

## ЗОНЫ ФОКУСИРОВАННОЙ РАЗГРУЗКИ УГЛЕВОДОРОДОВ КАК ИНДИКАТОР НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ НЕДР СЕВЕРО-КАРСКОГО БАССЕЙНА

<sup>1</sup>Юмашева А.К., <sup>2</sup>Полудеткина Е.Н., <sup>2</sup>Токарев М.Ю., <sup>3</sup>Рыбалко А.Е., <sup>3</sup>Киль А.О.

<sup>1</sup>Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>3</sup>ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

Изучение и картирование зон фокусированной разгрузки углеводородов из недр осадочного чехла в приповерхностные отложения приобретают все большую значимость в связи с освоением природных ресурсов морей и океанов. Наибольшая актуальность таких задач характерна для Арктического шельфа, с одной стороны из-за значительных площадей зон флюидоразгрузки, с другой - из-за перспективы развития шельфовых объектов нефтегазопромысла. В связи с этим становятся особенно важными вопросы геолого-геохимических исследований в пределах Арктического шельфа, так как характерные черты геологического развития этой подводной территории оказали большое влияние на проявление процессов «дыхания» осадочного чехла. В СВ части Карского моря выполнены комплексные геолого-геофизические и геохимические исследования зон фокусированной разгрузки углеводородов в пределах различных структурно-тектонических зон.

Ключевые слова: *Северо-Карский бассейн, зоны фокусированной флюидоразгрузки, углеводороды, геохимические методы исследования*

В период 10.07.2022-23.08.2022 МГУ имени М.В. Ломоносова при поддержке Министерства Науки и Высшего Образования РФ была организована многопрофильная научная экспедиция ТТН-21 в СВ части Карского моря по программе «Обучение-через-исследование (Плавающий Университет)». СВ часть Карского моря приурочена к Северо-Карскому потенциально нефтегазоносному бассейну и является наименее изученной частью Баренцево-Карского региона. Данная часть акватории не изучена глубоким бурением, при этом стоит задача оценки потенциальной продуктивности недр. По геофизическим данным оконтурены крупные антиклинальные зоны - потенциальные залежи углеводородов (УВ), однако, не доказан ни ресурсный потенциал недр, ни преимущественный тип УВ флюида, насыщающего осадочный чехол. Для решения этих задач оптимальным комплексом исследований являются литогеохимические методы изучения приповерхностных осадков в зонах флюидоразгрузки.

Естественные газопроявления в морях - сложное геологическое явление и требует к себе междисциплинарного комплексного подхода. Задачей исследований в рамках экспедиции являлся комплекс работ, направленный на получение данных об особенностях газонасыщенных грунтов, миграции газа в грунтовой и водной толще. Изучая зоны фокусированной разгрузки флюидов в пределах СВ Карского моря, были рассмотрены следующие элементы геологической среды:

- газообразные флюиды (как УВ, так и не-УВ), которые могут иметь как глубинный, так и биогенный генезис и могут находиться как в свободном и сорбированном состоянии;

- жидкие УВ компоненты, которые характеризуют как органическое вещество современных осадков, так и мигрирующее из нефтегазоматеринских отложений или залежей;

- поровые воды, которые могут быть также сингенетичными осадку и миграционными;

- вмещающие осадки и их характеристика.

В рамках экспедиции для исследований газопроявлений использованы методы:

- геофизические (высокоразрешающая сейсморазведка 2D, высокочастотное эхолотирование, съемка гидролокатором бокового обзора, сейсмоакустическое профилирование придонной части геологического разреза);
- геологические (донный пробоотбор грунтовой трубкой);
- гидрогеохимические (определение литологического состава донных отложений, химического состава поровых и придонных вод, концентрации УВ и не-УВ газов в пробах осадков, изотопный анализ углерода и водорода УВ, УВ состава ОВ донных осадков);
- биологические (изучение микробных сообществ).

Комплексная интерпретация результатов геофизических, геохимических, литологических, гидрогеологических, микробиологических исследований позволили оценить распространение, характер и активность газопроявлений, геологические и геоморфологические условия газопроявлений.

В рамках региональных исследований выполнено более 3000 пог.км сейсморазведки высокого разрешения, 500 пог.км сейсморазведки сверхвысокого разрешения, более 5000 пог.км многолучевого эхолотирования и акустического профилирования. Выявлены многочисленные зоны активной дегазации в осадочном чехле и в водную толщу, оконтурены и опробованы зоны разгрузки УВ, выявленные в рельефе дна в виде полей покмарок.

