

# Как нам разведать российский Арктический шельф?



## How can we explore the Russian Arctic Shelf?

Дэвид Бэмфорд – david@windwardexploration.com

Западные нефтегазовые технические журналы, да и просто обычные газеты поют дифирамбы запасам углеводородов в Арктике, зачастую называя ее следующим глобальным передовым рубежом. Приводятся огромные цифры – Геологическая Служба США озвучила оценку запасов в целых 400 миллиардов баррелей в нефтяном эквиваленте, которые еще предстоит открыть, свыше 80% из которых, предположительно, приходится на морские месторождения.

Разумеется, континентальные разведочные работы в Арктике имеют богатую историю, в частности на Аляске и в Западной Сибири; периодически разведка также проводилась в Баренцевом и Чукотском морях, на юге Карского моря и в море Бофорта ([Рисунок 1](#)).

Тем не менее, значительная часть Арктики представлена крупнейшим на Земле Евразийским континентальным шельфом, большая часть которого

Western oil & gas technical journals as well as ordinary newspapers wax lyrical over the hydrocarbon resources of the Arctic, typically referring to it as the next global frontier. Huge resource estimates are bandied about – the USGS has suggested as much as 400 billion barrels oil equivalent remains to be discovered, with over 80% of that thought to lie in offshore fields.

Of course, onshore Arctic exploration has a significant history, notably in Alaska and West Siberia, and there has been intermittent exploration in the Barents, southern Kara, Chukchi and Beaufort Seas ([Figure 1](#)).

Nevertheless, a significant part of the Arctic is represented by the largest shelf on Earth, the Eurasian epicontinental shelf, of which the major portion, amounting to some 3.5 million sq kms, is located in the Russian Arctic. As a calibration, this is an area roughly equivalent to 700 offshore Angola deepwater blocks or 152,000 Gulf of Mexico deepwater blocks!

– около 3.5 миллиона кв. км., расположена в российской части Арктики. Для сравнения, эта площадь примерно равна 700 глубоководных морских блоков Анголы или 152000 глубоководных блоков Мексиканского залива!

Площадь, обозначенная на рисунке 1, по большому счету, исследована мало – в связи с суровыми погодными условиями, высокой стоимостью разведки и препятствующей логистикой.

Благодаря усилиям советских ученых и их последователей, нам известно, что восточная часть Баренцева моря, Карское, Чукотское и Восточно-Сибирское моря и море Лаптевых содержат свыше 40 осадочных бассейнов, и мы имеем неплохое представление об их стратиграфии, седиментологии и структурной геологии. Российская часть Баренцева моря и юг Карского моря представляют собой наиболее изученные нефтяные районы с большими доказанными запасами. Север Карского моря, напротив, практически неразведен, а для других районов есть лишь разрозненные сейсморазведочные данные.

В отчете Драчева, Малышева и Никишина (2010) представлен отличный обзор тектонической истории и нефтегазовой геологии российского арктического шельфа, но я не стану здесь его приводить.

Учитывая имеющиеся знания нефтегазовой геологии региона, давайте оставим вопросы политики в сторону и представим, что западные нефтяные компании будут участвовать в разведке российского арктического шельфа. В этом случае возникает вопрос – что они могут сделать, чтобы эта разведка происходила и эффективно, и результативно, в лучших интересах и держателей лицензий, и российского правительства?

Это вызывает три дополнительных вопроса:

- 1. Как правильно расставить приоритеты для более 40 осадочных бассейнов, упомянутых выше?**
- 2. Существует предвзятое мнение, что эти бассейны могут содержать преимущественно газ из-за происхождения органики в материнских породах. Можем ли мы узнать заранее, до бурения, которые из них “нефтяные”?**
- 3. Международные нефтяные компании привыкли, что разведочные работы – значит большие объемы 3D-сейсморазведки. Так, 40-50 тысяч кв. км. глубоких и сверхглубоких морских вод Анголы исследованы 3D методом, что называется, вдоль и поперек, что позволяет Total, BP и другим компаниям наслаждаться фактором успеха выше**



**Рисунок 1:** Северный Ледовитый океан покрывает площадь, в полтора раза превышающую площадь США. Сейсморазведочные судна, буровые установки и танкеры могут заходить в него через Берингов пролив между Аляской и Россией, пролив Дейвиса между Гренландией и Канадой, через Датский пролив и Норвежское море между Гренландией и Европой. Иллюстрация с сайта [www.geoexpro.com](http://www.geoexpro.com), Раздел 7, #6.

**Figure 1:** The Arctic Ocean covers an area about one and a half times the size of the United States. Seismic vessels, drilling rigs and tankers can access it via the Bering Strait between Alaska and Russia, the Davis Strait between Greenland and Canada, and the Denmark Strait and Norwegian Sea between Greenland and Europe. This image is taken from [www.geoexpro.com](http://www.geoexpro.com), Volume 7, #6.

The area – [Figure 1](#) – is, to a large extent, sparsely explored due to its harsh environment, high cost of operations and forbidding logistics.

