

Используются логические методы, на начальном этапе происходит подбор базовой формы для каждой фации осадконакопления, которая описывает ее геометрию. Например, вы можете моделировать каналы, которые выглядят извилистыми на виде карты и полуэллиптическими в поперечном сечении, или дельты, которые выглядят как треугольные клинья на виде карты. Разработчик модели должен указать пропорции форм в окончательной модели и выбрать параметры, описывающие формы. В некоторых алгоритмах есть правила, описывающие расположение геологических тел относительно друг друга. Например, могут ли объекты пересекаться друг с другом, как плетеные потоки, или присоединяться, как каналы.

1.4. Multiple Point Statistics Method (MPSM)

Является пиксельным методом, однако приближен к объектным. При реализации используется не полувариограммы, а обучающие изображения. В результате чего на выходе получается реалистичная модель осадконакопления. Учитывается корреляция между тремя или более местоположениями одновременно. Следовательно, теоретически данный подход может учитывать связь многих ячеек между собой и, таким образом, воспроизвести сложные криволинейные геологические структуры [2].

2. Объектно-ориентированные

Распределение фаций происходит в строго определенном геометрическом объеме. Данную группу алгоритмов рекомендуется использовать при моделировании отложений речных русел (как меандрирующих, так и спрямленных), эоловых дюн, фронтальных частей дельт, карбонатных платформ и т.д. [1].

Объектное моделирование решает относительно простую задачу – задачу категориальной интерполяции данных. При этом число используемых категорий обычно невелико. Типичной задачей объектного моделирования является расчет в пространстве возможной конфигурации песчаных тел – русел или каналов. Используя диалоговый интерфейс, геолог указывает основное направление русел, их ширину и толщину, период и амплитуду их синусоидальных искривлений. Все параметры характеризуются средними значениями и среднеквадратичными отклонениями. Вместо русел (или в дополнение к ним) могут быть описаны тела линзовидной или конусообразной формы. Программа последовательно генерирует и помещает в пространство множество (тысячи, миллионы) соответствующих объектов, но оставляет только те из них, которые согласуются со скважинными данными.

Таким образом, существует определенное количество методов, способных помочь при распределении петрофизических свойств в геологической модели. Каждый из них обладает рядом достоинств и полноценно проявляет их при верном соответствии модели и метода. Как следствие, задача модельера – понимать принцип действия данных алгоритмов и обоснованно применять тот или иной подход в интерполяции данных.

Литература

1. Белкина В.А., Бембель С.Р., Забоева А.А., Санькова Н.В. Основы геологического моделирования: учебное пособие. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – 162 с.
2. Kovalevsky E. Geological Modelling on the Base of Geostatistics // Course Note. – EAGE, 2011. – 122 p.
3. Zakrevsky, K.E., Geological 3D Modelling. – EAGE Publications, 2011. – 253 p.
4. Apart B.G. Sequential Simulation with Patterns, 2005. – 184 p.

ГЕОХИМИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА МОРЯ ЛАПТЕВЫХ: ДАННЫЕ ПО МЕТОДУ ROCK-EVAL И МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СОСТАВ

Полтавская Н.А., Гершелис Е.В., Гринько А.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Шельф морей Восточной Арктики, являющийся самым широким и мелководным шельфом Мирового океана, является уникальным регионом для исследователей в связи с усиливающейся деградацией наземной, прибрежной и подводной мерзлоты в условиях глобального потепления. Взаимодействие между климатом и глобальным углеродным циклом потенциально инициирует положительно обратную связь, с точки зрения выброса двуокиси углерода (CO₂) – основного парникового газа, по причине дестабилизации бассейна вечной мерзлоты. Все это провоцирует массовое оттаивание и высвобождение органического углерода, который был ранее законсервирован в многолетнемерзлых толщах. Вовлечение данного углерода в геохимический цикл запускает многие сложные биогеохимические механизмы, включая интенсивную мобилизацию в глубокие бассейны седиментации и увеличение поставок терригенного органического вещества (ОВ) из-за береговой эрозии и речного стока в прибрежный океан. Помимо этого, одним из важнейших экологических последствий экспорта органического углерода (ОУ) в систему суша-шельф являются асидификация вод, по причине окисления эрозионного органического углерода до CO₂, и, как следствие, к росту эмиссии парниковых газов [2]. Таким образом, для оценки влияния ОВ на глобальный углеродный цикл необходимо понимать источники, транспортировку и состав органического материала.

Восточно-Сибирский арктический шельф – уникальный регион для изучения динамики и судьбы терригенного ОУ. Данный регион получает значительный приток ОУ, как за счет увеличения стока великих российских рек (в частности р. Лена), дренирующих обширные сибирские районы вечной мерзлоты, так и за счет интенсивной прибрежной эрозии. По предварительным оценкам только с продуктами береговой эрозии в воды восточно-арктических морей поступает порядка 44 ± 10 Мт наземного ОУ [1]. Море Лаптевых относится к арктическим регионам с наиболее высокими темпами эрозии [1]. Основным источником растворенного ОВ для данного моря является река Лена. Ее дренированный водораздел почти полностью (90%) находится в зоне распространения многолетней вечной мерзлоты, занимающий около $2,46 \times 10^6$ км² [4].

