



**IX Международная научно-практическая конференция
«Морские исследования и образование»**

**IX International conference
«Marine Research and Education»**

MARESEDU-2020



**ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ / CONFERENCE
PROCEEDINGS
Том III (III) / Volume III (III)**

26-30 октября 2020 г.

УДК [551.46+574.5](063)

ББК 26.221я431+26.38я431+28.082.40я431

Т78

Труды IX Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2020)» Том III (III): [сборник]. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2020, 517 с.: ISBN 978-5-6045536-3-3.

Сборник «Труды IX Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2020)» представляет собой книгу тезисов докладов участников конференции, состоящую из трех томов. Сборник включает в себя главы, соответствующие основным секциям технической программы конференции: океанология, гидрология, морская геология, морская биология, геофизические исследования на акваториях, геофизика, рациональное природопользование и подводное культурное наследие.

Все тезисы представлены в редакции авторов.

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.

Мероприятия проведено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект №20-05-22025.

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», 2020
© ООО «ПолиПРЕСС»

СВЯЗЬ ВЕЛИЧИН РАДИОГЕННОЙ ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ С ПРОЯВЛЕНИЯМИ ДЕГАЗАЦИИ В ВОДНОЙ ТОЛЩЕ И ОСАДОЧНОМ ЧЕХЛЕ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВО-КАРСКОГО РЕГИОНА.

**Сухих Елена Александровна¹, Мороз Евгений Андреевич¹,
Абрамова Анастасия Сергеевна¹**

¹ Геологический институт РАН, Москва

Введение

Исследования акустических аномалий в водной толще и сейсмоакустических аномалий в разрезе четвертичных отложений в южной части Баренцево-Карского региона было проведено по материалам многолучевого эхолотирования и акустического профилирования, выполнявшегося Геологическим институтом РАН совместно с Московским государственным университетом (2011 г.) и Институтом океанологии РАН (2018-2019 гг.) в ходе 28-го, 38-го и 41-го рейсов НИС «Академик Николай Страхов». Проявления свободного газа являются дополнительным индикатором тектонической активности и каркаса разломной сети, по которой идет поступление флюидов из глубоких горизонтов. Связь величин радиогенной теплогенерации с формой и интенсивностью дегазационных проявлений можно предположить исходя из связи обоих явлений с тектонической активностью.

Данные и методы

По данным сонарной моды многолучевого эхолотирования акустическим комплексом RESON Seabat 8111 (мелководный эхолот) и 7150 (глубоководный эхолот), проводившегося в 28 (2011 г.), 38 (2018 г.) и 41 (2019 г.) рейсах НИС «Академик Николай Страхов», были исследованы проявления дегазации в водной толще. Верхняя часть осадочного чехла исследовалась по данным акустического профилирования непараметрическим профилографом EdgeTech 3300. При помощи программной среды RadExPro (Деко-Геофизика), которая позволяет осуществлять обработку сейсмических данных в формате SEG-Y, выполнена пикировка дегазационных событий (присвоение географических координат) и их описание (тип, размер, протяженность вдоль профиля, в случае множественных дегазационных проявлений), что позволило составить карту дегазационных событий для ряда районов Баренцева, Печорского и Карского морей и сопоставить проявления дегазации с имеющимися данным по распределению в верхнем слое донных осадков урана, тория и калия (U , Th , K), долгоживущие изотопы которых являются источником радиогенной теплогенерации в земной коре.

Осадочный материал отбирался в рейсах из грунтовых трубок и дночерпателей (рис. 1). Анализ величин концентрации U , Th , K выполнялся рентгенфлюоресцентным методом в лаборатории химико-аналитических исследований ГИН РАН.

Из полученных в результате анализа валовых концентраций U , Th , K , исходя из данных о распространенности изотопов элементов в природе [Jaupart and Mareschal, 2004], были вычислены концентрации основных теплогенерирующих изотопов ^{238}U (99,2745%), ^{232}Th (100%) и ^{40}K (0,0117%), на основании которых была рассчитана поверхностная радиогенная теплогенерация ($A_{пов}$).

$$A_{пов}(\text{мкВт/м}^3) = \rho(aU + bTh + cK)$$

где ρ — плотность породы, кг/м^3 (для морских осадков принималась плотность 1800 кг/м^3); a , b , c — теплогенерация изотопа на единицу массы ($a = 9,17 \cdot 10^{-5}$; $b = 2,56 \cdot 10^{-5}$; $c = 2,97 \cdot 10^{-5}$, Вт/кг) [Jaupart and Mareschal, 2004]. Количество определений (N) для

баренцевоморского сегмента района исследований составило 86, для Печорского моря — $N=41$, для Карского моря — $N=56$.

