

ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ НЕФТЕ- И ГАЗОПРОЯВЛЕНИЙ НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО КОСМИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

В.Г. Бондур, Т.В. Кузнецова

*Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга
«АЭРОКОСМОС», Москва, e-mail: office@aerocosmos.info*

ВВЕДЕНИЕ

Освоение топливно-энергетического потенциала шельфа России входит в число приоритетных задач по развитию и расширенному воспроизводству минерально-сырьевой базы страны. Геолого-геофизическая изученность Арктического шельфа России слабая, геологоразведочные работы велись здесь в 80 - 90-е годы прошлого столетия. Именно тогда были открыты крупнейшие газовые и газоконденсатные месторождения в Баренцевом море, нефтяные - в Печорском, Карском и Охотском морях [Дмитриевский, Белонин, 2004]. Поиск и разведка морских месторождений углеводородов (особенно в условиях Арктики) требуют значительных инвестиций. Решить эту задачу быстро при имеющихся финансовых ресурсах с помощью традиционной сейсмики, используемой для подготовки перспективных объектов для обнаружения месторождений нефти и газа, невозможно. Необходимы новые, инновационные технологии по выявлению месторождений углеводородов, которые должны прийти на помощь традиционным методам.

Развитие отечественных космических технологий выступает неотъемлемой частью курса на инновационное развитие, выбранного нашей страной. Данные съёмки Земли из космоса и специализированные продукты, полученные на её основе, находят всё более широкое использование для решения практических задач нефтегазового комплекса.

Применение космического мониторинга позволяет радикально уменьшить стоимость геологоразведочных работ, проводить комплексное исследование обширных территорий, которые часто бывает невозможно охватить традиционными методами геологоразведки.

Не менее важным обстоятельством является то, что данные методы являются высокоэкологичными. При их использовании не нарушается целостность и не происходит загрязнение окружающей природной среды исследуемых территорий, что особенно значимо в свете планирующегося масштабного освоения Арктического шельфа России,

где суровые климатические условия сочетаются с особой чувствительностью природных комплексов к внешним антропогенным воздействиям [Бондур, 2004; 2010].

ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Необходимость познания особенностей возникновения и проявления на морской поверхности нефтяных и газовых сипов (от англ. seep – просачиваться) затрагивает несколько актуальных в научном и практическом отношении проблем [Дмитриевский, Баланюк, 2009; Обжиров, 2006; Немировская, 2004; Шахова и др., 2009;].

Первая проблема касается вопросов поиска различных видов углеводородного сырья, включая традиционные месторождения нефти и газа, и залежи газогидратов.

Вторая проблема связана с промышленным освоением шельфа и эксплуатацией месторождений. Разжижение грунта, нестабильность газогидратных отложений являются сложнейшей инженерной задачей при строительстве нефтяных платформ и прокладке трубопроводов [Дмитриевский, Белонин, 2004].

Третья проблема касается вопросов глобальных климатических изменений и связана с разрушением газогидратов и выделением значительного количества метана, что способствует развитию «парникового эффекта» и, соответственно, изменению климата планеты.

Четвертая проблема изучения нефтепроявлений и газовых сипов заключается в том, что, помимо индикации залежей углеводородов, они являются источниками естественного загрязнения акваторий, которое необходимо знать и учитывать в частных и общих оценках экологического состояния морей.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСТОЧНИКИ ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Естественные нефте- и газопроявления пространственно и генетически связаны главным образом с грязевыми вулканами, залежами нефти и газа, газогидратами, а также скоплениями свободного газа в верхней части осадочного разреза [Дмитриевский, Баланюк, 2009; Обжиров, 2006; Гранин и др., 2010; Холодов, 2002; Шнюков и др., 1986; Wilson et al, 1974; Etiope, 2009] .

Выходы нефти и газа на поверхность воды условно можно разделить на 3 вида [Дегазация Земли..., 2010]:

- локальные (сосредоточенные) выходы (грязевые вулканы, грифоны, сальзы, сипы и др.);

- продолжительная разгрузка газа из газогидратоносных осадков;
- площадное поступление углеводородов и их фракций из нефтегазоносных структур через сеть разломов.

На рис. 1 приведено глобальное распространение нефтяных и газовых сипов (а) и схема распространения гидрата метана в различных акваториях (б).

ПРИЗНАКИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НЕФТЕ- И ГАЗОПРОЯВЛЕНИЙ НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Нефтепроявления, происходящие из естественных источников на дне, имеют ряд следующих характерных признаков, которые позволяют отличить их от антропогенных нефтяных загрязнений и других процессов на поверхности моря [MacDonald, 1998; Scantland, Biegert, 1996; Иванов, 2007]:

- 1) пленки имеют толщину 0.1-0.01 мкм;
- 2) цвет пятен от серебристо-серого до радужного;
- 3) нефтяные пятна очень часто имеют так называемую точку всплытия, или кляксообразное утолщение, где всплывшая нефть аккумулируется на поверхности;
- 4) постоянный источник на дне подпитывает пятна и способствует их росту во времени и пространстве;
- 5) только в редких случаях на дне имеются одиночные источники. Обычно источники располагаются группами, а более крупные из них осложнены второстепенными – грифонами, сальзами и т.п., – в результате чего на морской поверхности образуются хорошо выраженные кластеры или группы подобных по форме пятен;
- 6) как тонкие пленки, они достаточно хорошо отслеживают поле преобладающих течений;
- 7) формы и размеры пятен достаточно характерны: это длинные (иногда десятки километров) линейные образования, часто имеющие форму запятых, зигзагов или петель; только что всплывшая нефть имеет форму круглых пятен небольшой площади;
- 8) время существования на морской поверхности от 8 до 24 часов, в среднем 12 часов;
- 9) в связи с естественным происхождением эти пятна привязаны к известным районам нефтегазонакопления, или сосредоточения на дне грифонов, грязевых вулканов, сальз, сипов, которые источают нефть;

10) периодичность появления пятен нефти отражает чередование импульсов грязевого вулканизма с периодами спокойной разгрузки флюидов по проницаемым зонам разрывных нарушений.

На рис. 2 приведены примеры естественных нефтепроявлений на водной поверхности.

Характер газопроявлений на поверхности воды несколько отличается от нефтепроявлений [Огай и др., 2007; Шахова и др., 2009]:

1) образование на поверхности моря области скопления газовых пузырей различного диаметра;

2) при выбросе пузырьков газа, на поверхности воды образуется куполообразное возвышение, именуемое «фонтаном», или кипящий газом сводообразный водяной купол;

3) диаметр и высота «фонтана» зависят от того, под каким пластовым давлением и с какой глубины поступает газ;

4) в зоне фонтана наклон поверхности жидкости относительно среднего уровня моря может достигать $\sim 10^\circ$, при среднем уровне взволнованной морской поверхности, равном нулю;

5) в зимнее время газовые сипы проявляются на поверхности льда в виде пропарин, диаметром от полуметра до сотен метров;

6) огромные выбросы газа из-под газогидратных залежей могут образовывать в паковых и иных морских льдах крупные вздутия.

На рис. 3-5 приведены примеры проявления газовых сипов на водной поверхности.

МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ

Физическими причинами дистанционного обнаружения нефтяных и газовых сипов в морских акваториях являются изменения: спектрального состава участков морской поверхности за счет подавления высокочастотных гравитационно-капиллярных компонент поверхностного волнения; температуры среды; коэффициентов спектральной яркости; спектров флуоресценции; поляризации и диэлектрической проницаемости, которые могут регистрироваться радиолокационными, оптическими и тепловыми сенсорами, методами СВЧ-радиометрии и флуоресцентными лидарами [Бондур, 2001; 2004;2010; Бондур, Зубков, 2001].

Исходя из технических характеристик существующей дистанционной аппаратуры (пространственное разрешение, период обновления информации, ширина полосы обзора и др.), доступности, простоты обработки и интерпретации данных, а также высокой вероятности обнаружения и правильной идентификации объектов, радиолокационные и оптические датчики, установленные на аэрокосмических носителях, в настоящее время являются наиболее эффективными средствами при исследовании нефтяных газовых сипов на водной поверхности.

ПРИМЕРЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НЕФТЕ- И ГАЗОПРОЯВЛЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ АКВАТОРИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ

На рис. 6–11 (Приложение) приведены примеры обнаружения естественных нефте- и газопроявлений в различных акваториях с применением дистанционной радиолокационной и оптической аппаратуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как следует из приведенных примеров, с помощью методов дистанционного зондирования возможно надежное распознавание естественных нефте- и газопроявлений на водной поверхности.