СЕКЦИЯ 4. ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

В данной работе исследуются источники, распределение и состояние ОБ, накопленного в поверхностных отложениях юго-восточной части шельфа моря Лаптевых, район губы Буор-Хая. Наряду с традиционными молекулярными маркерами (n-алканы; n-алкановые кислоты), мы охарактеризовали осадки с помощью индикаторов Rock-Eval. Кроме того, мы приводим детальный гранулометрический состав отложений для характеристики гидродинамических режимов, действующих на шельфе. Исследование основано на изучении 15 проб осадочного материала, отобранного во время комплексных арктических морских экспедиций (73 рейс 2018 г., 78 рейс 2019 г.) на НИС «Академик Мстислав Келдыш».

Измерения размера зерен проводили с помощью лазерного анализатора размера частиц Shimadzu SALD-7101. Результаты пересчитывали по международной океанологической шкале градации осадочного материала на фракции глины (<2 мкм), мелкого ила (2-10 мкм), сортируемого ила (10-63 мкм) и песка (>63 мкм). В настоящей работе мы наблюдаем общее преобладание мелкозернистых (<63 мкм) поверхностных отложений, что можно объяснить стабильной подледной седиментационной средой.

На базе «Международной научно-образовательной лаборатории изучения углерода арктических морей» Томского политехнического университета мы применили метод пиролитического анализа на приборе Rock-Eval 6 Turbo с использованием специального аналитического режима, адаптированного для незрелого органического вещества с целью оценки структуры и состава растворимой и нерастворимой части ОБ. По результатам пиролитического анализа можно сказать, что концентрации Сорг (ТОС) снижались с увеличением расстояния от береговой линии. Общее содержание ТОС говорит о достаточно высокой степени преобладания ОБ и устойчиво коррелирует с ранее опубликованными данными [3, 5]. На протяжении всего разреза во всех образцах мы наблюдали повышенное значение кислородного индекса ОI (до 292 мг/г), что соответствует пику S3. Параметр может отражать экспорт уже окисленного ОБ с продуктами береговой эрозии и речным стоком по мере захоронения в осадках. Связь между НИ и ОI мы представили в виде диаграммы типа Ван Кревелена, широко используемой для различия источников органического вещества. Все нанесенные значения НИ и ОI попадают в ограниченную область, что указывает на относительно низкую долю углеводов и более высокое содержание кислородосодержащих соединений в ОБ поверхностных отложений исследуемого района. Это указывает на сходную природу ОБ для поверхностных отложений, как для типа II (планктонного) и типа III (гуминового) керогена в древних отложениях. Мы показали слабую положительную корреляцию между НИ, ОI и долей частиц глинистого размера (менее 2 мкм в диаметре) только для самого верхнего слоя осадка (0-2 см).

В рамках данной работы был также проведен хроматографо-масс-спектрометрический анализ (ХМС) на приборе Agilent 7890B (ХГ)–Agilent Q-TOF 7200 (МС) растворимой части ОБ донных осадков моря Лаптевых для определения элементного состава. Высокомолекулярные (НМВ; $\geq C_{21}$) n-алканы и n-алкановые кислоты получены из высших наземных растительных восков, производящих молекулярный сигнал наземного вклада, в то время как низкомолекулярные (ЛМВ; $\leq C_{19}$) липиды использовались в качестве индикаторов ОБ, полученного из водорослей. По результатам ХМС-анализа наблюдается разнообразное распределение n-алканов с ярко выраженным присутствием высокомолекулярных n-алканов. Вдоль исследуемого разреза прослежен сильный наземный сигнал отношения n-алканов НМВ к ЛМВ. Эти находки выявили доминирующий вклад наземного источника в осадочный ОБ не только вблизи устья реки Лены, но и в более глубокие бассейны.

Комплексное геохимическое исследование ОБ осадочного материала юго-восточной части шельфа моря Лаптевых было проведено с использованием как данных пиролиза Rock-Eval, так и традиционного молекулярного состава, в купе с гранулометрическими характеристиками, что способствовало пониманию биогеохимического режима Арктического региона.

Работа выполнена при поддержке грантов Российской Научного Фонда №19-77-00067 (анализ образцов).

Литература

1. Activation of old carbon by erosion of coastal and subsea permafrost in Arctic Siberia / J.E Vonk, L. Sanchez-Garca, B.E. Van Dongen et al // Nature, 2012. – № 489 (7414). – P. 137 – 140.
2. Acidification of East Siberian Arctic Shelf waters through addition of freshwater and terrestrial carbon / I. Semiletov, I. Pipko, Ö. Gustafsson et al // Nature Geosci, 2016. – №9. – P. 361 – 365.
3. Bröder L. Fate of terrigenous organic matter across the Laptev Sea from the mouth of the Lena River to the deep sea of the Arctic interior / L. Bröder, T. Tesi, J.A. Salvadó et al // Biogeosciences, 2016. – V. 13. – P. 5003 – 5019. doi: 10.5194/bg-13-5003-2016.
4. Seasonal and Annual Fluxes of Nutrients and Organic Matter from Large Rivers to the Arctic Ocean and Surrounding Seas / R.M. Holmes, J.W. McClelland, B.J. Peterson et al // Estuaries Coasts, 2012. – № 35 (2). – P. 369 – 382.
5. Vetrov A.A., Romankevich E.A., Belyaev N.A. Chlorophyll, primary production, fluxes, and balance of organic carbon in the Laptev Sea // Geokhimiya, 2008. – № 10. – P. 1122 – 1130.