

Инженерно-геологические работы и связанные с ними геологические риски (в применении к нефтегазовой отрасли).



РОСНЕФТЬ



Севастополь, 30.07.2016г.

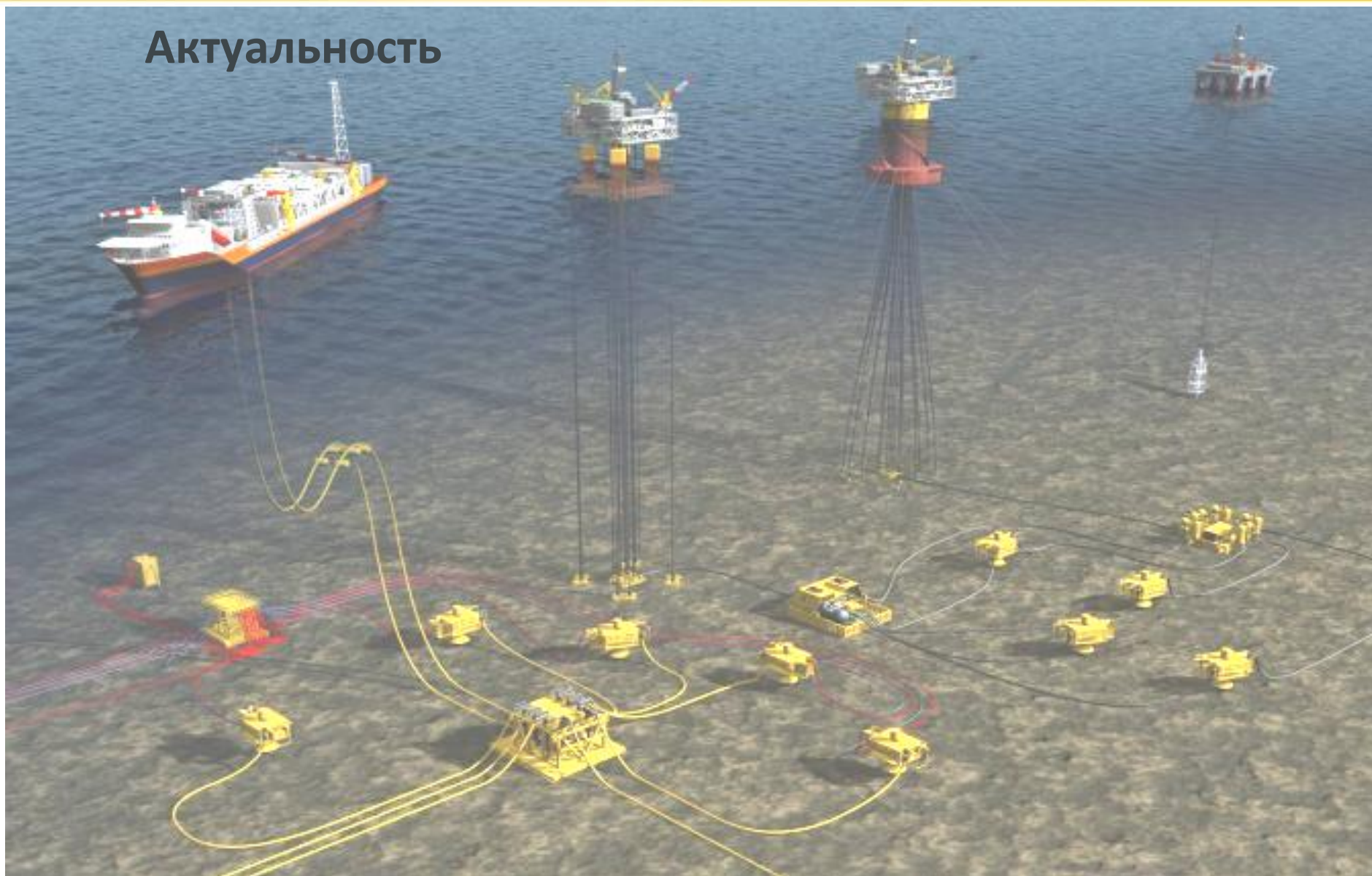


- 1) **Общая информация по инженерно-геологическим рискам. Классификация**
- 2) **Основные инженерно-геологические риски и опасности арктического региона**
- 3) **Примеры выявленных опасностей и подходы к их пространственному картированию**
- 4) **Подходы к выделению инженерно-геологических опасностей на основе 2D/3D сейсмических данных. Комплексование**

Инженерно-геологические работы и связанные с ними геологические риски (в применении к нефтегазовой отрасли).



Актуальность

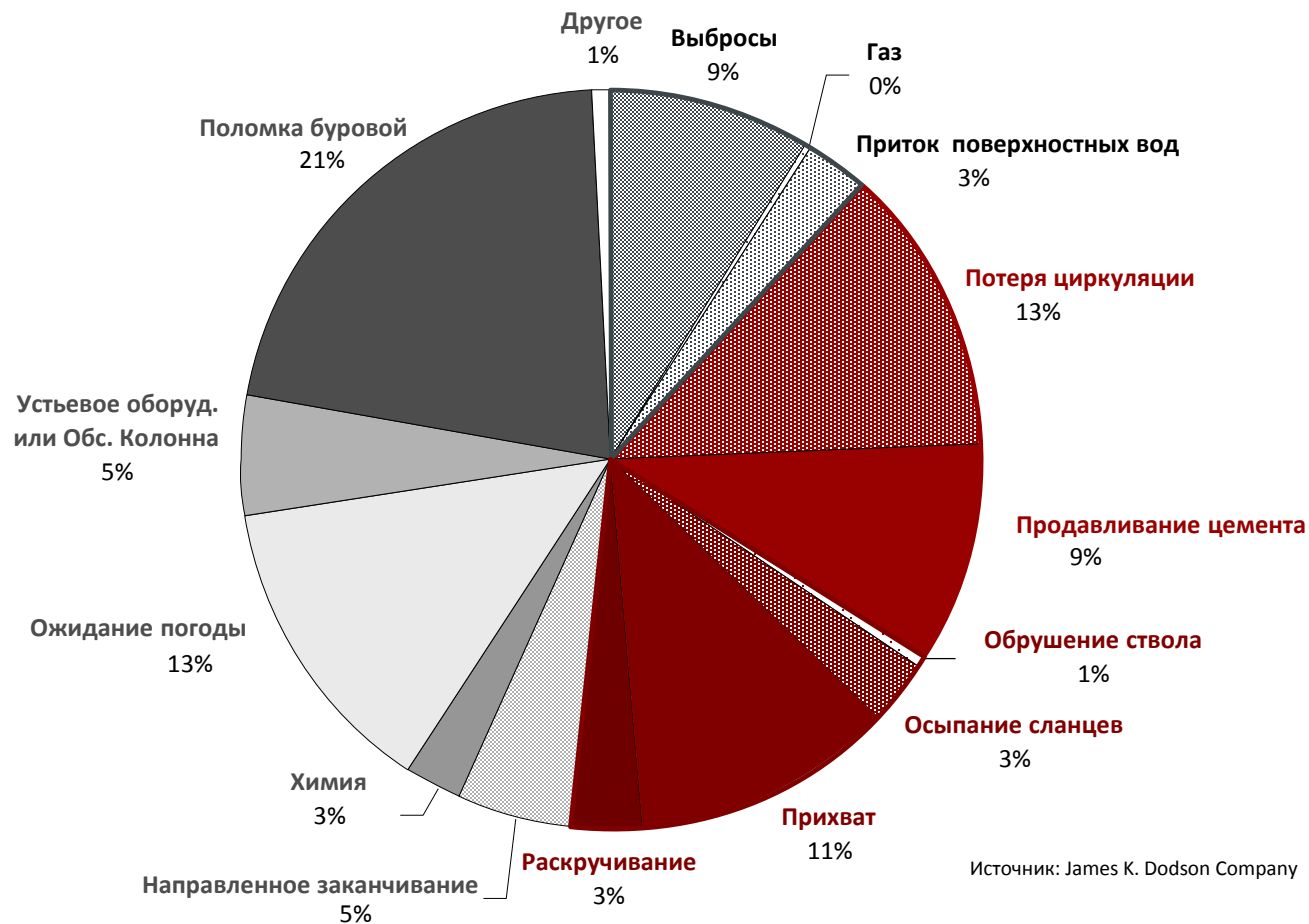


НПВ – Пример Мексиканского залива

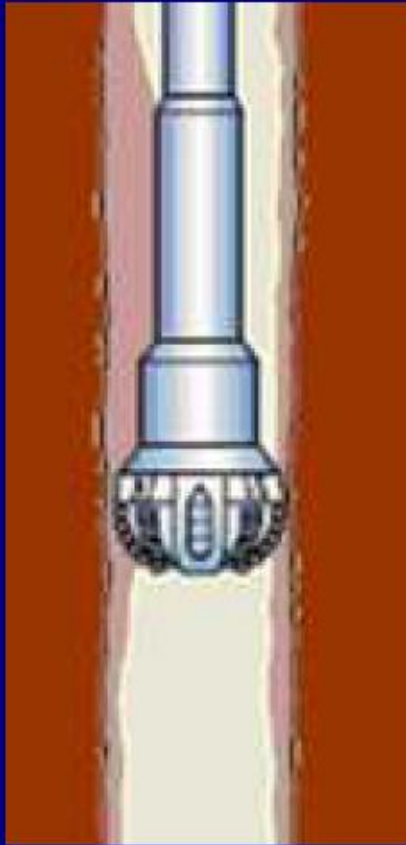


Аварии при бурении увеличивают продолжительность бурения на 16 – 24%

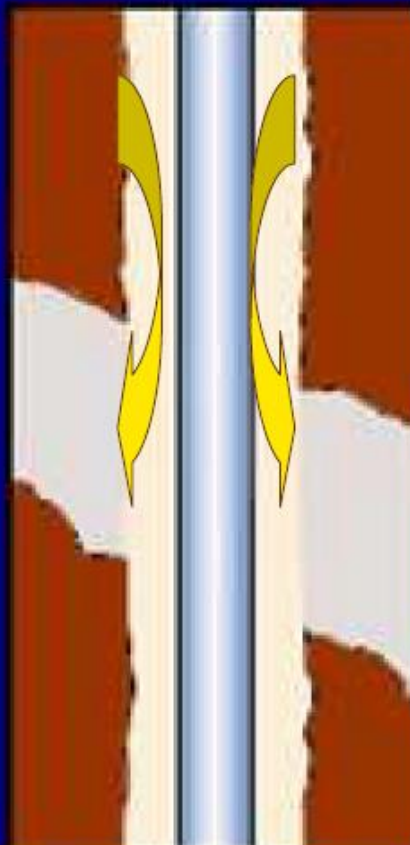
Скважины, пробуренные в 1993 – 2002; Глубина воды < 180 м



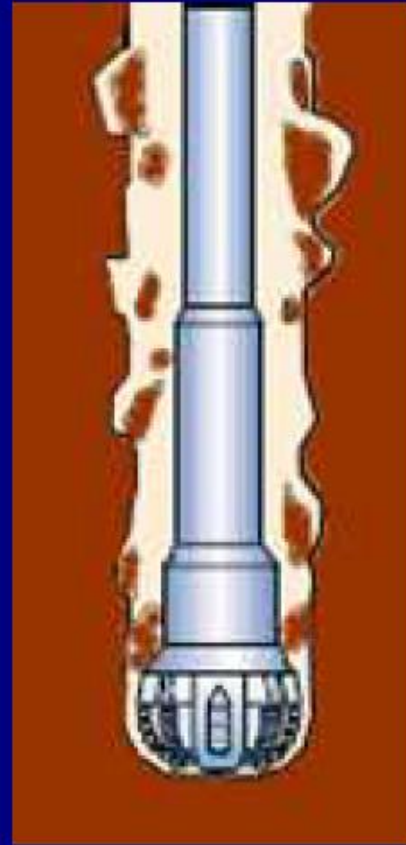
Типичные проблемы при бурении



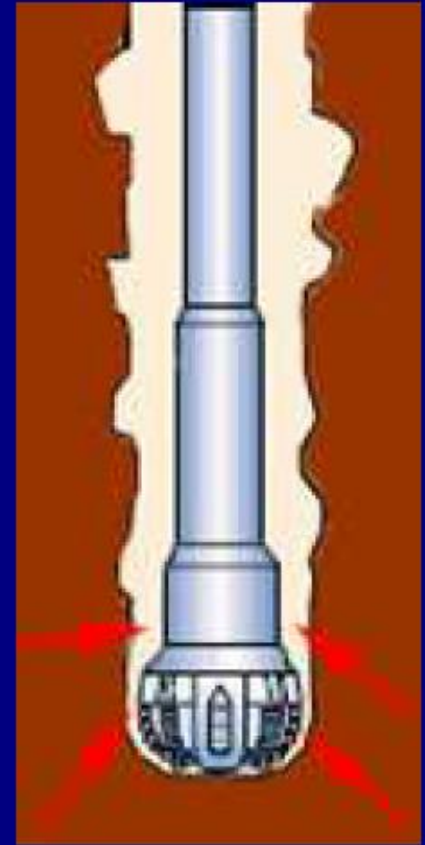
Дифференциальный
прихват



Потеря
Циркуляции БР

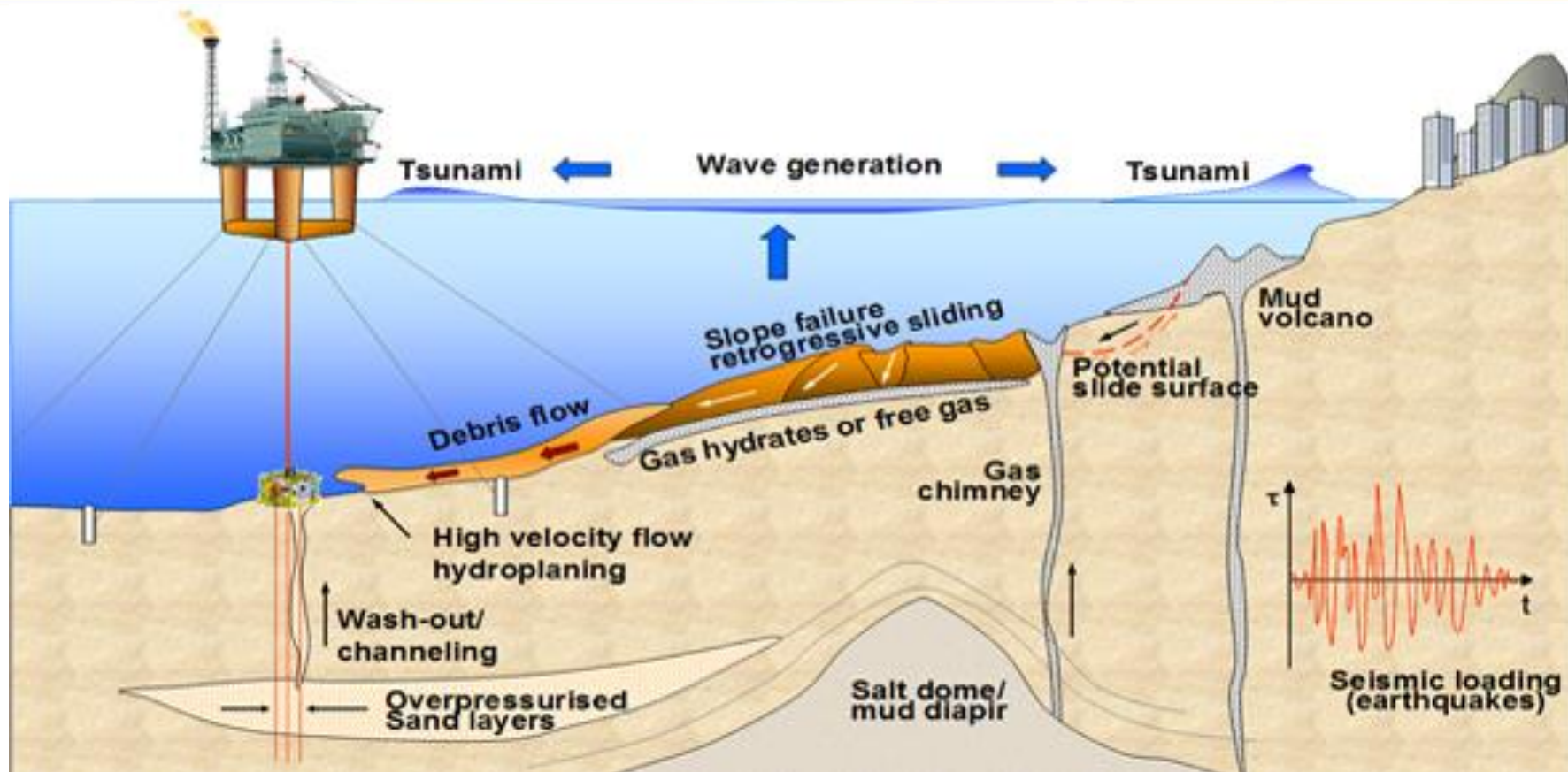


Обрушение
ствола



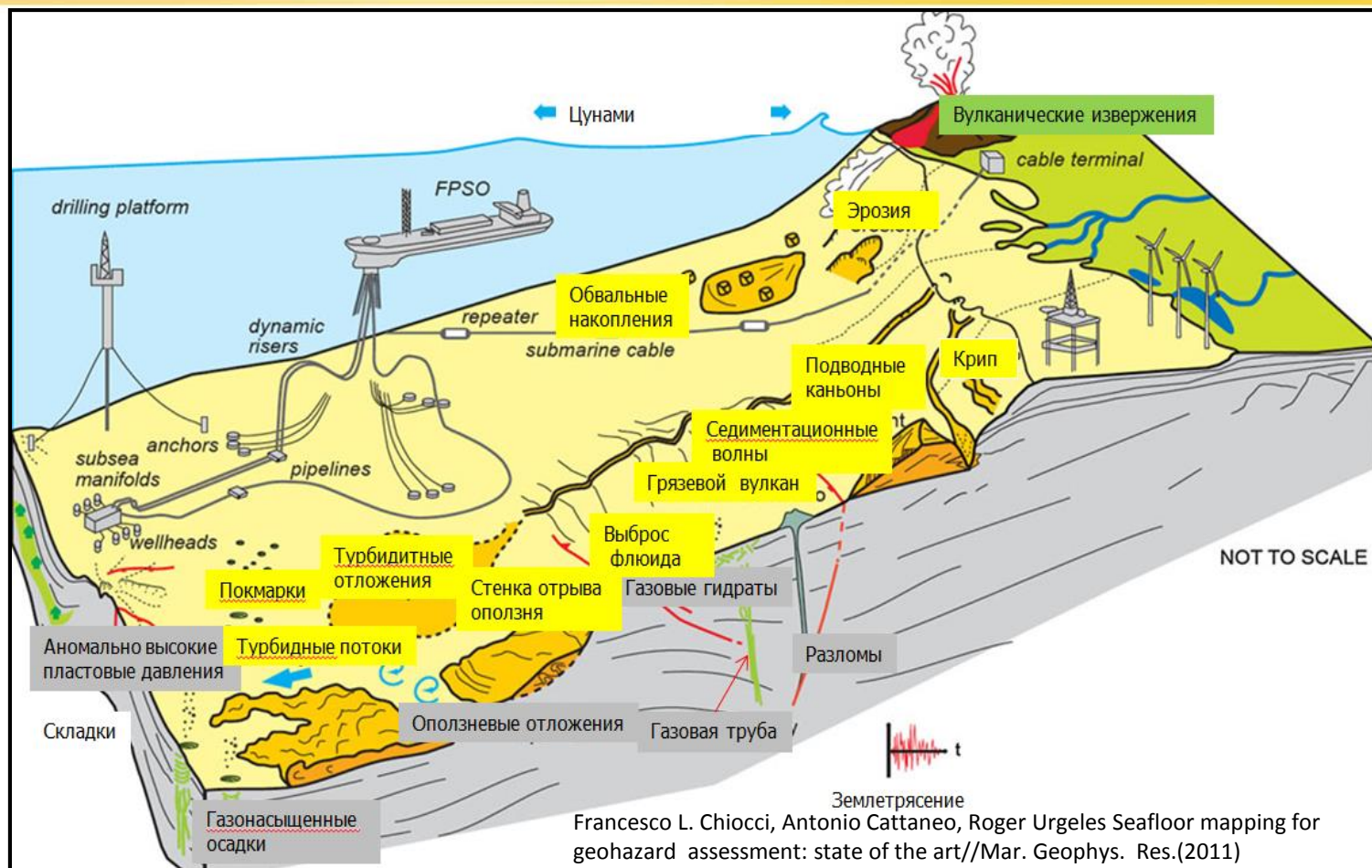
Выбросы пластовых
флюидов

Опасные геологические процессы и явления



(Vanneste, 2010)

Опасные геологические процессы и явления



Приповерхностный газ («shallow gas») - это свободный газ в нелитифицированных отложениях (Hovland M., Judd A. G., 1988)

Приповерхностный газ – скопления газа, которые находятся выше глубины установки башмака обсадной колонны (т. е. в той толще разреза, который проходят без установки противовыбросового преентора) (Graber, K.K., 2006). Часто интервал бурения, который проходят без обсадки и установки преентора составляет 100 и более метров.