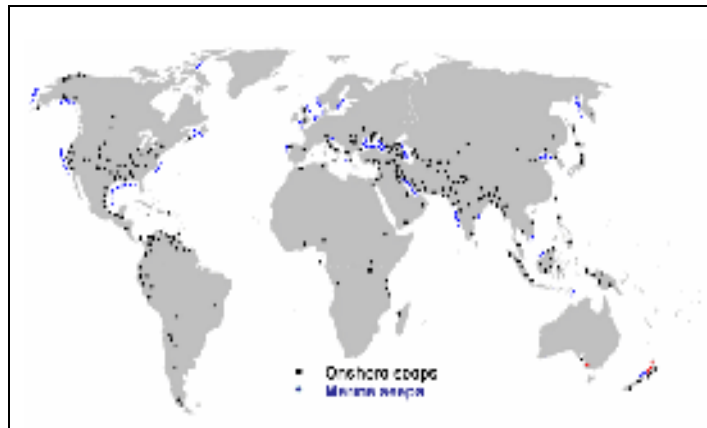
Однако, учитывая, что нефтяные и газовые сипы сохраняются на поверхности моря только в течение нескольких часов, достаточно быстро подвергаясь процессам испарения, диффузии, поглощения, рассеяния и эмульгации, их дальнейшее исследование целесообразно проводить в режиме мониторинга с использованием комплекса дистанционных методов.

ЛИТЕРАТУРА

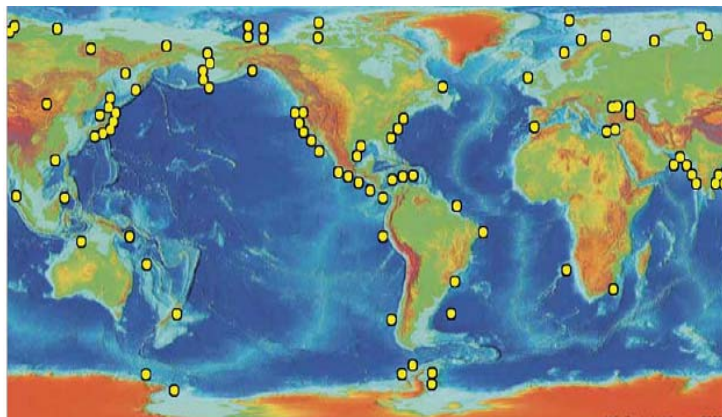
1. *Бондур В.Г.* Аэрокосмические методы в современной океанологии. // «Новые идеи в океанологии. М.: Наука, 2004. Т1: Физика. Химия. Биология. С. 55 – 117+8 стр. цв. вкл.
2. *Бондур В.Г.* Аэрокосмические методы и технологии мониторинга нефтегазоносных территорий и объектов нефтегазового комплекса // Исслед. Земли из космоса. 2010. № 6. С. 3-17+6 с. цв. вкл.
3. *Бондур В.Г.* Проблемы аэрокосмического мониторинга океана. // Исследования в области океанологии, физики атмосферы, географии, экологии, водных проблем и геокриологии. Сб. докл. М.: ГЕОС, 2001. С. 87-94.
4. *Бондур В.Г., Зубков Е.В.* Лидарные методы дистанционного зондирования загрязнений верхнего слоя океана // Оптика атмосферы и океана. 2001. Т. 14, № 2. С. 142-155.

5. *Гранин Н.Г., Макаров М.М., Кучер К.М., Гнатовский Р.Ю.* Метановые струи на озере Байкал // Природа. 2010. №3. С.29-41.
6. Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды и жизнь: Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения академика П.Н. Кропоткина. 18-22 октября 2010 г. / Отв. ред. ак. А.Н. Дмитриевский, д.г.-м.н. Б.М. Валяев. М.: ГЕОС, 2010. 712 с.
7. *Дмитриевский А.Н., Баланюк И.Е.* Газогидраты морей и океанов. М.: ООО «ИРЦ Газпром». 2009. 416 с.
8. *Дмитриевский А.Н., Белонин М.Д.* Перспективы освоения нефтегазовых ресурсов Российского шельфа // Природа. 2004. №9. С.3-10.
9. *Иванов А.Ю.* Стики и пленочные образования на космических радиолокационных изображениях // Исслед. Земли из космоса. 2007. №3. С. 73-96.
10. *Иванов А.И.* Нефть и нефтепроявления озера Байкал // Земля из космоса. 2011. Вып.8. С. 44-52.
11. *Немировская И.А.* Углеводороды в океане (снег – лед – вода – взвесь - донные осадки). М.: Научный мир. 2004. 328 с.
12. *Обжиров А.И.* История открытия газогидратов в Охотском море // Подводные исследования и робототехника. 2006. С.72-80.
13. *Огай Е.К., Уразаева С.Б., Петровский В.Б.* Новые перспективы и направления нефтегазопосковых работ с использованием современных технологий дистанционного зондирования Земли // Геология и охрана недр. 2007. №3. С. 82-89.
14. *Холодов В.Н.* О природе грязевых вулканов // Природа. №11. 2002. С. 47-58.
15. *Шахова Н.Е., Сергиенко В.И., Семилетов И.П.* Вклад Восточно-Сибирского шельфа в современный цикл метана // Вестн. РАН. 2009. Т. 79. №6. С.507-518.
16. *Шнюков Е.В., Ю.В.Соболевский Ю.В., Гнатенко Г.И.* Грязевые вулканы Керченско-Таманской области. Киев, 1986. 150 с.
17. *Etioppe G. A.* Global Dataset of Gas and Oil Seeps: a new Tool for Hydrocarbon Exploration // Oil and Gas Business. 2009.
18. *MacDonald I.R.* Natural oil spills // Scientific American. 1998. Vol. 279(5). P. 51-66.
19. *Scantland S., Biegert E.K.* Radar locates offshore oil slicks // Earth Observ. Mag. 1996. Vol 5. P. 30-32.
20. *Wilson R.D., Monaghan P.H., Osanik A. et al.* Natural marine oil seepage // Science. 1974. Vol. 184. P. 857-865.

