

## Литература

1. Григорьев М.А. Геологические условия проводки скважин, бурящихся на чокракские отложения в пределах северного борта Западно-Кубанского прогиба // Геология, география и глобальная энергия: научно-технический журнал. – Астрахань: Изд-во «Астраханский университет», 2011. – № 3 (43). – С. 44 – 47.
2. Григорьев М.А., Ширяева И.В. Условия формирования пластовой энергии в чокракских отложениях западной части северного борта Западно-Кубанского прогиба // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа: материалы II Всероссийской научно-технической конференции Академии наук ЧР. – Грозный: Изд-во КНИИ РАН, 2012. – С. 302 – 307.
3. Григорьев М.А., Ширяева И.В. Флюидодинамические условия и фазовое состояние залежей УВ в чокракских отложениях западной части северного борта Западно-Кубанского прогиба // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества (ЧЭС): научно-образовательный и прикладной журнал. – Краснодар: Изд-во КубГУ, 2012. – № 4. – С. 56 – 62.
4. Григорьев М.А., Ширяева И.В., Григорьев А.М. Количественная оценка и геологические факторы флюидодинамической напряженности глубоководных резервуаров // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества (ЧЭС): научно-образовательный и прикладной журнал. – Краснодар: Изд-во КубГУ, 2013. – №4. – Т.1. – С. 47 – 53.
5. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности. – М.: НПО ОБТ, 2003. – 299 с.

**МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ**

**А.А. Гринько, Е.В. Панова, А.С. Рубан, С.С. Новиков**

Научные руководители профессор И.В. Гончаров, профессор Н.Е. Шахова

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Происходящие в настоящее время климатические изменения наиболее интенсивно проявляются в Арктике. Распространенные здесь многолетнемерзлые породы представляют собой огромный резервуар законсервированного реликтового органического вещества (ОВ). В последнее время возрастающий интерес вызывает подводная мерзлота, пул ОВ в которой значительно превосходит пул ОВ в наземной мерзлоте [5]. Разрушение берегового ледового комплекса сопровождается вовлечением ОВ в современный биогеохимический цикл и играет важную роль в экспорте наземного ОВ в моря Восточной Арктики (МВА) [2, 10]. Продукты деградации этого ОВ, наряду с продуктами деградации морского и речного ОВ, дают основной вклад в эмиссию CO<sub>2</sub> [2]. Основным источником метана в МВА являются донные осадки, причем скорости эмиссии метана (CH<sub>4</sub>) определяются степенью деградации подводной мерзлоты и вовлечением глубинных источников ОВ, включая гидраты и свободный газ [6, 7]. Информацию о природе ОВ можно получить только на основе его молекулярного состава. Однако вопрос этот применительно к донным отложениям моря Лаптевых до сих пор остается малоизученным. Проведенный анализ компонентного состава позволяет идентифицировать комплекс биомаркеров – сложных молекулярных «отпечатков пальцев» исходного органического вещества.

Данная работа направлена на выявление специфических биомаркеров ОВ в районах МВА, характеризующихся массивным выбросом метана и подтвержденных влиянию береговой эрозии, и за их пределами – фоновые районы. Пробы современных донных осадков, положенных в основу данных исследований, были отобраны в северной части моря Лаптевых в рамках морской научно-исследовательской экспедиции в 2011 г. (научно-исследовательское судно «Академик М.А. Лаврентьев»). В образцах донных осадков определяли содержание общего органического углерода и содержание легколетучих органических соединений на пиролизаторе «Rock-Eval 6 Turbo» фирмы VINCI Technologies. Экстрагирование проводили хлороформом в аппарате Сокслета в течение 12 ч. Полученные экстракты исследовали методом хромато-масс-спектрометрии на приборе SCIION 436 GC TQ фирмы «Bruker». Идентификация компонентов осуществлялась по масс-спектрометрическим библиотекам NIST 14, а также по детальному изучению масс-спектра осколочных и молекулярных ионов с использованием справочной литературы по масс-спектрометрии [3]. Относительные концентрации компонентов определяли методом внутренней нормализации.

По геохимическому составу поверхностные пробы характеризуются в целом невысокими содержаниями ТОС (total organic carbon), превышавшими 1% лишь в 2 образцах.

