

## **ПРОЯВЛЕНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ О-ВА ЗЕМЛЯ АЛЕКСАНДРЫ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА**

А.В. Николаев<sup>1</sup>, В.И. Французова<sup>2</sup>

1 – Институт проблем нефти и газа РАН, Москва

2 – Институт экологических проблем Севера РАН, Архангельск

e-mail: [nikavs1@gmail.com](mailto:nikavs1@gmail.com)

### **Введение**

С целью детального изучения структуры земной коры в районе архипелага Земля Франца-Иосифа (АЗФИ) проведено изучение земной коры методом пассивной сейсмической томографии ММЗ позволяющим эффективно исследовать структуру земной коры низкочастотными микросейсмами, 0.5–0.05 Гц. Особенностью метода по отношению к традиционным исследованиям методами отраженных и преломленных волн МОВ и КМПВ и их модификаций является возможность эффективного изучения сред, содержащих субвертикальные неоднородности скоростей сейсмических волн. Метод ММЗ показал свою эффективность при изучении строения земной коры в районах с различными геологическими условиями, на Кавказе, в Северном Казахстане, в Архангельской области. Существенным преимуществом ММЗ перед другими методами сейсмических исследований являются широкие разведочные возможности, простота и дешевизна проведения полевых работ [Горбатилов, 2006; Горбатилов, Цуканов, 2011].

### **Аппаратура и методика исследований ММЗ**

Использованы передвижные сейсмические станции CMG-6TD (24-разрядный АЦП, частотный диапазон канала – 0.03–100 Гц, чувствительность – 2500 В\*м/с, регистратор GSR-24 с датчиками CMG-40T и регистратором UGRA-54 с датчиками CM3-KB, в качестве опорной – сейсмостанция CMG-6TD с регистратором GSR-24 и датчиками CMG-40T [Данилов, Антоновская, Конечная, 2013].

На о-ве Земля Александры архипелага Земля Франца-Иосифа исследования микросейсм велись в течение 2011–2012 гг. Данные промеров микросейсм по профилю за 2012 г. и расположенному вкрест профилю 2011 г., представлены на рис. 1 (обозначены номерами 2 и 3). Длина профилей составляла соответственно 1180 и 900 м. Расстояние между пунктами измерения – 100–200 м. Время регистрации микросейсм в каждом пункте – 1.5–3 часа.

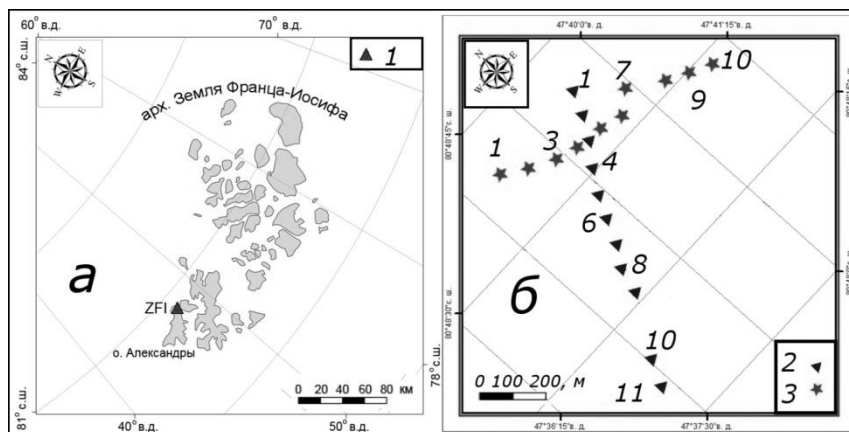


Рис. 1. Наблюдения ММЗ: **а** – архипелаг Земля Франца-Иосифа, треугольником обозначен район наблюдений ММЗ на о-ве Александры, **б** – мыс Нагурского о-ва Александры, где проводились экспедиционные работы 2011–2012 гг.; **2, 3** –соответственно номера профилей 2011 и 2012 гг.

Для уменьшения искажающего влияния, обусловленного случайным характером микросейсмического поля, проведено накопление сигнала и отбраковка записей, непригодных для обработки по спектральным характеристикам и волновым формам. В результате при правильной организации полевых работ и качественной отбраковки данных для анализа используются записи, представленные преимущественно волнами Релея.

### Тектоника архипелага Земли Франца-Иосифа

Земля Александры – один из островов архипелага Земля Франца-Иосифа, располагающийся на материковой отмели, является платформенной территорией с осадочным чехлом и платформенным типом тектоники. Геофизические сейсморазведочные и магнитометрические исследования проводились вблизи полярной станции на мысе Нагурского (см. рис. 1).