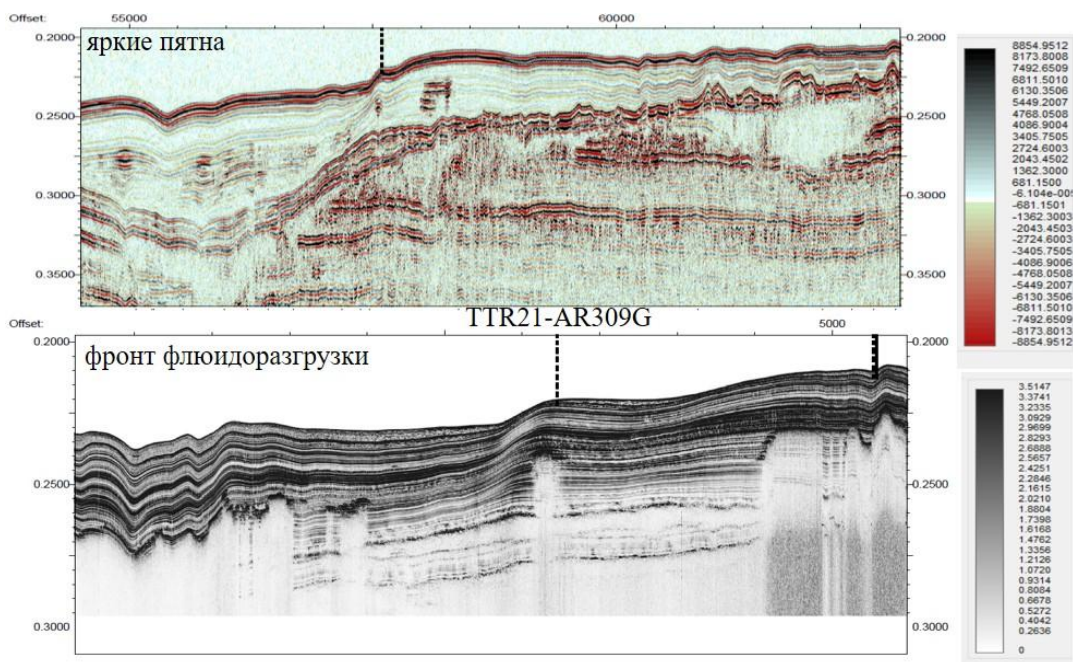


Рис. 1. Пример профиля с фронтами флюидоразгрузки по данным ССВР и Апр (полигон Касаня)

Значительное количество потенциальных зон флюидоразгрузки в приповерхностных осадках выделено по результатам сейсмоакустического профилирования как в виде плащеобразной, так и локальной флюидоразгрузки по зонам разуплотнения (разломам, разрывным нарушениям – каналам миграции, а также посредством диффузионного переноса). Так, выделяются следующие признаки газонасыщения по данным ССВР и по данным Апр: повышенные амплитуды на кровле газонасыщенных осадков, наличие акустически прозрачных толщ под ними, а также разгрузка флюида в водную толщу (Рис. 1).

Определяющими локальные зоны разуплотнения являются подводящие каналы, выходящие из акустически прозрачной толщи. Такие каналы иногда «застревают» в поддонных отложениях на глубине, а иногда выходят на поверхность (Рис. 2), образуя характерные формы в рельефе дна (покмарки), а в толще воды - факелы флюидоразгрузки.

С помощью многолучевого эхолотирования в рамках экспедиции обнаружены зоны выхода газообразных флюидов в водную толщу. Такие факелы обнаружены повсеместно как в южной части изучаемой акватории (в зоне сочленения с Северо-Сибирским порогом, полигон Brachyura), так и на севере, в местах, ассоциированных с активной разломной тектоникой (вал Наливкина, полигон Scallop) (Рис. 3).

