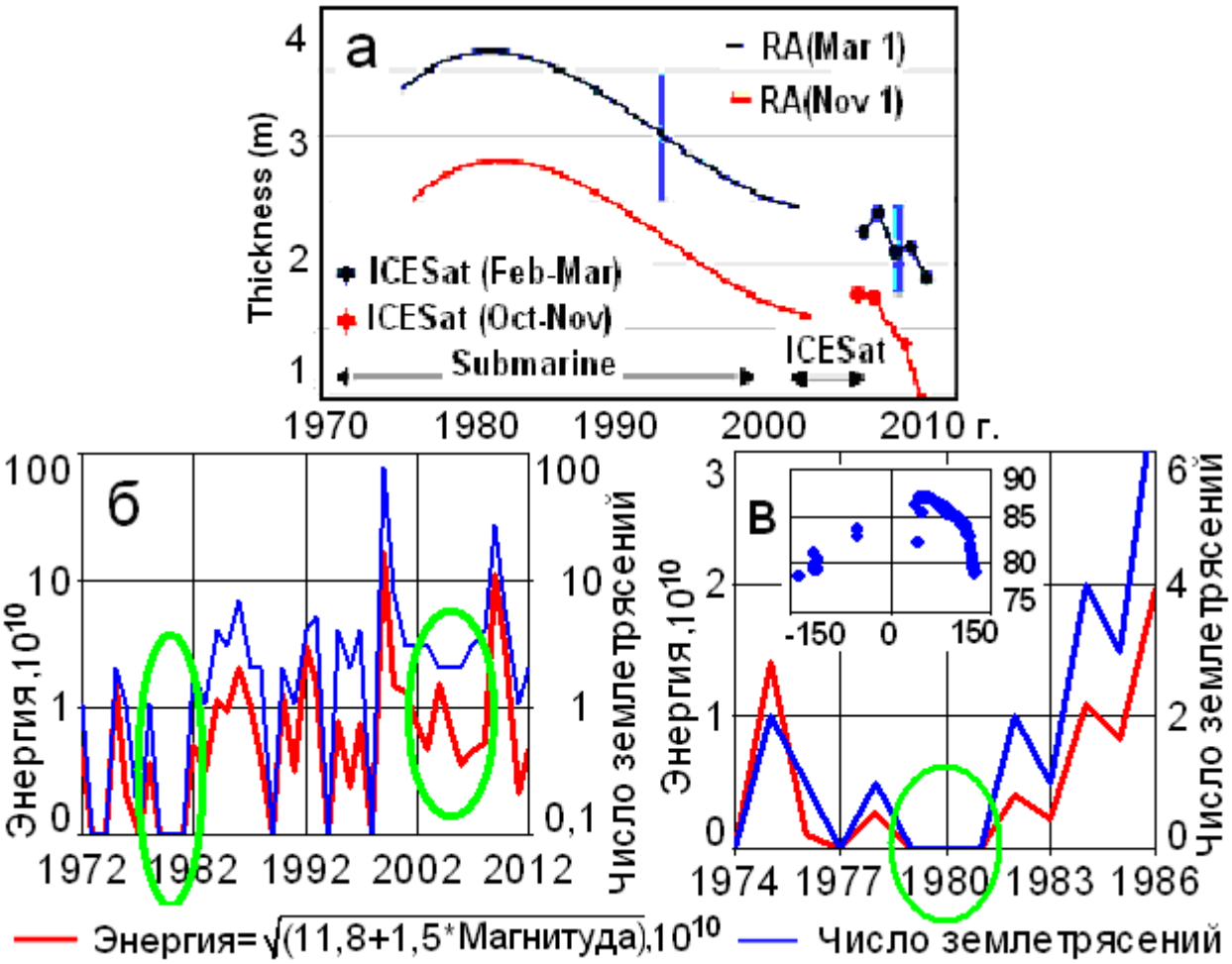

Рис.7. Толщина весеннего и осеннего льда (*а*). Энергия и число учтенных землетрясений с 1972 по 2012 гг. (*б*) и с 1974 по 1986 гг. На врезке эпицентры землетрясений за 1972-2012 гг. (*в*).