По существующим представлениям, деструктивные зоны в пределах Земли Франца-Иосифа, бассейнов Святой Анны, Северо-Баренцева, а также окружающих о-в Шпицберген с востока, юго-востока и юга рифтах и грабенах обусловлены всплывающим плюмом, приведшим к растрескиванию литосферы и образованию полосы структур растяжения, реанимированных в границах уже существовавших глубоких рифтовых прогибов. Активный базальтоидный магматизм продолжался на континентальных окраинах Арктики в интервалах от 110 до 100 млн лет [Зоненшайн и др.,1990; Верниковский и др., 2010].

По результатам исследований пяти островов: Земля Александры, Нортбрук, Гукера, Скотт-Келти и Хейса выявлено, что мезозойские магматические образования подразделяются на два комплекса: раннемезозойский (юрский) и позднемезозойский (раннемеловой), отличные по вещественному составу вулканитов [Карякин и др., 2009]. Раннемезозойский магматический комплекс представлен толеитовыми базальтами и долеритами о-ва Земля Александры, позднемезозойские вулканиты обнажены в северо-восточной его части, в основном, в районе мыса Нагурского, где формируют серию из двух-четырех маломощных (1.5–2 м) покровов базальтов с хорошо выраженной мелкостолбчатой отдельностью. Юго-западной границей распространения позднемезозойских вулканитов острова служит Нагурский разлом на о-ве Земля Александры.

Фундамент АЗФИ и Шпицбергена был подвергнут тектонотермальному метаморфизму 420 млн лет назад, что может быть связано с возникновением на Севере Свальбардской плиты девонского орогена, вероятно, в результате коллизии древнего континента Арктиды с Евро-Американской плитой или Аркт-Европейской плиты с Америкой (Лавразией) [Зоненшайн, Натапов, 1987; Зоненшайн, Кузьмин, Натапов, 1990].

На самом севере шельфа, в западной части архипелага Земля Франца-Иосифа выделяется зона высокоинтенсивных, магнитных аномалий северо-западного и северо-восточного простирания. Непосредственно на островах архипелага и в их окрестностях на шельфе наблюдаются локальные изометрические и узкие линейные аномалии, в большинстве своем связанные с телами долеритов и вулканических пород и только для восточной части архипелага ЗФИ характерны слабоинтенсивные, низкоградиентные магнитные аномалии, подобные аномалиям большей части Баренцевской области. На этом примере видно, что в магнитном поле отчетливо проявилась гетерогенность структуры окраинного плато Земля Франца-Иосифа. На западном побережье Баренцева моря, по данным норвежских исследователей, уверенно оконтуривается Шпицбергенско-Нордкапская аномальная область, где повсеместно картируются интенсивные локальные магнитные аномалии, обусловленные наличием интрузий дайкового типа, и площадные аномалии, подобные упомянутым аномалиям западной части ЗФИ. По всей видимости, они отражают активность самого молодого этапа магматизма, синхронного с образованием глубоководного Норвежско-Гренландского бассейна и вызванной этим деструкцией западной окраины Баренцево-Карской континентальной плиты.

Результаты обработки данных промера фоновых микросейсм методом ММЗ в пункте «Нагурская» о-ва Александры представлены на рис. 2(а, б) – геофизическом разрезе относительных интенсивностей фундаментальной моды волн Релея от эпицентрального расстояния и глубины.

