

ПРОЯВЛЕНИЯ ФЛЮИДОРАЗГРУЗКИ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА И НА МОРСКОМ ДНЕ ПРОГИБА УЕДИНЕНИЯ, СЕВЕРО-КАРСКИЙ БАССЕЙН (ПО ДАННЫМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-21)

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

¹ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

²МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва, Россия

Рассматривается один из пяти полигонов научной экспедиции TTR-21 по программе «Обучение-через-исследование (Плавающий Университет)». Исследования проводились в СВ части Карского моря с борта НИС «Академик Борис Петров». Данная часть акватории относится к Северо-Карскому потенциально нефтегазозоному бассейну и наименее изучена. Одной из задач экспедиции являлось изучение особенностей фоновой и фокусированной флюидоразгрузки на поверхности морского дна с помощью геофизических методов и геолого-геохимических исследований приповерхностных осадков.

Ключевые слова: *Карское море, плавающий университет, TTR-21, флюидоразгрузка, сейсморазведка сверхвысокого разрешения, акустическое профилирование*

В июне-августе 2022 года в рамках морской научной экспедиции TTR-21 проводились комплексные научные изыскания в СВ части Карского моря. Работы велись в пределах пяти ключевых участков. В данной работе рассматривается ключевой участок «Kasania»: выполнены гидроакустические и сейсмоакустические исследования, геологический пробоотбор, в результате которых были получены сведения о четвертичном разрезе в данном районе и выделены зоны предполагаемой флюидоразгрузки.

Полигон «Kasania» имеет неоднородный рельеф, поскольку расположен на границе Центрально-Карского желоба и Центрально-Карской возвышенности. Мы предполагаем, что возвышенные части полигона сложены палеогеновыми породами, а на дне Центрально-Карского желоба представлены меловые породы, покрытые чехлом четвертичных отложений. Из полученных в экспедиции данных можно считать, что четвертичный разрез участка сложен позднеоплейстоценовыми и голоценовыми отложениями. Выделяются два района: возвышенный (на палеогеновых останцах) и низинный (в желобе). В первом случае мощность четвертичных отложений не превышает 15-20 м, в желобе мощность может достигать 100 м. В основании разреза залегают отложения с акустически прозрачной или полупрозрачной записью, выше залегают субгоризонтально-слоистая толща, а замыкает разрез толща морских голоценовых осадков мощностью до 5 м.

Было выполнено 514,5 км акустического профилирования, 386,7 км сейсморазведки сверхвысокого разрешения, 126 км гидрографической съемки дна способом площадного обследования многолучевым эхолотом и 7 станций донного пробоотбора (рис. 1). Выявлялись следующие индикаторы флюидоразгрузки: аномалии на сейсмоакустических данных, характерные для зон флюидоразгрузки формы рельефа, следы дегазации осадка в виде вспучивания керна, наличие в керне каналов дегазации, неравномерное уплотнение осадка, высокое содержание гидротроилита в осадках и распространение метан-потребляющих организмов *Rogonophora* [Ахманов и др., 2021].

В ходе съемки многолучевым эхолотом в юго-восточной части полигона были обнаружены воронкообразные формы микрорельефа, выделяющиеся как покмарки (Рис. 2). Их было выявлено более 50, опробованы были три из них. Обнаруженные покмарки имеют глубины около нескольких метров. Самая большая из них имеет ширину около 27 метров. Их формирование происходит в мягких морских голоценовых отложениях, и их появление можно связать с эрозионными процессами, вызванными фокусированной

разгрузкой газонасыщенной воды [Бондур, Кузнецова, 2015]. По данным гидролокатора бокового обзора (ГЛБО) была построена карта величин обратного рассеяния, фрагменты с покмарками которой представлены на рисунке 2 (Б).