ПРИЛОЖЕНИЕ



а)



б)

Рис.1. Глобальное распространение нефтяных и газовых скважин (а) и схема распространения гидрата метана в различных акваториях (б)

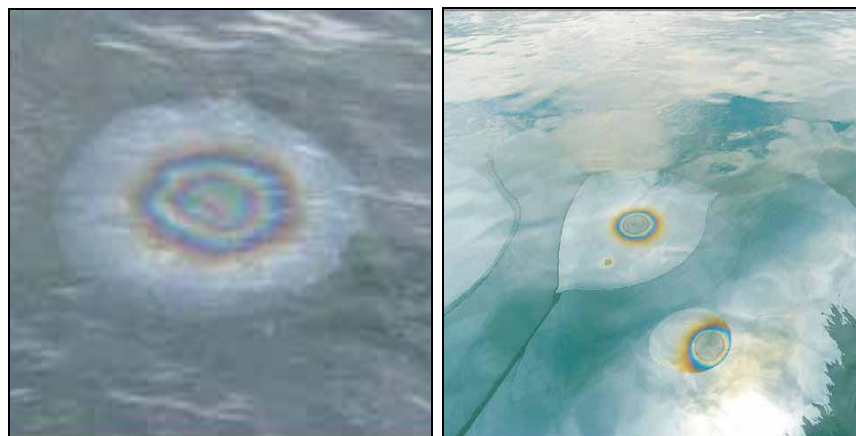


Рис.2. Характерные примеры естественных нефтепроявлений на морской поверхности



Рис. 3. Скопления газовых пузырей на морской поверхности



Рис. 4. Куполообразное возвышение при выбросе газа



Рис.5. Пропарина на поверхности льда



Рис.6. Естественные нефтепроявления в южной части Каспийского моря. Радиолокационное изображение со спутника Envisat, 05.05.2004. (© ESA)



Рис. 7. Естественные нефтепроявления на поверхности озера Байкал. Радиолокационное изображение со спутника ERS-2, 28.05.1998 [Иванов, 2011]

