

XI Международная научно-практическая конференция

«Морские исследования и образование»

XI International conference

«Marine Research and Education»

MARESEDU-2022

ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ / CONFERENCE PROCEEDINGS Том IV (IV) / Volume IV (IV)

24-28 октября 2022г. г. Москва

УДК [551.46+574.5](063)

ББК 26.221я431+26.38я431+28.082.40я431

T78

Труды XI Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU)-2022» Том IV (IV): [сборник]. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2022, 303с.: ISBN 978-5-6049290-2-5.

Сборник «Труды XI Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU)-2022» представляет собой книгу тезисов докладов участников конференции, состоящую из четырех томов. Сборник включает в себя главы, соответствующие основным секциям технической программы конференции: океанология, гидрология, морская геология и геофизика, морская биология, рациональное природопользование, подводное наследие и водолазные методы и морские ландшафты.

Помимо основных секций на конференции были представлены круглый стол "Новые данные о признаках последнего оледенения на Баренцево-Карском шельфе" и секция научно-популярных фильмов.

В рамках конференции участники обсудили состояние и перспективы развития комплексных исследований Мирового океана, шельфовых морей и крупнейших озер, актуальные проблемы рационального природопользования и сохранения биоразнообразия в водных пространствах, проблемы освоения ресурсов континентального шельфа, достижения науки в области морской геологии, современные подходы к исследованиям обширных акваторий дистанционными методами, проблемы устойчивого развития экосистем моря и прибрежной зоны, организацию и проведение комплексных экспедиционных исследований, преподавание «морских дисциплин», вопросы организации полевых практик студентов.

Все тезисы представлены в редакции авторов.

Подготовлено к выпуску издательством ООО «ПолиПРЕСС» по заказу ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова».

ООО «ПолиПРЕСС»

170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский пр-т, д. 7, пом. II polypress@yandex.ru

ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова».

РФ, 119234, г. Москва, ул. Ленинские Горы, д. 1, стр. 77

(495) 648-65-58/ 930-80-58

Все права на издание принадлежат ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова».

© ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова», 2022 © ООО «ПолиПРЕСС»

Рубрика 38.33.00.; 38.47.19.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ДЕГАЗАЦИИ В ПРЕДЕЛАХ БАРЕНЦЕВО-КАРСКОГО ШЕЛЬФА

REGULARITIES OF DISTRIBUTION OF SIGNS OF DEGASSING WITHIN THE BARENTS-KARA SHELF

<u>Денисова Анна Павловна^{1,2},</u> Мороз Евгений Андреевич², Соколов Сергей Юрьевич², Ананьев Роман Александрович³, Мазнев Степан Валерьевич^{1,4}, Архипов Василий Владимирович⁴

- 1 Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва
- ² Геологический институт РАН, Москва
- ³ Институт океанологии им П.П. Ширшова РАН, Москва
- 4 Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова, Москва

<u>Denisova Anna Pavlovna^{1,2}</u>, Moroz Evgeny Andreevich², Sokolov Sergey Yurievich², Ananiev Roman Alexandrovich³, Maznev Stepan Valerievich^{1,4}, Arkhipov Vasily Vladimirovich⁴

- ¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow
- ² Geological Institute RAS, Moscow
- ³ Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow
- ⁴ Zubov State Oceanographic Institute, Moscow

Введение

Детальное изучение в шельфовых зонах на предмет такого процесса как дегазация началось с 1980-х годов в связи с развитием методик гидроакустических исследований (Kelley, Dickson, 1994): стало возможным изучение особенностей рельефа дна, скоплений газа в водной толще и донном осадке. При этом Баренцево-Карский шельф можно считать наиболее исследованным в морях Северного Ледовитого океана, так как здесь расположено большое количество разрабатываемых и перспективных месторождений углеводородов. Однако, в этом регионе еще осталось немало «белых пятен», в том числе — явление дегазации и его специфические проявления в рельефе, донном осадке и водной толще. Дегазация представляет собой процесс поднятия флюидов из недр Земли вверх по разрезу к поверхности дна и в водную толщу (Judd, Hovland, 2007). Изучение особенностей и закономерностей протекания данного процесса имеет носят не только фундаментальный характер, но и имеют большое прикладное значение. Это обусловлено опасностью, которую представляет процесс дегазации для объектов инженерной инфраструктуры.