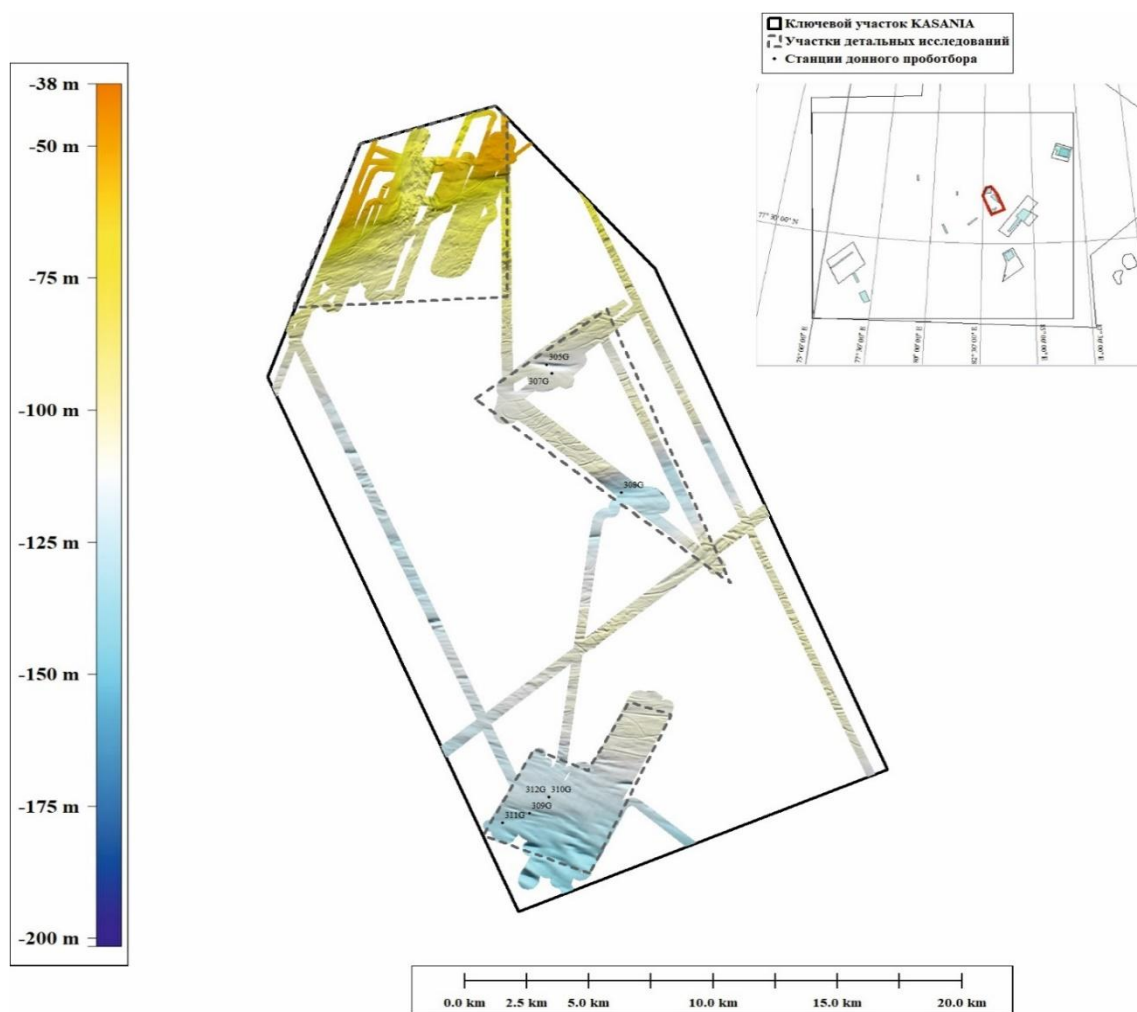


Рис. 1. Цифровая батиметрическая модель полигона «Kasania»

