

ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ
ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ГУБЫ БУОР-ХАЯ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ МЕТОДА ПИРОЛИЗА
ROCK-EVAL

Оберемок И.А.

Научный руководитель доцент Гершелис Е.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В арктических и субарктических широтах в последние десятилетия фиксируются климатические изменения, последствия которых наиболее ярко проявляются на шельфе морей Восточной Арктики. Усиление деградации наземной и подводной мерзлоты сопровождается мобилизацией древнего органического углерода (ОУ) и изменением биогеохимических механизмов функционирования хрупкой арктической экосистемы, что, в свою очередь, приводит к экологическим последствиям планетарного масштаба – увеличению эмиссии парниковых газов в атмосферу и асидификации вод арктических морей [2, 3]. Для понимания и прогноза состояния и функционирования арктической системы необходимо комплексное и всестороннее изучение процессов, протекающих в настоящем, так и господствующих в относительно недавнем геологическом прошлом. В частности, исследование истории седиментации на мелководном арктическом шельфе является ключом к пониманию эволюции биогеохимического цикла углерода и его зависимости от происходящих климатических изменений.

Для четвертичного морфолиитогеоза восточно-арктического шельфа характерны флювиальные, флювиогляциальные и криогенные процессы, сформировавшие мощные аккумулятивные толщи и обширную криолитозону с огромной массой реакционно способного ОУ, которые также необходимо учитывать в прогнозных моделях цикла углерода [7].

Цель работы – анализ осадконакопления четвертичных отложений губы Буор-Хая, основанный на анализе ранее опубликованных данных о литологии с результатами пиролиза Rock-Eval.

В данной работе анализируются первые 7 метров керна скважины 1D-15, пробуренной вблизи о. Муостах (рис. 1) в ходе комплексной полярно-ледовой экспедиции на борту НИС «Академик Келдыш» в апреле 2015 года.

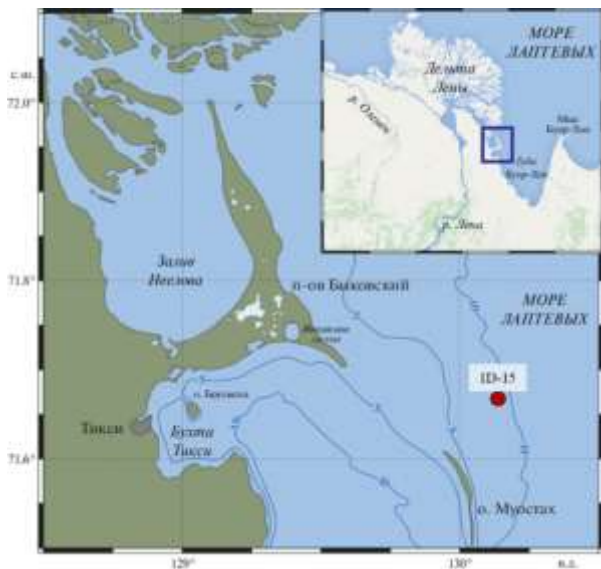


Рис. 1. Карта-схема расположения скважины 1D-15 [8 с изменениями]

Общая глубина скважины составляет 33,6 м; глубина воды в точке бурения – 9,5 м, толщина льда – 1,65 м. Все вскрытые отложения находились в немерзлом состоянии. Литологическое описание проводилось на месте отбора. После отбора керн был упакован в полиэтиленовую пленку и хранился при температуре –18° С. Перед непосредственной работой образцы размораживались при комнатной температуре в течение суток, затем были послойно разделены с интервалом 10±2 см, высушены и гомогенизированы в фарфоровой ступке.

Для геохимической характеристики ОУ был применен метод пиролиза Rock-Eval в режиме Reservoir, адаптированный под незрелые донные осадки (Пиролизатор «Rock-Eval 6 Turbo» компании VINCI Technologies). Температурная программа: старт нагрева образца – 180 °С, выдержка 10 мин, далее нагрев до 650 °С со скоростью 25 °С /мин.).

Процессы термоэрозии и термокарста, господствующие при трансгрессии моря, сформировали современный подводный рельеф в пределах губы Буор-Хая и Буковского полуострова [7, 8].

Остров Муостах представляет собой исчезающий останец термокарстовой котловины Ивашкинской лагуны и состоит преимущественно из отложений ледового комплекса позднплейстоценового возраста [1, 6]. Обильное распространение высокочленистых берегов ледового комплекса обуславливает значительный вклад термоабразии в поставку осадочного материала и трансформацию осадочных толщ.