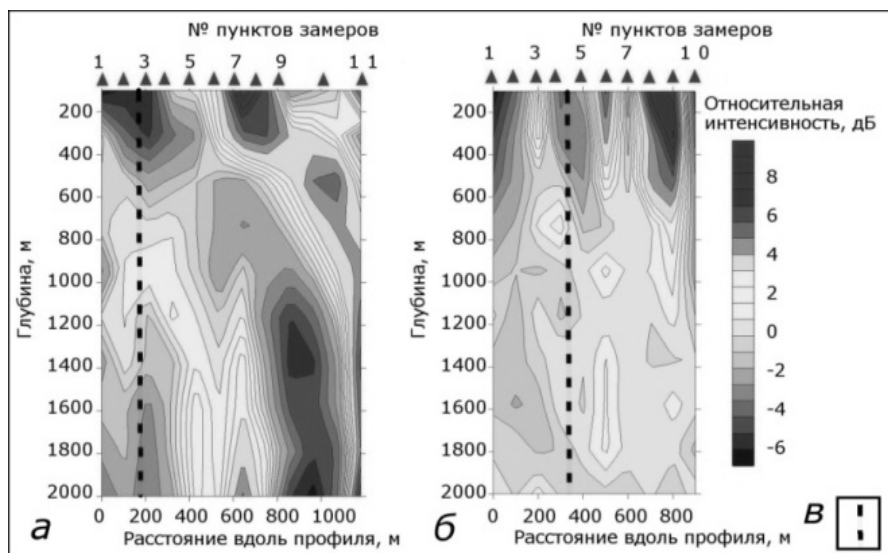


Рис. 2. Геофизический разрез ММЗ относительной интенсивности микросейсм вдоль профилей: *а* – первый профиль; *б* – второй профиль; *в* – линия пересечения профилей № 1, 2

На рис. 2 показаны разрезы ММЗ по профилям 1 и 2. Их анализ показывает, что осадочный чехол о-ва Земля Александры в районе мыса Нагурского гетерогенный, включает ряд нарушений разного генезиса.

На диаграмме профиля №1 в пределах расстояний от 500 до 1100 м видна скошенная и пронизывающая весь осадочный чехол (от поверхности до 2000 м), резко выраженная низкоскоростная зона, представляющая, по всей вероятности, либо разлом, либо нарушение. Это, предположительно, может быть подтверждено результатами бурения скважины «Нагурская», при котором было выявлен ряд преломляющих границ в осадочном чехле [Шкатов и др., 2001]. В частности, на глубинах 0.5–1.0 км (см. рис. 2, б) на разрезе отмечается резкий перепад скоростей продольных волн с 1.47 до 3.0 км/с. Это нарушение, видимо, связано с разломом, названным авторами «Нагурским», дешифрованного ими на космическом снимке острова, хорошо проявленным на поверхности зоной трещиноватости, шириной около 200 м [Карякин и др., 2009]. Разлом протягивается от бухты Отмелая в юго-восточном направлении через пограничную

заставу «Нагурское» на расстояние не менее 20 км, скрываясь под ледником Кропоткина на п-ове Полярных летчиков [Карякин и др., 2009].

Наличие близповерхностного высокоскоростного участка в северной части разреза, проявленного до глубины 600 м, отражает включение толеитовых базальтов раннемезозойского комплекса вулканических пород, которыми, согласно данным работы [Карякин и др., 2009], сформированы высокие точки рельефа острова. На разрезе ММЗ оно проявлено в месте пересечения профилей 1 и 2.

На профиле №1 обращает на себя внимание наклон выделенных структур к северу на глубинах до 1.0 км. На больших глубинах выделяемые зоны субвертикальные. В субширотном направлении наклонных структур не выделяется. Можно сделать вывод о субширотной направленности основных структур верхней части земной коры с наклоном к северу на глубинах до 1 км.

На диаграмме профиля №2 отмечаются близповерхностные перемежающиеся высоко и низкоскоростные зоны, что подтверждает процесс растрескивания земной коры в результате всплывания мантийного суперплюма. Здесь также присутствуют зоны, похожие на «ловушки» с накопленным материалом плотных пород в высокоскоростных и менее плотных пород – в низкоскоростных зонах.

В частности, наличие на картах профилей №1 и №2 протяженных низкоскоростных и высокоскоростных зон свидетельствует, что низкочастотные зоны представляют структуры растяжения. Таким образом, результаты использования метода ММЗ для просвечивания верхней части земной коры даже на очень коротких профилях на мысе Нагурского позволили получить представление о строении осадочного чехла о-ва Александры, подтверждаемое известными геолого-геофизическими данными.

### **Нефтегазоносность**

В триасовой части разреза архипелага Земля Франца-Иосифа предполагается обнаружение, в основном, структурных тектонически экранированных ловушек. В данной части разреза экранами могут служить как разрывные нарушения, так и интрузивные тела (дайки, штоки и силлы). Коллекторами в этой части разреза могут служить как песчано-алевритовые породы, так и туфогенно-вулканогенные породы, слагающие эти силлы, дайки и штоки. Тип коллектора, вероятнее всего, – порово-трещинный [Карякин и др., 2009].

По данным ранее проведенных исследований проб донных осадков из акваториального обрамления архипелага Земля Франца-Иосифа выявлены геохимические предпосылки для положительной оценки перспектив нефтегазоносности этого арктического региона [Шипилов и др., 2009].