Сопоставление характеристик арктического льда с температурой воздуха

Не вызвано ли летнее распаление восточносибирских морей и утончение льда соответствующими изменениями температуры воздуха? Из сопоставления тренда площади и толщины арктического льда с температурой воздуха в целом в полярной атмосфере и отдельно на м. Барроу и в п. Тикси следует, что сокращение площади и толщины льда с 90-х годов XX века было на фоне потепления на 1÷2ºС (рис.8) [13,14,18]. Фрагментарные ледовые и тепловые аномалии не совпадали. Например, на рубеже 70÷80-х годов XX века не наблюдался понижающий тренд температуры, с чем можно было бы связать утолщение льда. Похолодание было позже в 1982-1987 гг. В 90-е годы XX века на берегах восточного сектора Арктики не

было тренда к потеплению, с которым можно было бы связать утончение и сокращение ледового покрова. Сейсмогенное уменьшение площади льда и его утончение к началу XXI века привело к тому, что ни локальное охлаждение (2009 г.) ни спад числа землетрясений (2011 г.) немедленно не возвращают лед в ситуацию 70-80-х годов.

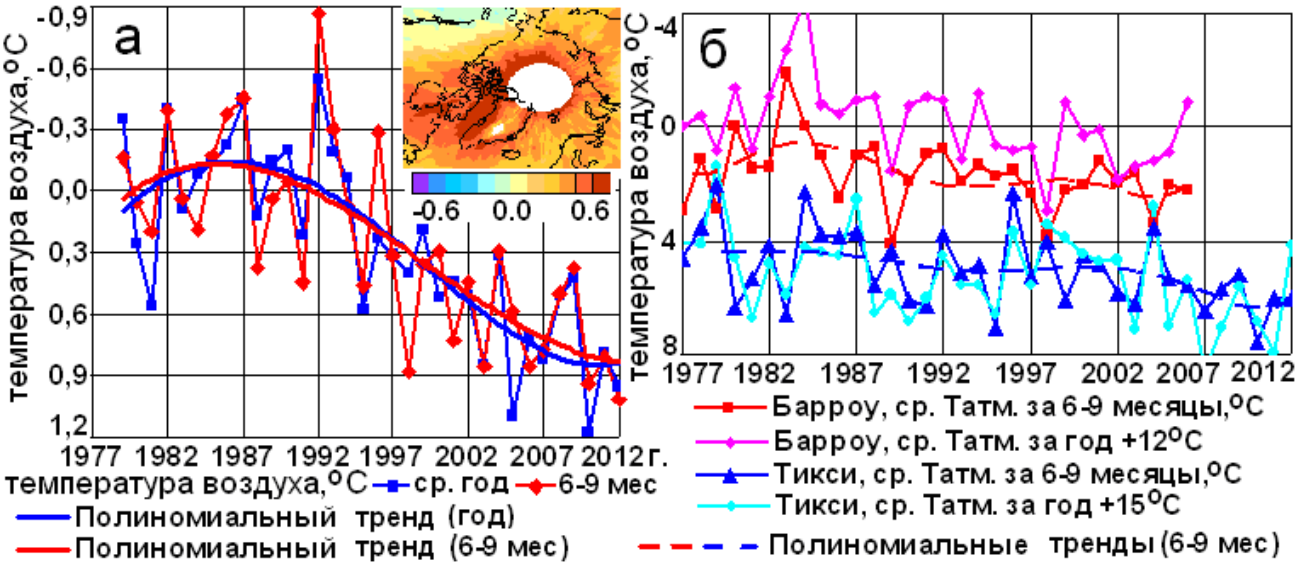

Рис.8. Аномалии температуры воздуха в нижней тропосфере в полярных широтах за год и за 6-9 месяцы. На врезке картированный тренд температуры (*а*). Средняя температура воздуха за год и за 6-9 мес. на м. Барроу и в п. Тикси (*б*).