From the efforts of Soviet scientists and their successors, we know that the Eastern Barents, Kara, Laptev, East Siberian and Chukchi Seas contain over 40 sedimentary basins, and we have a reasonable idea as to their stratigraphy, sedimentology and structural geology.

The Russian Barents and the southern Kara Seas represent the most explored petroleum provinces with large proven resources. In contrast, the North Kara is virtually unexplored, and there is only sparse seismic data over the other areas.

90% в блоках 15, 17, 18, 31 и 32.

Такая 3D-разведка обычно стоит около 3000 долларов за кв. км.

*Можно ли вообще представить разведку такого масштаба методом 3D в Арктике при такой стоимости?*

В этой статье, я хочу заострить внимание на последнем вопросе.

В целом, сейморазведка в Арктике связана с двумя проблемами – непосредственно сам лед и то короткое время, когда он открыт.

Две компании заявили, что они уже решают этот вопрос:

Компания **ION Geophysical** работала в Чукотском море и море Бофорта, разрабатывая методы работы на льду и подо льдом. Они сделали очень длинный смещенный сейсмический разрез подо льдом, таким образом создав необходимость в очень стабильной платформе для получения данных без каких-либо поверхностных характеристик, без поддержки для сейсмического источника или хвостового буя. Это, в сочетании с тем фактом, что ледокол буксирует сейсмоприемную косу, идя впереди сейморазведочного судна, расчищая для него путь, создает очень сложную картину шумов. Чтобы убрать этот шум, были использованы совершенно новые алгоритмы в системе обработки данных. Кроме того, в компании работают ученые, специализирующиеся на прогнозах ледовых условий Арктики и другие специалисты, разрабатывающие совершенное проектирование съемки для этих суровых условий.

Компания **Polarcus** сконцентрировала свои усилия на строительстве разведочных судов с возможностью работы во льдах Арктики, при этом удовлетворяющих очень строгим требованиям классификационной системы ICE, определяющей параметры корпуса судна, требования к его ходкости, факторы подготовки судна к эксплуатации в зимних условиях и т.д. Компания также уделяет огромное значение экологическим вопросам, таким как сокращению шума и минимизации выбросов жидких отходов. Компания запустит флотилию из шести таких усовершенствованных сейморазведочных судов.

Это, конечно, замечательные технологические решения, восхитительные инновации, но при всем желании в мире, я не могу представить, чтобы эти две организации запустили широкую кампанию по “разведке” 3D при стоимости в 3000 долларов за кв. км. – может быть, таких ресурсов нужно раз в пять-десять больше?

Drachev, Malyshev & Nikishin (2010) give an excellent overview of the Tectonic History and Petroleum Geology of the Russian Arctic Shelves, and I have no intention of repeating what they say here.

However, building on the current knowledge of the petroleum geology, let us put politics to one side for the moment and assume that western IOCs will participate in exploration of the Russian Arctic Shelves. The question then arises – how do they help such exploration to proceed both efficiently and effectively, in the best interest of both license holders and the Russian government?

Three sub-questions follow:

1. *How to prioritise the aforementioned 40 plus sedimentary basins?*
2. There is a prejudice that these basins may be dominated by gas due to the provenance of the organic material in the source rocks?  
*Can we figure out in advance of drilling which ones are ‘oily’?*
3. IOCs have got used to exploring with vast amounts of ‘exploration’ 3D seismic. For example, the 40-50,000 sq kms of deepwater and ultra-deep water Angola are covered ‘wall-to-wall’ with such 3D, enabling Total, BP and others to enjoy a success rate of >90% in Blocks 15, 17, 18, 31 and 32.  
This 3D typically costs around \$3000 per sq km.  
*Is it even remotely possible to envisage huge swathes of Arctic ‘exploration’ 3D at this price?*

In this article, I want to focus on the final point.

Broadly speaking, the Arctic presents two related problems to seismic acquisition – the ice itself and the limited time when the ice is open.

Two companies have stated that they are addressing this issue:

**ION Geophysical** have been working in the Beaufort and Chuckchi Seas, developing methods that work in and under the ice. They have shot very long offset seismic under the ice, this necessitating a very stable acquisition platform with no surface features, no gun floats or tail buoys. This, together with the fact that an ice breaker sails the line ahead of the seismic boat, clearing its path, sets up very complex noise patterns. To remove this noise, completely new algorithms have been built to be included in the processing system. In addition, within ION there are scientists who specialise in forecasting Arctic ice conditions, and also others who create ideal survey designs for these extreme conditions.

# МЫ ПРЕДСТАВЛЯЕМ ПЯТЬ НОВЫХ ПРОДУКТОВ, КОТОРЫЕ ОБЪЕДИНЯЕТ ЛИШЬ ОДНО: **НАШИ КЛИЕНТЫ!**

Производство сейсморазведочных работ с использованием беспроводных систем Hawk (наша новая автономная система бескабельной регистрации) и FireFly (беспроводная регистрирующая система).

Использование малогабаритной вибросейсмической установки UniVib для доступа на участки, которые ранее представлялись недоступными. Улучшенный дизайн повышенной жесткости датчиков VectorSeis в сочетании с новыми цифровыми возможностями системы ARIES II. Разработанное и усовершенствованное в соответствии с требованиями отрасли оборудование компании INOVA отличает особая прочность, надежность и мощная техническая поддержка, которые необходимы нашим заказчикам.