По материалам пробуренных АМНГРЭ в 70-х гг. XX столетия на Земле Франца-Иосифа трех поисково-оценочных скважин глубиной от 3204 до 3256 м, вскрыт протерозойский складчатый фундамент на северной окраине шельфовой плиты [Шкатов и др., 2001]. По данным бурения и геофизических исследований установлено, что осадочный чехол представлен кварцитами, прорванными мезозойскими долеритами. Основная часть складывается терригенными породами верхнего триаса-верхней юры. В них в позднем триасе – поздней юре внедрились дайки и силы долеритов, штоки габбро и габбро-диоритов. Установлены также покровы базальтов [Мазарович, 2006].

На рис. 3, а показан рельеф поверхности докембрийского фундамента, стратоизогипсы, км.

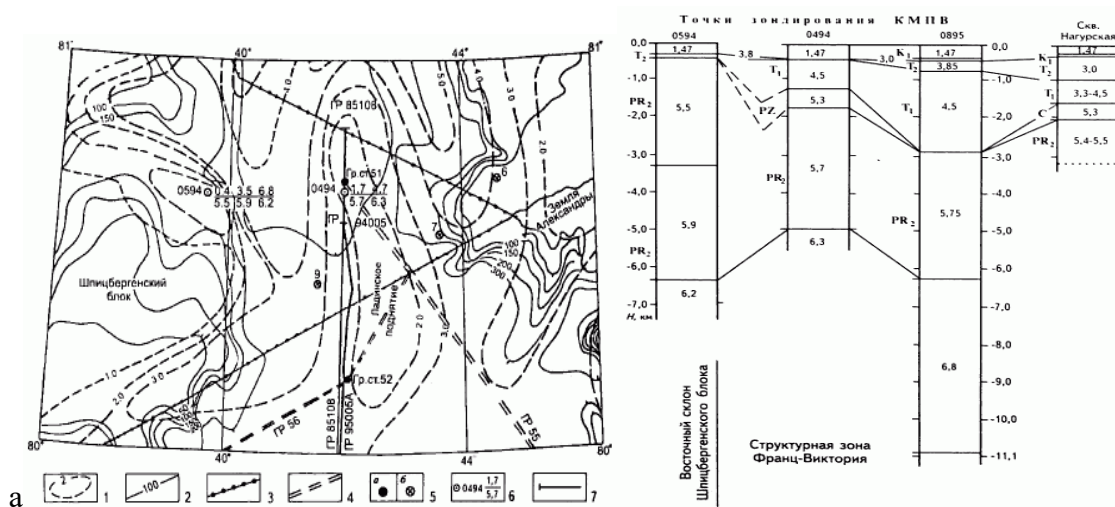


Рис. 3. Характеристики докембрийского фундамента: а – рельеф поверхности докембрийского фундамента, стратоизогипсы, км; б – эхолотный промер и сейсмостратиграфическая интерпретация скоростных колонок зондирования КМПВ

В процессе бурения трех параметрических скважин на архипелаге Земля Франца-Иосифа были получены газопроявления. При разгазировании бурового раствора в скважине «Нагурская» определен метан, этан и углекислый газ, а также гелий [Мазарович, 2006].

По данным бурения скважины «Нагурская» (см. рис. 3, б) был выявлен ряд преломляющих горизонтов в осадочном чехле: слой К1 на глубинах 0–0.5 км – скорость 1.47 км/с; слой Т2 – глубины 0.6–1.0 км, скорость 3.0 км/с; Т1 – глубины 1.1–5 км, скорость 3.3–3.5 км/с, С – глубины 1.6–2.2 км, скорость 5.3 км/с, PR<sub>2</sub> – глубины 2.3–2.9 км, скорость 5.4–5.5 км/с. По-видимому, в точке бурения этой скважины осадочный чехол имеет мощность более трех км, однако, согласно стратоизогипсе на рис.3, а, глубина залегания кровли кристаллического фундамента 2–3 км [Шкатов и др., 2001].

Низкоскоростные зоны в пределах осадочного слоя, скорее всего, являются отражением процесса битумонакопления, открытого во время экспедиционных работ в этом районе, обусловленным латеральной миграцией УВ-флюидов из более погруженных частей нефтегазовых бассейнов. Состав расплава битумоидов представлен преимущественно мальтами, либо близкими к ним по химическим характеристикам асфальтами [Клубов, Острой, 1995].