По литологическому описанию, скважина 1D-15 вскрыла талую толщу песчаных отложений по большей части своей мощности. Верхний сегмент (до 2,5 м) представлен увлажненными илами и заиленными песками темно-серого цвета с редкими включениями фрагментов древесины и раковинами. Ниже (2,5-7,0 м) залегают супеси и суглинки темно-серые с неясной горизонтальной слоистостью ввиду таяния и изменения первоначальной структуры. Также на данном интервале встречаются отдельно оторфованные прослои бурого цвета (3,16-3,6 м). Редкие «пудинговые» включения гравийно-галечного материала приурочены к песчаным толщам и маркируют вклад ледовых потоков в осадконакопление [8]. В процессе работы над отложениями в верхней части разреза была зафиксирована зона сульфат-редукции по характерному запаху сероводорода, активной реакции серы с активированной элементарной медью в процессе горячей экстракции хлороформом и образованию кристаллов серы в полученном экстракте.

По гранулометрическому составу, выполненному учеными Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, в соответствии с международной двоичной логарифмической классификацией Шепарда: песок (>63 мкм),

алеврит (2-63 мкм), пелит (<2 мкм), для скважины 1D-15 преимущественно характерны алевритовая и песчаная фракции и их промежуточные состояния (рис. 2) [7]. Причем зафиксировано увеличение вклада песчаной фракции с увеличением глубины.

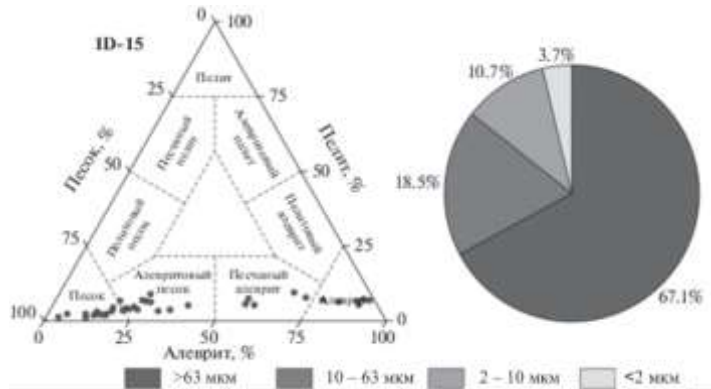


Рис. 2. Гранулометрический состав изученных отложений [7]

породы. До рубежа в 1,5 м зафиксированы повышенные значения S_2 , в среднем достигающие 1,51 мг/г породы. Индекс диагенетической преобразованности ($PI = S_1/(S_1+S_2) \cdot 100\%$) имеет значительный разбег для изучаемого профиля от 14,3% до 39,2%. Также наблюдается обратный тренд на уменьшение PI с увеличением глубины, подтверждая усиливающуюся степень диагенетической преобразованности ОВ с глубиной. Косвенно данный показатель может подтверждать отсутствие ресуспензии осадка в процессе седиментации и уплотнения. Значения параметра зрелости T_{max} ($T_{peakS2b} - 40$) однородны по всему разрезу (в среднем 423 °C), что характерно для современных незрелых осадков (<425°C) [4].

Содержание окисленного ОВ или геополимеров [5], обогащенных кислородом, существенно преобладает над долей S_1+S_2 и принимает значения от 1,86 до 4,46 мг/г породы. Содержание пиролизуемого ОВ (PCr) составляет не более 24% от вклада непиролизуемого остаточного ОВ (RCr), в среднем – 17%.

Водородный индекс (HI) для всех образцов ниже 100 мг/г и колеблется в диапазоне от 49 до 99 мг/г. Исключением является интервал 2,6-2,9 м и точки 4,5 м и 5,5 м, где HI достигает 123 мг/г. Такие низкие значения водородного индекса указывают на доминирование терригенного ОВ.

Кислородный индекс (OI) принимает значения от 158 до 381 мг/г. Причем резкий скачок параметра от 158 до 258 мг/г зафиксирован на глубине 1,6 м. Данное изменение может быть вызвано резким изменением условий осадконакопления и ростом вклада окисленного аллохтонного материала, поступающего с речным стоком или с продуктами разрушения берегового ледового комплекса. Изменение структуры осадочного материала подтверждается и увеличением размерности осадков.