Основную долю в экстрактах составляют насыщенные алканы. Кроме них обнаружены сера, кислоты, ненасыщенные и ароматические соединения

Максимальное содержание серы наблюдается в западной части полигона, где значения меняются в диапазоне 24,5-38,8 % отн. Повышенные значения указывают на формирование осадков в более восстановительной обстановке седиментогенеза [3]. Восточная часть территории характеризуется относительно низкими значениями серы.

Также стоит отметить, что среднее отношение Pr/Ph для западной области ниже, чем для восточной (2,41 против 2,91).

Сквален является промежуточным изопреноидным соединением в биосинтезе стероидов из уксусной кислоты, характерным для всех форм жизни [3]. Повышенное его содержание (до 30,69) также характерно в большей степени для западной части. Восточная часть отмечается либо минимальными значениями (0-10,68), либо полным отсутствием в пробах.

В ароматической фракции УВ обнаружены бифенил, фенантрен и пирен, не являющиеся типичными продуктами донных отложений. С другой стороны, совсем не обязательно они должны быть продуктами техногенного загрязнения. Они вполне могут иметь природный генезис.

Следует отметить, что повышенные концентрации указанных полициклических ароматических углеводородов отмечаются в восточной части исследуемого региона.

Также была проведена оценка доли «нефтяных» углеводородов в общем количестве. Она определялась как отношение суммы площадей пиков n-алканов по четной огибающей к сумме площадей высокомолекулярных нечетных n-алканов – маркеров высшей наземной растительности (A/B) [3]. В распределении не прослеживается четкой приуроченности, однако повышенные концентрации также можно отметить преимущественно в восточной части территории.

Особый интерес представляет 22(29)-Гопен ( $C_{30}H_{50}$ ) или A'-Неогаммацер-22(29)-ен, идентифицированный с вероятностью более 80%. Гаммацерен представляет собой ненасыщенный терпеноид, образование которого происходит только в сверхсолёной, часто эвапоритовой обстановке осадконакопления [8]. Такие обстановки в этом регионе существовали в кембрии и девоне [1]. Повышенные концентрации данной молекулярной характеристики в целом соотносятся с областью распространения «газовых факелов» – с очевидным преобладанием в западной части.

Таким образом, распределение молекулярного состава донных отложений позволяет отметить некоторые характерные геохимические особенности в западной и восточной частях исследуемого района. Повышенные концентрации полициклических ароматических соединений фиксируются преимущественно в восточной части, то же можно сказать и о доле «нефтяных» (A/B) углеводородов. Наиболее вероятной причиной их появления является размыв пород, слагающих береговую линию континента и близко расположенных островов. Там часто наблюдаются выходы древних пород с многочисленными следами нефтенасыщения. Западная область характеризуется в большей степени восстановительной обстановкой по сравнению с восточной, на что указывает относительно более высокие концентрации серы, сквалена и гаммацерена. Следует также отметить приуроченность повышенных содержаний гаммацерена к зонам «газовых факелов» – полей интенсивных выбросов метана (рис.) [4].

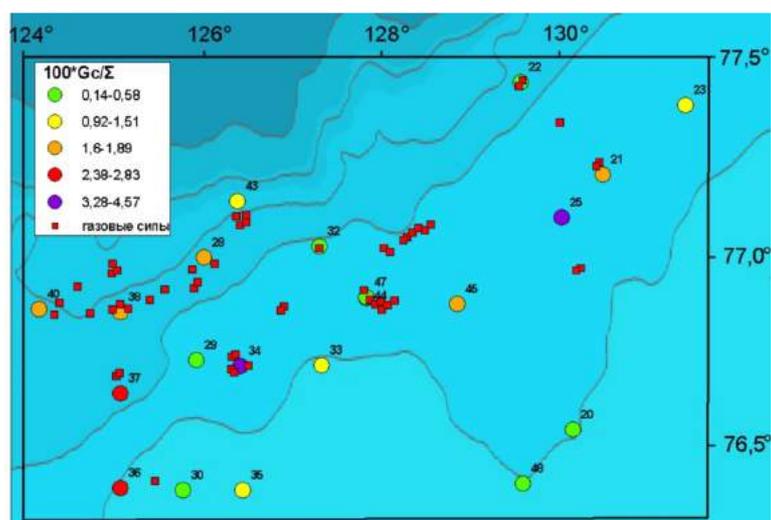


Рис. Схема распределения относительного содержания гаммацерена в соответствии с расположением «газовых сипов» [4]