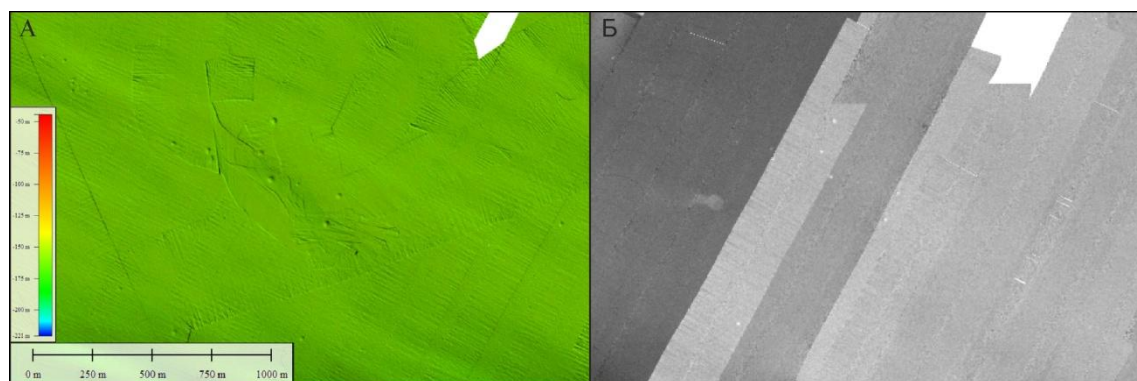


Рис. 2. А - Фрагмент цифровой батиметрической модели с покмарками; Б - Покмарки на записях ГЛБО

Покмарки на акустических профилях часто имеют подводящие каналы, выходящие из акустически прозрачной толщи, предполагаемой как зона флюидоразгрузки (Рис. 3). Именно в пределах таких покмарок проводился пробоотбор, например станция TTR21-AR311G (Рис. 3). Проявления флюидоразгрузки были замечены не только на акустических

профилях и сейсморазведке сверхвысокого разрешения, но и на водном столбе мультибима в виде «факела пузырьков» флюидов.

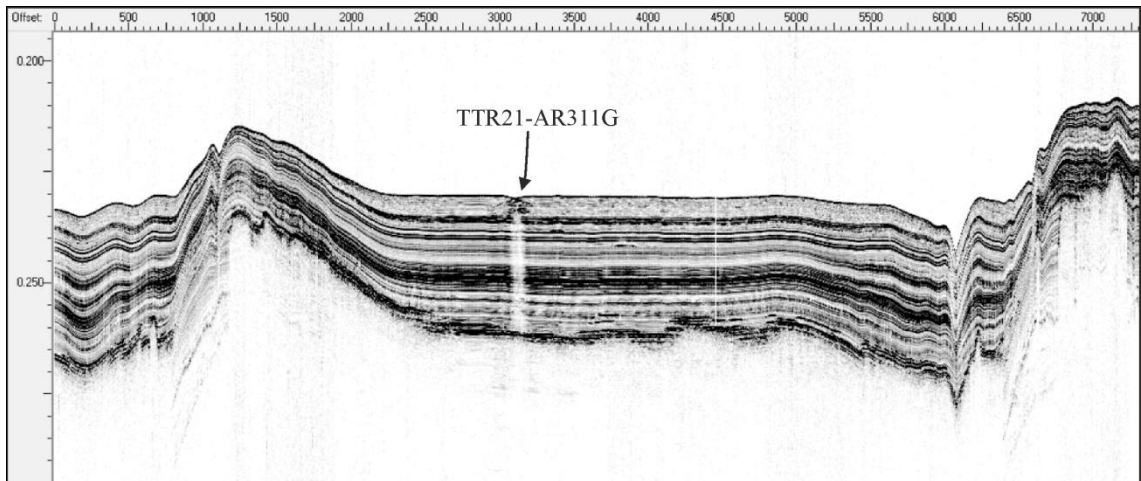


Рис. 3. Акустический профиль с подводным каналом

В пределах полигона обнаружены зоны с предполагаемой флюидоразгрузкой. Так, на рисунке 4 представлены разрезы с акустически прозрачными столбами, подходящими близко к поверхности, но не выходящими из осадочного чехла. Частично эти зоны распространяются плащеобразно на большие расстояния.