Район проведения исследований

В ходе 52 рейса НИС «Академик Николай Страхов» осенью 2021 года были проведены геолого-геофизические работы, направленные на изучение проявлений дегазации в рельефе, водной толще и осадочном чехле Баренцево-Карского шельфа. Детальные исследования проводились на четырех ключевых полигонах (Еременко и др., 2022; Кохан и др., 2022) (рис. 1). Полигон №1 находится в 250 км к северо-востоку от о. Колгуев и в 200 км к западу-северо-западу от о. Вайгач. Отметки глубин в пределах полигона изменяются от 162 до 174 м, поверхность дна представляет собой холмисто-грядовую равнину,

предположительно ледникового происхождения. В пределах полигона с поверхности вскрываются морские слабостратифицированные осадки мощностью до 10 м, ниже которых залегают более плотные ледниковые отложения. Полигон № 2 расположен в непосредственной близости от пролива Карские ворота на глубинах от 110 до 210 м. Главная особенность рельефа полигона – ложбинообразное понижение, протягивающееся через центральную через его центральную часть с северо-запада на юго-восток, расширяясь северной части участка. Это понижение, вероятно, имеет тектоническую направление соответствует предопределенность, так как его крупному надвигу, ограничивающему структуры Новой Земли. Мощность складчатые морских стратифицированных осадков значительно варьируется в пределах полигона и составляет от первых метров в пределах северо-восточной части до 63 м в юго-западной. Ниже, как и на первом полигоне залегают ледниковые отложения. Полигон № 3 расположен в западной части Карского моря в 130 км к северо-западу от о. Белый, глубины в пределах полигона изменяются от 44 до 296 м. Такой большой перепад глубин обусловлен наличием на полигоне фрагмента крупной (шириной до 3,9 км) палеодоилны, простирающейся с севера на юг. В днище палеодолины фиксируется наибольшая мощность слоистых морских отложений (80 и более м), в то время как вершинные поверхности сложены акустически немыми плотными отложениями. Полигон № 4, расположенный в центральной части Байдарацкой губы, имеет в целом ступенчатый рельеф с общим уклоном на юго-запад, перепад глубин в пределах полигона не превышает первых метров. Поверхность участка осложнена бороздами ледового выпахивания и небольшими понижениями, вероятно, термокарстового происхождения. Стоит отметить, что территория данного полигона входит в зону распространения многолетнемерзлых пород (Соловьев, Гинсбург, 2004), образованных в субаэральных условиях в период сартанской регрессии (около 18 тыс. л.н.) и постепенно деградирующих в современных условиях (Vorren et al., 2011). На акустических профилях граница залегания ММП яркая, рваная, а мощность верхних охлажденных супесчаных осадков не превышает 10 м.

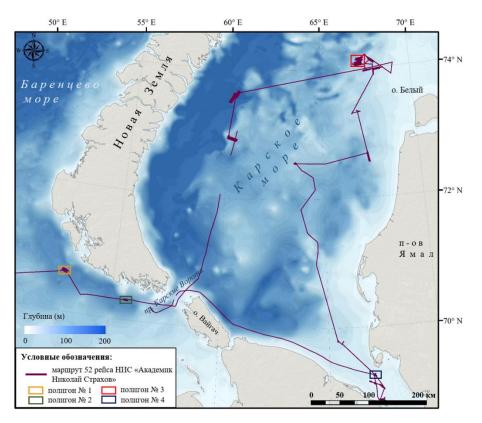


Рис. 1 Положение ключевых полигонов исследования на Баренцево-Карском шельфе (топооснова по данным IBCAO V4, https://www.gebco.net)

Методика проведения исследований

Исследования основаны на данных многолучевой батиметрии, полученных в результате экспедиционных работ 52 рейса НИС «Академик Николай Страхов» в Баренцевом и Карском море осенью 2021 года. Съемка рельефа дна производилась с помощью многолучевом мелководного эхолоте RESON Seabat 8111 с частотой излучаемого акустического сигнала 100 кГц. Сейсмоакустические исследования верхней части осадочного разреза производились на непараметрическом профилографе EdgeTech 3300 с частотно-модулированным сигналом 2-12 кГц и длиной импульса 20 мс. Разрешающая способность профилографа составляет от 0,1 м до 1 м, а глубина проникновения акустического сигнала (в зависимости от состава осадков) - от 10 до 100 м. Работы производились в пределах ключевых полигонов на параллельных галсах с перекрытием съемки около 50%. Обработка данных многолучевого эхолотирования и высокочастотного акустического профилирования производилась вручную в программных пакетах PDS V3.4.7.1 и Kingdom Software 8.3 соответственно. Визуализация данных и построение батиметрических карт выполнялись с помощью GlobalMapper, Surfer и ArcGis.

