

ТЕРМОБАРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАТАГЕНЕЗА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА АРХИПЕЛАГОВ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО РЕГИОНА

НИКИТИН Д.С.

ФГБУН Геологический институт РАН: ndsnomination@mail.ru

THERMOBARIC CONDITIONS OF CATAGENESIS OF ORGANIC MATTER IN THE BARENTS SEA ARCHIPELAGOS

Nikitin D.S.

RAS Geological Institute: ndsnomination@mail.ru

Keywords: bitumen,
catagenesis, temperature,
heat flow

Summary. The localization of natural bitumen (PB) finds in the archipelagos of the Western sector of the Russian Arctic is considered. The nature of their appearance in connection with the geothermal regime of the subsoil is discussed. Based on numerical modeling, temperatures and heat flow density in 2D geometry along seismogeological profiles and in 3D geometry for the isometric structure of the Franz Josef Land archipelago are calculated. It was concluded that all the noted manifestations of PB are genetically related to hydrothermal activity, the signs of which are adequately recorded in the geotemperature field.

© 2023 Earth Science Division, Azerbaijan National Academy of Sciences. All rights reserved.

Введение

Природные битумы залегают в недрах в твёрдом, вязком и вязко-пластичном состояниях. Они являются сложной смесью углеводородов, гетероатомных и высокомолекулярных соединений, содержащих кислород, серу, азот и металлы (Муслимов и др., 2012). С генетической точки зрения к природным битумам относят естественные производные нефти (мальты, асфальты, асфальтиты, кериты, гуминокериты, озокериты, антраксолиты и др.) и их аналоги (нафтоиды) (Богомолов и др., 1995).

В программе хозяйственного освоения арктических акваторий и архипелагов важнейшим направлением деятельности является энергетическое обеспечение региона. Сейчас мы говорим об обеспечении объектов геологоразведочных работ, метеостанций на островах, объектов военной инфраструктуры. Но по мере развития территорий на архипелагах должны появиться поселения геологов, метеорологов, рыбаков, пограничников, должны быть организованы склады, причалы и ремонтные базы. И все это требует устойчивой энергообеспеченности. Несомненно, что надо рассчитывать на местное, а не на привозное энергетическое сырьё, транспортировка которого делает нерентабельными все планы освоения территории.

В акватории Баренц-региона Западно-Арктической полярной зоны России открыты крупные месторождения углеводородов. В Баренцевом море крупнейшими являются газоконденсатные месторождения: Штокмановское и Ледовое; газовые: Северо-Кильдинское, Мурманское, Лудловское. В Печорском море – нефтегазоконденсатное Северо-Гуляевское и четыре нефтяных: Долгинское, Приразломное, Медыньское море и Варандей море. При освоении месторождений углеводородов перспективы энергетической стабильности архипелагов Земля Франца-Иосифа и Новая Земля, островов Колгуев и Вайгач становятся вполне реальными. Но существует еще более рентабельный путь получения топлива для островных котельных – это добыча битумов, которые в значительном количестве открыты на островах как в процессе бурения, так и за счет проявлений дегазации углеводородов.

Метод

Важной особенностью численного моделирования геотермического поля является переход к трехмерным моделям, которые априорно для арктических осадочных бассейнов, имеющих изометричное строение, являются наиболее приемлемыми. На основе таких моделей могут быть построены произвольно ориентированные плоскости-срезы, наилучшим образом подчеркивающие особенности температурного распределения. Фактически такая методика давно известна под термином “томография”.

Томографический метод в науках о Земле развивается в наше время не менее активно, чем в медицине, астрономии или технике. Термин “томография” стал применяться в геологической терминологии лишь 30-40 лет назад, хотя эта методика под названием “изучение глубинного строения Земли”, используется уже больше ста лет.