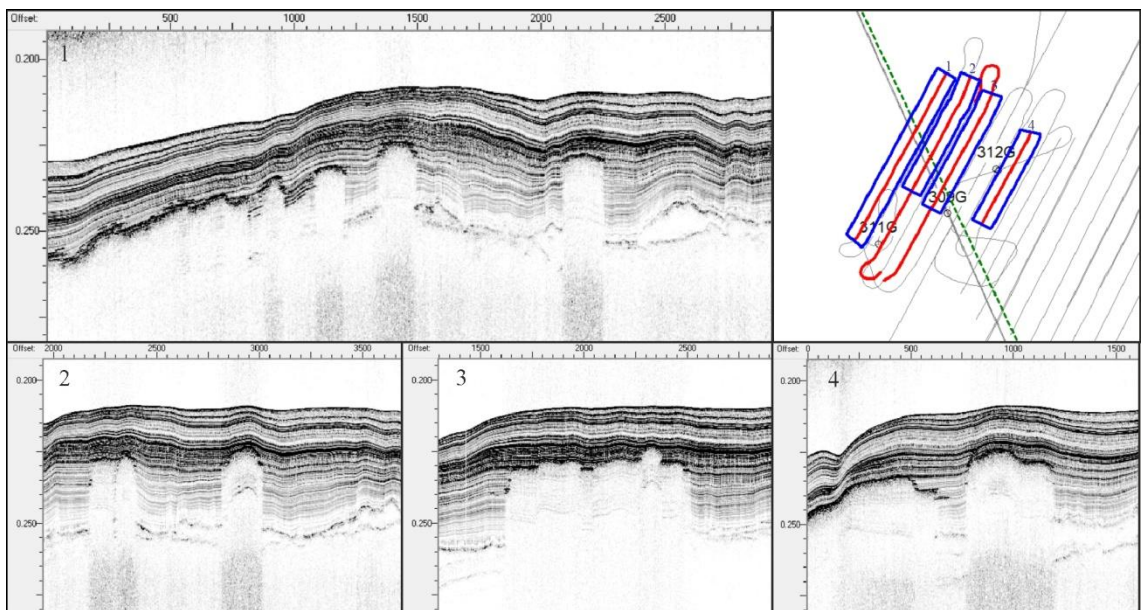


Рис. 4. Примеры акустических профилей с фронтами флюидоразгрузки, не подходящими к поверхности морского дна

Выбор станций геологического пробоотбора проводился на основании данных многолучевого эхолотирования и сейсмоакустического профилирования. В рейсе выполнялось литологическое описание отобранного керна (Рис. 5), отбирались образцы на битуминологию, газогеохимические, гидрогеологические, микробиологические и литологические лабораторные исследования. На борту последовательно проводились дезинтеграция образцов осадка и дальнейшая дегазация методом «headspace».

В отобранных кернах со станций в пределах покмарок обнаружены индикаторы флюидоразгрузки - следы дегазации осадка в виде «вскипания» керна, запах сероводорода, многочисленные стяжения гидротроилита и распространение метан-потребляющих организмов *Pogonophora*. На рисунке 5 приведены три геолого-

литологические колонки с данными индикаторами. В керне со станции TTR21-AR313G (повтор TTR21-AR312G) при подъеме на поверхность проявлялись процессы дегазации осадка, чувствовался запах сероводорода. Керны станций вне пределов покмарок также содержат стяжения гидротроилита, но в меньших количествах.

