



XIII Международная научно-практическая конференция
«Морские исследования и образование»

XIII International conference
«Marine research and education»

MARESEDU-2024

**ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ
CONFERENCE PROCEEDINGS**

Том IV (IV) / Volume IV (IV)

28 октября - 01 ноября 2024 г.

г. Москва

www.maresedu.com



УДК [551.46+574.5](063)

ББК 26.221я431+26.38я431+28.082.40я431

T78

Труды XIII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2024)» Том IV (IV): [сборник]. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2025, 608 с.:

ISBN 978-5-6053295-3-4

ISBN 978-5-6053295-1-0 (том IV)

Сборник «Труды XIII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2024)» представляет собой книгу тезисов докладов участников конференции, состоящую из четырех томов. Сборник включает в себя главы, соответствующие основным секциям программы конференции: океанология, гидрология, морская геология, гидрографические и геофизические исследования на акваториях, морские ландшафты, морская биология, морские млекопитающие, рациональное природопользование, техника и технологии морских исследований, междисциплинарные региональные проекты, подводное культурное наследие и секция научно-популярных фильмов. Помимо основных секций на конференции были представлены круглые столы: к юбилею проекта Class@Baikal: «10 лет "Обучения-через-исследования" на Байкале», «Пластик водных сред», «Комплексные исследования современного состояния экосистем Черного и Азовского морей в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия», которые так же включены в сборник в виде соответствующих глав.

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.

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

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

© ООО «Центр морских
исследований МГУ имени М.В.
Ломоносова», 2025
© ООО «ПолиПРЕСС»

МИКРОМОРФОЛОГИЯ ОСАДКОВ АКУСТИЧЕСКИ ПРОЗРАЧНЫХ
КОМПЛЕКСОВ В ПРИНОВОЗЕМЕЛЬСКОМ РАЙОНЕ БАРЕНЦЕВО-КАРСКОГО
ШЕЛЬФА

MICROMORPHOLOGY OF SEDIMENTS OF ACOUSTIC TRANSPARENT COMPLEXES
IN THE PRINOVOZEMLSKY AREA OF THE BARENTS-KARA SHELF

**Сухих Елена Александровна¹, Денисова Анна Павловна¹, Ананьев Роман
Александрович², Росляков Александр Геннадьевич^{2,3}**

¹ *Геологический институт РАН, Москва*

² *Институт океанологии им. П. П. Шишова РАН, Москва*

³ *Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва*

**Sukhikh Elena Alexandrovna¹, Denisova Anna Pavlovna¹, Ananiev Roman
Alexandrovich², Roslyakov Alexander Gennadievich^{2,3}**

¹ *Geological Institute RAS, Moscow*

² *Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow*

³ *Lomonosov Moscow State University, Moscow*

Введение

По данным сейсмоакустических исследований, подтвержденных измерениями в скважинах инженерно-геологического бурения, на Баренцево-Карском шельфе были выделены два типа неоплейстоценовых диамиктоновых толщ, различающихся по характерной акустической структуре разреза на сейсмической записи: хаотический и акустически прозрачный [Крапивнер, 2009; Эпштейн и др., 2014; Гусев и др., 2012; Рокос и др. 2021]. Генезис явления акустической прозрачности, а также переуплотненного состояния диамиктоновых толщ в рамках ледниковой, морской, либо ледово-морской концепций интерпретируется по-разному, в зависимости от степени принятия исследователями присутствия на шельфе оледенений. По своим литологическим характеристикам диамиктоны схожи с так называемыми «мореноподобными суглинками» или «валунными глинами» низменных материковых равнин севера, поэтому в ряде публикаций диамиктоны могут обозначаться как мореноподобные отложения или тиллы [Рокос и др. 2021], однако эти понятия не являются тождественными, и заранее утверждать ледниковое происхождения диамиктона не корректно.

Между отечественными и зарубежными подходами к исследованию подледниковых осадков существует некоторая разница. Так, в первых, зачастую, под термином тилл понимается исключительно базальная морена (моногенетическая концепция). В ее основе лежит предположение, что «все базальные морены/тиллы сформированы активным ледником и сложены минеральным веществом, которое перенесено ледником и прямо из его подошвы отложено непосредственно на субстрат» [Эпштейн, 2017, с. 146]. В зарубежных исследованиях

выделяется достаточно широкий диапазон разновидностей тиллов, что связано с ведущими процессами и обстановкой накопления осадков, а также положением зоны осадконакопления относительно тела ледника. Так, наиболее часто выделяются: тилл накопления (lodgement till), тилл вытаивания (melt-out till), тилл сплывания (flow till), деформационный тилл (deforming till) [Dreimanis, 1990]. Следовательно, в полигенетической концепции важен не только факт попадания отложений из подошвы ледника на субстрат, но также путь осаждаемого материала и агент переноса. Однако процессы на границе ледниковая подошва - осадочные отложения представляют собой непрерывно действующую и изменяющуюся совокупность, включая накопление, вытаивание, перенос талой водой, скольжение и деформации. Эти процессы приводят к мобилизации, транспортировке и отложению осадков, и трудно дать точное генетическое определение конкретному моренному образованию [Evans et al., 2006].

