

УДК 549.903.55 (1)

ББК 26.323

Т 76

Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2025. Материалы LVI Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2025. 674 с.

ISBN 978-5-89118-899-0

DOI 10.34756/GEOS.2025.17.39149

Ответственный редактор

К.Е. Дегтярев

На 1-ой стр. обложки:

*Асимметричные складки в породах ордовика в зоне сочленения
Северо- и Центрально-Таймырского поясов (бассейн р. Грустная)
(фото Д.А. Саранулова, 2024 г.)*

© ГИН РАН, 2025

© Издательство ГЕОС, 2025

Палеодолинные комплексы как фактор флюидоразгрузки в западной части Карского шельфа

Дегазация является одним из значимых, но при этом достаточно малоизученных к настоящему времени, геологических процессов, участвующих в формировании рельефа и переформировании осадочных толщ шельфа Карского моря. Сложное сочетание истории развития региона, разломной сети, многолетнемерзлых пород и взаимодействие этих факторов во многом определяет приповерхностные проявления дегазации в осадочном чехле, рельефе и водной толще.

Исследования признаков дегазации в осадочном чехле, рельефе и водной толще проводились в ходе 41, 49, 52 и 56 рейсов НИС «Академик Николай Страхов», детальное изучение включало комплекс геофизических работ (многолучевая батиметрическая съемка, сейсмоакустическое профилирование). На четырех полигонах в западной части шельфа Карского моря были выявлены фрагменты палеодолинных комплексов, прорезающих поверхность морской равнины. Полигон № 1 расположен вблизи Ленинградского газоконденсатного месторождения, полигоны № 2, 3 и 4 приурочены к выявленным нефтегазоносным структурам Матусевича, Эдварда и Кропоткина соответственно [1]. Ширина долин изменяется от 1.5 км (на полигоне № 1) до 10 км (на полигоне № 3) при относительной глубине от 30 (на полигоне № 4) до 220 м (на полигоне № 2). Днища палеодолин неровные, представляют собой чередование субмеридианально вытянутых поднятий и ложбин. На бортах долин отмечаются фрагменты террасовидных полого-наклонных поверхностей, а также многочисленные рукава и сопутствующие им останцовые формы, свидетельствующие о меандрировании русел. Крутизна склонов в среднем не превышает 5–8°, однако на отдельных участках может достигать 25–30°. Кроме того, на склонах развиты оползневые процессы и отседание крупных блоков по системе трещиноватости, которую наследует эрозионная сеть.

На основе сейсмоакустических данных в верхней части разреза осадочного чехла на всех полигонах детального исследования выделяется две сейсмофации. В пределах днища и склонов палеодолин с поверхности вскрываются стратифицированные ритмичнослоистые осадки видимой мощностью до 20 м на полигонах № 3 и № 4, до 50 м – на полигоне № 1,

¹ Геологический институт РАН, Москва, Россия

до 85 м – на полигоне № 2. На склонах палеодолин данные осадки подстилаются акустически немой сейсмофацией с яркой неровной верхней границей, отложения, предположительно, находятся в мерзлом состоянии. В пределах морской равнины данная сейсмофация вскрывается с поверхности. На бортах палеодолин в осадках также отмечаются деформации как склонового, так и сбросового характера.

В пределах полигонов детального исследования на данных сейсмоакустического профилирования были выявлены многочисленные аномалии, свидетельствующие об активной дегазации. В осадочном чехле это аномалии типа «яркое пятно», «плоское пятно», а также вертикальные зоны потери когерентности сигнала. В водной толще были обнаружены факелообразные звукорассеивающие объекты. Важно отметить, что все эти аномалии приурочены к днищам и склонам палеодолин. Кроме того, о газонасыщенности осадков в пределах полигонов свидетельствуют их структурно-текстурные особенности, выявленные в пробах донных отложений [2].

Выявленные на полигонах палеодолины, вероятно, имеют тектоническую обусловленность. Для региона характерно широкое развитие разломных структур, образование которых происходило на этапе континентального рифтогенеза в пермско-триасовое время. В западной части Карского шельфа рифтогенные структуры проявляются в виде разветвленной сети грабенов проседания, ограниченных разломами сдвиговой и сбросовой кинематики. Однако, развитие разрывных нарушений не прослеживается в разрезах выше позднего мела, что обусловлено сложным механизмом рифтогенеза, который сочетает разрывные и пластичные деформации [3]. Кроме того, наличие водонасыщенных неконсолидированных осадков в верхней части разреза обуславливает тиксотропный характер деформаций и, следовательно, преобладание мелкой трещиноватости до глубин порядка 500 м от поверхности. На основании этого можно предположить, что положение обнаруженных палеодолин имеет более сложный рисунок и не всегда точно отображает положение грабенов, а в большей степени соответствует зонам повышенной трещиноватости. О тектонической предопределенности формирования этих долин также говорит специфика их поперечного профиля: на ряде участков крутизна склонов достигает 30° и более, что превышает углы естественного откоса в субаквальных обстановках, которые свойственны для склонов в долинах исключительно эрозионного происхождения, заложенных по рыхлым неконсолидированным отложениям [3]. Сложная, с многочисленными изломами конфигурация палеодолин в плане, отмеченная на полигоне № 1, также подтверждает их связь с тектоническими нарушениями и обусловлена значительной горизонтальной составляющей смещения блоков по разломам, характерной для западной части Карского шельфа [3, 4].