Общая генетическая классификация морских природных опасностей



Процессы	Вид
Геологические	Землетрясения
	Магматический вулканизм
	Грязевой вулканизм
	Глиняный и соляной диапиризм
	Оползни
	Обвалы
	Гравитационные потоки
	Эрозия
	Разжижение пород
	Абразия
Гидрометеорологическое	Штормы, ветровые сгонно-нагонные явления
	Динамическое действие волн
	Морские течения
	Приливо-отливные явления
	Цунами
	Водяные смерчи
	Морские и материковые льды, (айсберги)

Процессы	Вид
Гляциогенные	Ледовая экзарация
Литодинамические	Миграция наносов
Гидрогеохимические	Субаквальная коррозия
	Сероводородное заражение
Гидрогеогенные	Карст Суффозия
Геокриологические	Термокарст Термоабразия Гидролакколиты
Газодинамические	Выброс газа из донных отложений
Биогенные	Обрастание морскими организмами ; Биоабразия Биокоррозия

Опасные геологические процессы и явления в Арктике



Инженерно-геологическая классификация опасных геологических процессов и явлений Арктического шельфа России. (Козлов, 2005).

Группа	Вид	Разновидность	Характер воздействия на инженерные сооружения
ЭНДОГЕННЫЕ, Связанные с глубинными Перемещениями горных пород	Землетрясения (быстрые перемещения Горных пород)	Выделяется По бальности	Повреждения Нефтегазопромысловых Сооружений, разрывы Трубопроводов, Деформации скважин
	Субвертикальные Движения земной коры (медленные перемещения Горных пород)	Выделяется по Абсолютным Значениям перемещений	Определяет интенсивность Абразии берегов
ЛИТОДИНАМИЧЕСКИЕ, Связанные с придонными Перемещениями грунтовых масс	Гидродинамические (связанные с движениями морских вод)	Размыв, аккумуляция	Разрушение грунтовых оснований, занос, заилиение
	Гравитационные (связанные со склоновыми Процессами):	Обвалы, оползни, Мутьевые потоки, обломочные потоки, крип – медленное сползание неконсолидированных осадков	Механические повреждения сооружений, разрушение оснований
ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ, Связанные с промерзанием или оттаиванием горных пород и воздействием плавучих льдов	Мерзлотные (связанные с промерзанием геосреды)	Образование многолетнемерзлых пород, сезонной мерзлоты, термокарст	Разрушение инженерных сооружений и грунтовых оснований
	Мерзлотные (связанные с оттаиванием геосреды)	Потеря устойчивости грунта, растекание, оползание	Разрушение инженерных сооружений и грунтовых оснований
	Экзарационные (воздействие плавучих льдов)	Торошение, выпахивание	Разрушение линейных инженерных сооружений и их оснований
ФИЗИКО_ХИМИЧЕСКИЕ и БИОХИМИЧЕСКИЕ, связанные с содержанием газов и биогенных веществ	Выделение и миграция свободного газа	Деградация газогидратов, просачивание из газоносных толщ, газовые фонтаны, связанные с подводными вулканами , включая грязевые вулканы. Возникновение зон аномально высокого порового (пластового)давления -АВПД	Повреждение нефтегазопромысловых сооружений, скважин, разупрочнение оснований

Аварии и инциденты на морских буровых установках, произошедшие за последние 13 лет



(по М. Мосесян, ЛУКОЙЛ Оверсиз Норд Шелф АС, М. Мухорямов, ЛУКОЙЛ Оверсиз Сервис Б.В. с дополнениями)

№№	Год	Название буровой установки	Тип*	Регион, описание аварии
1	2001	EnSCO 51	СПБУ	Газовый фонтан и пожар, Мексиканский залив
2	2001	P-36	ППБУ	Взрыв, шельф Бразилии
3	2002	Arabdrill	СПБУ	Разрушение несущих конструкций, фонтан, пожар, буровая затонула, шельф Саудовской Аравии
4	2004	Adriatic IV	СПБУ	Фонтан и пожар, Средиземное море
5	2004	Snorre A	БУЯК	Утечка газа, шельф Норвегии
6	2005	Mumbai High North	Платформа	Пожар, шельф Индии
7	2007	Usumacinta	СПБУ	БУ сорвало штормом, фонтан, Мексиканский залив
8	2009	West Atlas	СПБУ	Фонтан и пожар, шельф Австралии
9	2009	Gullfaks	Платформа	Управляемый подземный фонтан, шельф Норвегии
10	2010	Gullfaks	Платформа	Утечка газа за обсадной колонной, шельф Норвегии
11	2010	Deepwater Horizon	ППБУ	Фонтан и пожар на буровой, подводный фонтан, Мексиканский залив
12	2010	Vermilion 380	Платформа	Неуправляемый фонтан и пожар, Мексиканский залив
13	2012	Elgin/ Franklin	Платформа	Утечка газа, Британский сектор Северного моря
14	2012	KS Endeavour	СПБУ	Фонтан и пожар с последующим разрушением буровой, шельф Нигерии
15	2013	Walter Well	СПБУ	Выброс флюидов из «газового кармана», пожар, Мексиканский залив

* СПБУ – самоподъемная буровая установка; ППБУ – полупогружная буровая установка; БУЯК – буровая установка (морское основание) с натяжным якорным креплением (TLR).

«Природными факторами, прямо или косвенно вызвавшими катастрофу и усложнившими ликвидацию ее последствий, послужили наличие в залежи аномально-высоких пластовых давлений (АВПД) и образование газогидратов вблизи глубоководного дна» (Богоявленский, 2013)



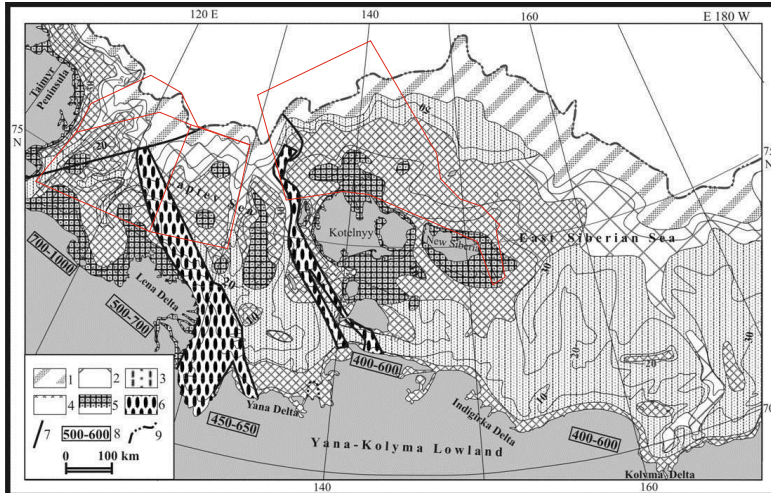
К числу потенциально опасных процессов и явлений, исходя из оценки природных условий Арктики, относятся следующие:

- наличие многолетнемерзлых пород;
- наличие газонасыщенных осадков и приповерхностных интервалов с аномально-высоким пластовым давлением (АВПД);
- перенос осадков и размыв дна, ледовое выпахивание;
- сейсмичность района работ.

Опасные геологические процессы и явления в Арктике

Наличие многолетнемерзлых пород

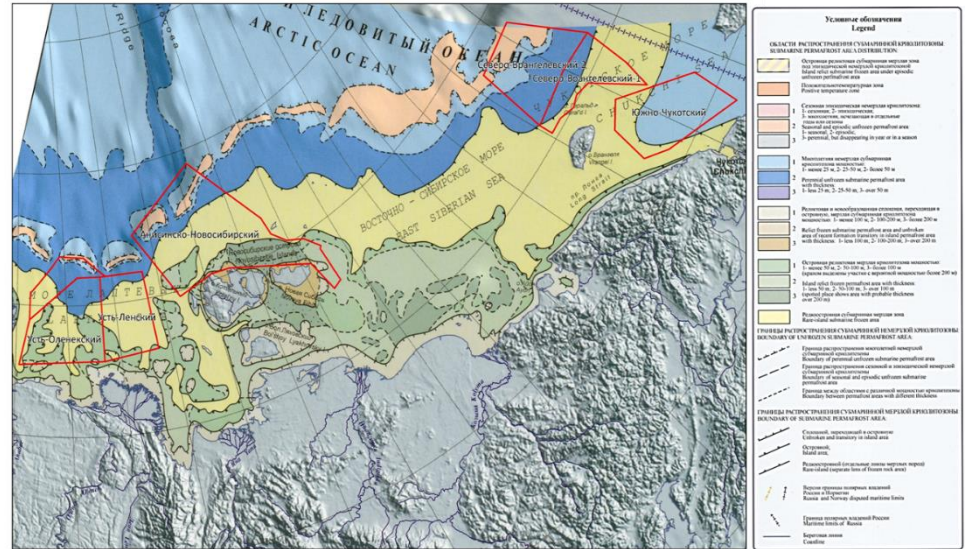
Модель распространения мерзлых пород на шельфе морей Лаптевых и Восточно- Сибирского (моделирование при геотермальном тепловом потоке- 45 mW/m²) [Hubberten H.-W., Romanovskii N.N., 2003]



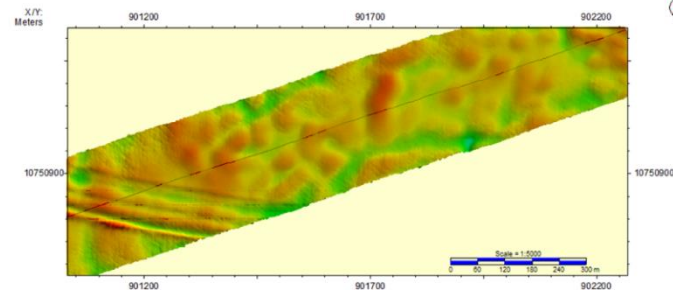
- Мощность мерзлых толщ (м): 1- прерывистая, ≤100; непрерывная: 2- 100-200, 3- 200- 300; 300-400; 5- 400-600; 6- 100-600 в рифтах с открытыми таликами; 7- сквозные талики по крупным тектоническим разломам (предполагаемые)



Карта распространения субмаринной криолитозоны Восточно- Арктических морей России (Соловьев, Телепнев, 2004).



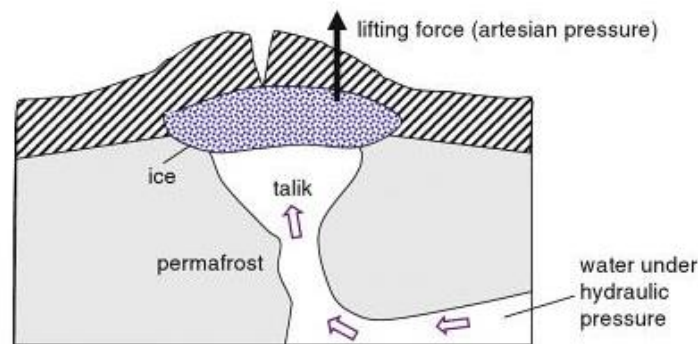
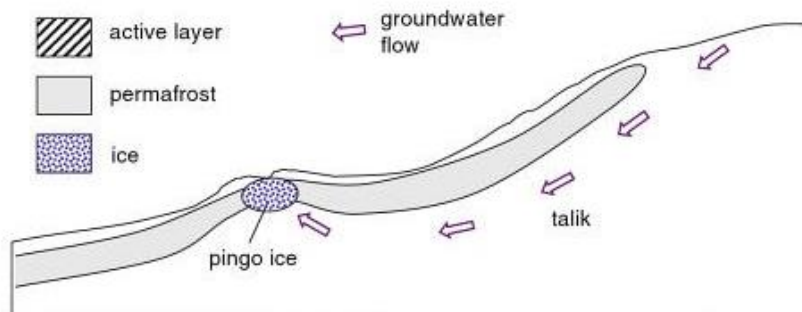
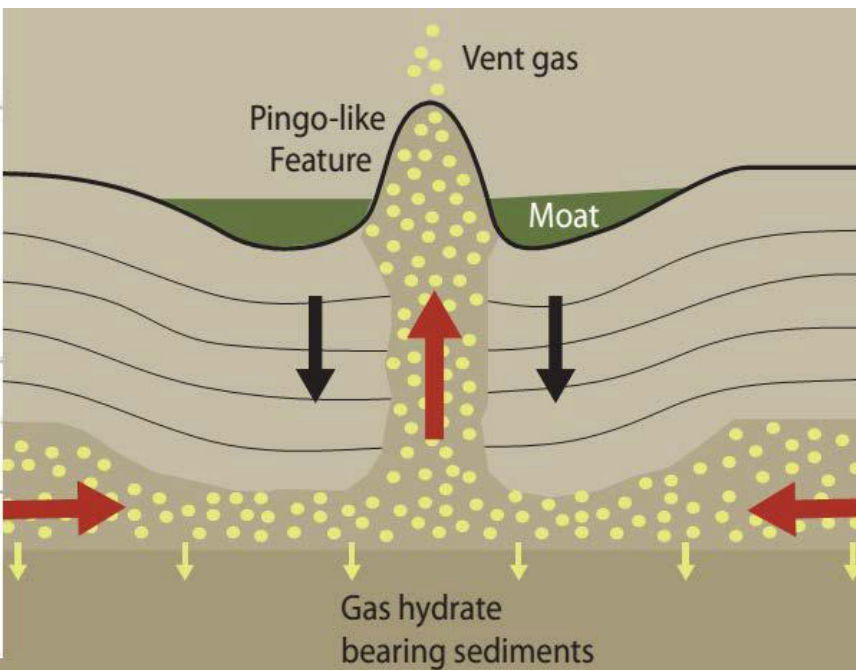
- Карта распространения субмаринной криолитозоны Восточно- Арктических морей России (Соловьев, Телепнев, 2004).



Опасные геологические процессы и явления в Арктике



Наличие многолетнемерзлых пород

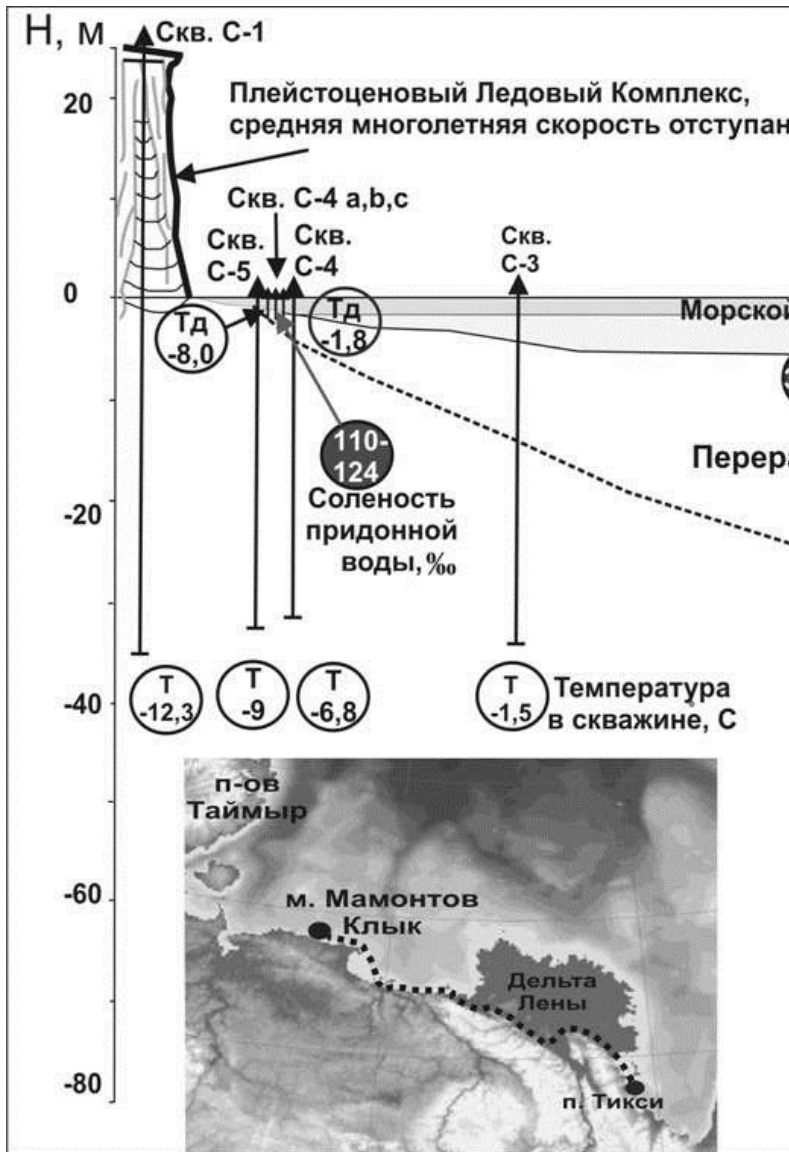


Концептуальные модели образования пинго в субмаринной обстановке. В ходе деструкции под мерзлотных гидратов и вспучивания газосодержащих отложений за счет АВПД, создаваемых выделившимся газом