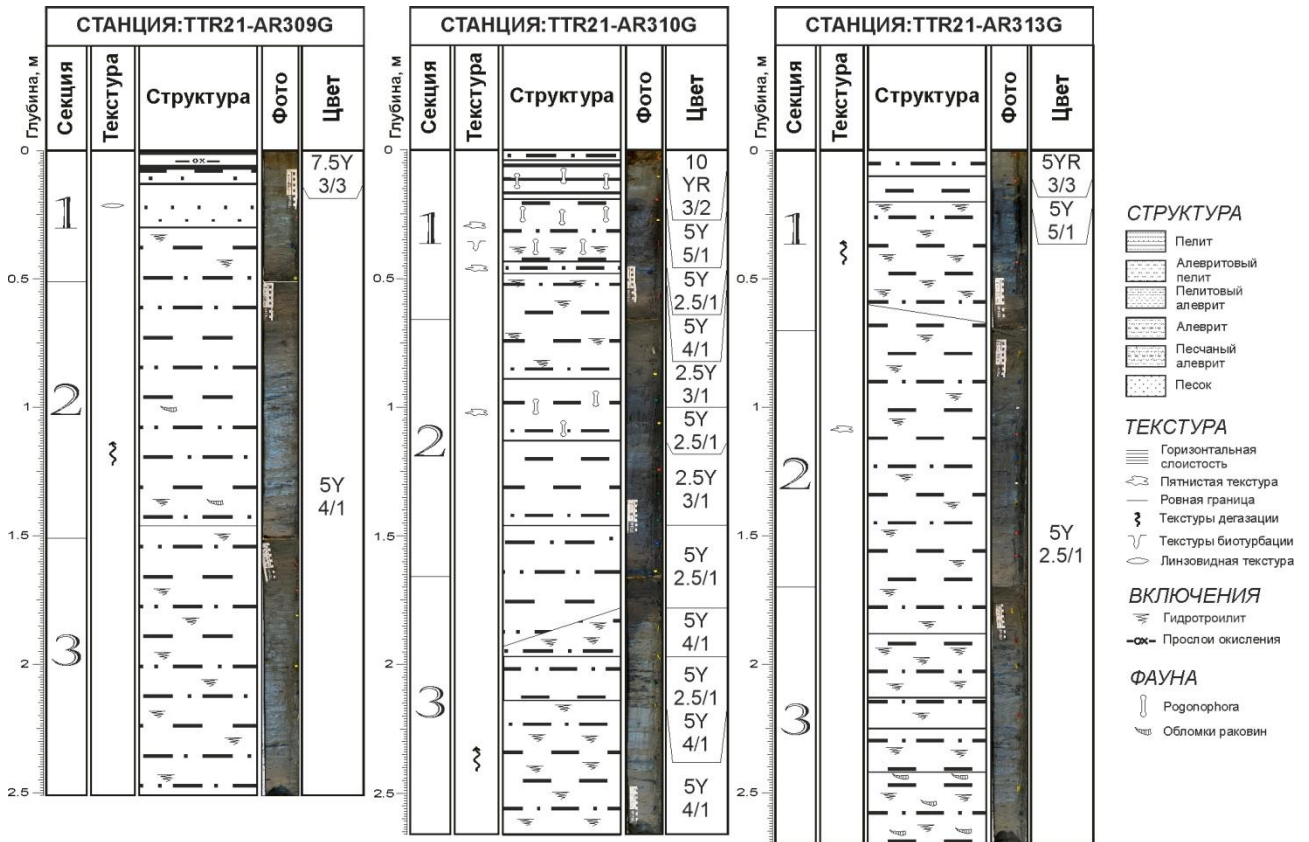


Рис. 5. Колонки станций TTR21-AR309G, TTR21-AR310G и TTR21-AR313G в пределах покмарок

Люминесцентно-битуминологический анализ образцов осадка позволил оценить на качественном уровне тип битумоида и выполнить его количественную оценку, что позволило выбрать репрезентативные образцы для проведения дальнейших детальных исследований. Анализ органического вещества показал преобладание смолисто-асфальтовых компонент при низких концентрациях легких УВ.

На полигоне обнаружено повышение концентрации метана в донных осадках по сравнению с другими исследуемыми полигонами, но значения всё равно не являются высокими (Рис. 6). По отношению к покмаркам с признаками флюидоразгрузки геохимической фоновой станцией на данном полигоне можно считать TTR21-AR308G, где количество метана в фазе не превышало 18 ppm. Максимальные значения концентраций метана достигают 760 ppm на станции TTR21-AR309G (Рис. 6).