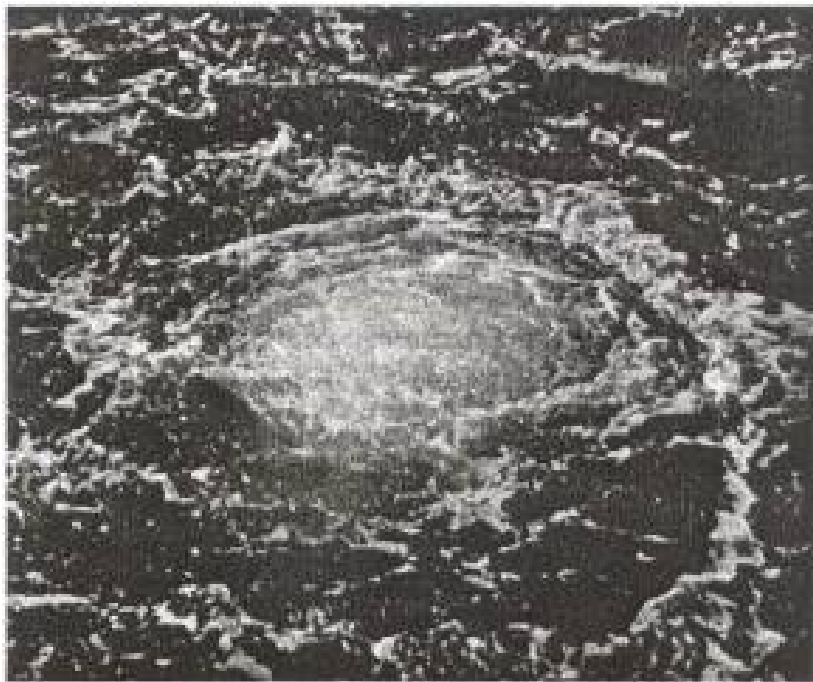


Рис.9. Пример газового сипа в акватории Каспийского моря (аэрофотосъемка)

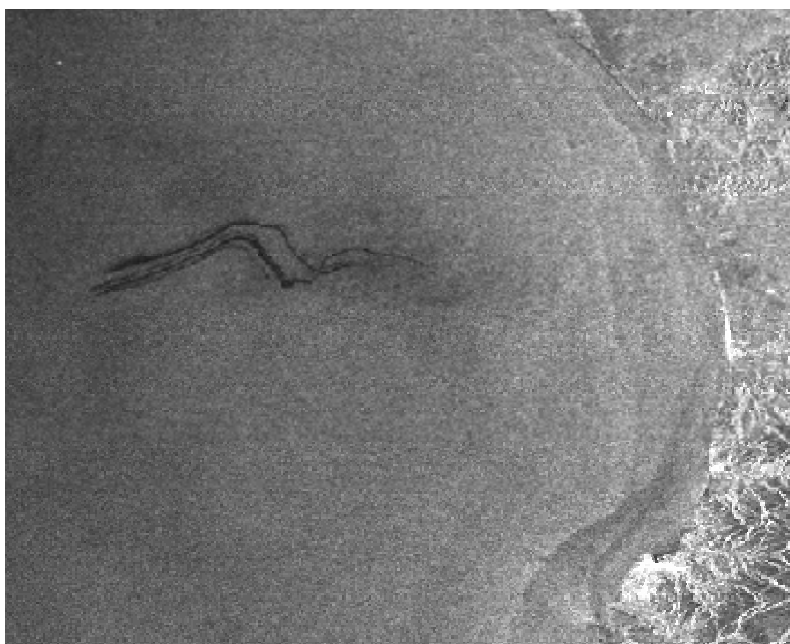


Рис.8. Фрагмент радиолокационного изображения с нефтяными пятнами естественного происхождения со спутника Envisat 6.05.2011 (© ESA)

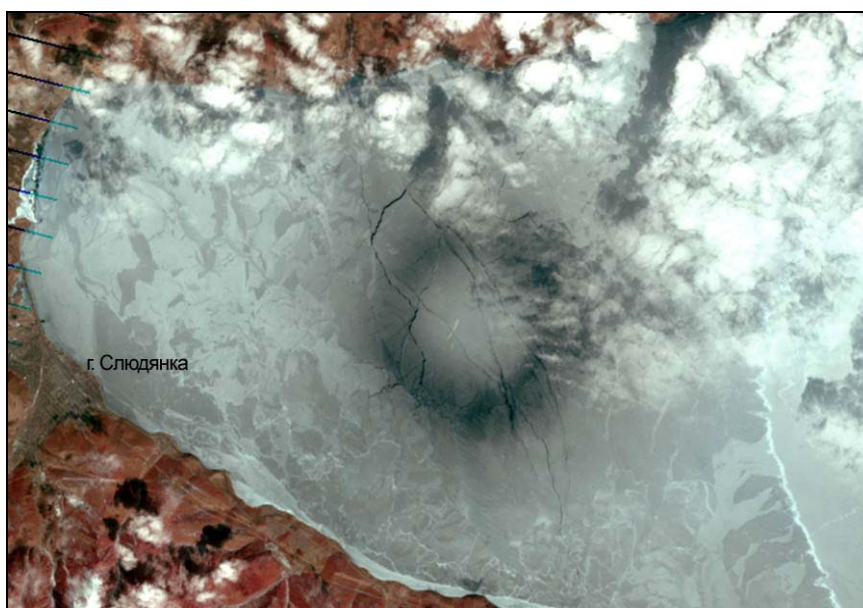


Рис. 10. Газопроявление на льду озера Байкал 24 апреля 2009 (спутник SPOT-2, сенсор HRV) (© ФГУНПП "Росгеолфонд")



Рис. 11. Естественные нефтепроявления в Мексиканском заливе. Спутник TERRA (Modis)