Выводы

Современное масштабное утончение арктического льда и сокращение его площади в восточносибирских морях в основном обусловлено активизацией сейсмической деятельности в этом богатом метаном регионе. Энергия, выделяющаяся при бактериальном окислении метана, превращает монолитный лед в пористый с проталинами. Вследствие торошения такого льда на его поверхности оказываются серые продукты метанотрофии и детрит (поднятый пузырьками метана), что уменьшая величину альбедо, способствуют инсоляционному утончению льда, образованию разводий.

Ситуация с игнорированием бактериального окисления метана сложилась на начальном этапе развития отечественной гидрометеорологии, когда изучением скоплений метана

занимались исключительно морские геологи [4,9]. Средства дистанционного зондирования Земли были не развиты, землетрясения редки, системы сбора и распространения информации о них носили ведомственный характер. Вследствие этого и в настоящее время из-за отсутствия ссылок в нормативных документах на метанотрофное таяние льда, в заснеженном пузырьчатом льде «удобнее» все топить, чем кроме штатных наблюдений за температурой и толщиной льда наблюдать за прочностью льда, концентрацией метана и кислорода в среде.

Можно ли использовать метанотрофное таяние в хозяйственных целях? Для предотвращения заторов льда в илистых водоемах следует за декаду до ледохода под лед закачать атмосферный воздух (закрыв лунки снегом и льдом). В результате метанотрофии монолитный лед превратится в ослабленный, пористый.

Литература

1. Атлас биологического разнообразия морей и побережий Российской Арктики //М.:WWF, 2011. 64 с.

2. Валяев Б.М. ИПНГ РАН. Дегазация Земли и процессы в Биосфере. Доклад. На 6-ой Международной конференции ЕМММ-2011 19-22 сентября 2011. Москва //М.:PIN RAS, 2011. С.135-145.

3. Кондорская Н.В. и др. Ритмы по сейсмологическим данным. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Т3, Природные и социальные среды как части окружающей среды и как объекты воздействий // М.:«Янус-К», 2002. С.198-207.

4. Леин А.Ю., Иванов М.В. Биохимический цикл метана в океане //М:Наука, 2009. 576 с.

5. Люшвин П.В. Спектральные характеристики сейсмогенных облаков // Исследование Земли из Космоса. 2009. №2. С.19-27.

6. Люшвин П.В., Коршенко А.Н., Катунин Д.Н., Станичный С.В. Активная роль метана в распределении гидрохимических характеристик вод окраинных морей // Рыбное хозяйство. 2010. №4. С.57-60.

7. Люшвин П.В. Метанотрофное таяние льда // Электронное научное издание: Альманах Пространство и время Т.2. Вып.1. 2013. http://e-almanac.space-time.ru/assets/files/Tom%202%20Vip%201/rubr7-chelovek-i-sreda-obitaniya-statya3-lyushvinpv-2013.pdf.

8. Океанологические таблицы //Л.:Гидрометеоиздат, 1975. 477 с.

9. Океанология. Химия океана. Т.1 //М.:Наука, 1979. 518 с.

10. ftp://ftp.gsras.ru/pub/Regional_Catalogs/2007/yakutiya/cat0607.rtf

11. ftp://l4ftl01.larc.nasa.gov/TES/

12. ftp://sidads.colorado.edu/pub/DATASETS/seaice/

13. http://gaw.kishou.go.jp/

14. http://www.aari.ru/

15. http://www.natice.noaa.gov/

16. http://www.ncedc.org/anss/catalog-search.html

17. http://www.scanex.ru/

18. http://www.ssmi.com/

19. Special catalogue of earthquakes of the Northern Eurasia (secne). Ред. Н.В. Кондорская и В.И. Уломов. 1996.