#### **Перспективы дальнейших поисков углеводородов и твердых ископаемых**

В соответствии с прогнозом нефтегазоносности, составленным до исследований ММЗ [Карякин и др., 2009], выявлена нефтегазоносная область (ПНГО) Земли Франца-Иосифа, Восточно-Баренцевская нефтегазоносная провинция (НГП) и Северо-Карская перспективная нефтегазоносная область (ПНГО).

Сводные прогнозные ресурсы составляют 175 млн т нефти; 371 млрд м<sup>3</sup> газа; 450 млн т бурого угля; более 30 млн т титана; 1679 тыс. т ванадия; 150 т германия; 19.5 тыс. т скандия; 153.9 тыс. т иттрия; 6.3 тыс. т тория; 56.5 млн т пентоксида фосфора. На изученной площади прогнозируются мелкие и средние месторождения перечисленных видов полезных ископаемых. Наиболее перспективны для поисков нефти и газа южная часть желоба Св. Анны и Северо-Карское поднятие.

#### **Заключение**

Проведенные исследования ММЗ на острове Земля Александры позволили существенно дополнить представления о геолого-тектонических условиях, выявить типовые геолого-геофизические черты зон нефтенакпления и лито-стратиграфические характеристики верхней части земной коры, сократить время и средства на проведение этой стадии прогноза нефтегазоносности. Принимая во внимание генетическую однородность всего архипелага Земли Франца-Иосифа, можно распространить

полученные результаты на всю территорию архипелага и рекомендовать ММЗ для продолжения исследований.

Авторы благодарны А.В. Горбатикову и К.Б. Данилову за творческое участие и помощь в работе.

*Статья написана в рамках выполнения государственного задания (тема «Энергетика, динамика и дегазация Земли, теоретические и экспериментальные основы инновационных сейсмоакустических технологий исследования геологической среды и контроля за объектами нефтегазодобычи», № АААА-А16-116021510125-7).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Верниковский В.А., Добрецов Н.Л., Каминский В.Д., Лобковский Л.И., Шипилов Э.В.* Геодинамика Центральной и Восточной Арктики // Материалы совместного заседания совета РАН по координации деятельности региональных отделений и региональных научных Центров РАН и научного совета РАН по изучению Арктики и Антарктики. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. С. 41–58.

*Горбатиков А.В.* Пат. RU № 2271554 С1. Способ сейсморазведки. № 2005108362/28; Заявл. 25.03.2005; Опубл. 10.03.2006 // Изобретения. Полезные модели. 2006, Бюл. № 7. – Режим доступа: <http://www1.fips>.

*Горбатиков А.В., Цуканов А.А.* Моделирование волн Рэлея вблизи рассеивающих скоростных неоднородностей. Исследование возможностей метода микросейсмического зондирования // Физика Земли. 2011. № 4. С. 96–112.

*Данилов А.В., Антоновская Г.Н., Конечная Я.В.* Особенности установки пунктов регистрации сейсмических событий в Арктическом регионе России 2013 // Сейсмические приборы. 2013. Т. 49. № 3. С. 5–24.

*Зоненшайн Л.П., Натанов Л.М.* Тектоническая история Арктики // Актуальные проблемы тектоники океанов и континентов. М.: Наука, 1987. С. 31–57.

*Зоненшайн Л.П., Кузьмин Л.П., Натанов Л.М.* Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990. Кн 1. 328 с.

*Карякин Ю.В., Ляпунов С.М., Симонов В.А., Скляр Е.В., Травин А.В., Шипилов Э.В.* Мезозойские магматические комплексы архипелага Земля Франца-Иосифа // Геология полярных областей Земли: Материалы XLII Тектонического совещ. 2009. Т. 1. С. 257–263.



*Клубов Б.А., Острой А.С.* О первых находках природных битумов на Земле Франца-Иосифа // Докл. РАН. 1995. Т. 342, № 6. С. 785–788.

*Мазарович А.О.* Строение дна Мирового океана и окраинных морей России. М.: Геос, 2006. 192 с.

*Шипилов Э.В., Карякин Ю.В., Матишов Г.Г.* Баренцевско-Амеразийский юрско-меловый суперплюм и инициальный этап геодинамической эволюции Арктического океана // Докл. РАН. 2009. Т. 426, № 3. С. 1–4.

*Шкатов Е.П., Старк А.Г., Безруков В.М., Винокуров И.Ю.* К вопросу о перспективах нефтегазоносности северных областей Баренцево-Карского шельфа (желоб Франц-Виктория) // Геология нефти и газа. 2001. № 4. С. 79–85.