Опасные геологические процессы и явления в Арктике

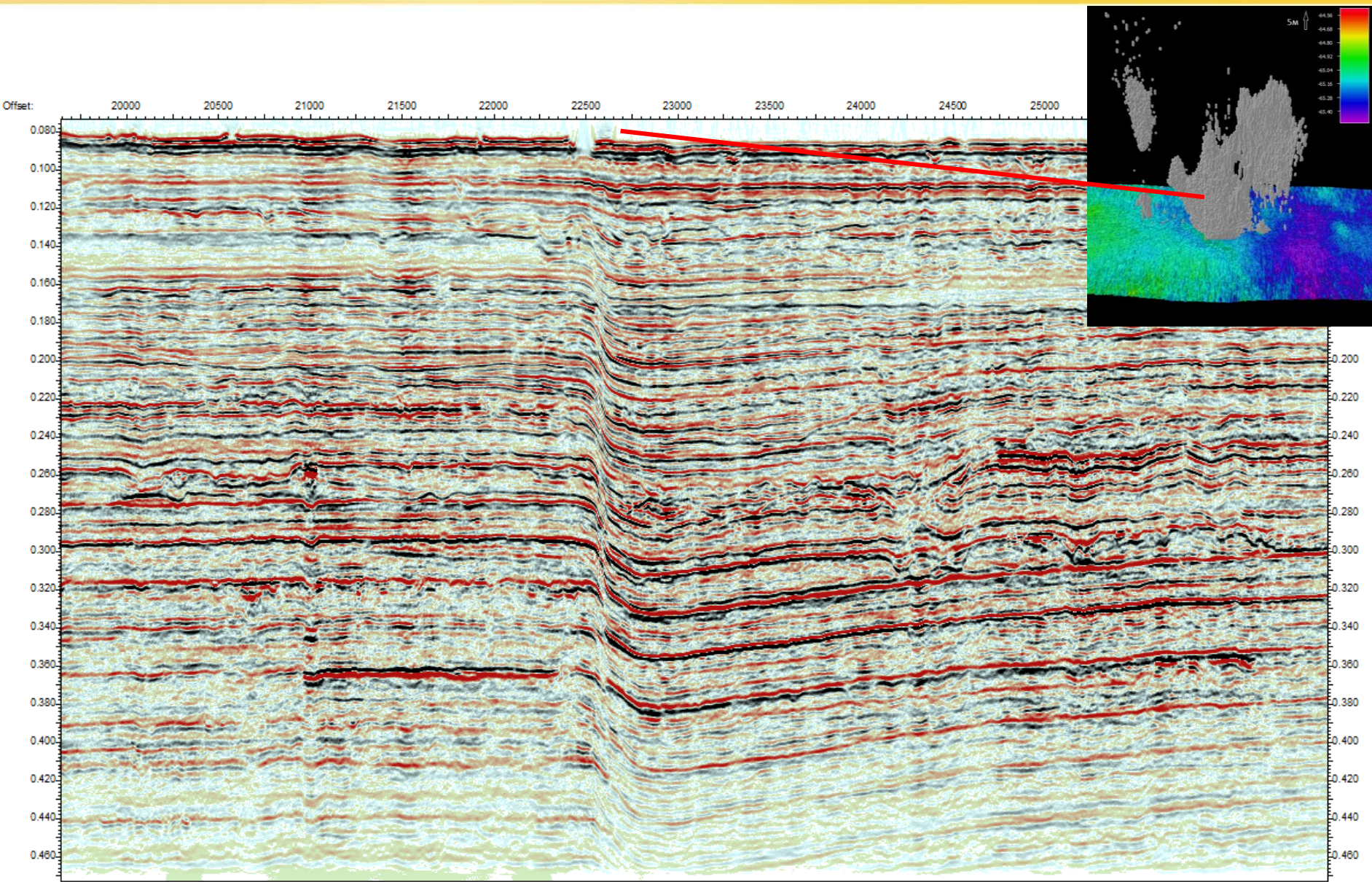


Наличие многолетнемерзлых пород



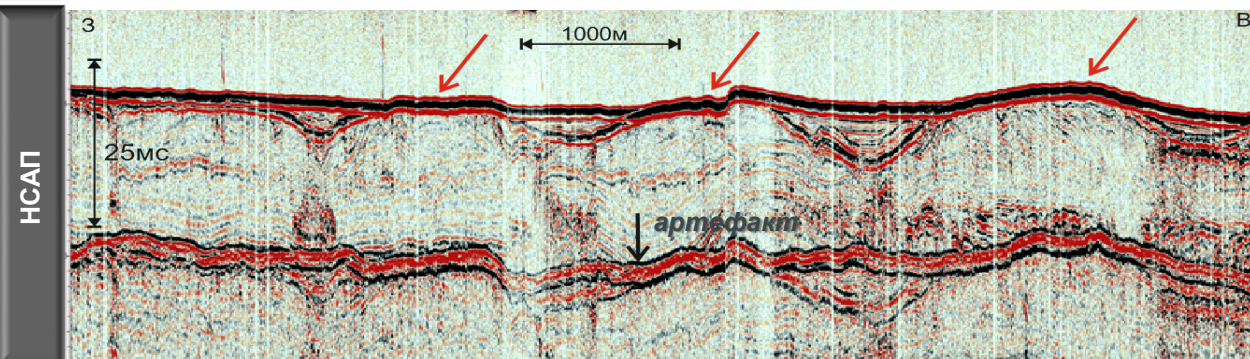
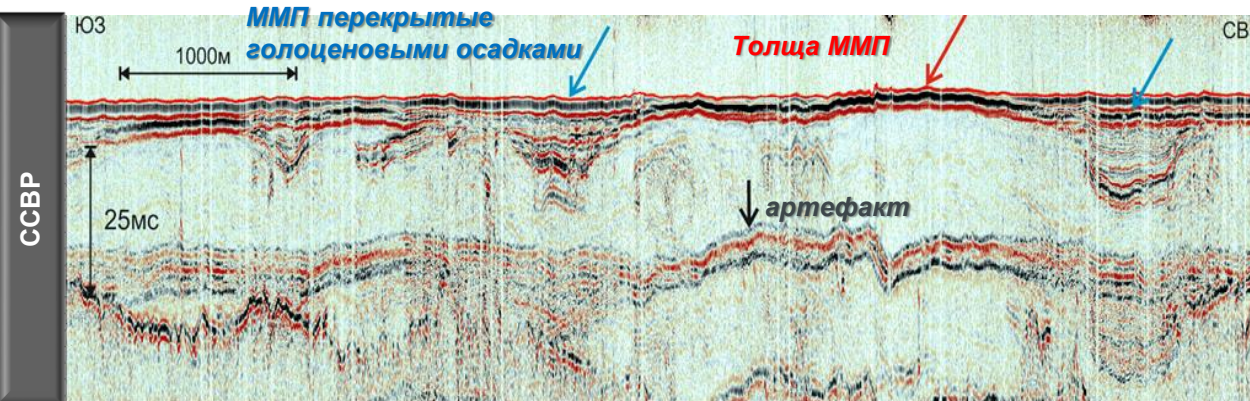
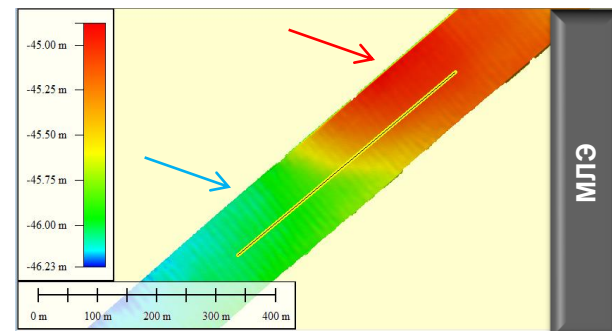
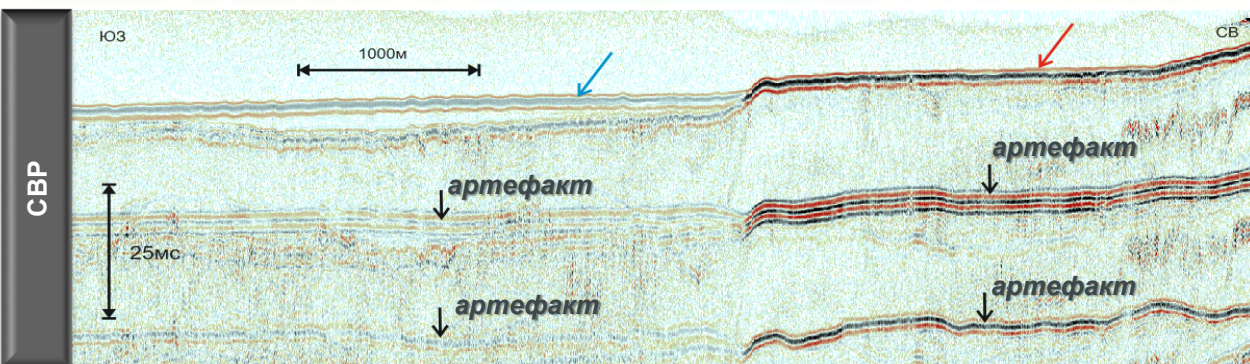
Опасные геологические процессы и явления в Арктике

Наличие многолетнемерзлых пород



Опасные геологические процессы и явления в Арктике

Области распространения многолетнемерзлых грунтов (ММП)



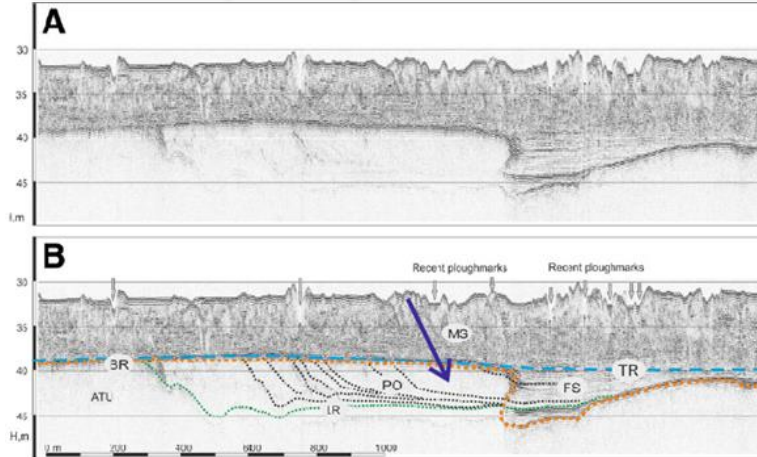
- Толща ММП характеризуется в волновом поле резким возрастанием амплитуд донного отражения и проявляется на нижних горизонтах в виде артефактов. Непосредственно под толщей ММП качество сейсмической записи ухудшается. Учет ММП при обработке может значительно повысить качество обработки.

- Толща ММП может являться надежной крышкой для миграции УВ, поэтому картирование области распространения ММП по площади является важной задачей.

Опасные геологические процессы и явления в Арктике

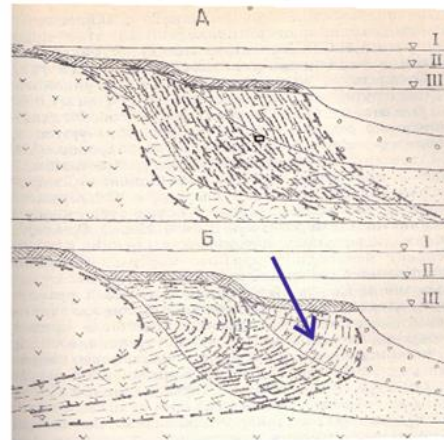
Области распространения многолетнемерзлых грунтов (ММП)

Профиль НСАП в предположительной зоне «мерзлого карниза» «Parasound»



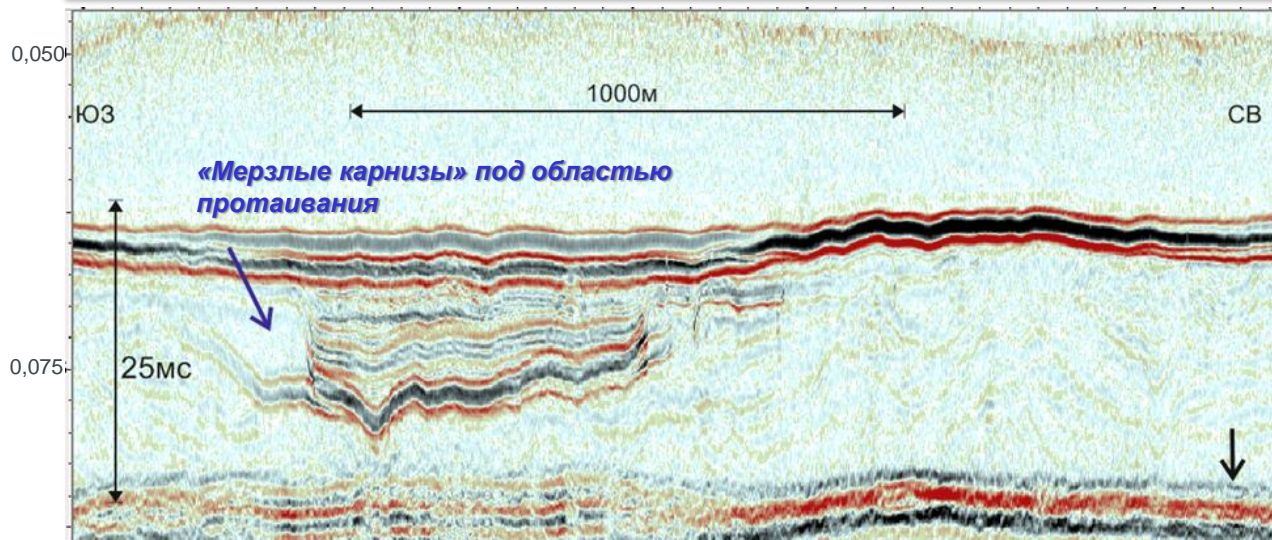
По материалам P. Rekant et al, 2015

Схема образования «мерзлого карниза»



По материалам Н.Н. Романовского, 1993

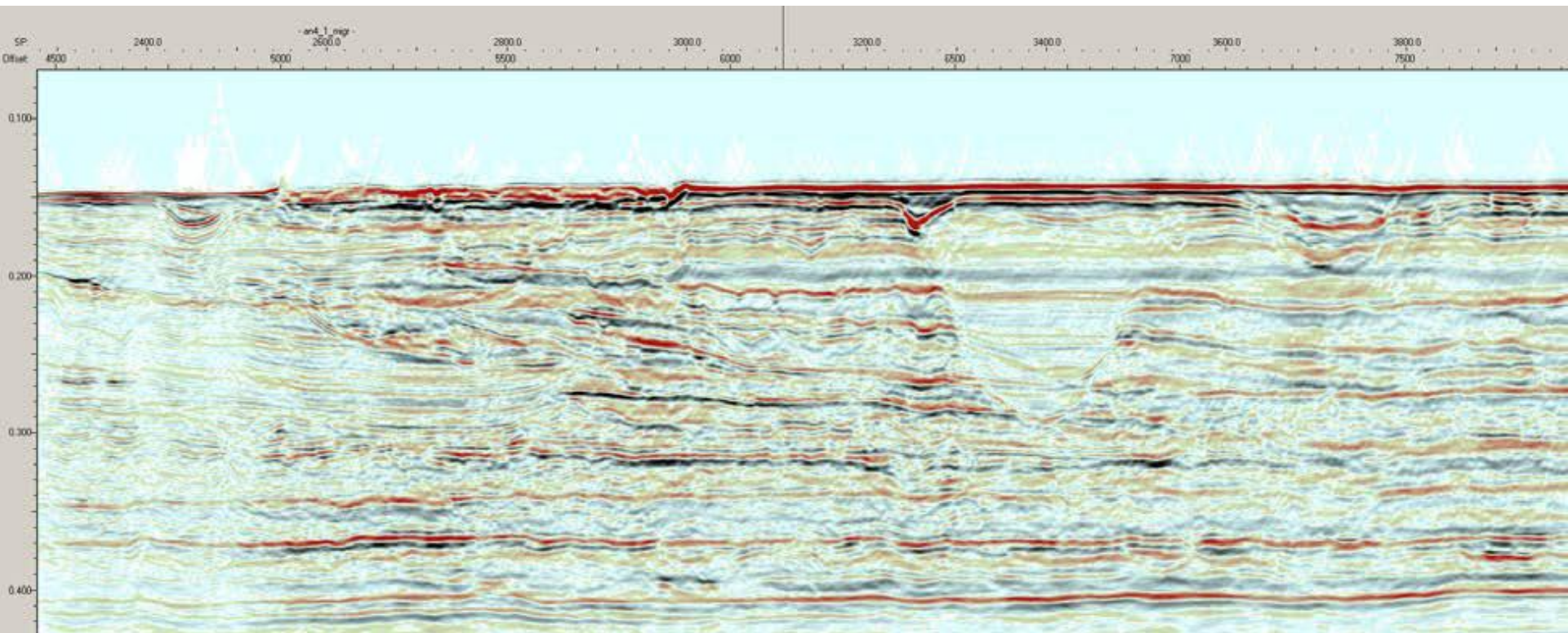
Фрагмент временного разреза ССВР, демонстрирующий протаивание толщи ММП



- Протаивание ММП – «мерзлый карниз» осложняет структуру комплексов заполнения термокарстовых впадин и подозерных ледников.
- Процессы протаивания ММП сопровождаются высвобождением биогенного газа, поэтому в данных зонах как правило фиксируются газопроявления.
- В случае подходящего к зоне протаивания ММП разлома газовые аномалии могут быть связаны с глубинными газами. Наличие подобных аномалий косвенно указывает на нарушенность и низкое качество пород-покрышек.

Опасные геологические процессы и явления в Арктике

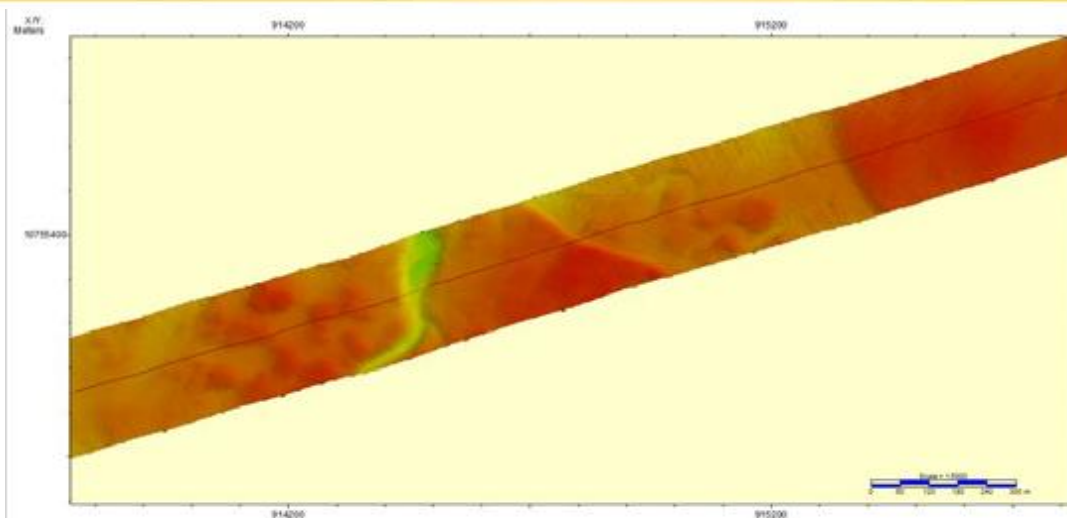
Области распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГТ)



Предположительно криогенная структура (овал), имеющая сходство с эрозионным врезом. Видно, что отражающие границы непрерывно прослеживаются сквозь псевдо-врез (ось синфазности на времени 200мс является артефактом).

Опасные геологические процессы и явления в Арктике

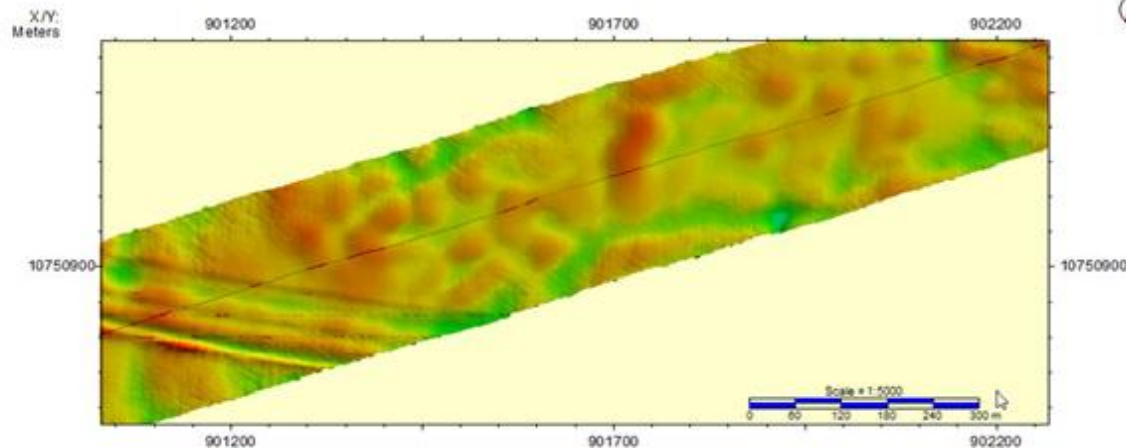
Области распространения многолетнемерзлых грунтов (ММП)



Зона возможного проседания в результате протайки многолетнемерзлых пород

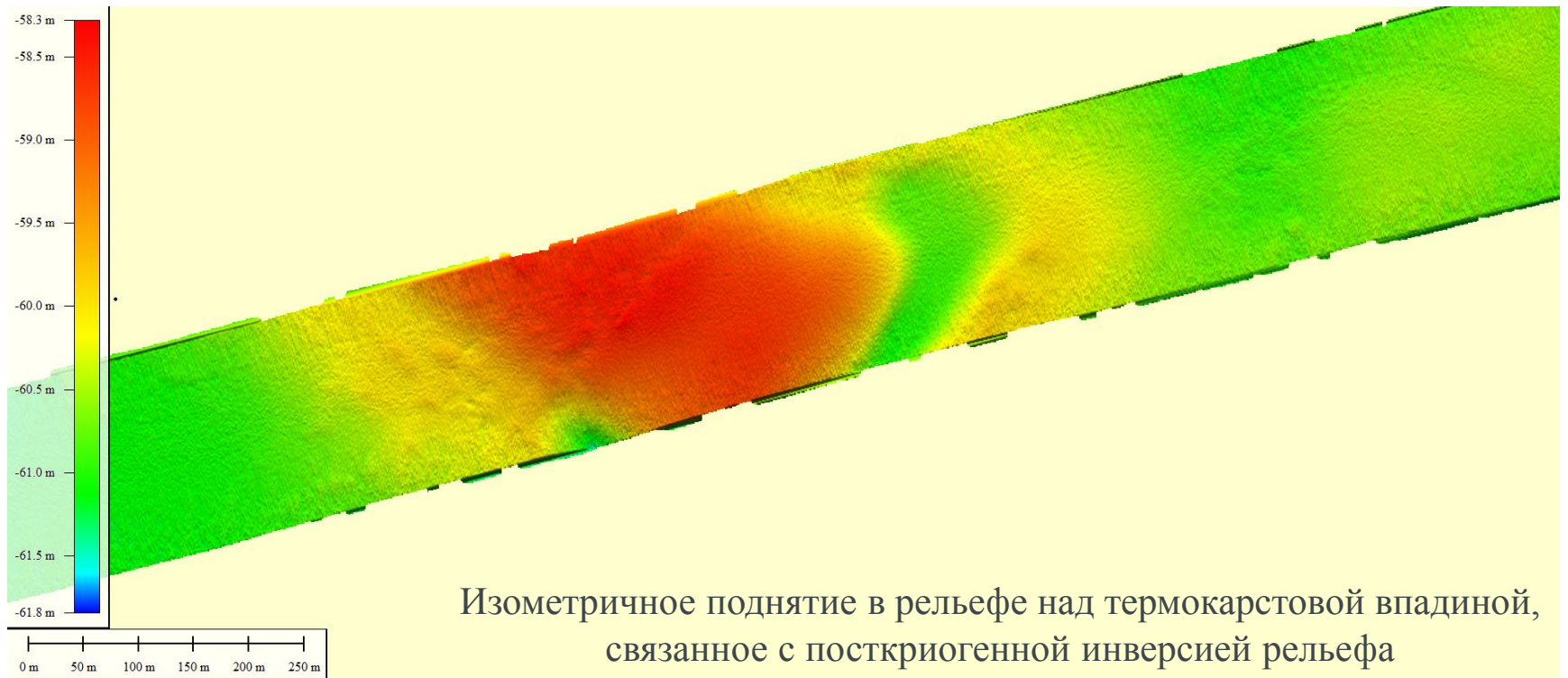
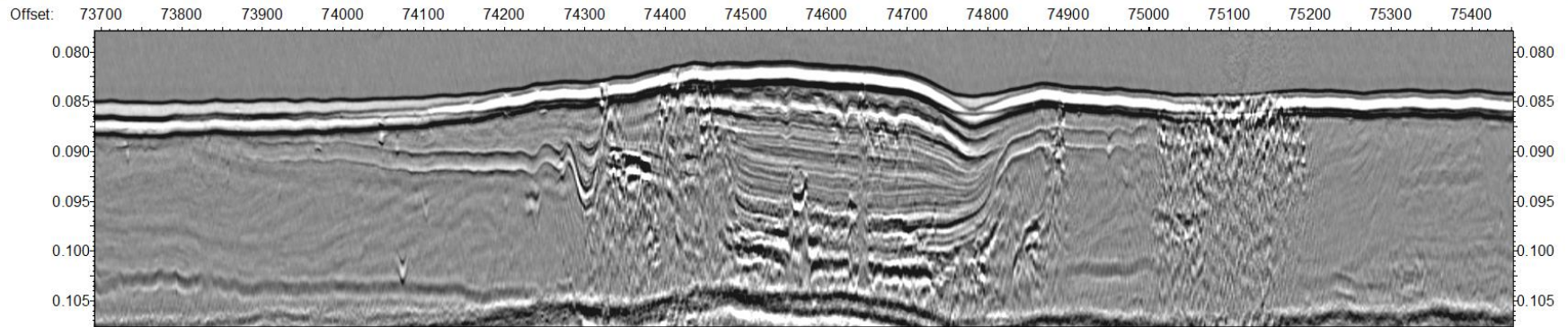
Перепад в рельефе 75 см
Ширина зоны 600м

Изометричные в плане поднятия возможно являются реликтовыми криогенными структурами. Современными аналогами предполагаются полигональные структуры в зоне распространения ММП. Линейные размеры структур от 20 до 60 м. Высота около 50 см

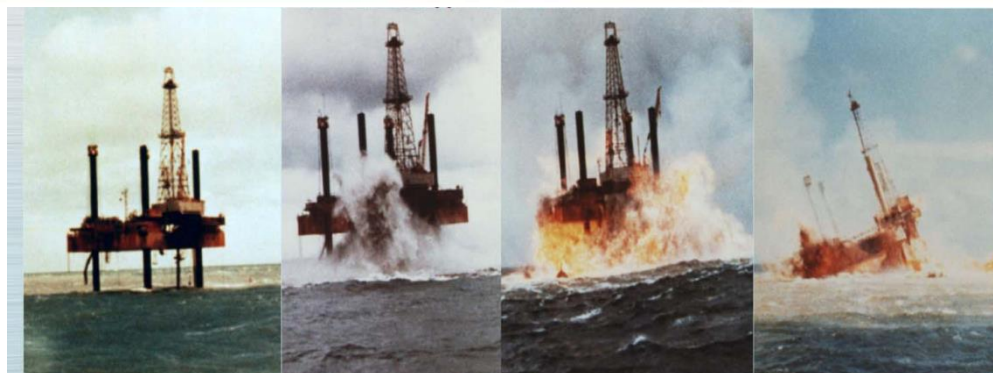


Проявление в рельефе дна реликтовых посткриогенных (термокарстовых) образований.