Присутствие гаммацерена в донных отложениях, может быть объяснено восходящей миграцией рассолов из глубоководных горизонтов, что, предположительно, обусловлено возможным присутствием таликов в толще подводной мерзлоты и наличием в придонном слое зон с высокой минерализацией. В таких зонах могло идти восстановление тетраиманола – пентациклического спирта, заменяющего стероиды в мембранах фототрофных Protozoa [9]. Наличие таких зон, насколько нам известно, до сих пор не доказано. Поэтому для доказательства данной гипотезы требуются дополнительные исследования, которые запланированы на 2016-2017 гг.

#### Литература

1. Каширцев В.А. Геология и органическая геохимия осадочных бассейнов Восточной Сибири: Избранные труды // ИНГГ СО РАН – Новосибирск, 2015. – 251 с.
2. Семилетов И.П. Разрушение мерзлых пород побережья как важный фактор биогеохимии шельфовых вод Арктики // Докл. РАН, 1999. – Т. 368. – № 5. – С. 679 – 682.
3. Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J. M. The Biomarker Guide. – Cambridge University Press, Cambridge, 2005. – 1132 p.

4. Shakhova N. Ebullition The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice / N. Shakhova, I. Semiletov, V. Sergienko et al. // Philosophical transactions of the Royal Society A, 2015. – Vol 373. – Issue 2052.
5. Shakhova N. Geochemical and geophysical evidence of methane release over the East Siberian Arctic Shelf / N. Shakhova, I. Semiletov, L. Leifer et al. // J. Geophys. Res., 2010. – P. 115 (C08007).
6. Shakhova N., Semiletov I., Salyuk A., Yusupov V., Kosmach D., Gustafsson O. Extensive methane venting to the atmosphere from sediments of the East Siberian Arctic Shelf. – Science, 2010. – P. 1246 – 1250.
7. Shakhova N. Ebullition and storm-induced methane release from the East Siberian Arctic Shelf / N. Shakhova, I. Semiletov, L. Leifer et al. // Nat. Geosci, 2014. – № 7. – P. 64 – 70.
8. Sinninghe Damste J. S. Evidence for gammacerane as an indicator of water column stratification / J.S. Sinninghe Damste, F. Kenig, M. Koopmans et al. // Geochem. Cosmochim. – Acta, 1995. – Vol. 59. – No 9. – P. 1895 – 1900.
9. Ten Haven H.L. Tetrahymanol, the most likely precursor of gammacerane, occurs ubiquitously in marine sediments / H.L. Ten Haven, M. Rohmer et al. // Geochem. Cosmochim. – Acta., 1989. – Vol. 53. – No 11. – P. 3073 – 3079.
10. Vonk J.E. Activation of old carbon by erosion of coastal and subsea permafrost in Arctic Siberia / J.E. Vonk, L. Sanchez-Garcia, B.E. van Dongen et al. // Nature, 2012. – Vol. 489. – 137 – 140.

### ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЗДНЕБАТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ (ГОРИЗОНТ Ю<sub>3</sub>) В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ НЮРОЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ И ПУДИНСКОГО МЕГАВАЛА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А.А. Гущина, Н.М. Недоливко