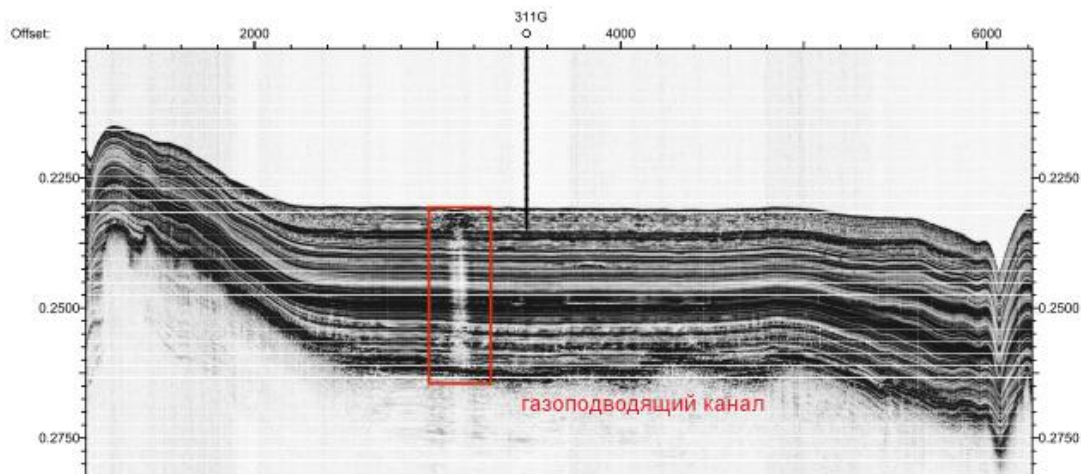


Рис. 2. Пример акустического профиля с подводящими каналами

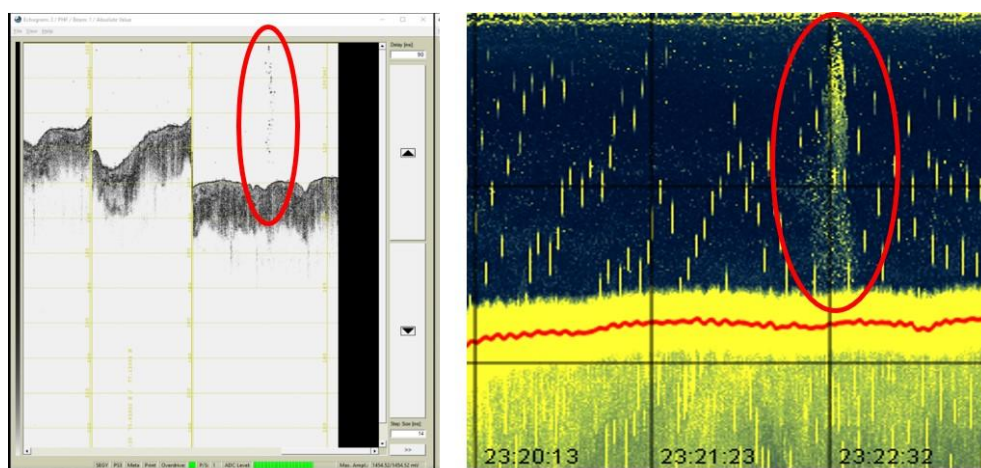


Рис. 3. Обнаружение по данным профилирования и эхолотирования зон с признаками газонасыщения в водной среде

Также в результате съемки многолучевым эхолотом оконтурены обширные поля покмарок на полигонах Kasania и Brachyura. Площадь обнаружения структур – до 25 км<sup>2</sup>. Под покмарками сейсмоакустическими методами выделены газонасыщенные осадки, подходящие к поверхности морского дна. Диаметр покмарок – от 10 до 50 м, глубина – 0,5 – 5 м. Формирование покмарок происходило в достаточно мягких голоценовых морских отложениях, и их появление можно связать с эрозионными процессами, вызванными фокусированной разгрузкой газонасыщенного флюида (рис. 4).

Следы газонасыщения морских алевро-пелитовых отложений были выделены по литологическим признакам при описании керна: вспучивание осадка, наличие каналов дегазации, образование мелкой сети трещин внутри осадка. Косвенный признак УВ дегазации - наличие значительного количества погонофор и гидротроилита, сильный запах сероводорода при вскрытии колонки. Такие признаки отмечены на ряде станций.

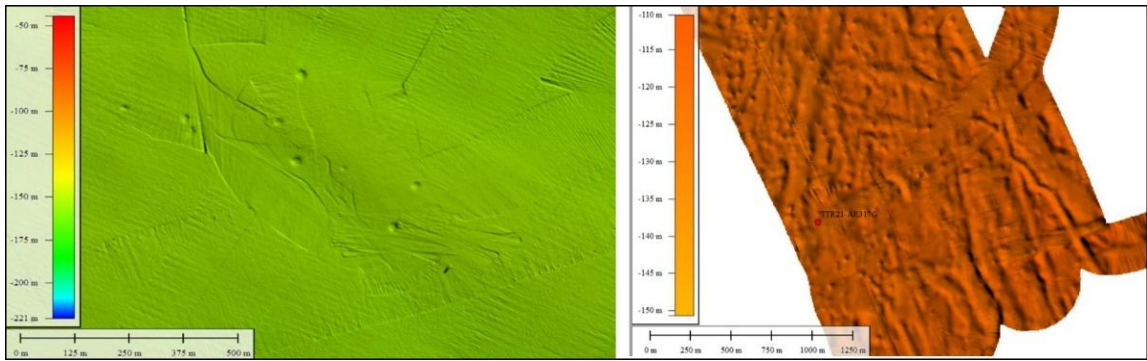


Рис. 4. Фрагмент цифровой батиметрической модели полигонов Северо-Карского бассейна с многочисленными покмарками