Результаты посткриогенных процессов



Опасный геологический процесс – выбросы газа из зон аномально высоких пластовых давлений (АВПД)

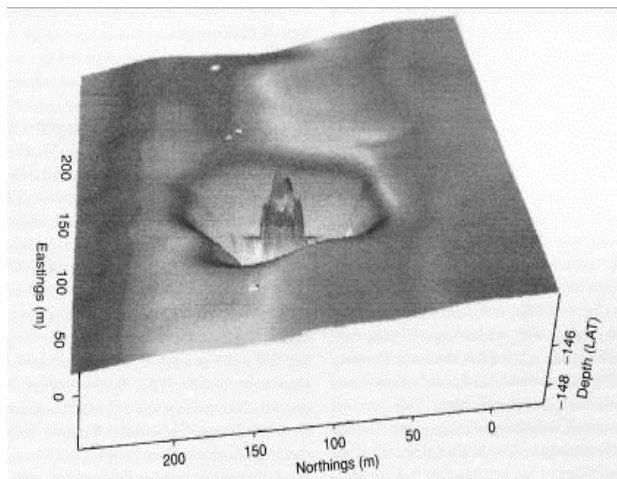


Гибель буровой платформы в результате выброса газа из газового кармана с АВПД и последующего пожара



Выброс газа на шельфе Норвежского моря вблизи буровой платформы West Vanguard (1985г.)

[<http://www.oilrigdisasters.co.uk>]



Траулер, затонувший в 1923 г. в центре большой покмарки (Северное море)

[Judd A. and Hovland M. Seabed Fluid Flow. Impact of geology, biology and the marine environment. Cambridge University Press. New York. 2007]



(Байдарацкая губа, Карское море, газопровод Бованенково-Ухта)

Геологические опасности, связанные с газопроявлениями при строительстве и эксплуатации морских сооружений, и вызываемые ими техногенные происшествия



Геологические опасности	Воздействие на геологическую среду и сооружения	Возможные техногенные происшествия максимальной тяжести	Степень опасности по последствиям воздействия на подводную инфраструктуру
Грязевые вулканы	Землетрясения, грязевые потоки, самовозгорание метана, оседание/поднятие поверхности суши и дна моря, трещинообразование в центре и по периферии извержения, деформация и разрушение сооружений	Авария	Высокая
Диапироподобные структуры (домы)	Образование куполовидной складки, трещин растяжения, изменение напряженно-деформированного состояния трубопровода. Напряжение на трубопроводе	Инцидент	Средняя
Газовые выбросы (с образованием молодых покмарок)	Образование свободных пролетов, выбросы токсичных газов, повышение коррозионной активности среды потеря плавучести плавсредств, пожар	Авария	Высокая
Газовые факелы (без образования покмарок)	Снижение несущей способности грунтов, образование аутигенных карбонатов, коррозия, выбросы токсичных газов, повышение коррозионной активности среды потеря плавучести плавсредств, пожар	Авария	Высокая
Гидратоносные толщи	При дегградации газовых гидратов: снижение несущей способности грунтов, возникновение оползней, переход песков в пływунное состояние, образование депрессий и свободных пролетов, выбросы токсичных газов, потеря плавучести плавсредств, пожар	Авария	Высокая

Сценарии аварийных ситуаций, связанные с выбросами при вскрытии газовых карманов



1. Сценарий аварии с наиболее тяжелыми последствиями для буровых гравитационных платформ: выброс газа под или вблизи платформы, образование котлована и его рост в процессе развития аварийной ситуации, нарушение устойчивости сооружения, опрокидывание платформы.
2. Сценарий аварии с наиболее тяжелыми последствиями для плавучих буровых установок и судов: выброс газа, образование газовой шлейфа, образование газоздушного облака, пожар (взрыв), снижение/потеря плавучести плавсредств попавших в зону выхода газовой шлейфа на поверхность воды, гибель плавсредств.
3. Общий сценарий с наиболее тяжелыми последствиями для буровых платформ и судов: выброс газа, образование над поверхностью моря взрывоопасного газоздушного облака, возможное его возгорание или взрыв в замкнутой зоне морских сооружений. К числу сценариев с тяжелыми гуманитарными последствиями следует отнести таковой, приводящий к выбросам токсичного газа (например, сероводорода H_2S), на палубу бурового судна.
4. Наиболее вероятный сценарий: выброс и падение в рабочей зоне оборудования, спущенного в скважину, бурового раствора и шлама в связи с газопроявлениями, изменение динамических характеристик гребных винтов и рулевых устройств судов, частичная потеря их плавучести.

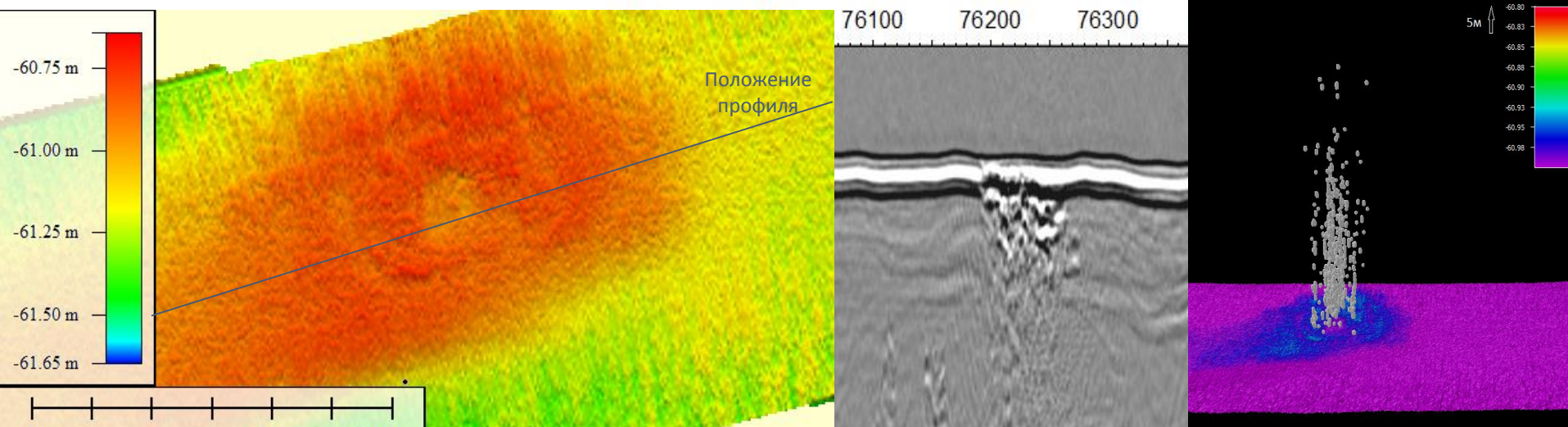
Из 172 аварий обусловленных выбросами **газа 22 % приходилось на выбросы**, связанные со скоплениями мелкозалегающего газа. Аварии на СПБУ вне зависимости от их причин происходят с вероятностью $2,8 \times 10^{-2}$ в год. При этом аварии, связанные с выбросами, составляют 23%. Отсюда вероятность выброса при бурении одной скважины оценивается величиной $6,4 \times 10^{-3}$ в год. Соответственно вероятность аварии по причине выброса приповерхностного газа составит **$1,4 \times 10^{-3}$ в год**. Относительная частота воспламенения при выбросах на газовых скважинах 30-35%. Отсюда вероятность пожара при выбросе $0,5 \times 10^{-4}$ в год.

Газосодержащие осадки и интервалы приповерхностного АВПД

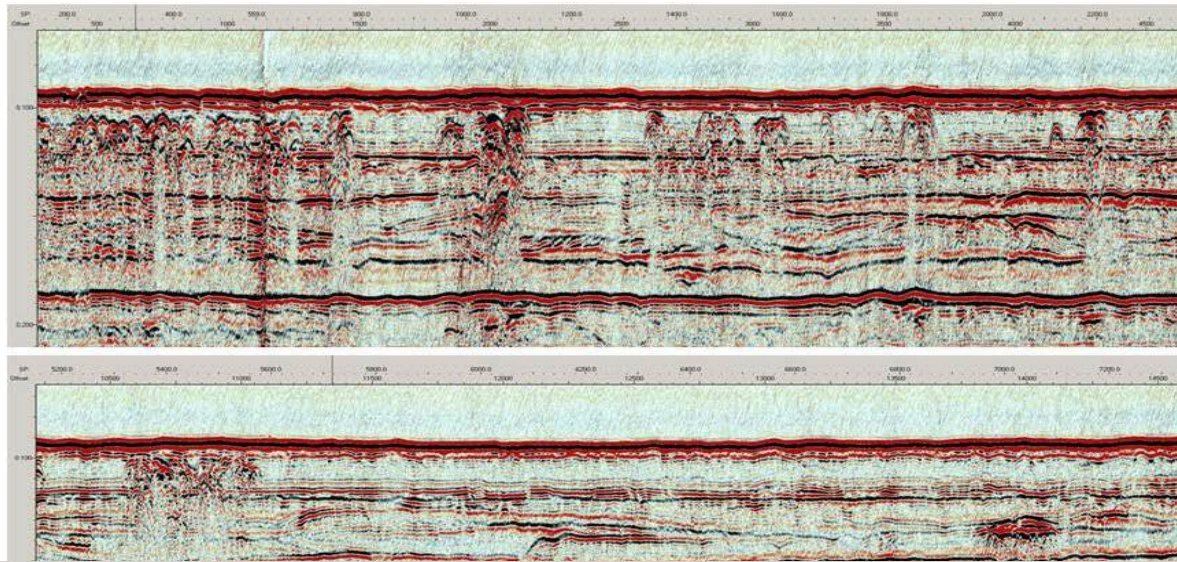


Как представляется, механизм насыщения газом осадков выглядит следующим образом:

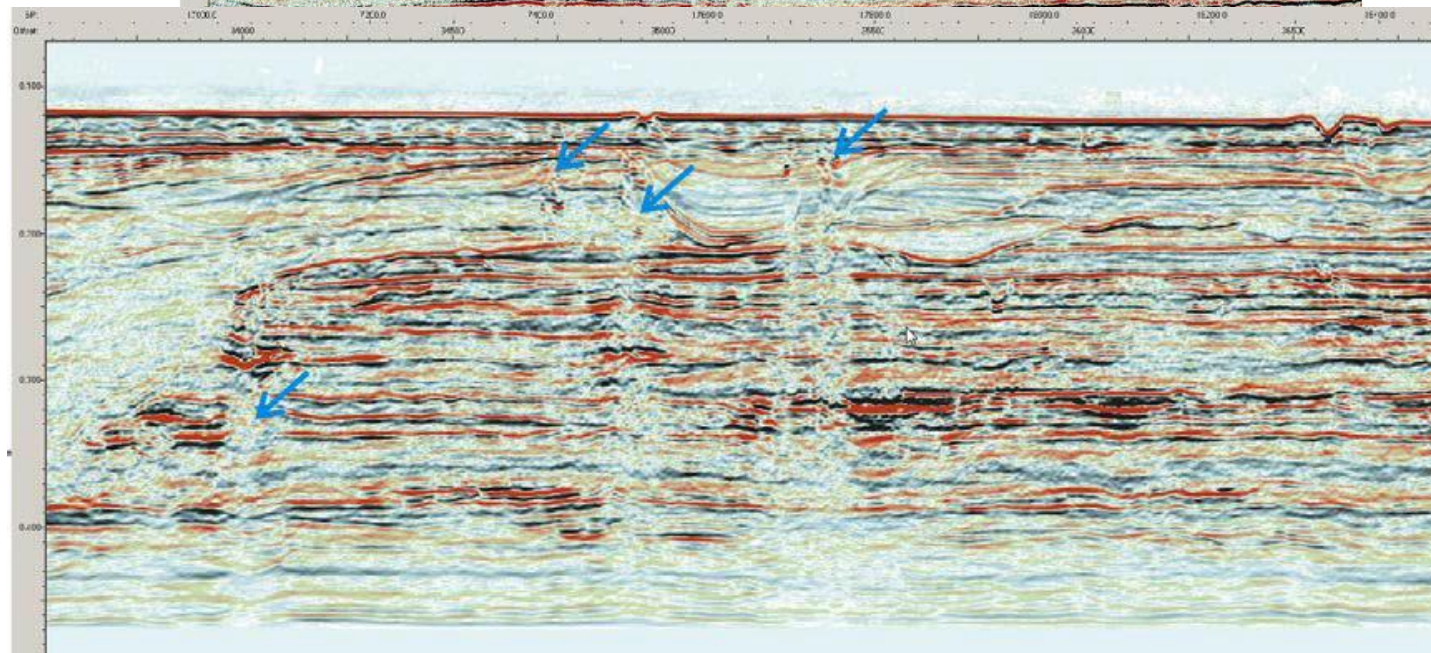
- сформированная при регрессии мерзлая толща выступала как покрывка, сдерживающая естественную вертикальную миграцию биогенного и термокаталитического газа из глубины вверх по разрезу
- достигнув подошвы мерзлой толщи этот газ, не имея возможности к дальнейшей эмиссии, накапливался под ней в достаточно больших количествах
- после деградации мерзлой толщи, которая вероятно протекала довольно быстро, скопившийся под ее подошвой газ перераспределился по разрезу вышележащих протаявших осадков



Газосодержащие осадки и интервалы приповерхностного АВПД

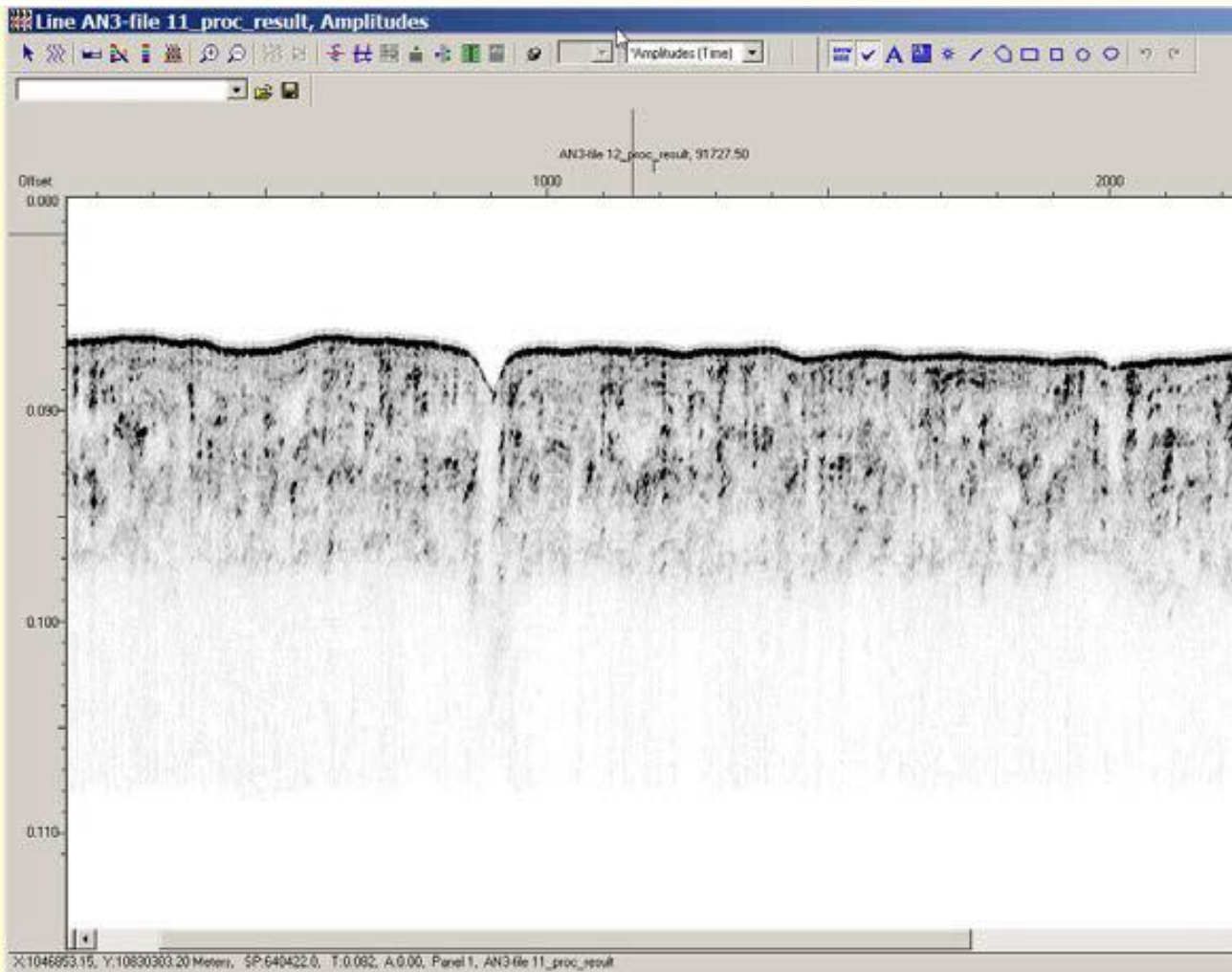
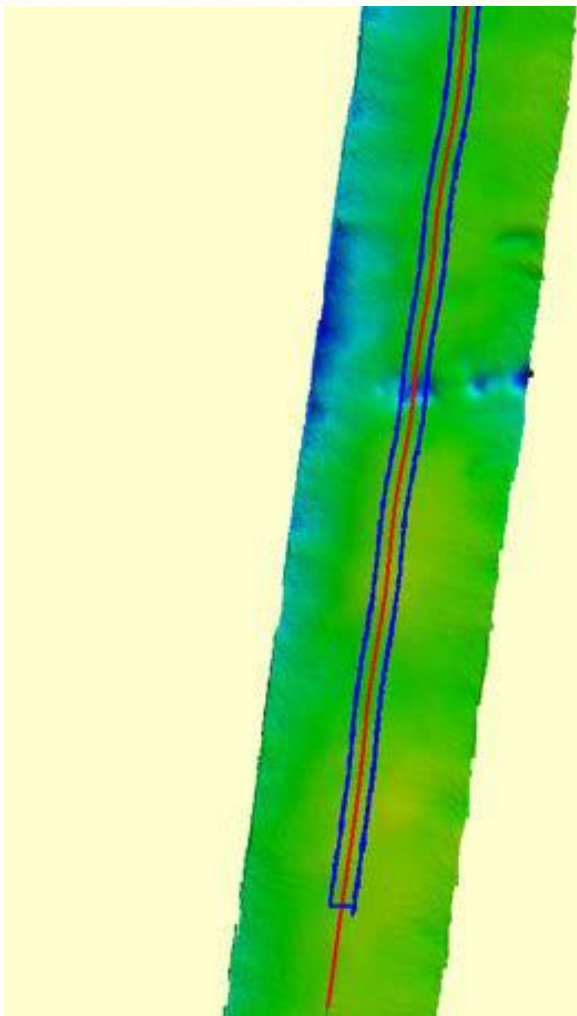


Вертикальная миграция газа к поверхности дна. Признаки – яркие пятна, дифракция, обратная полярность.