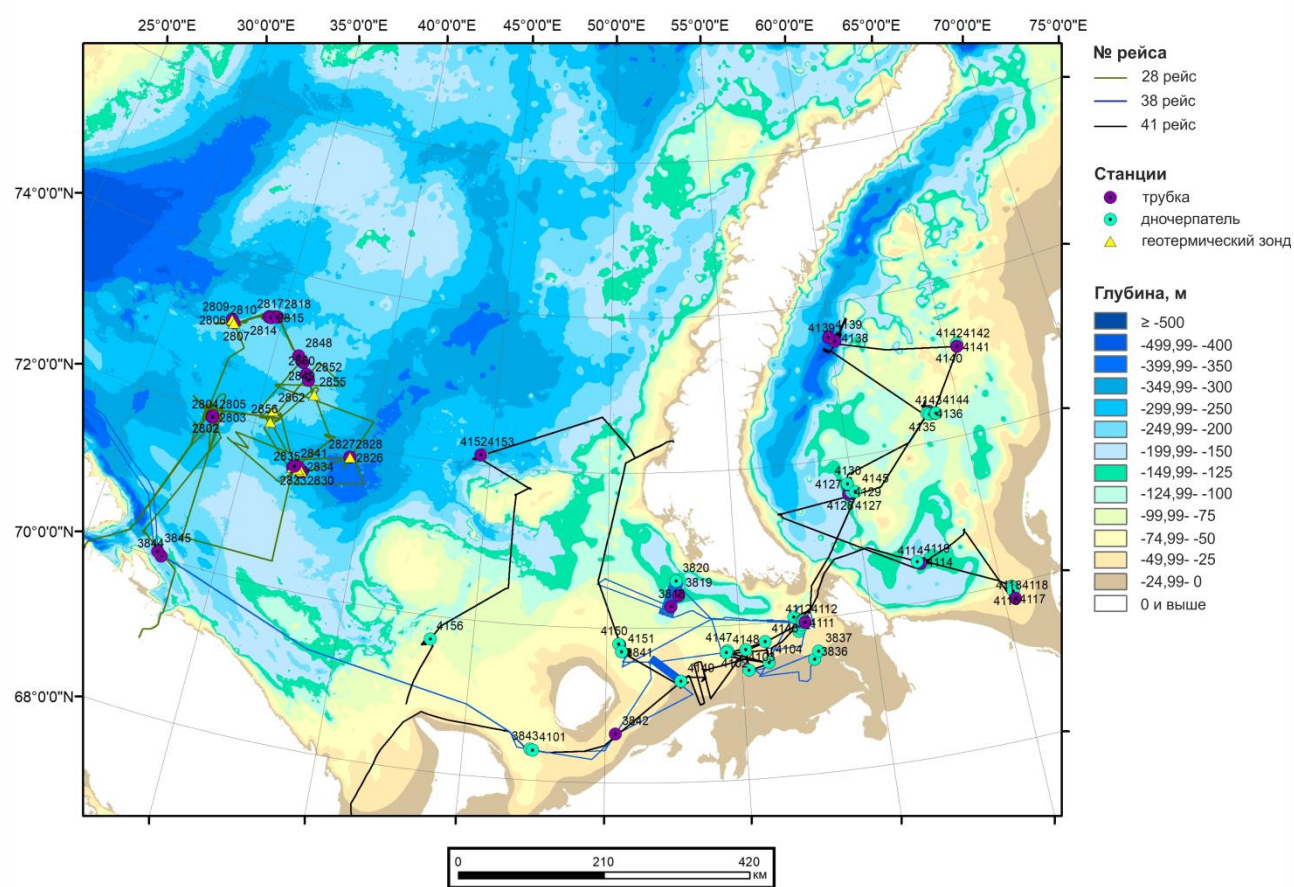


Рис 1. Карта маршрутов и станций опробования донных осадков в 28, 38 и 41 рейсах НИС «Академик Николай Страхов».

Результаты исследования

На сонограммах, полученных вдоль рейсовых маршрутов в южной части Баренцево-Карского региона, было выделено восемь типов акустических событий, интерпретируемых как дегазационные проявления, либо как, возможно, имеющие с ними связь. Первые четыре типа представляют собой струи газа/флюида различной интенсивности (1 — точечное проявление (рис. 2А), 2 — интенсивное точечное проявление (рис. 2Б), 3 — множественные дегазационные проявления (рис. 2В), 4 — интенсивные множественные дегазационные проявления (рис. 2Г)).