Выполненные исследования газовой фазы, выделенной из осадков, обнаружили повышенные содержания метана (до 730 ppm на полигоне Kasania, до 280 ppm на полигоне Brachyuga, в зоне развития покмарок) и гомологов до пентана включительно (1-10 ppm), включая предельные и непредельные УВ. Такие значения свидетельствуют о глубинном, термогенном источнике УВ, что удостоверяют данные изотопных исследований углерода метана. Для газовой фазы, отобранной из активных крупных сипов полигона Brachyuga (зона сочленения прогиба Уединения и Северо-Сибирского порога) изотопный состав углерода в метане изменяется от -26.8 до -28.6‰, что является признаком активной разгрузки термогенного газа из глубинных недр осадочного чехла.

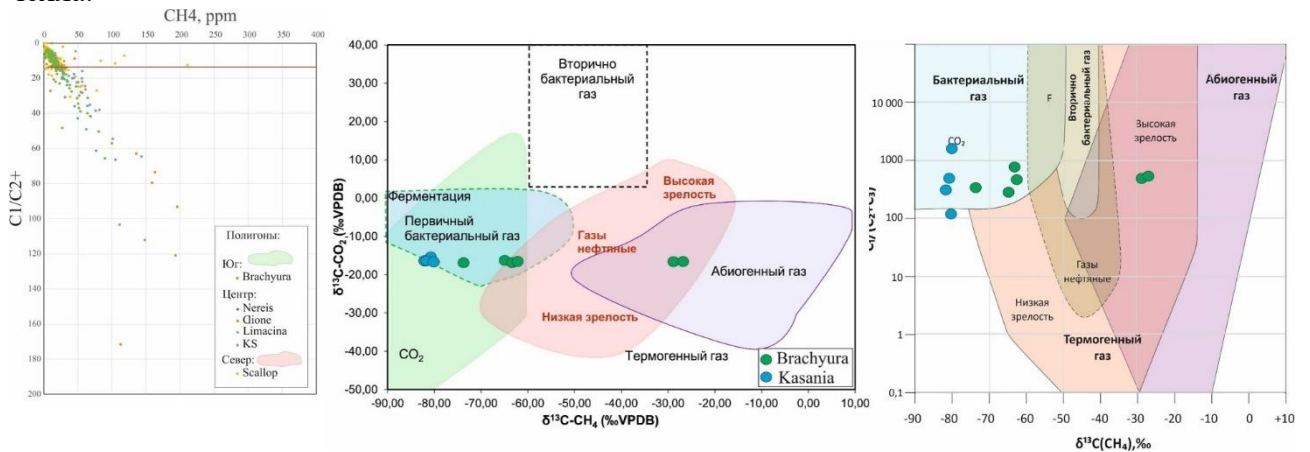


Рис. 5. Компонентный и изотопный состав газовой фазы осадков СВ Карского моря

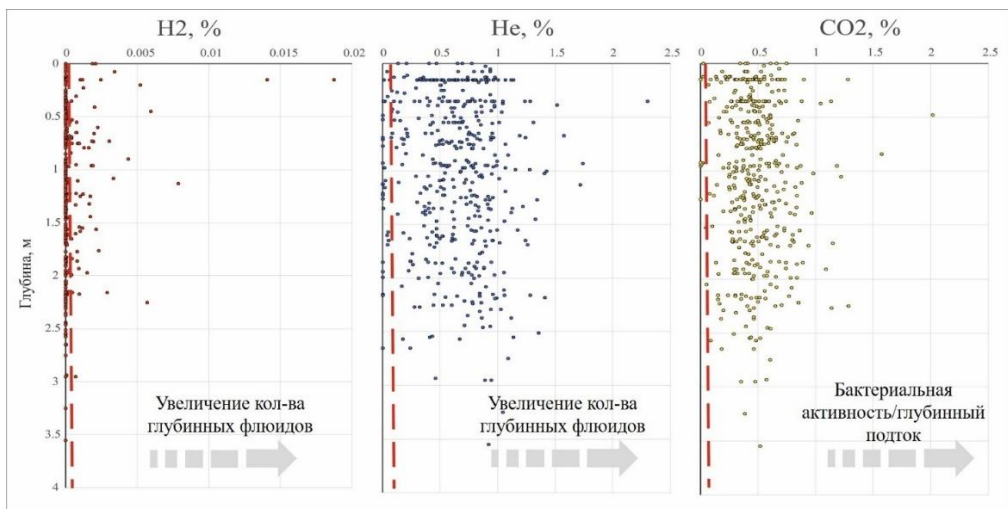


Рис. 6. Компонентный не-УВ состав газовой фазы из осадков СВ Карского моря

Выполненный анализ не-УВ состава газовой фазы также свидетельствует о глубинной разгрузке флюида. Повышенные концентрации водорода (до 0.02%), и, особенно, гелия (до 2.3%), которые являются глубинными газами, объясняется их накоплением вместе с УВ с последующей разгрузкой в верхние слои осадочного чехла.

Битуминологические исследования подтверждают факт наличия повышенных концентраций легких маслянистых УВ в осадках, которые могут являться эпигенетическими осадку. Выполнены хроматографические исследования битумоидов из осадков с предварительной экстракцией хлороформом. Увеличение количества УВ в низкомолекулярной области в образцах полигонов *Brachyura* и *Scallop* свидетельствует о миграции не только газообразных, но и жидких УВ в приповерхностные осадки, что является прямым доказательством перспективности изучаемой акватории на нефтяные УВ.

Таким образом, анализ геолого-геофизических и литогеохимических материалов позволяет сделать вывод о том, что регион является интересным и перспективным для поисков и разведки УВ. Обнаружены предпосылки массопереноса УВ из недр осадочного чехла по зонам разуплотнения (разломам, разрывным нарушениям – каналам миграции, а также посредством диффузионного переноса), причем в пределах различных ключевых участков экспедиции зоны нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции вероятно являются различными по стратиграфическому интервалу и по глубине залегания.