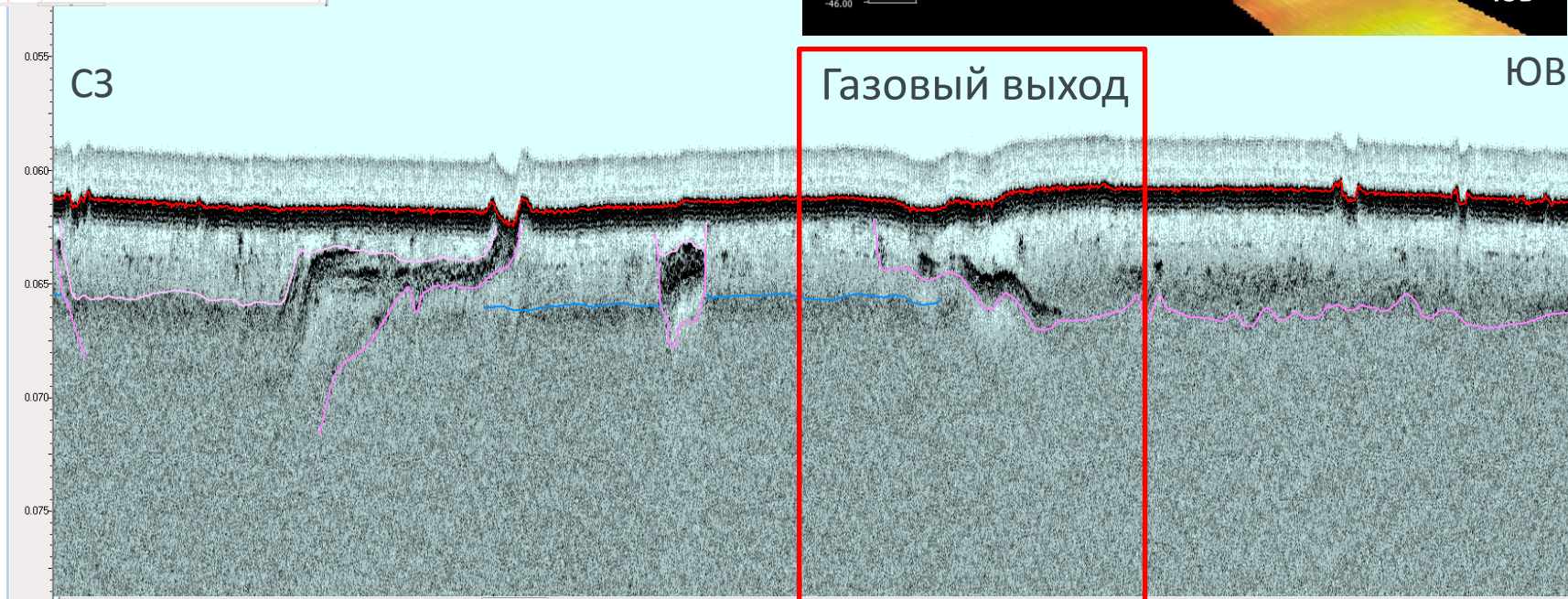
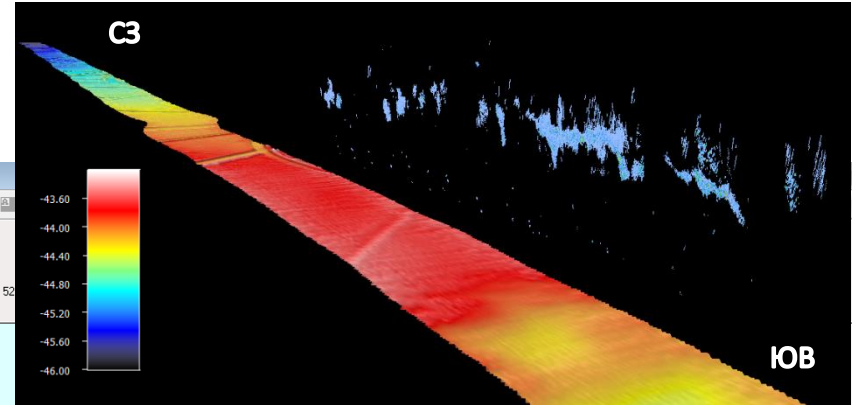
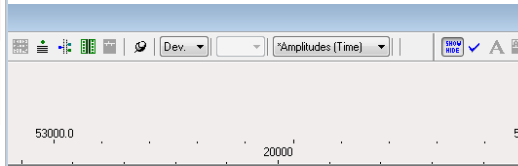
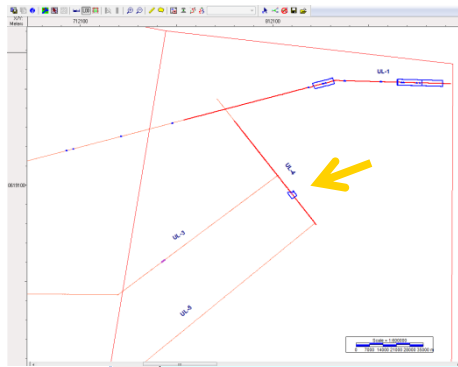
Вертикальная миграция газа к поверхности дна (синие стрелки).

Газосодержащие осадки и интервалы приповерхностного АВПД



Покмарки на данных МЛЭ и профилографа.

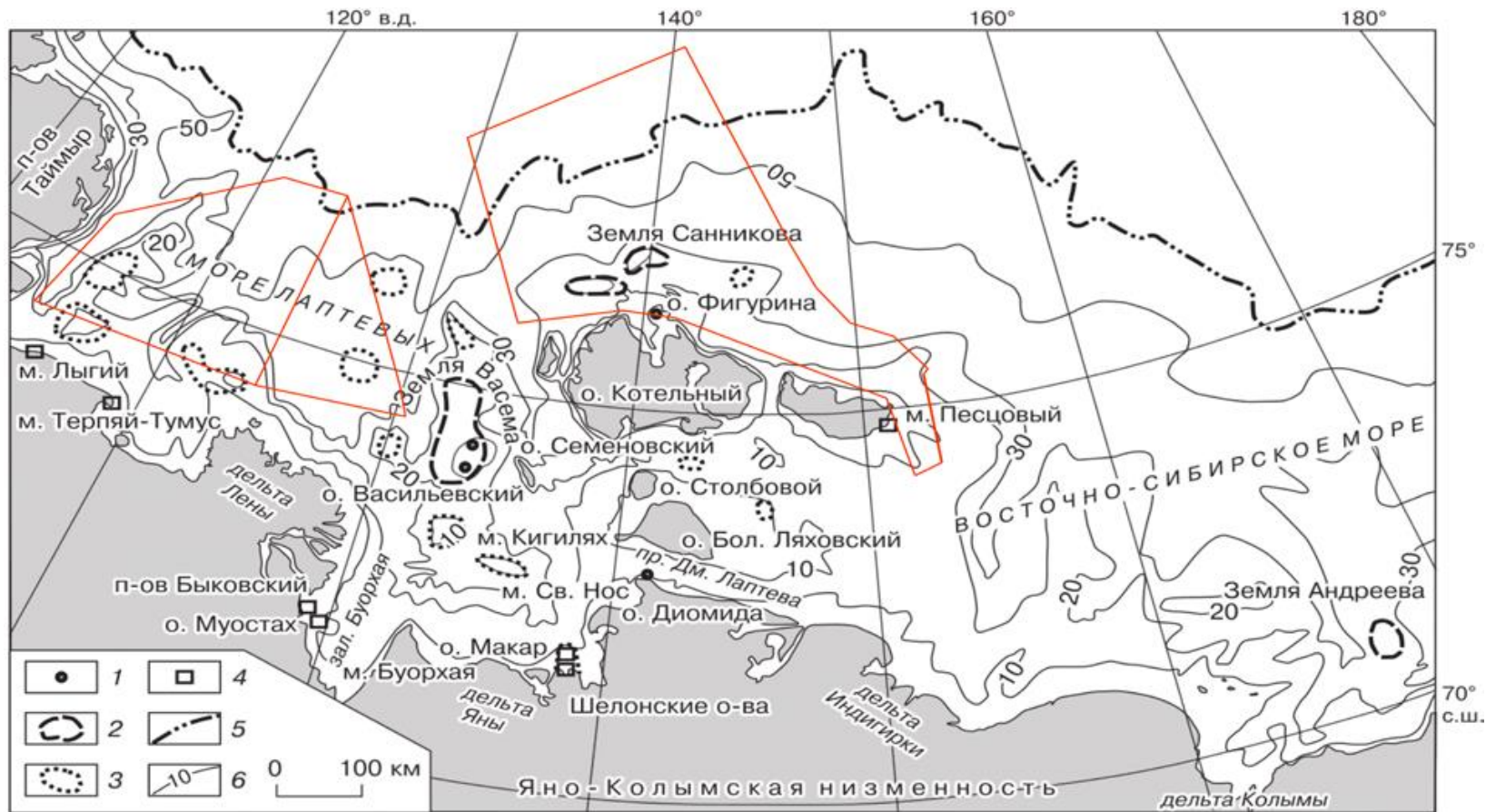
Газовые скопления и выход их на поверхность по данным МЛЭ (на данных пингера)



Перенос осадков, размыв дна, ледовое выпахивание и крупнообломочный материал

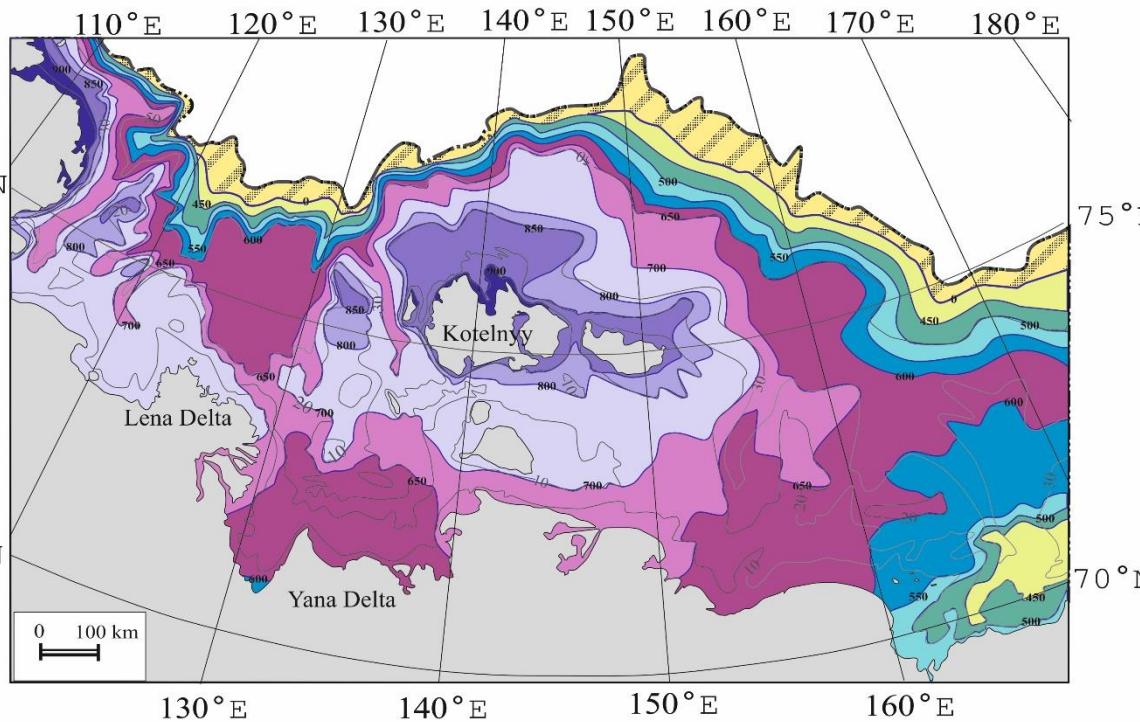


Субаквальная термоабразия и термокарст



Гипотетические острова, разрушенные термоабразией [Романовский, Хуббертен, 2006]

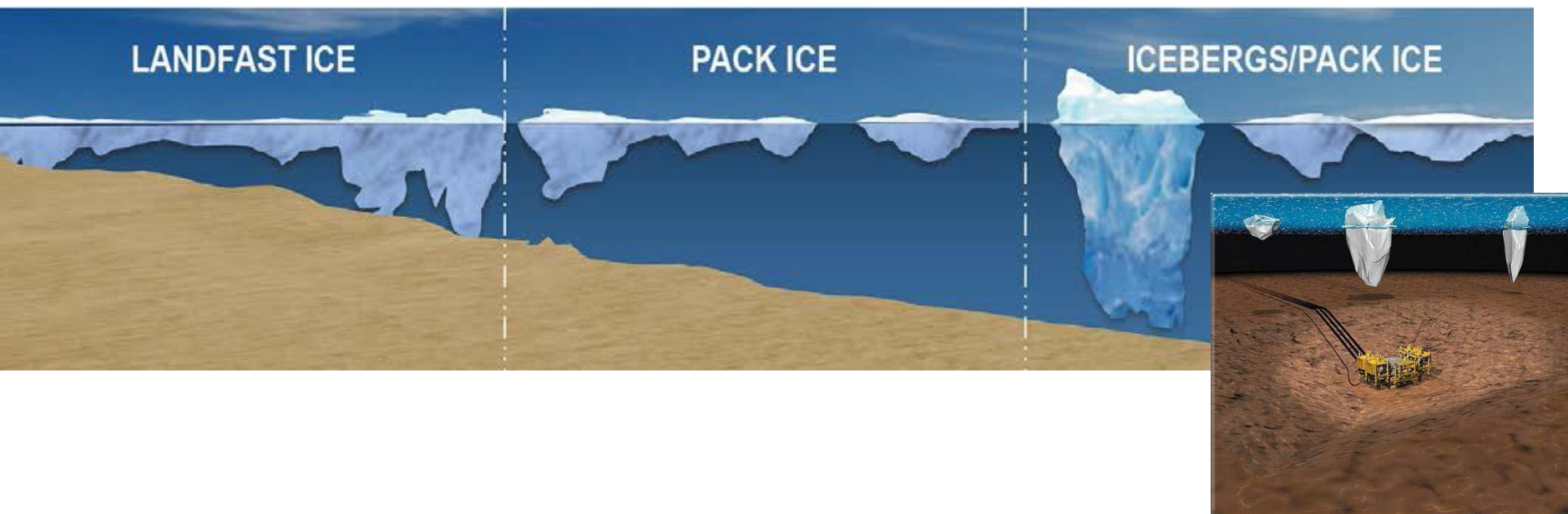
Перенос осадков, размыв дна, ледовое выпахивание и крупнообломочный материал



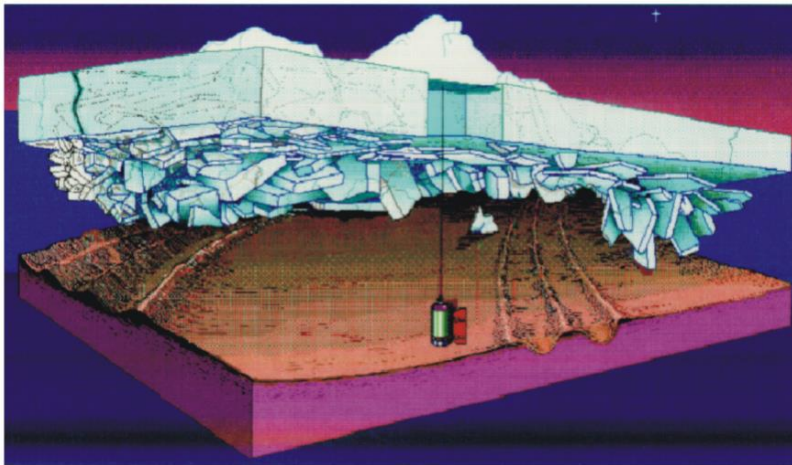
Распространение и мощность ММП для разреза, сложенного скальными и полускальными породами

(Романовский и др., 2003)

Перенос осадков, размыв дна, ледовое выпахивание и крупнообломочный материал



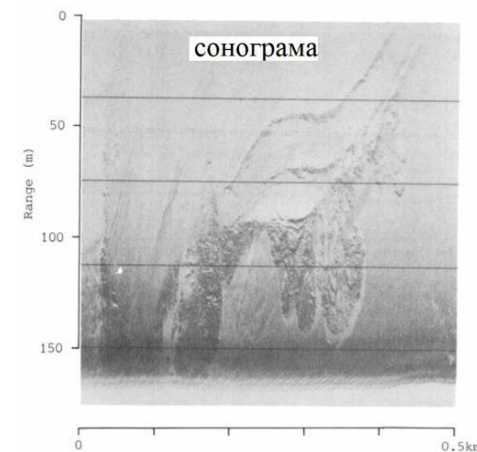
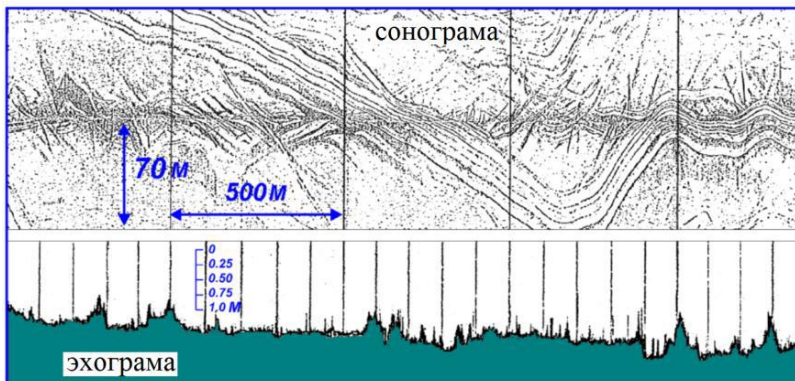
Перенос осадков, размыв дна, ледовое выпахивание и крупнообломочный материал



модель выпахования дна всторощенным льдом

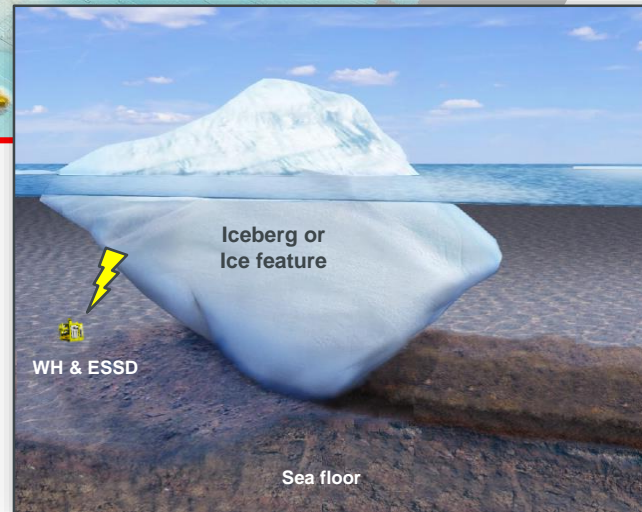
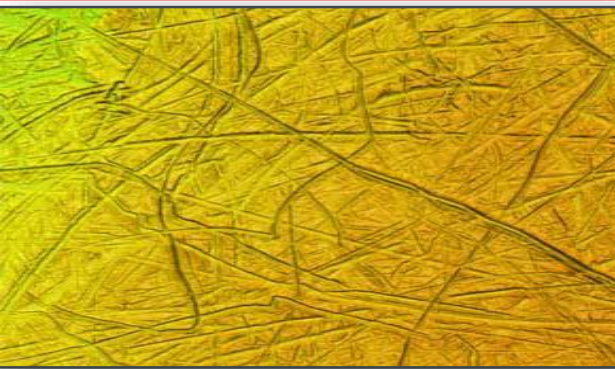
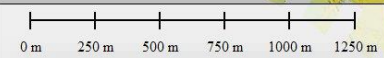
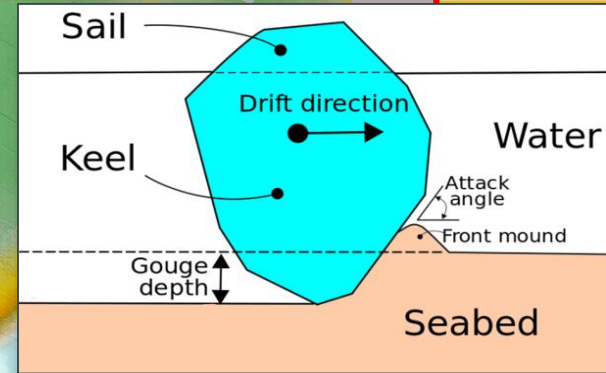
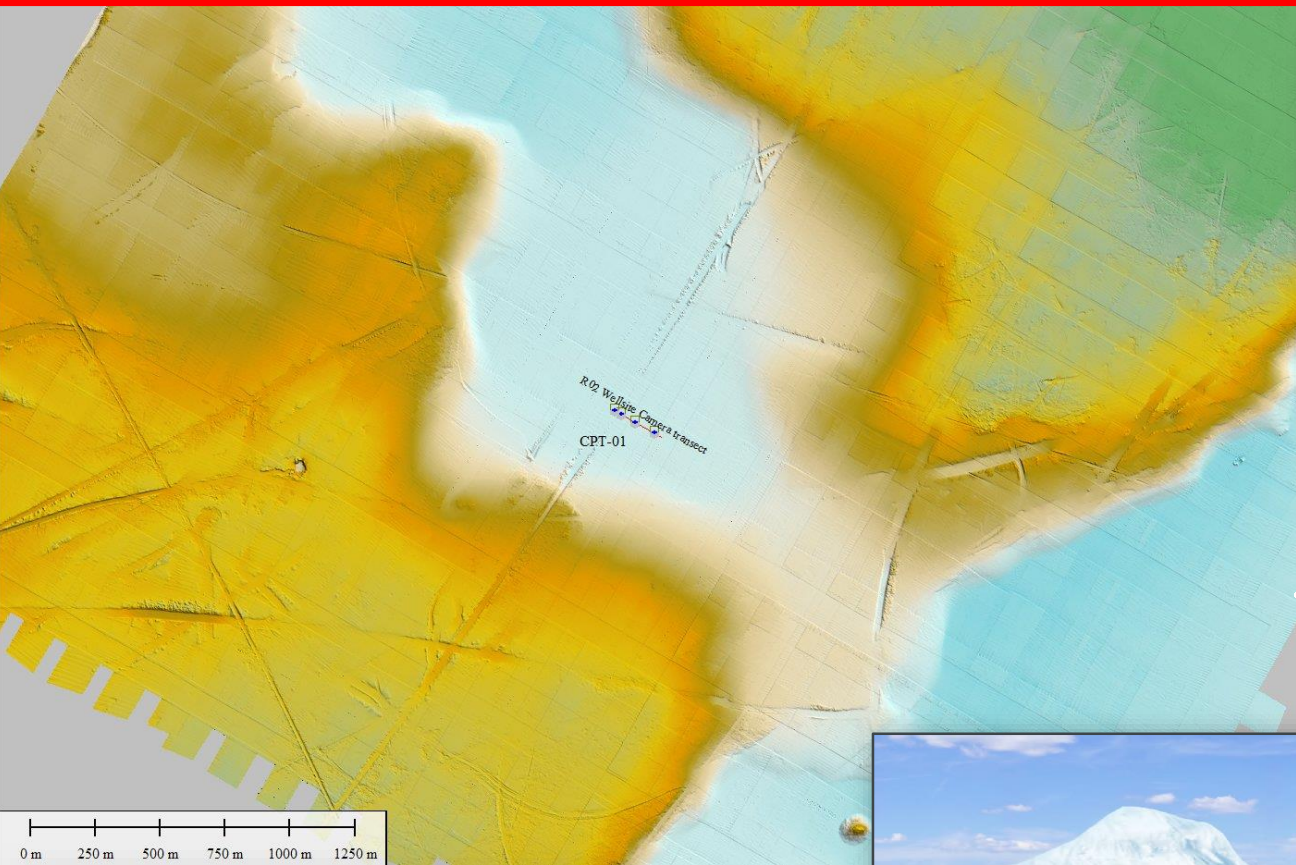