Следующие три типа характеризуют факелообразные структуры, которые могут как сопровождать струйные проявления, так и существовать самостоятельно, и отличаются по визуальному наличию/отсутствию на сонограмме связи структуры с дном (5 — бескорневые факелообразные звукорассеивающие объекты (ЗРО) (рис. 3А, объект 1), 6 — корневые факелообразные ЗРО (рис. 3А, объект 2), 7 — корневые и бескорневые факелообразные ЗРО (рис. 3А), когда одновременно наблюдаются объекты обоих типов). Также в отдельный тип выделено наличие в придонном горизонте акустически контрастных водных масс, что может и не иметь связи с дегазацией, однако указывает на отличные химические характеристики придонного слоя (8 — придонный слой с контрастными свойствами (рис. 3Б)).

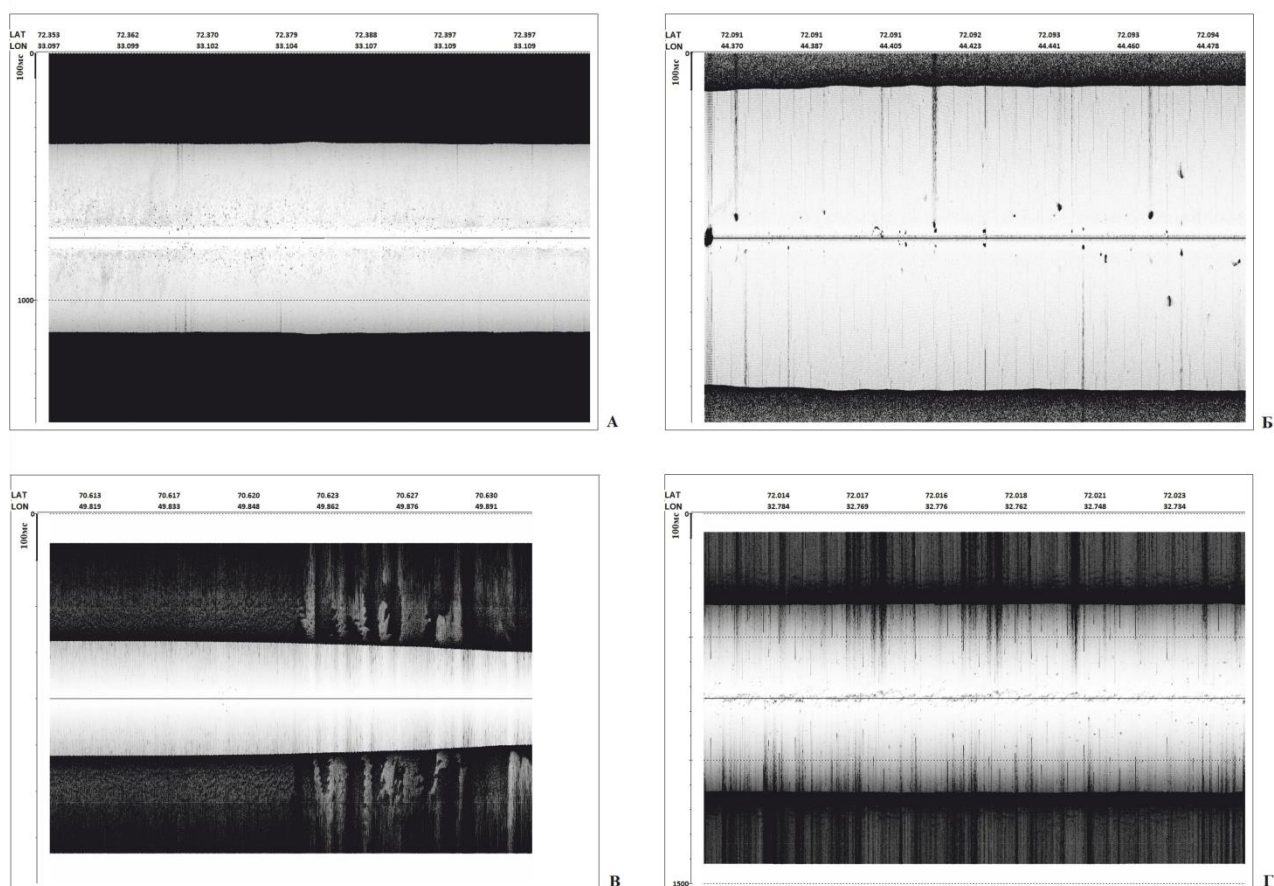


Рис. 2. Струйные проявления дегазации на сонограмме: А — точечные; Б — интенсивные точечные; В — множественные; Г — интенсивные множественные.