Проявления дегазации в рельефе

На исследуемых полигонах были выделены два основных типа форм рельефа, созданных процессом дегазации: покмарки и пингообразные поднятия (рис. 2). Покмарки представляют собой изометричные или удлиненные в плане понижения. Ширина покмарок, обнаруженных в ходе работ на Баренцево-Карском шельфе варьируется от 40 до 100 м при глубине до 3-4 м. Подобные формы были выявлены на 1 и 2 полигонах и демонстрируют приуроченность к областям с повышенной мощностью слоистых осадков, имеющих высокую плотность. На полигоне №2 ярко проявляется приуроченность форм дегазации к тектоническим нарушениям: покмарки собраны в цепочки по 4-6 штук и ориентированы согласно тальвегу крупного ложбинообразного понижения, протягивающегося через весь полигон с юго-востока на северо-запад, а также грядам, занимающим северо-восточную часть участка исследований. Кроме того, на всех изученных участках отмечается связь покмарок с фоновым рельефом — формы приурочены к межгрядовым понижениям и днищу крупной ложбины

Пингообразные поднятия – положительные куполообразные формы с относительной высотой 3-4 м и диаметром 40-45 м, изометричные в плане. Формирование этих поднятий, вероятно, обусловлено давлением поднимающихся флюидов на подошву отложений с газоупорными свойствами. обусловлено высокими Именно ЭТИМ пингообразных поднятий в пределах полигонов, находящихся в зоне распространение вечной мерзлоты (проявляется на сейсмоакустических разрезах в виде акустически немой служащей флюидоупором. Как и покмарки, пингообразные поднятия демонстрируют связь с фоновым рельефом: на полигоне №4 три повышения расположены по бортам изометричного замкнутого понижения с диаметром около 100 м и глубиной порядка 2 м, имеющего, возможно, термокарстовое происхождение; еще несколько поднятий приурочены к локальным понижениям рельефа меньших размеров.

Проявления дегазации в водной толще

Выявленные в ходе исследований проявления дегазации в водной толще представлены единичными газовыми факелами, скоплениями газовых пузырей и областями акустической мутности. На изученных полигонах наиболее распространенной аномалией является акустическая мутность, возникновение которой обусловлено взмучиванием осадка при выходе флюидов на поверхность дна. На полигоне №2 это проявление дегазации также демонстрирует приуроченность к ложбинообразному понижению, что может свидетельствовать о глубинном происхождении флюидов и их подъеме на поверхность по тектоническим нарушениям. Однако, важно отметить, что области проявления дегазации в водной толще не всегда совпадают с участками распространения флюидогенных форм. Так,

на полигоне № 2 отмечается акустическая мутность в его западной и северо-западной частях, где проявления дегазации в рельефе практически отсутствуют. Вероятно, формирование покмарок в этой части полигона затруднено из-за большой мощности и высокой пористости морских осадков, рассеивающих потоки флюидов и обуславливающий их равномерный и более «спокойный» выход на поверхность. Стоит также отметить, что наблюдается приуроченность проявлений дегазации в водной толще к перегибам донного рельефа, так единичные факелы встречаются лишь на бортах палеодолины в пределах полигона №3. Такую закономерность можно объяснить формированием на перегибах ослабленных зон в толще осадка, что облегчает подъем флюидов. Скопления газовых пузырей были обнаружены в водной толще над и над пингообразными поднятиями на полигоне №4, что свидетельствует в пользу флюидогенного происхождения этих форм.

Проявления дегазации в донном осадке

На полигонах 2, 3 и 4 был выявлен широкий спектр признаков дегазации в верхней части разреза осадочного чехла (рис. 2). Акустическое осветление было обнаружено на всех полигонах, однако, стоит отметить большую дифференциацию этих аномалий по форме и размерам. Например, на полигоне № 2 вертикальное акустическое осветление совместно с прогибание рефлекторов маркирует положение газовых каналов – путей подъема флюидов, расположенных непосредственно под покмарками. В пределах полигона № 3 акустическое осветление также имеет вертикальную направленность, однако, не показывают акцентированных газовых каналов. На полигоне № 4 аномалии такого типа представляют собой отдельные пятна, образование которых, вероятно, связано с деградацией мерзлых пород с последующим разложением оттаявшего органического вещества и выделением метана приповерхностного происхождения. Яркие пятна формируются в результате скопления газа под локальным флюидоупором, в роли которого могут выступать прослои плотных глинистых отложений. Такие аномалии были обнаружены на полигонах № 2 и 3. Детальное исследование ключевых полигонов показало, что наибольшее количество акустических аномалий приурочено к участкам с наибольшей мощностью горизонта морских стратифицированных осадков, а также с наибольшей мощностью оттаивания мерзлых пород в местах их распространения.