Преимущество томографической модели заключается в построении объемных, трехмерных изображений объектов, в возможности их рассмотреть «со всех сторон». Для томографии не имеет значения какая структура или какое геофизическое поле отображается, и это обусловило появление нескольких видов геофизической томографии: сейсмическая томография в различных вариантах обработки сейсмических волн, гравитационная, электромагнитная и т.д. Успехи применения сейсмотомографии (Dziewonski, 1984a; Dziewonski, 1984b), ярко продемонстрировавшей наличие глубинных неоднородностей, естественно, стимулировали разработку подобного подхода и для других полей (Тараканов, 1997; Спичак, 1999), в которых также можно видеть объемные неоднородные объекты или, как сейчас многие полагают, нелинейные геологические структуры (Пушаровский, 1993; Николаев, 1997; Хуторской и др., 2003), при этом необходимо нахождение глубинных температур и плотности теплового потока на различных глубинах в координатах XYZ. Для реальных геологических объектов подразумевается построение температурного распределения в зависимости от широты, долготы и глубины. Таким образом, трехмерная термотомографическая модель отличается от температурного разреза тем, что позволяет “заглянуть” за линию профиля, что особенно важно при работе с изометричными или мозаичными структурами. С помощью соответствующего программного обеспечения легко можно создать или карты-срезы температур (тепловых потоков) на определенных глубинах, или показать конфигурацию изотермических поверхностей, или построить геотермический профиль по любому сечению.

Практическое значение термотомографической методики заключается в нахождении температурных границ, контролирующих тот или иной процесс генерации или трансформации вещества. Например, для прогнозирования нефтегазоносности с помощью термотомографии оценивается глубина нахождения температурного интервала катагенеза ОБ.

Программное обеспечение и методика термотомографического моделирования подробно нами была описана во многих публикациях (Хуторской и др., 2013).

Обсуждение результатов

Профили, пересекающие острова арх. ЗФИ и прилегающую акваторию, построены по данным МОВ-ОГТ и опираются на результаты бурения трех глубоких скважин (Нагурская, Северная, Хейса) (рис. 1), по данным которых наблюдаются резкие изменения мощностей отложений и отсутствие на большей части архипелага отложений моложе триасовых. Разрез триасовых отложений насыщен интрузивными образованиями, которые отчетливо фиксируется как в разрезах скважин, так и на профилях МОВ-ОГТ. Ниже триаса, в разрезе Нагурской скважины, установлены раннепалеозойские и позднепротерозойские отложения, но в прогибах, там, где общие мощности увеличиваются до 6 км, предполагается развитие полных разрезов перми, карбона, девона и силура. В акваториальной части разрезов по данным МОВ-ОГТ предполагается также существование юрских и меловых отложений.



Рис. 1. Схема расположения профилей моделирования и распространения проявлений природных битумов на архипелаге Земли Франца-Иосифа

Результаты расчета современных температур и плотности теплового потока вдоль субширотного профиля V–V и меридионального профиля VI–VI показаны на рис. 2. Разрезы построены по данным геологических съемок и опираются на результаты бурения скважин Нагурская, Северная и Хейса.

Вариации теплового потока вдоль профилей связаны с его рефракцией в условиях структурно-теплофизических неоднородностей, обусловленных различной мощностью и теплопроводностью геологических комплексов.