*Экспедиционные работы выполнялись при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках плана-программы экспедиционных исследований МГУ имени М.В.Ломоносова по теме «Особенности четвертичного седиментогенеза, рельефообразования и природной флюидоразгрузки на морском дне в северо-восточной части Карского моря» и «Обучение-через-исследования на Арктическом шельфе»; государственного задания ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет) «Дополнительное обеспечение системы образования в области морских наук – подготовка молодого кадрового резерва по научно образовательной программе «Плавучий университет» на основе комплексных исследований морей России и Мирового океана»; государственного задания ИО РАН «Обеспечение проведения научных исследований, а также экспериментальных разработок».*

## ЛИТЕРАТУРА

*Конторович В.А., Конторович А.Э. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности шельфа Карского моря // Доклады РАН. 2019. Том 489. №3. С. 272–276. doi:10.31857/S0869-56524893272-276*

*Полудеткина Е.Н., Токарев М.Ю., Юмашева А.К., Киль А.О., Басова Е.Д., Рыбалко А.Е., Пирогова А.С., Потемка А.К., Буланова И.А. Особенности флюидоразгрузки на морское дно и в верхней части разреза в северо-восточной части Карского шельфа по результатам экспедиции ТТР-21 // Труды XI Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2022)».*

**ZONES OF FOCUSED DISCHARGE OF HYDROCARBONS AS AN INDICATOR OF THE OIL AND GAS POTENTIAL OF THE SUBSURFACE OF THE NORTH KARA BASIN**

<sup>1</sup>*Yumasheva A.K.,* <sup>2</sup>*Poludetkina E.N.,* <sup>2</sup>*Tokarev M.Yu.,* <sup>3</sup>*Rybalko A.Ye.,* <sup>3</sup>*Kil` A.O.*

<sup>1</sup>Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow

<sup>3</sup>VNIIOkeangeologiya, St. Petersburg, Russia

The study and mapping of zones of focused unloading of hydrocarbons from the depths of the sedimentary cover into near-surface sediments are becoming increasingly important in connection with the development of natural resources of the seas and oceans. The greatest urgency of such tasks is characteristic of the Arctic shelf, on the one hand due to the significant areas of fluid discharge zones, on the other - the prospects for the development of offshore oil and gas facilities. In this regard, the issues of geological and geochemical research within the Arctic shelf become especially important, since the characteristic features of the geological development of this underwater territory have had an influence on the manifestation of the processes of "breathing" of the sedimentary cover at the present stage. In the northeastern part of the Kara Sea, complex geological, geophysical and geochemical studies of zones of focused hydrocarbon discharge within various structural-tectonic zones were carried out.

Keywords: *North Kara basin, zones of focused fluid discharge, hydrocarbons, geochemical surveys*