модель выпахивания дна айсбергом

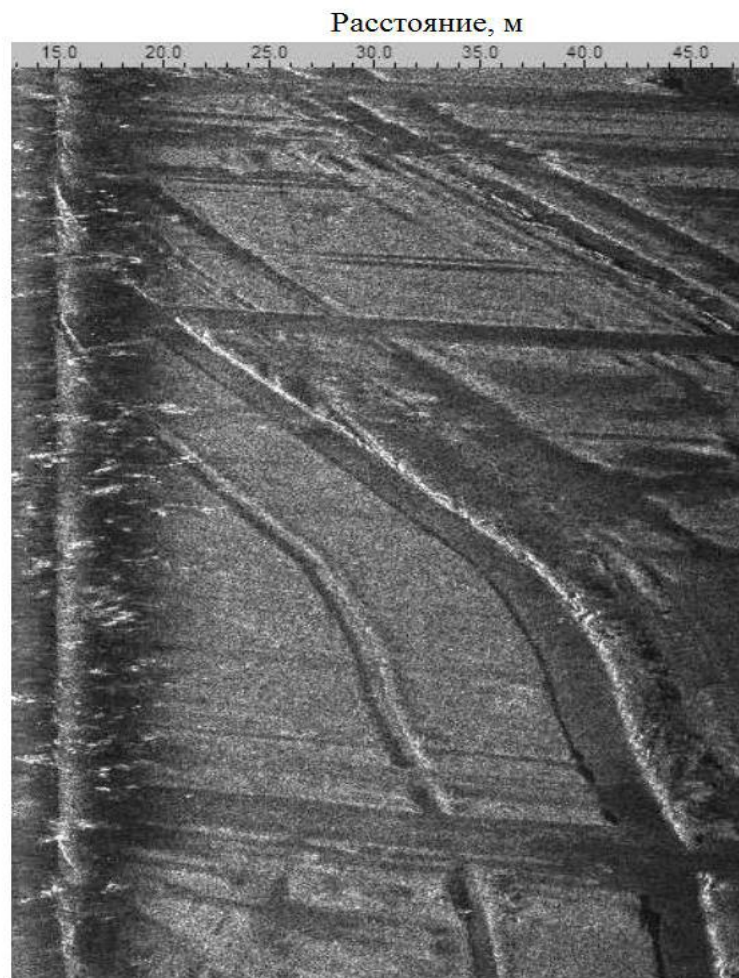


Выпахивание дна всторощенным льдом и айсбергами. Различие в характере борозд

Перенос осадков, размыв дна, ледовое выпахивание и крупнообломочный материал

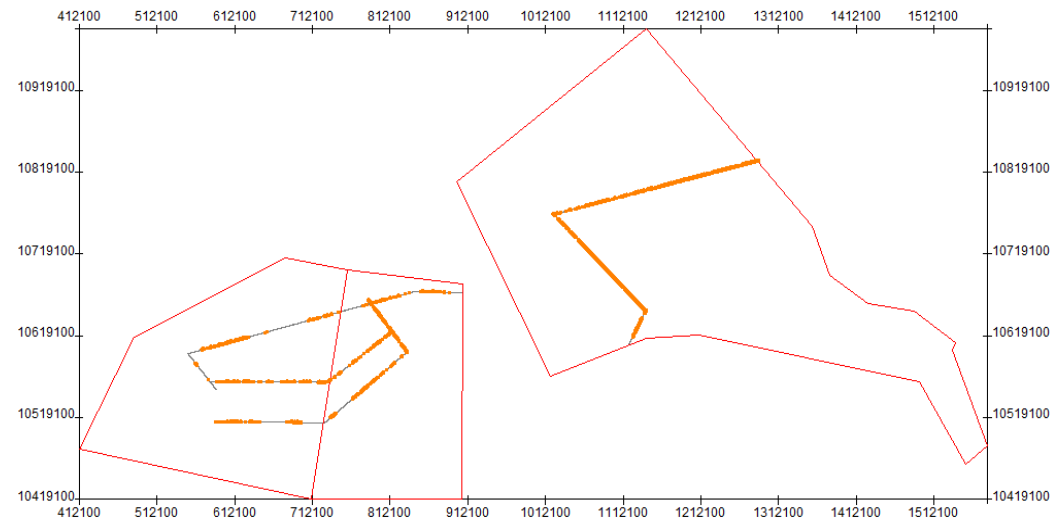
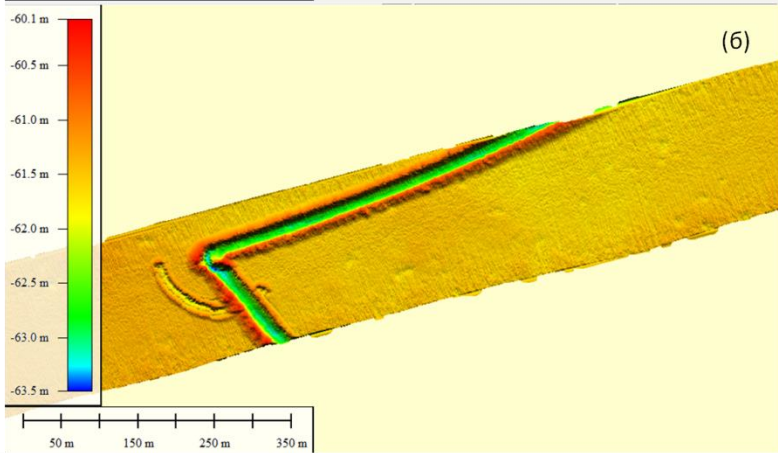
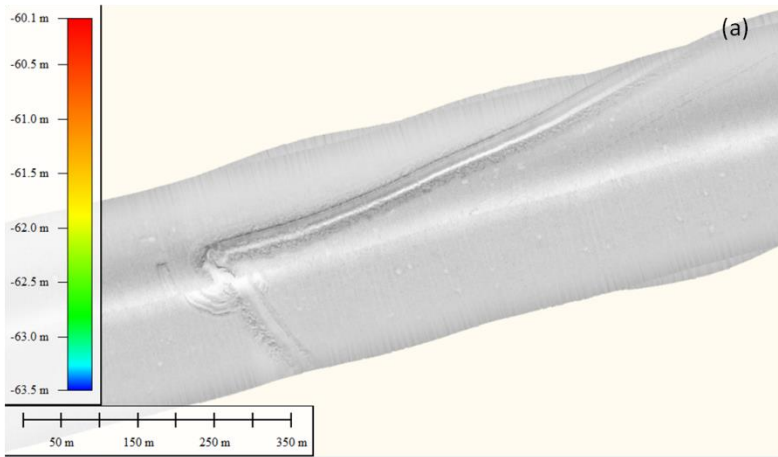


Перенос осадков, размыв дна, ледовое выпахивание и крупнообломочный материал (Лаптевых)

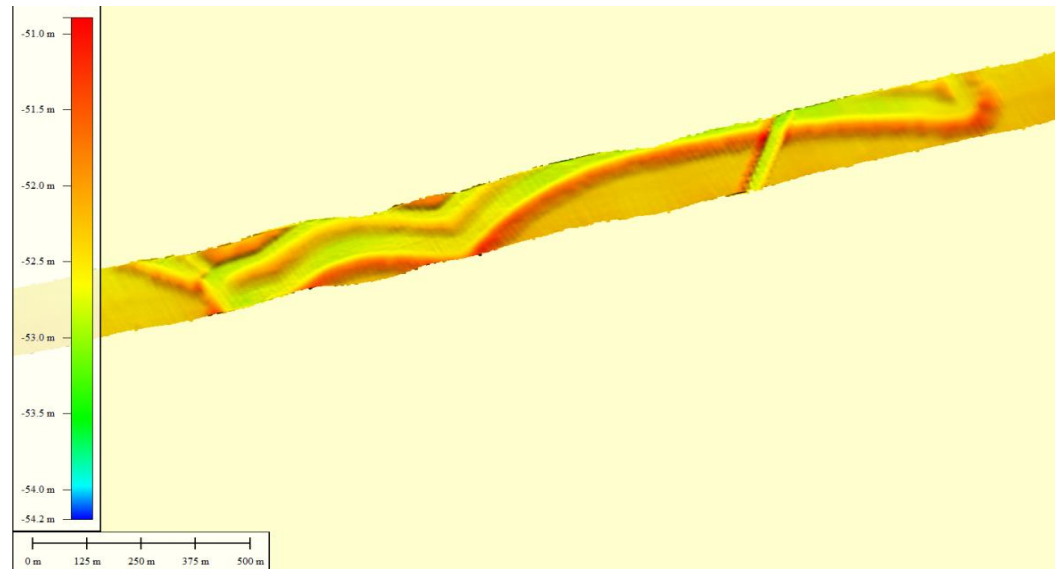
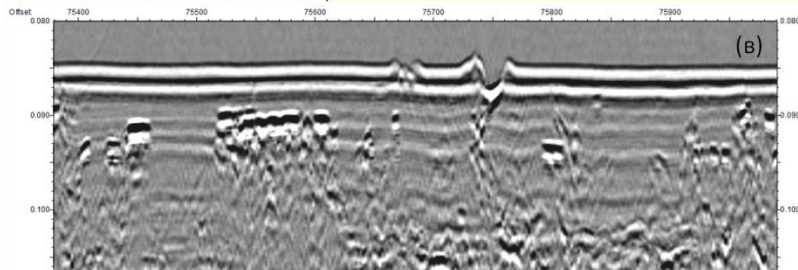


Сонограммы гидролокации бокового обзора, море Лаптевых [Дмитриевский и др., 2013]

Перенос осадков, размыв дна, ледовое выпахивание и крупнообломочный материал (Лаптевых)



Области распространения борозд



Комплексирование сейсморазведки 2D и инженерно-геофизических исследований (ИГИ)



**Инженерно-геофизические исследования (до 1 сек):
опасные геологические процессы и явления**

Ледовая экзарация и ММП

- *Картирование и изучение борозд пропахивания ледяными образованиями. Оценка вероятности воздействия.*
- *Прогнозные области распространения многолетне-мерзлых пород (ММП)*
- *Прогнозные области протаивания ММП*

Оценка наличия УВ

- *Газонасыщенные грунты*
- *Выходы газа в водную толщу (покарки)*
- *Выделение AVO аномалий*

Геоморфология и тектоника

- *Картирование положения палеорезов*
- *Уточнение уровня пропация разломов*

Данные сейсморазведки 2D (свыше 1сек)

Структурная интерпретация

- *Структурно-тектонические схемы района работ*
- *Структурные карты по кровлям стратиграфических интервалов или поверхностям несогласия*
- *Трехмерная модель разрывных нарушений*
- *Структурно-тектонические объекты*

Сейсмостратиграфический, седиментационный и сейсмофациальный анализы

- *Выделение сейсмостратиграфических комплексов*
- *Схемы обстановок осадконакопления*
- *Перспективные области развития коллекторов*

Оценка наличия УВ

- *Выделение AVO аномалий*
- *Выделение DHI аномалий*

Комплексирование

На стадии интерпретационных работ

- *Выделение областей фильтрации газа*
- *Точное определение уровня пропации разломов в приповерхностном слое*
- *Выделение потенциальных геологических опасностей*

На стадии подготовки к полевым работам

- *Определение точек пробоотбора для морской геохимической съемки*
- *Планирование параметров сейсморазведочной съемки*
- *Планирование работ по снижению риска проявления геологических опасностей при бурении поисковых/стратиграфических скважин (на стадии бурение)*

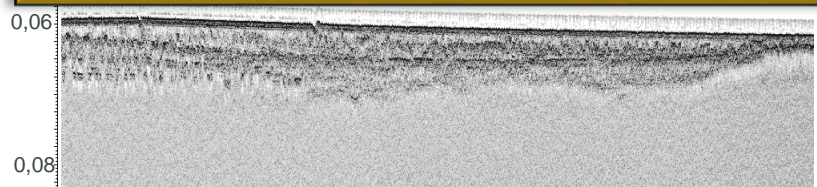
На стадии полевых работ

- *Выполнение ИГИ в комплексе с сейсморазведочной съемкой с судна сопровождения*
- *Проведение ИГИ перед геохимическим пробоотбором для выбора наилучшей точки пробоотбора*

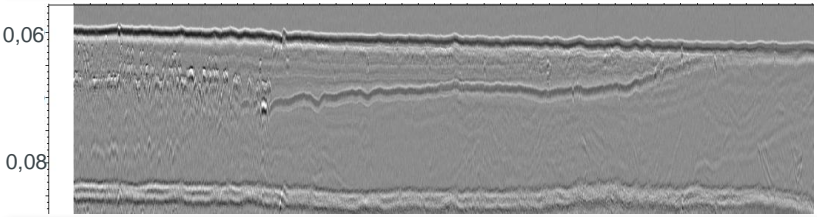
Исходные данные для комплексирования

Региональные инженерно-геофизические исследования

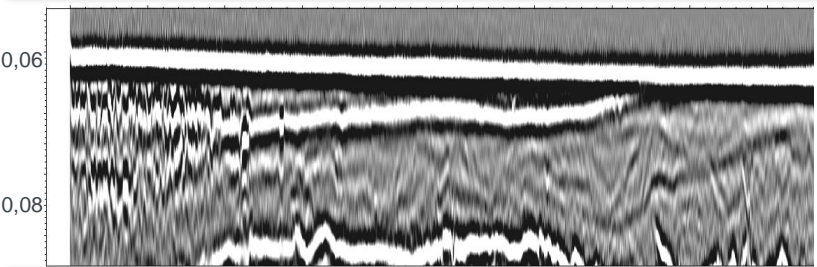
Непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСАП)



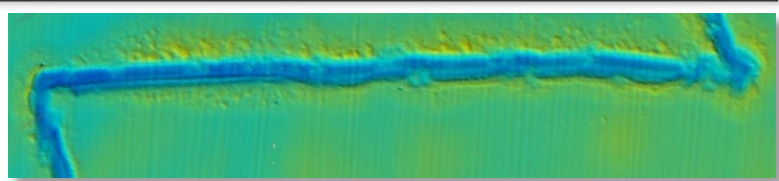
Сейсмика сверхвысокого разрешения (СВВР)



Сейсмика высокого разрешения (СВР)

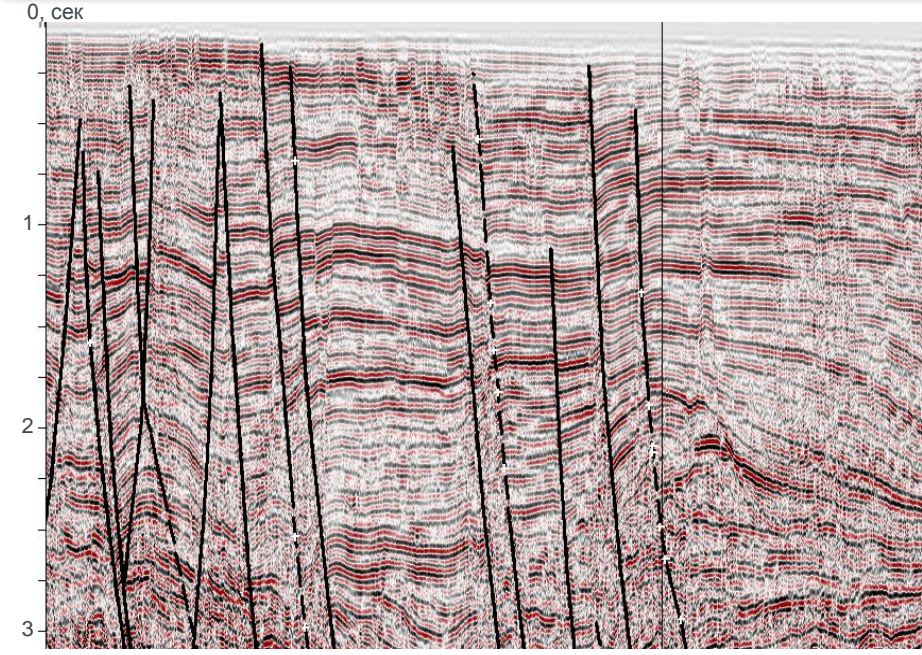


Многолучевое эхолотирование (МЛЭ)