В кайнозойское время происходила реактивизация нарушений за счет неотектонической активности, а также чередование трансгрессивных и регрессивных этапов с активным протеканием флювиальных процессов. В позднем плейстоцене на субэаральном этапе развития исследуемой территории происходило формирование многолетнемерзлых пород [5]. В пределах полигонов фоновая поверхность, прорезаемая палеодолинами, имеет следы криогенной переработки, что отражается в мелкобугристом характере рельефа и наличии понижений термокарстового происхождения. Наличие субаквальной мерзлоты также оказывает значительное влияние на миграцию флюидов в верхней части разреза. В силу высоких флюидоупорных свойств мерзлых пород происходит фокусировка потока флюидов по таликовым зонам. На всех исследуемых полигонах подавляющее большинство акустических аномалий в водной толще и осадочном чехле сосредоточено вдоль днищ палеодолин или на их склонах. Это может быть обусловлено тем, что во время субэарального этапа развития днища долин были заняты либо водными потоками, либо представляли собой глубоко вдающиеся в сушу морские заливы (современная абсолютная глубина в днищах долин значительно превышает величину морской регрессии в период последнего оледенения и достигает 250–300 м), что определило наличие таликовых зон под долинами.

Интенсивность флюидоразгрузки на полигонах детального исследования находит свое отражение в рельефе в виде покмарок и пингоподобных поднятий, приуроченных к днищам и бортам палеодолин. Их образование, вероятно, связано с подпиткой потока флюидов от залегающих в непосредственной близости крупных нефтегазоносных структур в районах полигонов № 3 и № 4 [6]. Обнаруженное на плоском днище палеодолины полигона № 2 валообразное повышение также, вероятно, является проявлением дегазации в рельефе и может представлять собой последствия выдавливания осадков за счет подъема флюидов вверх по разрезу. Здесь же на сейсмоакустических профилях фрагментарно фиксируется расходящийся тип сейсмофаций (раздув мощности слоев).

Отмечается также активизация дегазации за счет воздействия экзогенных геоморфологических процессов, например, водной эрозии и склоновых смещений материала. Значительные объемы эрозионного среза могут приводить к снижениям пластовых давлений, а также вскрытию газонасыщенных залежей и разломов и последующему подъему флюидов. Это подтверждается наличием многочисленных звукорассеивающих объектов в водной толще на сейсмоакустических профилях в пределах склонов палеодолин на исследуемых полигонах.

Таким образом, значительное влияние на интенсивность дегазации в пределах западной части Карского шельфа оказывают тектоническое строение и распространение многолетнемерзлых пород. Палеодолинные

комплексы, заложение которых во многом обусловлено зонами повышенной трещиноватости пород и разломными зонами, являются путями флюидоразгрузки на исследуемой территории. Многолетнемерзлые породы приводят к фокусировке потока флюидов за счет высоких флюидоупорных свойств.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 22-77-10091 «Закономерности проявления дегазации на Баренцево-Карском шельфе и ее влияние на рельеф и донные отложения».

Литература

1. Смирнов О.А., Лукашов А.В., Недосекин А.С., Курчиков А.Р., Бородин В.Н. Отображение флюидодинамической модели формирования залежей углеводородов по данным сейсморазведки 2D, 3D на примере акватории Баренцева и Карского морей // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2019. № 1. С. 17–28.

2. Сухих Е.А., Чикирёв И.В., Ананьев Р.А., Мороз Е.А., Мутовкин А.Д., Сорохтин Н.О., Соколов С.Ю. Структурно-текстурные особенности верхнего слоя донных осадков юго-западной части Карского моря // Мониторинг. Наука и Технологии. 2024. № 1. С. 35–46.

3. Верба М.Л. Современное билатеральное растяжение земной коры в Баренцево-Карском регионе и его роль при оценке перспектив нефтегазоносности // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007. № 2. С. 1–37.

4. Сорохтин Н.О., Никифоров С.Л., Ананьев Р.А., Дмитриевский Н.Н., Мороз Е.А., Сухих Е.А., Козлов Н.Е., Чикирев И.В., Фриденберг А.И., Колубакин А.А. Геодинамика Арктического шельфа России и рельефообразующие процессы в Центральном-Карском бассейне // Океанология. 2022. № 4. С. 625–635.

5. Перлова Е.В., Микляева Е.С., Леонова С.А., Ткачёв Е.В., Ухова Ю.А. Газовые гидраты полуострова Ямал и прилегающего шельфа Карского моря как осложняющий фактор освоения региона // Вести газовой науки. 2017. № 3. С. 255–262.

6. Конторович В.А., Аюнова Д.В., Губин И.А., Калинин А.Ю., Калинина Л.М., Конторович А.Э., Малышев Н.А., Скворцов М.Б., Соловьев М.В., Сурикова Е.С. История тектонического развития Арктических территорий и акваторий Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции // Геология и геофизика. 2017. № 3-4. С. 423–444.