Более подробная информация о новинках компании в области наземной сейсморазведки содержится по адресу [inovageo.com/YOU-Driven](http://inovageo.com/YOU-Driven).

Вашему вниманию предлагаются технологии, ориентированные на потребности заказчика.



**FireFly®**  
Беспроводная система регистрации.



**Hawk™**  
Автономная система бескабельной регистрации.



**UniVib™**  
Малогабаритный вироисточник.



**VectorSeis®**  
Цифровые датчики.



**ARIES® II**  
Цифровые датчики RAM.

ПРИГЛАШАЕМ ПОСЕТИТЬ СТЕНДЫ КОМПАНИИ  
INOVA НА ВЫСТАВКАХ:

SEG 2011 - СТЕНД № 816 KIOGE 2011 - СТЕНД № 9 - 72, ПАВ. 9

Я хочу сказать, что эти условия меняют – в корне меняют – то, что было основой эффективных и результативных разведочных работ в море еще с середины 90-х годов и это заставляет меня задуматься, может ли вообще разведка арктических вод быть осуществлена за разумную стоимость? Если мы вернемся к сейсморазведке 2D-методом, тогда перед нами встает перспектива бурения скважин на сумму свыше 100 миллионов долларов при факторе риска один из четырех или даже больше – а это совсем не то, чего нам хотелось бы!

Какими данными и знаниями мы располагаем в настоящий момент? Для большинства бассейнов, есть неплохое понимание стратиграфии, седиментологии и структурной геологии; доступны данные по длинноволновой гравиразведке и магниторазведке; также есть некоторое количество данных 2D разведки МПВ и МОВ, при этом последние могут быть до определенной степени дополнены.

Возможно, следующим этапом геофизических исследований должен стать запуск обширной программы полнотензорной гравиметрии, опыт использования которой на суше, например, в Восточной Африке, показал себя надежным инструментом для определения значимых признаков перспективных структур (“концов”) в бассейне. Такие услуги предлагают компании ArkEx и Bell Geospace, среди прочих. В сочетании с существующими знаниями, этот подход может способствовать созданию реестра таких “концов” для каждого бассейна.

Следующим шагом в процессе разведки стал бы запуск точечной 3D разведки в местах наиболее интересных “концов”, чтобы перевести их в разряд перспективных территорий, используя как пример подход, предлагаемый компаниями ION Geophysical и/или Polarcus: уже за этим могло бы последовать бурение.

Надеюсь, все это звучит не слишком просто? Проект разведки арктических вод настолько широк и обстоятелен, что не под силу какой-либо одной компании и должен быть организован российским правительством до начала лицензирования.

### Ссылки

Драчев, Малышев и Никишин, 2010: История тектоники и нефтегазовая геология российских арктических шельфов: обзор в издании Petroleum Geology: от зрелых бассейнов к новым горизонтам, опубликовано Геологическим Обществом, Лондон.

**Polarcus** have focussed on building survey vessels with the capability to operate in Arctic sea ice, meeting extremely demanding ICE classification systems that specify hull construction, propulsion requirements, winterisation systems etc. Also they are paying great attention to environmental issues such as sound mitigation and mitigation of fluid emissions. The company will launch a fleet of six such advanced seismic vessels.

Now these are great technology ideas, great innovations, but with the best will in the world I cannot see either of these two companies shooting vast tranches of ‘exploration’ 3D at a cost of \$3000 per sq km – five or ten times that, perhaps?

My point is that this changes – displaces – what has been the basis for efficient and effective offshore exploration since the mid 1990’s and makes me wonder whether Arctic exploration can in fact be undertaken at reasonable cost? If we go back to exploring with 2D seismic, then we face drilling \$100m plus wells at a risk of 1 in 4 or worse – not what we want to do!

What data and knowledge do we have at the moment? For most of the basins, there is a reasonable understanding of stratigraphy, sedimentology and structural geology; long wavelength gravity and magnetic data is available; as is a certain amount of 2D refraction and reflection data, the latter of which can be supplemented to some extent.

Perhaps the next stage of geophysics should be to fly extensive Full Tensor Gravity (gravity gradiometry) surveys which experience onshore, for example in East Africa, has shown can be a reliable tool for defining significant leads in a basin. ArkEx and Bell Geospace offer this service, amongst others. Integrated with existing knowledge, this approach is capable of producing a basin-by-basin lead inventory.

The next step in the exploration process would then be to shoot ‘postage stamp’ 3Ds over the most interesting leads, to mature them into prospects, using for example the approaches advocated by ION Geophysical and/or Polarcus: drilling could then follow.

I hope I don’t make this sound too simple? This is an extensive and detailed project which is beyond any one company and needs to be commissioned by the Russian government prior to licensing rounds.

### Reference

Drachev, Malyshev & Nikishin, 2010 : Tectonic history and petroleum geology of the Russian Arctic Shelves: an overview, in Petroleum Geology: From Mature Basins to New Frontiers, published by the Geological Society, London.