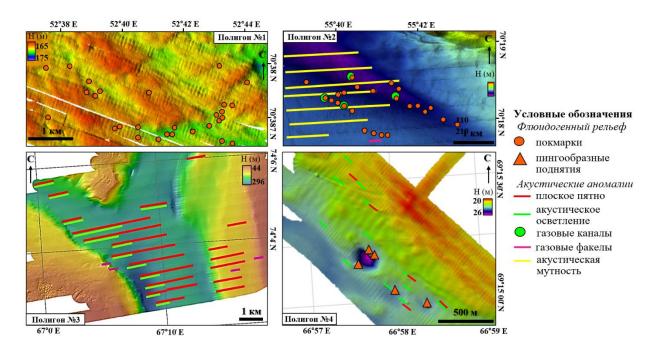


Рис. 2 Фрагменты полигонов исследования с нанесением выявленных признаков дегазации

Заключение

Ключевые полигоны обладают весьма различными физико-географическими условиями: глубинами, геолого-тектоническим строением, особенностями рельефа — эти различия оказывают заметное влияние на специфику проявлений дегазации. В ходе исследований был выявлен широкий спектр проявлений дегазации в донных осадках, водной толще и рельефе дна. В верхней части разреза осадочного чехла встречаются такие аномалии как акустическое осветление (как вертикальной направленности, так и в виде отдельных пятен), прогибание рефлекторов вдоль путей подъема флюидов и яркие пятна, маркирующие скопления газа под локальным флюидоупором. В водной толще были обнаружены единичные газовые факелы, скопления пузырей газа и области акустической мутности, возникающей при взмучивание донного осадка поднимающимися флюидами. В рельефе дна в пределах Баренцево-Карского шельфа признаками дегазации служат покмарки, имеющие изометричную форму и диаметр от 40 до 100 м при глубине до 3-4 м, и пингообразные поднятия с высотой 3-4 м и диаметром 40-45 м.

Исследования на ключевых полигонах показали, что значительная часть проявлений дегазации приурочены к понижениям и перегибам донного рельефа, что обусловлено либо связью этих форм с тектоническими нарушениями, служащими путями подъема флюидов глубинного происхождения, либо с большой мощностью богатых органикой морских осадков, являющихся источником метана приповерхностного происхождения. Большое влияние на процесс дегазации оказывает литологическое строение разреза: значительное число проявлений обнаружено на участках с мощным горизонтом морских отложений. При этом состав осадка также имеет большое значение: в зонах с высокой плотностью осадков могут формироваться покмарки, на участках с пористыми отложениями преобладают аномалии в водной толще. Специфичные проявления дегазации отмечаются на участках распространения многолетнемерзлых пород, в силу высоких газоупорных свойств мерзлоты здесь формируются специфические формы – пингообразные поднятия.

Финансирование

Полевые исследования выполнены в рамках госзадания № FMUN-2019-0076 «Геологические опасности в Мировом океане и их связь с рельефом, геодинамическими и тектоническими процессами». Камеральная обработка данных выполнена при поддержке проекта РНФ 22-77-10091 «Закономерности проявления дегазации на Баренцево-Карском шельфе и ее влияние на рельеф и донные отложения».

Список литературы

- 1. Еременко Е.А., Денисова А.П., Мороз Е.А., Мазнев С.В., Архипов В.В. Рельефообразующая роль дегазации на Баренцево-Карском шельфе // Рельеф и четвертичные образования Арктики, субарктики и северо-запада России. Материалы ежегодной конференции по результатам экспедиционных исследований. СПб.: 2022. Том. 8. с. 73-81
- 2. *Кохан А.В., Мороз Е.А., Сухих Е.А., Денисова А.П.* Пингоподобные формы на дне Байдарацкой губы Карского моря // Сборник тезисов международной конференции «Инженерно-геокриологические исследования». г. Москва. 2022. с. 73-75
- 3. *Соловьев В.А., Гинсбург Г.Д.* Субмаринная криолитозона. Прогноз распространения // Атлас: геология и полезные ископаемые шельфов России. М.: 2004, ГИНРАН. С. 3-9
- 4. Judd A., Hovland M. Seabed Fluid Flow: The Impact on Geology, Biology and the Marine Environment. Cambridge University Press. 2007. 492 pp.

- 5. Kelley J.T., Dickson S.M., Belknap D. F., Barnhardt W.A., Henderson M. Giant sea-bed pockmarks: Evidence for gas escape from Belfast Bay, Maine // Geology. 1994. № 22. P. 59-62
- 6. Vorren T., Landvik J., Andreassen K., Laberg J. Glacial history of the Barents sea region // In Quarternary glaciations Extent and chronology. Volume 15 / Edited by Ehlers J., Gibbard P., Hughes P. Amsterdam: Elsevier Publ., 2011. p. 361-37