Можно заключить, что ключевой участок «Kasania» по геолого-геофизическим данным и первичным результатам лито-геохимических исследований является интересным для дальнейшего изучения. На полигоне имеются зоны флюидоразгрузки, выделяющиеся по комплексу признаков, что может говорить о УВ продуктивности недр.

Авторы благодарны экипажу НИС «Академик Борис Петров» и всему коллективу экспедиции Плавучего университета «Обучение через исследования» (TTR-21) за проделанную работу, сплоченность, помощь и поддержку во время и после экспедиции.

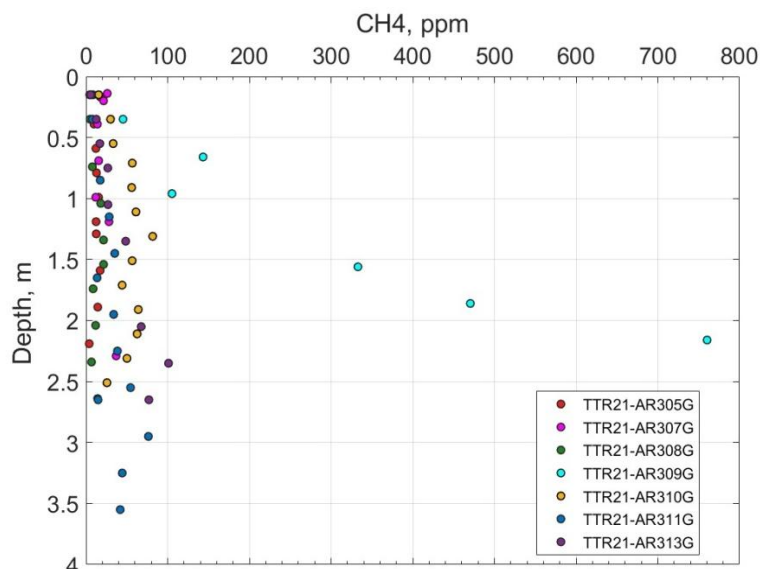


Рис. 6. Распределение концентраций метана в газовой фазе, отобранной из осадков станций полигона «Kasania»

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 Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «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

Ахманов Г.Г., Соловьева М.А., Монтели А.И., Полудеткина Е.Н., Хлыстов О.М. Особенности постледникового донного рельефа и разгрузки флюидов в СВ Баренцевом море: по данным геолого-геофизических и геохимических исследований в экспедиции TTR-19 (АНС48) // Итоги экспедиционных исследований в 2020 году в Мировом океане и внутренних водах, 2021. С. 39-45.

Бондур В.Г., Кузнецова Т.В. Выявление газовых сипов в акваториях арктических морей с использованием данных дистанционного зондирования // Исследование Земли из Космоса. 2015. № 4. С. 30-43. doi: 10.7868/S020596141504003X

MANIFESTATIONS OF FLUID DISCHARGE IN THE UPPER PART OF THE SECTION AND ON THE SEA BOTTOM OF THE UEDINENIYA TROUGH, NORTH KARA BASIN (EXPEDITION TTR-21 DATA)

¹*Kil A.O.*, ²*Poludetkina E.N.*, ²*Tokarev M.Yu.*, ¹*Rybalko A.E.*, ³*Yumasheva A.K.*

¹VNII Okeangeologia, St. Petersburg, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

³Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The article considers one of the five polygons of the scientific expedition TTR-21 under the program "Teaching-through-research (Floating University)". The studies were carried out in the NE part of the Kara Sea from the R/V Akademik Boris Petrov. This part of the water area belongs to the North Kara potentially oil and gas basin and is the least studied. One of the objectives of the expedition was to study the features of the background and focused fluid discharge on the seabed surface using geophysical methods and geological and geochemical studies of near-surface sediments.

Keywords: *Kara Sea, Floating University, TTR-21, fluid discharge, seismic survey resolution enhancement methods, acoustic profiling*