Сейсморазведка 2D

Суммированный временной разрез



**I ЭТАП:
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ИГИ**

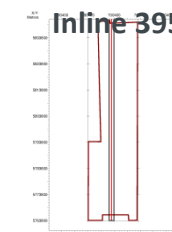
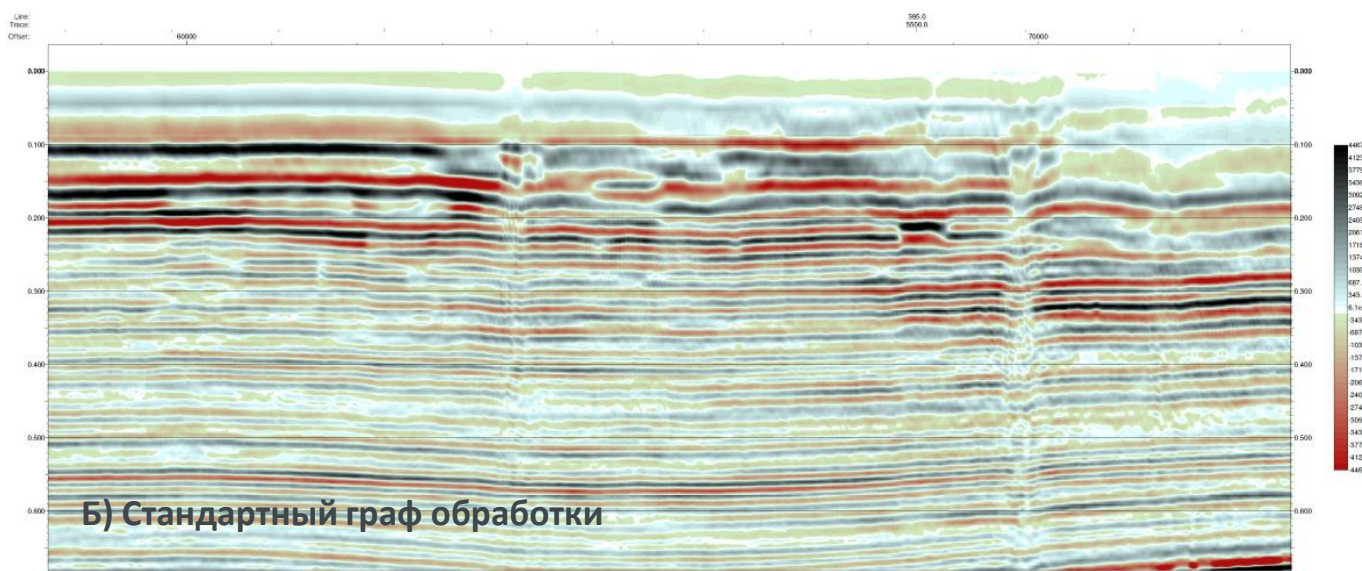
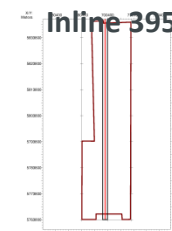
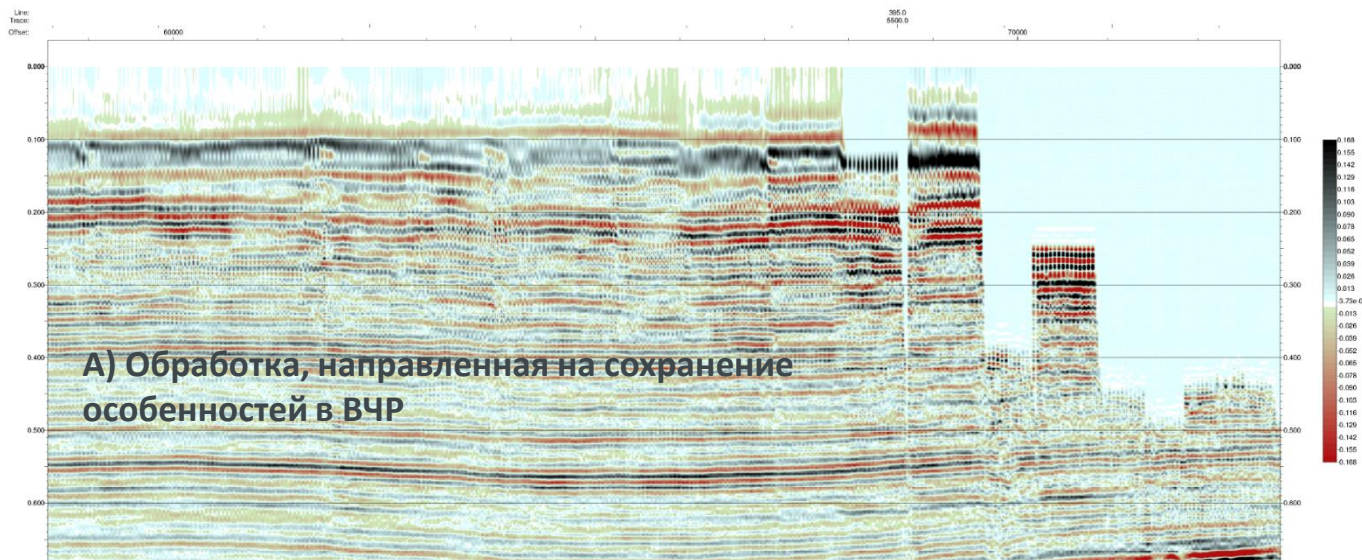
ВЫЯВЛЕНИЕ АНОМАЛИЙ НА ДАННЫХ ИГИ (зоны предположительно многолетнемерзлых пород, палеоврезы, разломы, газопроявления)

**II ЭТАП
КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ**

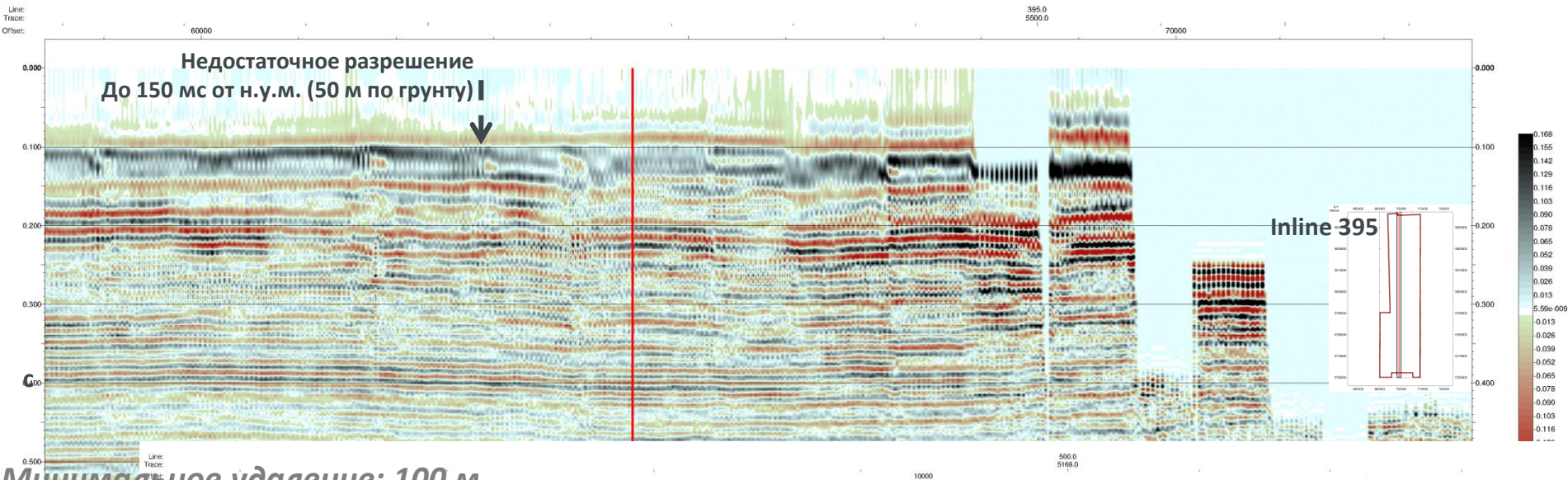
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ АНОМАЛИЙ НА ДАННЫХ 2D И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СОПОСТАВЛЕНИЯ НА ОБЛАСТИ, НЕ ИЗУЧЕННЫЕ ИГИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗЫ ФОНДОВЫХ ДАННЫХ ИГИ



Шельф Охотского моря



Шельф Охотского моря

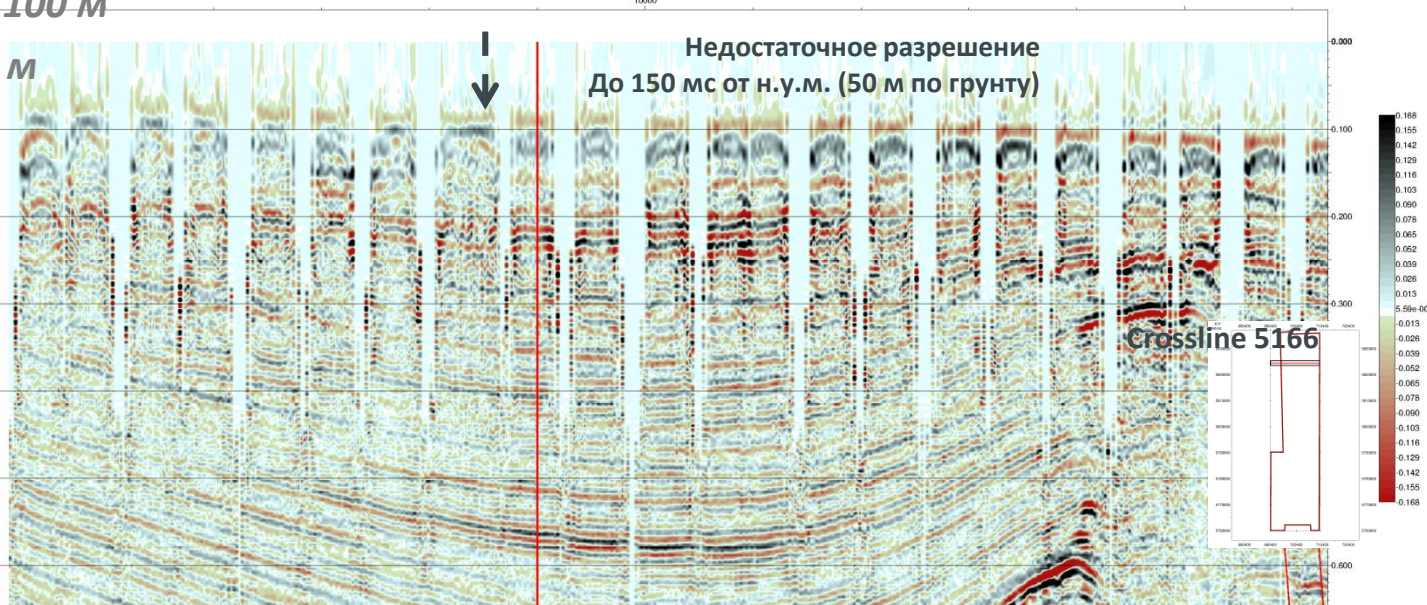


Минимальное удаление: 100 м

Глубины моря: макс.—105 м

Методика:

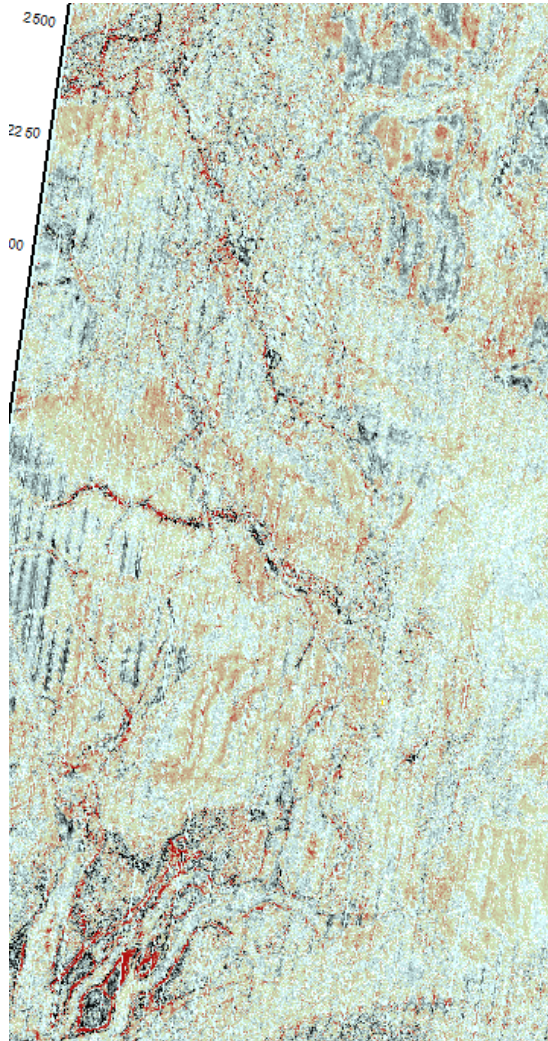
Параметр	Восточно-Одоптинский ЛУ
Количество приемных кос	6
Кол-во каналов на одну косу	408
Расстояние между каналами, м	12.5
Расстояние между косами, м	100
Длина косы, м	5100
Глубина погружения косы, м	8
Кол-во отработанных линий	203
Интервал ПВ	25
Глубина погружения источников, м	6
Длина записи, с	6
Шаг дискретизации, мс	2



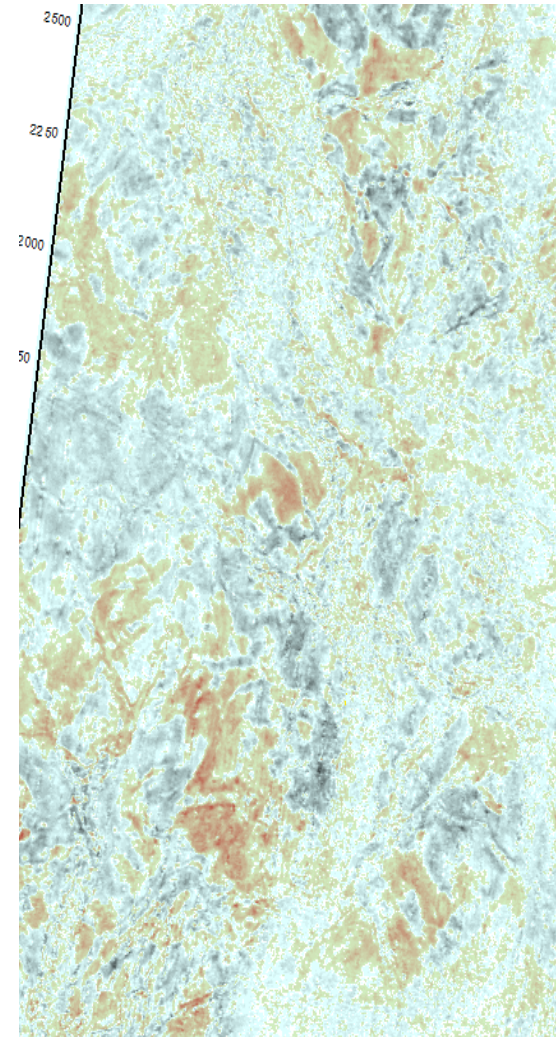
Шельф Карского моря



А) Brute stack

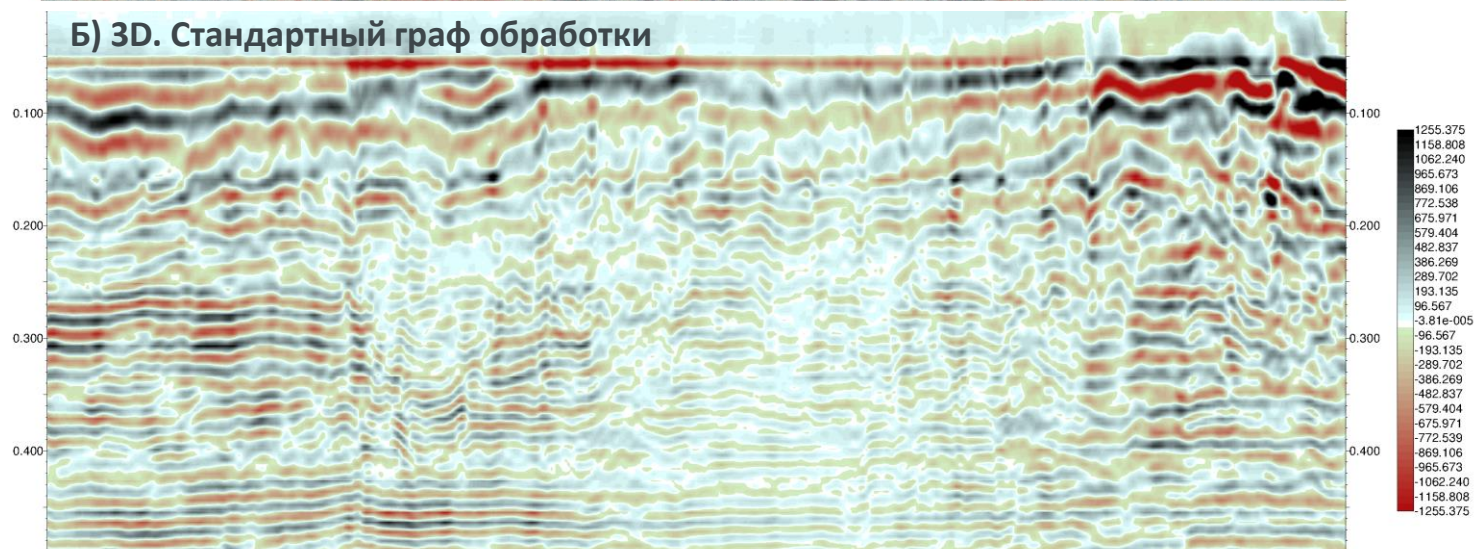
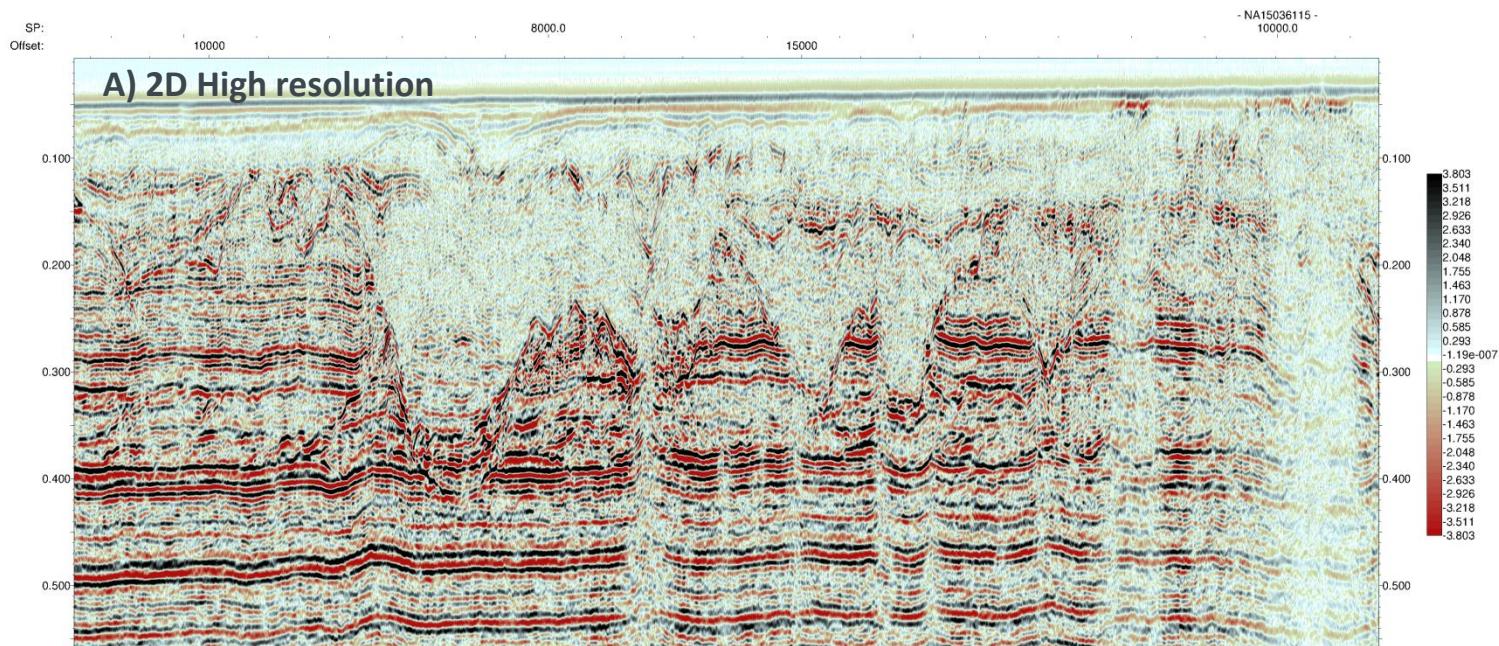