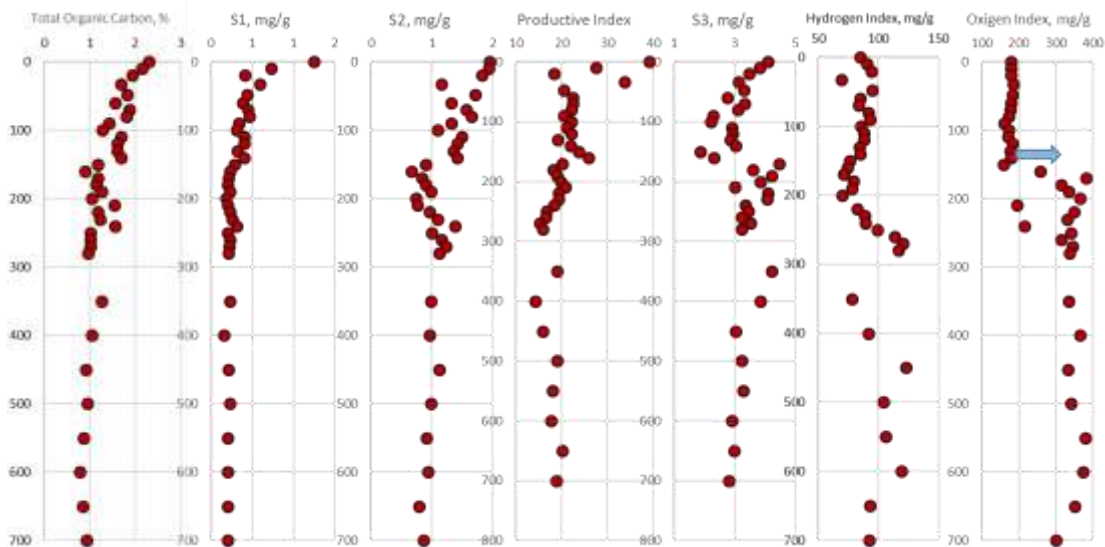


Рис. 3. Зависимость пиролитических параметров от глубины

Таким образом, выявлено, что низкое значение HI и высокое OI указывает на терригенный генезис ОВ, подтверждаемый также наличием в колонке керна многочисленных растительных и торфяных остатков. Резкие флуктуации пиролитических параметров указывают на неравномерное поступление ОУ с осадочным материалом и полигенетичность его источников.

Литература

1. Charkin A.N., Dudarev O.V., Semiletov I.P. et al. Seasonal and interannual variability of sedimentation and organic matter distribution in the Buor-Khaya Gulf: the primary recipient of input from Lena River and coastal erosion in the southeast Laptev Sea // Biogeosciences, 2011. – V. 8. – P. 2581–2594.
2. Schuur E.A.G., Bockheim J., Canadell J.G. et al. Vulnerability of Permafrost Carbon to Climate Change: Implications for the Global Carbon Cycle // BioScience, 2008. – V. 58(8). – P. 701–714.
3. Stein R., Macdonald R.W. Organic carbon budget: Arctic Ocean vs. Global Ocean // in: The organic carbon cycle in the Arctic Ocean. – Eds. R. Stein and R.W. Macdonald. – Berlin: Springer-Verlag, 2004. – P. 315–322.
4. Гершелис Е.В. Геохимические особенности органического вещества донных осадков в морях Восточной Арктики: диссертация ... к.г.-м.н.: 25.00.09. – Томск, 2018. – 143 с.
5. Меленевский В.Н. и др. Диагенез органического вещества торфа по данным пиролиза Рок Эвал // Геохимия, 2019. – Т. 64. – № 2. – С. 206 – 211.
6. Романовский Н.Н. Основы криогенеза литосферы. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 336 с.
7. Ульяновцев А.С. и др. Гранулометрическая характеристика донных отложений губы Буор-Хая // Океанология, 2020. – Т. 60. – № 3. – С. 452–465.
8. Ульяновцев А.С. и др. Литолого-геохимическая характеристика морфолитогенеза в губе Буор-Хая // Океанология, 2020. – Т. 60. – № 3. – С. 407–417.

**ВОЗМОЖНОСТИ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА СКАНИРОВАННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ КЕРНА
ТРЕЩИНОВАТО-КАВЕРНОЗНЫХ И ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ**

Павлович Ю.О.

Научный руководитель заведующий лабораторией Мурзин И.В.

АО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, Россия

На сегодняшний день легко извлекаемые запасы нефти стремительно иссякают, возникает необходимость разведки и разработки месторождений с трудно извлекаемыми запасами и сложно построенными залежами. Одной из перспективных тем в данном направлении является разработка месторождений, чьи запасы приурочены к карбонатным коллекторам трещинного, кавернозного типа.

Именно внедрение в производство современных технологий позволит решать актуальные задачи, стоящие перед поисками и разведкой месторождений. Одним из современных методов изучения сложно построенных коллекторов является анализ развернутого изображения керновой колонки и подсчет количественных характеристик пустотного пространства. Получать качественное развернутое изображение керновой колонки с высоким разрешением позволяет специализированная установка CoreScan 3.

Цель данной работы – расширение направлений профильных измерений керна, внедрение новых видов исследований для широкого круга Заказчиков.

Прежде всего, необходимо отметить, что данная работа основывается на результате исследований при помощи оборудования CoreScan 3 (рис. 1).



Рис. 1. Установка для кругового сканирования керна CoreScan 3 [1]

Рис. 2 Фотография развернутого изображения керна [1]

Данный прибор представляет собой конструкцию, состоящую из корпуса, в котором вращаются два продольных вала, зеркальной системы и подвижной высокоразрешающей камеры. Керна помещается на рабочую поверхность валов, вращается на 360° вокруг оси; камера, непрерывно снимая, делает развернутую фотографию по поверхности керна (рис. 2).

В процессе съемки также выполняется макроописание трещин, включающее следующие характеристики:

- описание цементации, вторичных изменений;
- характеристика стенок трещин;
- насыщения битумами, признаки нефти и газа;
- характер сцепления, раскрытость и т.д.