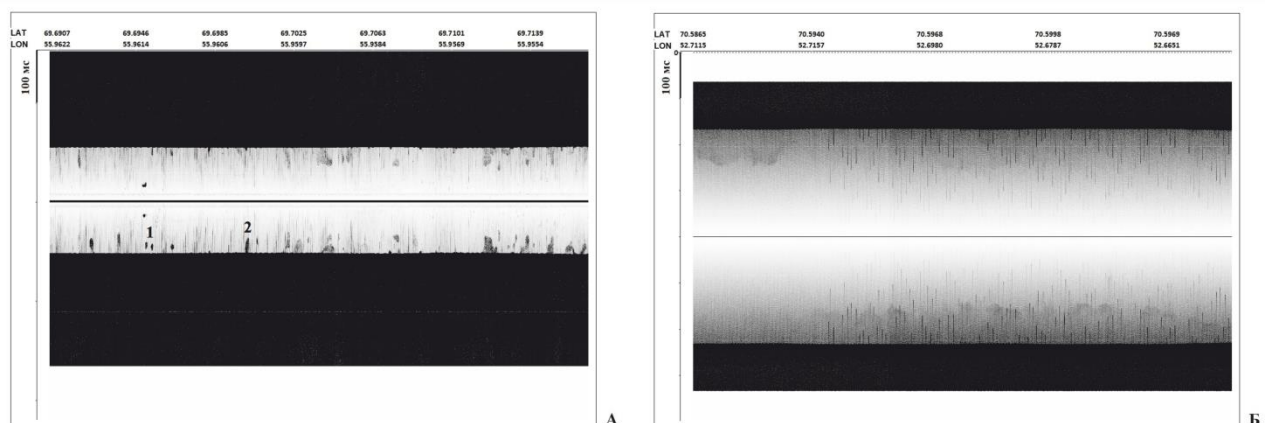


Рис. 3: А — факелообразные звукорассеивающие объекты: 1 — бескорневые, 2 — корневые; Б — придонный слой с контрастными свойствами.

Статистический анализ выполнялся для выборки, включающей в себя 183 определения концентраций U , Th , K , по которым были вычислены значения $A_{пов}$; рассмотренным типам акустических событий, соответствующим району станции пробоотбора (независимо от глубины пробоотбора), присваивался порядковый номер от 1 до 8. В случае отсутствия какого-либо типа ЗРО в водной толще (тип 0) исследовались газовые проявления в осадочном чехле.

Для выявления статистически значимых связей в программе STATISTICA был выбран коэффициент корреляции Спирмена, поскольку зависимые переменные (концентрации радиоактивных элементов, их соотношения и рассчитанные значения $A_{\text{пов}}$) являются количественными (интервальная шкала), а независимая переменная (тип ЗРО) определяется по порядковой (ранговой) шкале, основываясь на интенсивности дегазационных проявлений.

Чтобы выявить возможное воздействие регионального фактора, построены диаграммы рассеяния для исследуемых величин с учетом региональной принадлежности осадочного материала.

Заключение

Значимые связи с дегазационными проявлениями выявлены, как для концентраций радиоактивных элементов, так и для некоторых их соотношений (U/K , Th/K), а также для величин радиогенной теплогенерации. В местах пробоотбора в Баренцевом море не было зафиксировано ЗРО типа 5-8. Максимальные значения $A_{\text{пов}}$, а также концентрации U , Th , K в верхнем слое донных осадков Баренцева и Печорского морей соответствуют зонам с множественными струйными дегазационными проявлениями (типы 3 и 4). В донных осадках Карского моря концентрации U и Th в осадках с 5-8 типами ЗРО повышены, тогда как концентрации K , напротив, понижены. Кроме того, концентрации K в верхнем слое донных осадков Карского моря, в общем, ниже, чем в Печорском и Баренцевом морях, и не превышают 2 %. Величины U/K соотношения для типов 5 и 8 в группе осадков Карского моря максимальны, что говорит о связи генезиса данных типов ЗРО с дегазацией, либо с системами естественных трещин, наличием каверн [Fertl, 1979]. Максимумы значений $A_{\text{пов}}$ для донных осадков Карского моря соответствуют 5 и 8 типам ЗРО.

Работа поддержана грантами РФФИ № 18-35-20060 и 20-05-00054.

Благодарность

Авторы благодарят геологические отряды ИО РАН и МГУ за возможность работать с материалами донного опробования.

Список литературы

Fertl W.H. Gamma ray spectral data assists in complex formation evaluation // Log Analysts. – 1979. – Vol. 20, No. 5. – P. 3-37.

Jaupart C., Mareschal J.-C. Constraints on Crustal Heat Production from Heat Flow Data / Ed. R.L. Rudnick // Amsterdam: Elsevier Science Publishers. Treatise on Geochemistry. Vol. 3: The Crust. – 2004. – P. 65–84.