По данным акустической съемки в 51-м рейсе НИС "Академик Борис Петров" (2022 г.) в верхней части осадочного разреза в приноземельской зоне Карского и Баренцева морей выявлены акустически прозрачные комплексы (АПК) осадков, практически не перекрытые голоценовыми отложениями. Поэтому в ходе пробоотбора были получены осадочные образцы, в микроморфологии которых могут проявиться особенности, характерные для субгляциальной или перигляционной зон осадконакопления.

Данные и методика

Гидроакустический комплекс был представлен многолучевым эхолотом SeaBat T50-ER с частотой сигнала 200 кГц и профилографом Parasound P70, низкочастотный режим работы которого (0.5–7 кГц) позволял получать данные по акустическому строению осадочной толщи, с проникновением сигнала в грунт до 150 м. Данные акустического профилирования дополнялись результатами непрерывного сейсмопрофилирования (НСП). Съемка методом НСП с частотой спектра излучаемого сигнала 300–400 Гц проводилась на аппаратуре «Геонтшельф». В качестве излучателя и приемника использовались спаркер ($W=600$ Дж) и одноканальная сейсмокоса (длина 25 м).

Для анализа литологических особенностей осадков АПК использовались материалы пробоотбора ударной грунтовой трубкой. Микроскопическое исследование структурно-текстурных особенностей в ненарушенных осадочных последовательностях выполнялось в петрографических шлифах.

На борту судна выполнялось измерение сопротивления осадков недреннированному сдвигу (прочность на сдвиг (ПНС), кПа) методом вращательного среза при помощи лабораторной микрокрыльчатки.

Результаты

В настоящее время продолжает накапливаться объем исследований по микроморфологии слабоконсолидированных осадков и, в частности, тиллов. Предметом микроморфологического анализа является взаимное расположения составных частей осадочной массы, к которым относятся обломочный материал алевритовой, песчаной и гравийно-галечной размерности, тонкодисперсное вещество, поровые и трещинные пространства, а также новообразования.

Проведение микроскопического анализа большого количества осадочного материала в петрографических шлифах привело к формированию базы микроморфологических проявлений, являющихся результатом различных деформаций [van der Meer, Menzies, 2011]. Выделяют микротекстуры, обусловленные хрупким, пластическим, смешанным типом деформации, характерные для алеврит-песчано-гравийной части осадка, а также оптически ориентированный глинистый матрикс (ООГМ), появление которого наблюдается в шлифе в поляризационном микроскопе и связано с переориентацией глинистых частиц в зоне сдвига относительно



результатирующего напряжения [Maltman, 1987]. Некоторые авторы считают ООГМ частью осадка, которая является наиболее чувствительным индикатором прошедших деформаций [Meer van der et al., 1993].

В западной части района исследований геоморфологический облик рельефа указывает на действие ледникового фактора. Описываются различные виды моренных гряд, мегамасштабная ледниковая штриховка, останцовые формы [Никифоров и др., 2021; Замотина и др., 2023; Денисова и др., 2023]. С учетом имеющейся базы микроморфологических проявлений деформаций, была проанализирована микроморфология осадков зон распространения АПК, слагающих ряд форм мезорельефа, предположительно, ледникового и водно-ледникового генезиса.

По своему гранулометрическому составу исследованные отложения АПК относятся к диамиктонам, которые в современной литологической классификации определяются как нелитифицированная терригенная порода смешанного (полиmodalного) гранулометрического состава, содержащая примесь грубообломочного материала. Для осадочных колонок АПК отличительной чертой являются повышенные прочностные характеристики донного осадка. Наиболее распространенной микроморфологической особенностью строения рассматриваемых отложений АПК являются турбаты (рис. 1).

Турбат (turbate/ rotational structure) описывается как расположение близких по размеру обломочных зерен по окружности таким образом, что длинные оси этих зерен образуют точку контакта (или почти соприкасаются) с соседним зерном. Встречаются два вида турбатов: когда зерна формируют кругообразный рисунок вокруг центрального зерна или ядра турбата, и когда центральная зона внутри кругообразного рисунка зерен свободна (безъядерный турбат) [Larsen et al., 2007]. В акустически прозрачных отложениях приноземельского района встречены преимущественно безъядерные турбаты.