Научный руководитель доцент Н.М. Недоливко

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В нефтегазогеологическом отношении территория исследования находится на юго-востоке Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (Томская область) и включает ряд месторождений Казанского и Пудинского нефтегазоносных районов: Урманское, Арчинское, Смоляное, Кулгинское, Широтное, Герасимовское, Калиновое, Нижнетабаганское, Южно-Табаганское и другие (рис. 1). В тектоническом плане территория располагается на юго-востоке Нюрольского осадочного мегабассейна в зоне сочленения Нюрольской мегавпадины и Пудинского мегавала. При испытании из пластов-коллекторов пласта Ю<sub>3</sub> (поздний бат) получена нефть, газ и конденсат (Нижнетабаганская, скв. 2, 6, 7, 9, 10, 16, 18, 23; Останинская, скв. 420, 421; Кулгинская, скв. 140, 141; Калиновая, скв. 6; Казанская, скв. 1). Позднебацские отложения в пределах юго-восточной части Нюрольского осадочного бассейна (Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция) формировались на заключительной стадии крупного раннесреднеюрского этапа континентально седиментогенеза. Изучение их имеет большой научный и практический интерес, как с точки зрения формирования осадочных отложений в условиях снижения тектонической активности и пенеппенизации рельефа, так и в связи со сложностью прогнозирования пространственной локализации коллекторов континентального генезиса. Проведенные авторами литолого-фациальные исследования основаны на детальном послойном описании керна [2].

Путем сопоставления результатов гранулометрического анализа пород и данных геофизических исследований скважин (кривой самопроизвольной поляризации ПС стандартного каротажа) устанавливалось соответствие значений относительных амплитуд кривой ПС с породами разного состава. Так, значения  $\alpha_{ПС} = 1,0-0,8$  характерны для песчаников крупно-среднезернистых и среднезернистых;  $\alpha_{ПС} = 0,8-0,6$  – песчаников мелко-среднезернистых и средне-мелкозернистых;  $\alpha_{ПС} = 0,6-0,4$  – алеврито-песчаных и песчано-алевритовых в различной степени глинистых пород;  $\alpha_{ПС} = 0,4-0,2$  – алевролитов и глинисто-алевритовых пород;  $\alpha_{ПС} = 0,2-0$  – алевритоглинистых и глинистых пород. По В.С. Муромцеву [1], они формировались соответственно в средах с очень высокой, высокой, средней, низкой и очень низкой гидродинамической активностью. По каротажу рассчитывались песчанистость разреза, т.е. отношение объема песчаников к общему объему пород, слагающих разрез (%) и кластичность, т.е. отношение толщины крупно-среднезернистых песчаников к толщине песчаников (%).

Горизонт Ю<sub>3</sub> выделен в составе верхнетюменской подсвиты позднего бата ( $J_2bt_3tm_3$ ), подстилается и венчается угольными пластами ( $У_4$  и  $У_5$  соответственно) [3]. Разрез горизонта Ю<sub>3</sub> сложен чередованием песчаников, алевролитов, глинистых, углисто-глинистых пород и углей, и представляет благоприятное сочетание проницаемых пород и флюидоупоров, образующих ловушки литологического типа. Исходя из особенностей и последовательности осадконакопления в его составе выделено 4 локальных циклитов: Ю<sub>3</sub><sup>4</sup>, Ю<sub>3</sub><sup>3</sup>, Ю<sub>3</sub><sup>2</sup>, Ю<sub>3</sub><sup>1</sup>. За циклит принималась породно-слоевая ассоциация, главное свойство которой – связь элементов во времени и пространстве. Каждый из циклитов, как правило, в подошве содержит песчано-алевритовые отложения, в кровле – глинисто-углистые породы и угли  $У_3^a$ ,  $У_3^b$ ,  $У_3^c$ ,  $У_3^d$ .

Установлено, что исходя из особенностей строения разрезов и генетических признаков, заключенных в керне скважин [2, 4] в строении горизонта Ю<sub>3</sub> принимают участие отложения русловых, пойменных, старичных, озерных и болотных фаций. Литолого-фациальные карты циклитов приведены на рисунке.

К отложениям *русловых фаций* отнесены песчанники крупно-среднезернистые, среднезернистые и средне-мелкозернистые с прослоями галечников, гравелитов и внутрiformационной галькой (глин, сидеритовых пород, угля, алевролитов, фрагментов древесины), несогласно залегающие на подстилающих породах и имеющие постепенные контакты с перекрывающимися отложениями. Строение разреза закономерное, часто ритмичное с неоднократным повторением ритмов, представленных в основании грубым материалом (базальными и внутрiformационными конгломератами с размытыми и окатанными обломками местных осадочных пород), в средней части крупно- и среднезернистыми, в кровле – мелкозернистыми песчаниками.