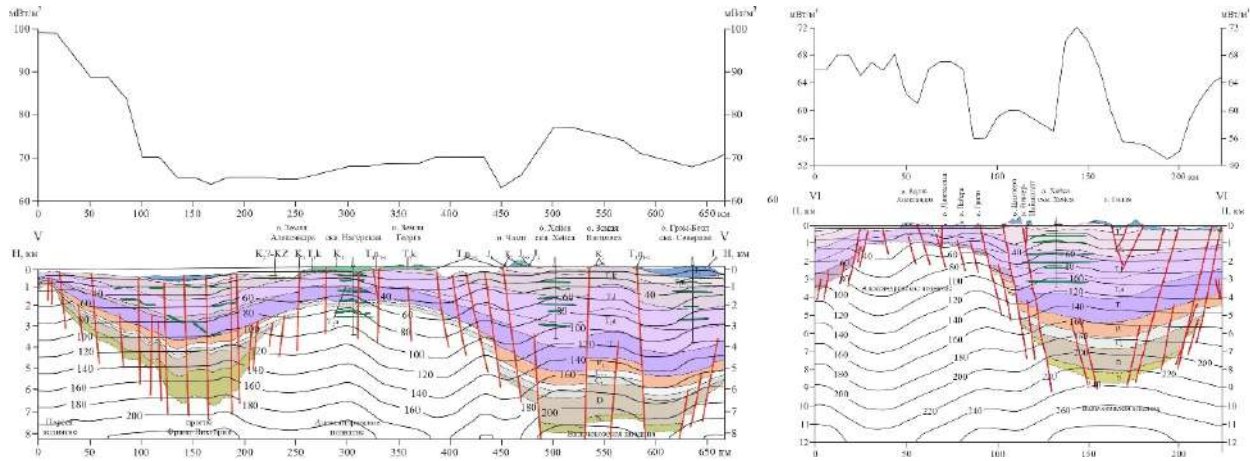


Рис. 2. Распределение температур (°C) и плотности теплового потока (мВт/м²) вдоль профилей V и VI на архипелаге ЗФИ (расположение профилей см. рис. 1).

Мы отмечаем существование интервала температур катагенеза ОВ в градации МК₁₋₃ на островах Хейса, Земля Вильчека и Грэм-Белл в отложениях триаса. Но на о. Земля Александры этот же интервал температур находится в отложениях фундамента позднепротерозойского–раннепалеозойского возраста, что является маловероятным признаком формирования на этом острове углеводородов, в том числе природных битумов (ПБ), имеющих гидротермальное происхождение. Таким образом, отсутствие находок ПБ на Земле Александры можно объяснить относительно низкими температурами в мезозойском осадочном чехле острова (менее 80°C), не способствующими процессу катагенеза.

После интерполяции получаем непрерывную картину распределения температур (рис. 3), которая наиболее адекватно отражает геотермическое поле в центре архипелага, т.е. там, где плотность пространственного расположения профилей наибольшая. В периферийных участках погрешность интерполяции увеличивается из-за разрежения исходных 2D-профилей.

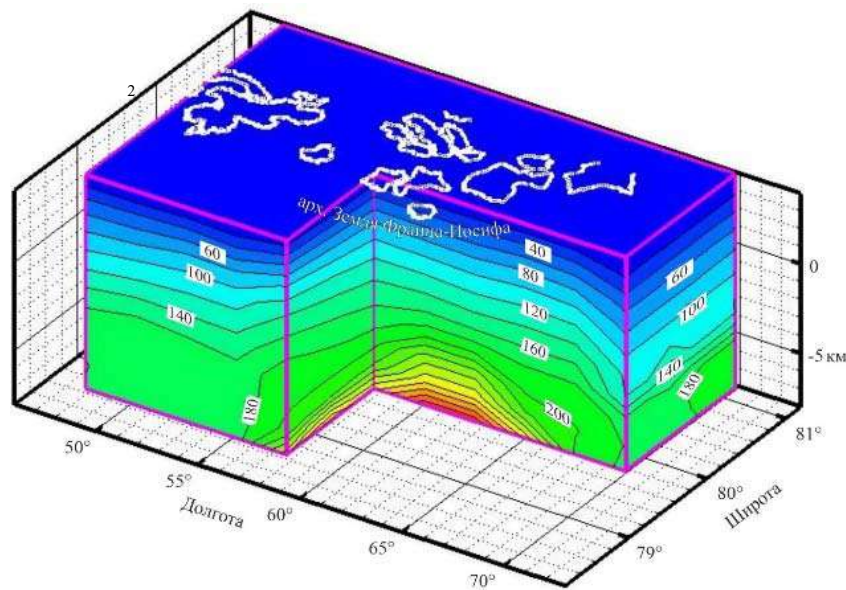


Рис. 3. 3D-модель температурного поля в районе ЗФИ

По расчетным данным отмечается уменьшение температуры в земной коре под ЗФИ в западном направлении. Так, температура на глубине 8 км под островами Грем-Белл и Земля Вильчека составляет 360°C, а под островами Земля Александры, Гукера и Земля Георга – 300°C. По-видимому, с этими особенностями температурного поля под архипелагом связано большее количество проявлений ПБ именно на островах восточной части ЗФИ.

Выводы

Многочисленные находки жидких, вязко-жидких и твердых ПБ на арктических архипелагах свидетельствуют об активном гидротермальном процессе, происходившем здесь в геологическом прошлом и, вероятно, продолжающимся в недавней геологической истории. По локализации находок ПБ можно проследить действие гидротерм, пронизывающих скопления углеводородов. Процесс гидротермальной разгрузки сопровождал, а порой и способствовал формированию структурно-геологических обстановок на островах архипелага.