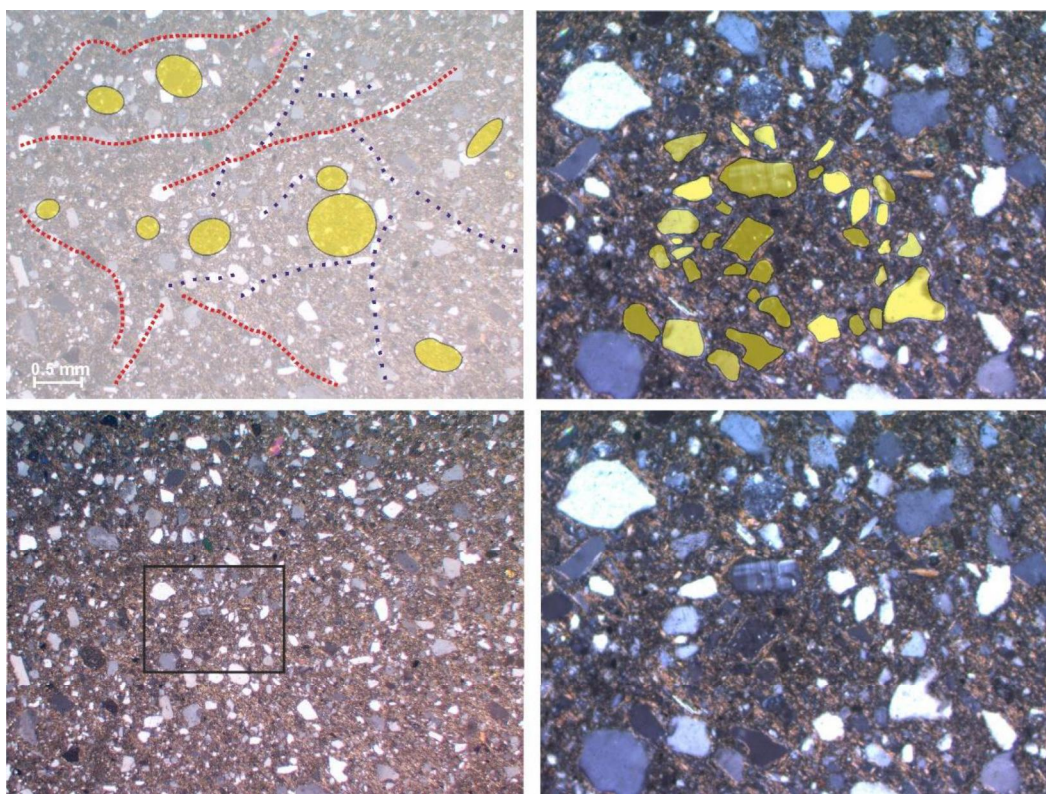


Рис.1: Пример наблюдаемых в осадке АПК деформаций типа: турбат (желтая окружность), «линейка» (красный пунктир), «мостик» (фиолетовый пунктир). На увеличенном фрагменте желтым выделены зерна, образующие турбат.

Необходимым условием формирования турбатов является наличие деформируемого слоя осадков, зажато между ледниковой подошвой и подстилающими отложениями, которые не вовлекаются в сдвиговые смещения [Larsen et al., 2007]. Также в процессе деформации участвуют поровые и талые воды, формируя пластичность среды [Phillips, 2006].

В образцах, полученных на северном склоне Северо-Сибирского порога и рассматриваемых в качестве примера, турбаты многочисленны. Можно отметить, что они распространены в нижней части разреза внутри определенных зон, которые ограничиваются линейно ориентированными последовательностями зерен. Среди линейных последовательностей выделяются два вида структур: «линейки» (grain lineation) и нагромождения (grain stacks) зерен, или «мостики».

«Линейки» зерен (рис. 1, красный пунктир) часто встречаются в ледниковых отложениях и являются маркером сдвиговой нагрузки. Они состоят более, чем из трех зерен, которые вращаются и выравниваются внутри сдвиговых зон таким образом, что длинная ось зерен параллельна направлению сдвига [Hiemstra, Rijdsdijk, 2003]. «Мостик» (рис. 1, фиолетовый пунктир) состоит как минимум из 5 зерен одинакового размера и развивается под углом к направлению сдвига [Larsen et al., 2007]. Иногда при контакте зерен друг с другом внутри «мостика» может наблюдаться их разрушение.

Профиль распределения напряжения в деформируемом осадке указывает на то, что турбаты формируются в пластичной среде под действием невысоких нагрузок. Тогда как для зон формирования «линеек» зерен характерен рост напряжения [Larsen et al., 2007]. Также можно предположить, что линейки маркируют границы зон с разной прочностью осадка на сдвиг.

Таким образом, можно проследить неравномерное распределение прочности осадка на сдвиг на микроуровне и отметить, что турбаты, также, как и «мостики», распространены в зонах с меньшей прочностью. Иногда данные зоны маркируются ярко выраженной оптической ориентировкой глинистого матрикса.

Выводы

По результатам исследования микроморфологии образцов, полученных в зонах распространения АПК в приновоземельском районе, выявлены различные виды деформационных проявлений, свидетельствующих о сдвиговых деформациях под воздействием нагрузки. Подобные пластические деформации становятся возможны при наличии, во-первых, нормально уплотненных и недоуплотненных осадочных отложений, а во-вторых, неравномерного распределения прочности осадка на сдвиг по разрезу. На границах зон с разной прочностью осадка на сдвиг возникают «линейки» зерен с ориентировкой длинных осей зерен параллельно направлению сдвига. Внутри менее уплотненных зон вдоль линеек образуются турбаты и «мостики». Проявлению данных деформаций способствует также характерный для диамиктона полимодальный состав осадка.

Финансирование (на усмотрение)

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания ГИН РАН № FMMG-2022-0001. Сбор и обработка сейсмоакустических данных выполнялись в рамках темы госзадания ИО РАН № FMWE-2021-005.

Список литературы:

1. Гусев Е.А., Костин Д.А., Рекант П.В. Проблема генезиса четвертичных образований Баренцево-Карского шельфа (по материалам Государственной



- геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000) // Отечественная геология. – 2012. – № 2. – С. 84–89.
2. Денисова А.П., Мороз Е.А., Еременко Е.А., и др. Признаки дегазации в области распространения ледникового и водно-ледникового рельефа в северо-восточной части Баренцевоморского шельфа // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. – 2022. – Вып. 9. – С. 78–86
 3. Замотина З.С., Хлебникова О.А., Терехина Я.Е. и др. Определение границы максимального распространения последнего оледенения по данным сейсмоакустики и многолучевого эхолотирования (юго-западная часть Карского моря) // Геофизика. – 2023. – № 2. – С. 29–39.
 4. Никифоров С.Л., Сорохтин Н.О., Ананьев Р.А. и др. Рельеф дна и строение верхней осадочной толщи западной части шельфа Карского моря в районе формирования нефтегазовых месторождений // Нефтяное хозяйство. – 2022. – №8. – С.46–50.
 5. Рокос С.И., Куликов С.Н., Скурихин В.А., Соколов П.В. Инженерно-геологическая интерпретация акустической структуры толщи диамиктонов шельфа Баренцева моря // Инженерная и рудная геофизика 2021. – Вып. 2021. – С. 1–11.
 6. Эпштейн О.Г., Длугач А.Г., Старовойтов А.В. Сейсмостратиграфия осадочного покрова как основа прогноза инженерно-геологических условий Баренцевоморского шельфа // Инженерная геология. – 2014. – № 5. – С. 30–41.
 7. Эпштейн О.Г. Базальные (основные) морены: проблема выделения, основы новой классификации // Литология и полезные ископаемые. – 2017. – № 2. – С. 145–168.
 8. Dreimanis, A. Formation, deposition, and identification of subglacial and supraglacial tills. // In: Kujansuu R., Saarnisto M. (Eds.) Glacial Indicator Tracing. Balkema, Rotterdam. – 1990. – P. 35–59.
 9. Evans, D.J.A., Phillips, E.R., Hiemstra, J.F. & Auton, C.A. Subglacial till: Formation, sedimentary characteristics and classification // Earth-Science Reviews. – 2006. – Vol. 78. – P. 115-176.
 10. Hiemstra J.F., Rijdsdijk K.F. Observing artificially induced strain: implications for subglacial deformation // Journal of Quaternary Science. – 2003. – Vol.18. – P. 373-383.
 11. Larsen, N.K., Piotrowski, J.A., & Menzies, J. Microstructural evidence of lowstrain, time-transgressive subglacial deformation // Journal of Quaternary Science. – 2007. – Vol. 22 (6). – P. 593-608.
 12. Maltman A.J. Shear zones in argillaceous sediments – an experimental study // Geological Society London Special Publications. – 1987. – Vol. 29 (1). – P. 77–87.
 13. Meer van der, J.J.M. Microscopic evidence of subglacial deformation // Quaternary Science Reviews. – 1993. – Vol. 12. – P. 553-587.
 14. Meer van der, J.J.M., Menzies J. The micromorphology of unconsolidated sediments // Sedimentary Geology. – 2011. – Vol. 238. – P. 213–232.
 15. Phillips E., Merritt J., Auton C. and Golledge N. Microstructures in subglacial and proglacial sediments; understanding faults, folds and fabrics, and the influence of water on the style of deformation // Quaternary Science Reviews. – 2007. – Vol. 26. – P. 1499–1528.