Вместе с веществом гидротермы адвективно выносят большое количество энергии, повышая температуру окружающих пород и изменяя их геотермические характеристики по сравнению с фоновыми значениями. Тепловое поле при гидротермальной разгрузке приобретает большую энтальпию и нестационарный характер. Температура в недрах и плотность теплового потока изменяются в зависимости от тепло- и температуропроводности среды, так что фиксируемые величины геотермических параметров – это результат суперпозиции всех тепловых воздействий: как генерации тепла, так и его расхода на прогрев окружающей среды и на излучение в тропосферу. Это обуславливает важность проведения геотермических исследований в районах распространения продолжительного гидротермального процесса, в том числе там, где этот процесс маркируется вещественными признаками. Появление природных битумов, приуроченных к разломам и проницаемым зонам, один из таких признаков.

Проведенный расчет глубинных температур и теплового потока в геометрии 2D и 3D на арктических архипелагах продемонстрировал существование катагенетического интервала температур в осадочном чехле именно там, где фиксируются находки ПБ.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Госбюджетной темы Минобрнауки № 122012700311-2.

ЛИТЕРАТУРА

- Богомолов А.И., Гайле А.А., Громова В.В. и др. Химия нефти и газа. Учебное пособие для университетов. 3 изд-е, дополненное и исправленное. Химия, 1995, 356 с.
- Муслимов Р.Х., Романов Г.В. Каюкова Г.П., Юсупова Т.Н., Петров С.М. Перспективы тяжелых нефтей. ЭКО, No.1, с. 35-40.
- Николаев А.В. Проблемы геотомографии. Наука. Москва, 1997, с. 4-38.
- Пушаровский Ю.М. Нелинейная геодинамика. Кредо автора. Геотектоника, No.1, 1993, с. 3-6.
- Спичак В.В. Магнитотеллурические месторождения в трехмерной модели геоэлектрики. Научный мир. Москва, 1999, с.204.
- Тараканов Ю.А. Гравитационная томография. Проблемы геотомографии. Наука. Москва, 1997, с. 236-265.
- Хуторской М.Д., Подгорных Л.В., Грамберг И.С., Леонов Ю.Г. Термотомография Западно-Арктического бассейна. Геотектоника, No. 3, 2003, с. 79-96.
- Хуторской М.Д., Вискунова К.Т., Подгорных Л.В., Супруненко О.И., Ахмедзянов В.Р. Геотемпературная модель земной коры Баренцева моря: исследования вдоль геотраверсов. Геотектоника, No. 2, 2008, с. 36-54.
- Хуторской М.Д., Ахмедзянов В.Р., Ермаков А.В. и др. Геотермия арктических морей. ГЕОС. Москва, 2013, с. 232.
- Dziewonski A.M. Mapping the lower mantle: Determination of lateral heterogeneity in P-velocity up to degree and order 6. J. Geophys. Res. Vol. 89, 1984a, pp. 5929-5952.
- Dziewonski A.M., Anderson D.L. Seismic tomography of the Earth's interior. Amer. Sci. Vol. 72. No. 5, 1984b, pp. 483-494.

ТЕРМОБАРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАТАГЕНЕЗА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА АРХИПЕЛАГОВ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО РЕГИОНА

Никитин Д.С.

ФГБУН Геологический институт РАН: ndsnomination@mail.ru

Резюме. Рассмотрена локализация находок природных битумов (ПБ) на архипелагах Западного сектора Российской Арктики. Обсуждается природа их появления в связи с геотермическим режимом недр. На основе численного моделирования рассчитаны температуры и плотность теплового потока в геометрии 2D вдоль сейсмогеологических профилей и в геометрии 3D для изометричной структуры архипелага Земля Франца-Иосифа. Сделан вывод, что все отмеченные проявления ПБ генетически связаны с гидротермальной деятельностью, признаки которой адекватно фиксируются в геотемпературном поле.

Ключевые слова: битумы, катагенез, температура, тепловой поток