Б) Стандартный граф обработки

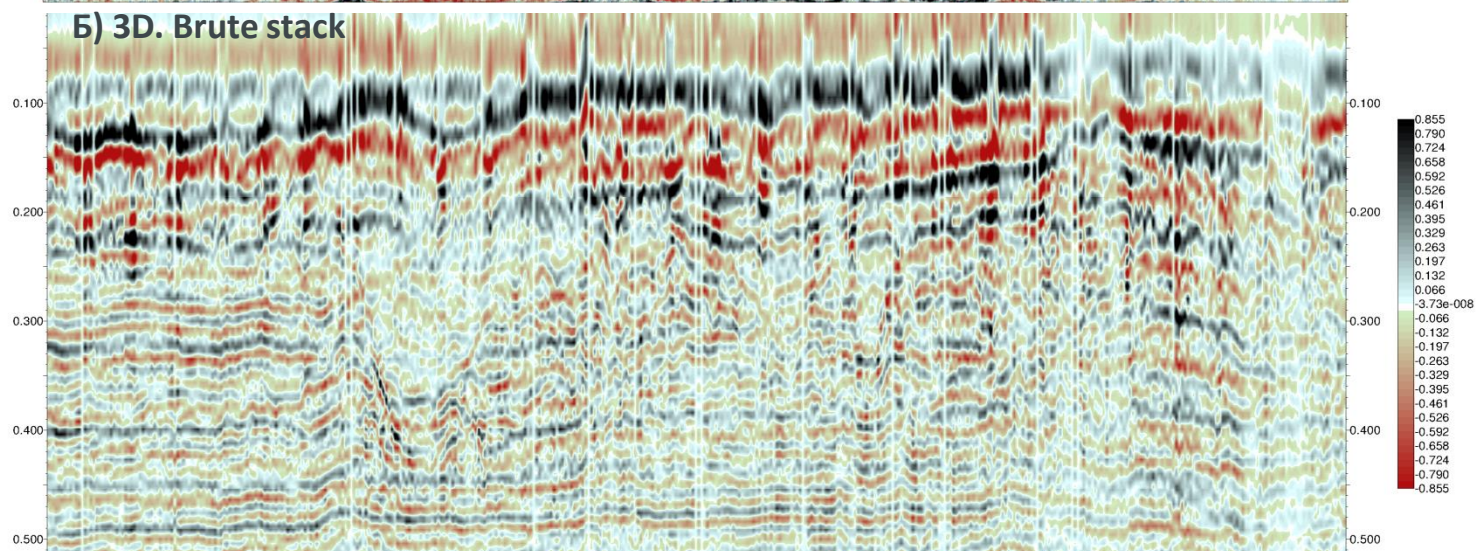
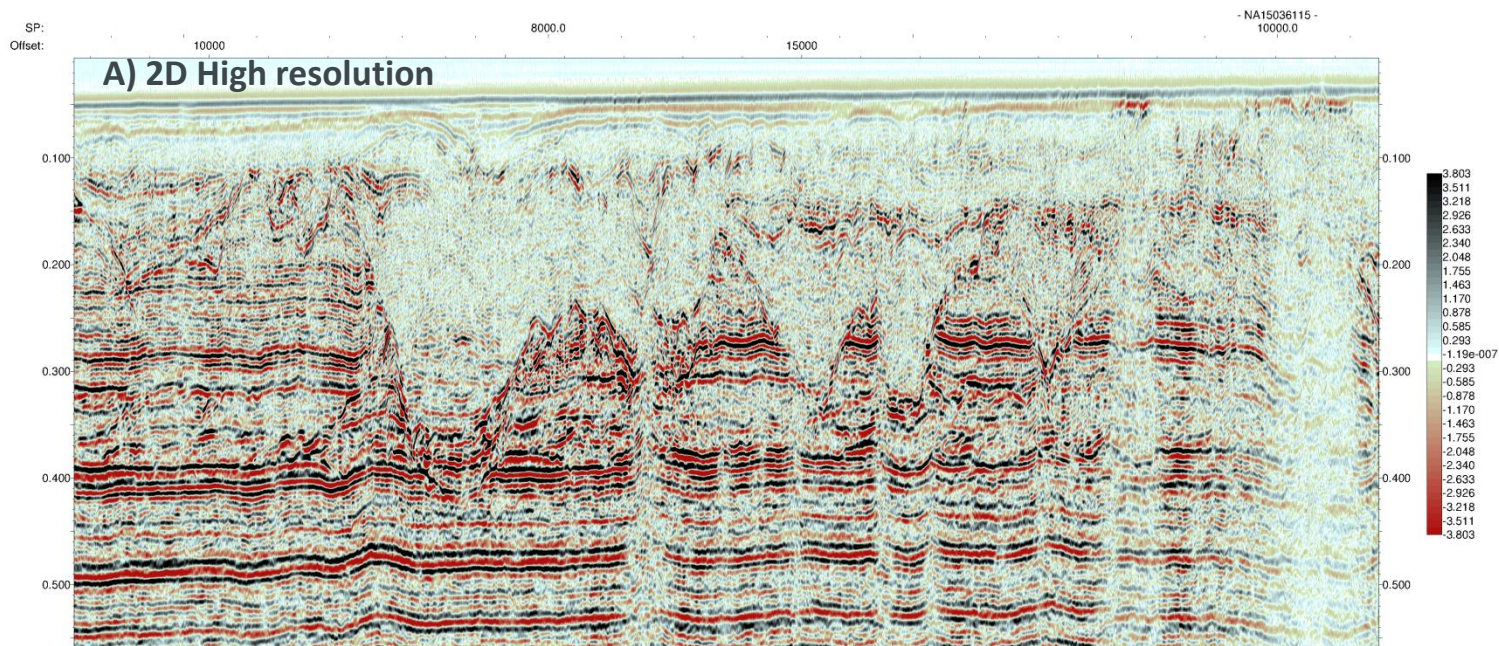


Горизонтальный временной слайс в ВЧР, 0.304 с

Шельф Карского моря



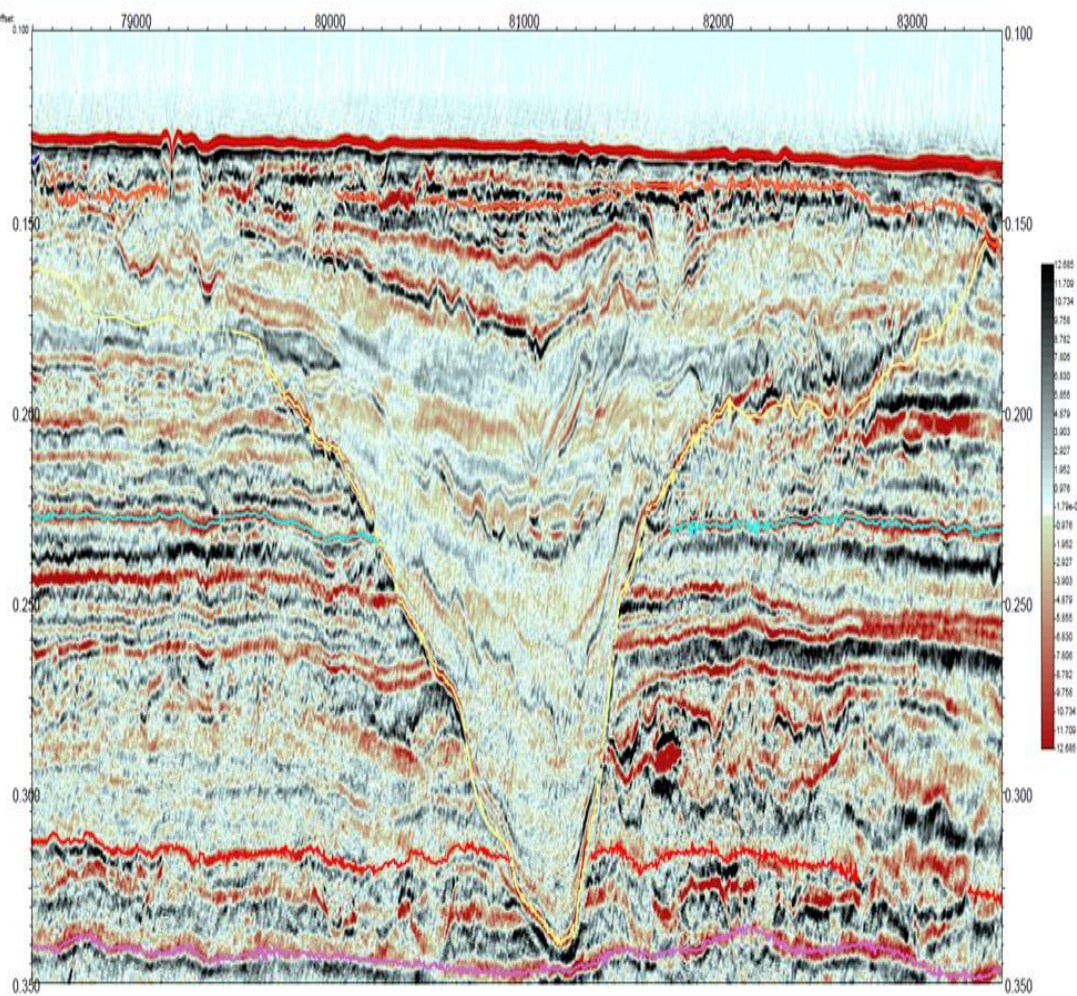
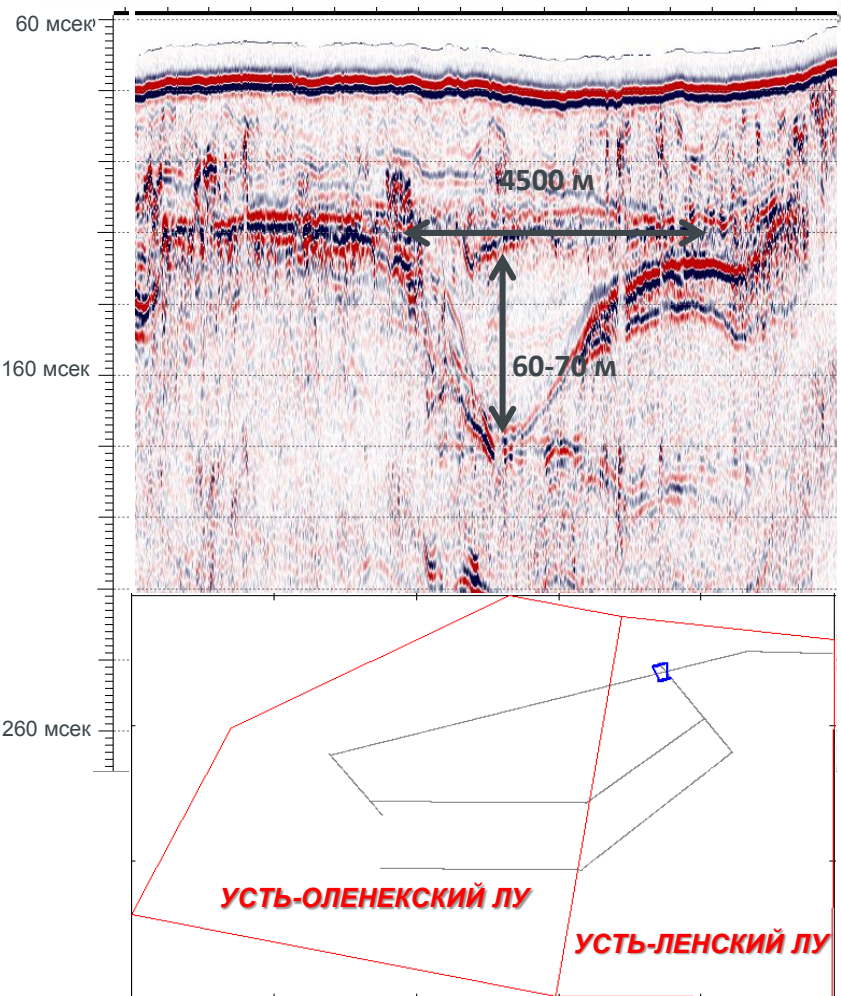
Шельф Карского моря



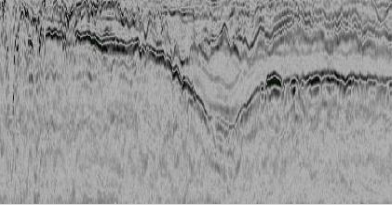
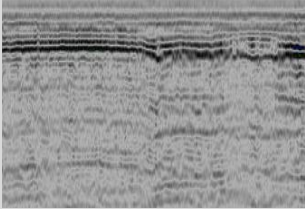
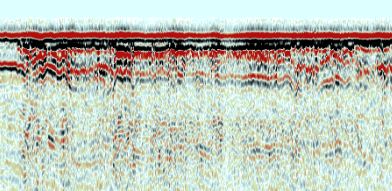
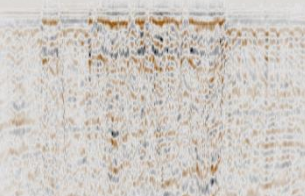
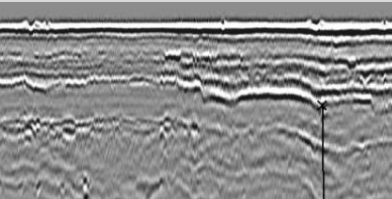

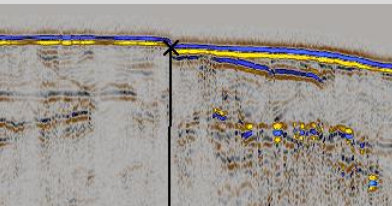
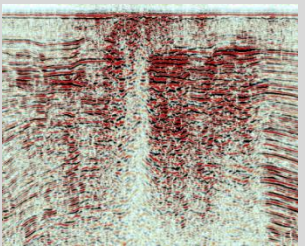
Интерпретация ИГИ

Палеоврезы

Фрагмент временного сейсмического разреза

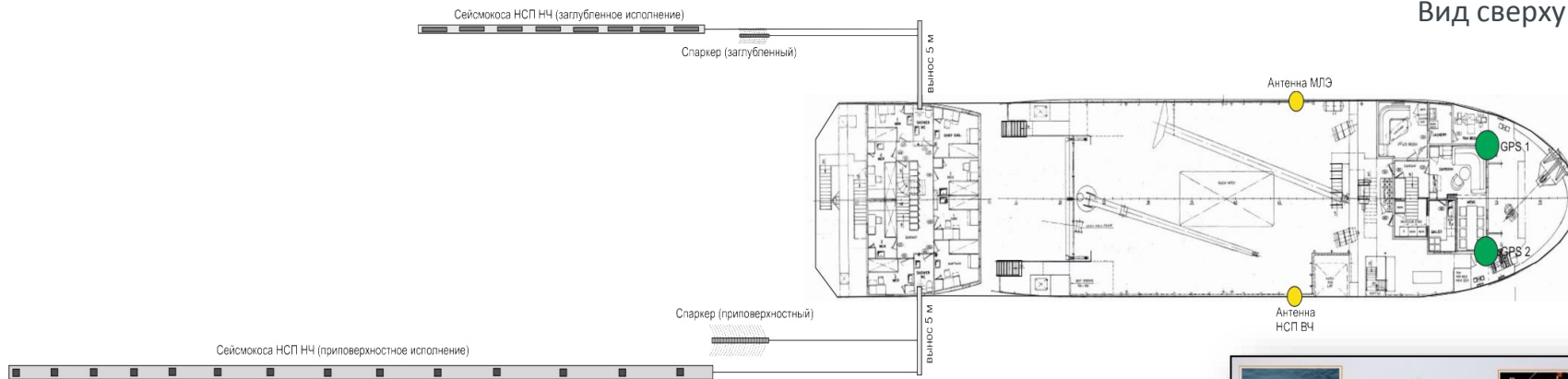


Комплексирование ИГИ и 2D

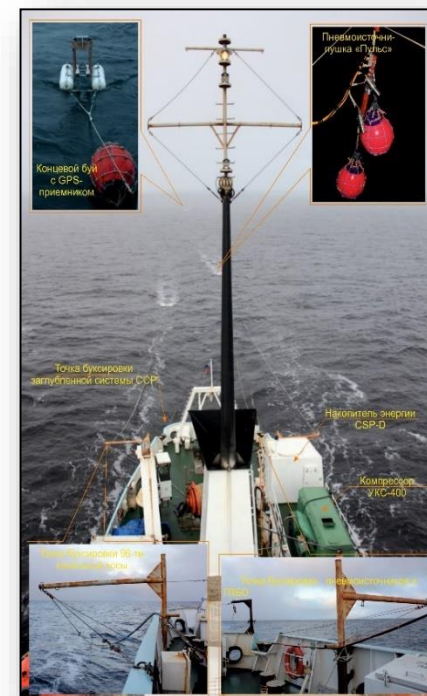
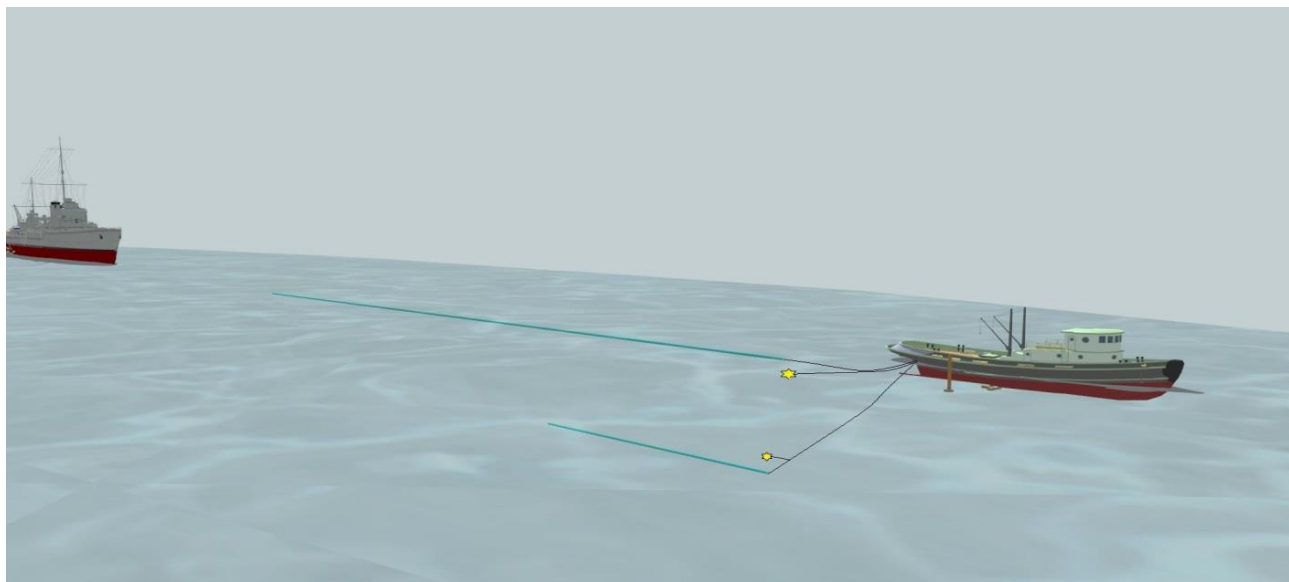
Категории аномалий ИГИ	Характеристика по данным ИГИ		Характеристика по данным 2D в зоне ВЧР	
<p><u>I класс</u> Палеоврезы</p>	<ul style="list-style-type: none"> • яркое отражение вблизи дна • непротяженные оси синфазности • хаотическая волновая картина • на 100-150 мс проявляется яркая граница прямой полярности с врезами 			<ul style="list-style-type: none"> • непротяженные оси синфазности • хаотическая волновая картина • более яркие амплитуды относительно общей волновой картины • наличие синформного изгиба отражающих границ
<p><u>II класс</u> Области ММП</p>	<ul style="list-style-type: none"> • яркое приповерхностное отражение и артефакты ниже • не выровненные оси синфазности • ниже ярких отражений наблюдается сильное затухание сигнала 			<ul style="list-style-type: none"> • более яркие амплитуды отражений • более низкая частота • довольно продолжительная по времени равномерно затухающая хаотическая волновая картина
<p><u>III класс</u> Области протаивания ММП</p>	<ul style="list-style-type: none"> • яркое отражение вблизи дна и артефакты ниже • наличие более неустойчивой волновой картины • сильное поглощение амплитуды сигнала • возможно наличие разлома 			<ul style="list-style-type: none"> • более яркие амплитуды отражений • возможно наличие разлома
<p><u>IV класс</u> Разломы и газопроявления</p>	<ul style="list-style-type: none"> • яркое отражение вблизи поверхности и ниже от границы • наличие хаотической волновой картины ниже • сильное поглощение сигнала • возможно наличие разлома • обратная полярность в газонасыщенной толще • перепад по данным МЛЭ 			<ul style="list-style-type: none"> • более яркие амплитуды отражений • наличие разломов, сопровождающих вместе собой аналог волновой картины, соответствующей выходу глубинного газа



Вид сверху



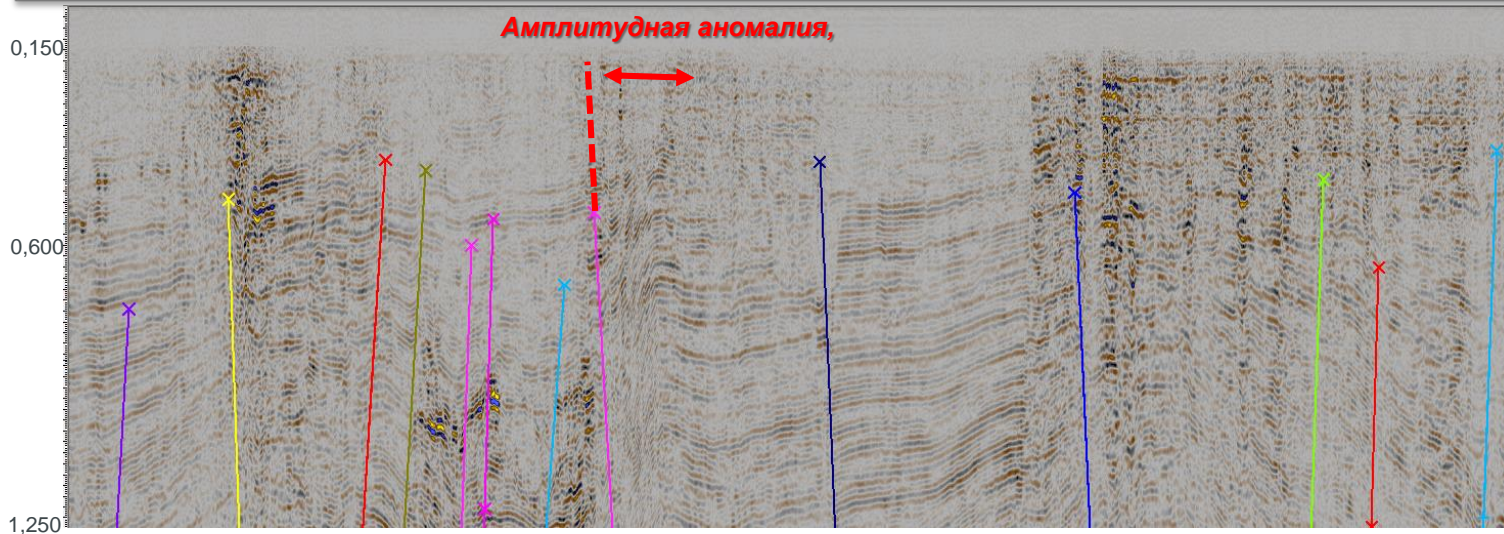
Вид сбоку



Интерпретация ИГИ и 2D/3D сейсморазведки

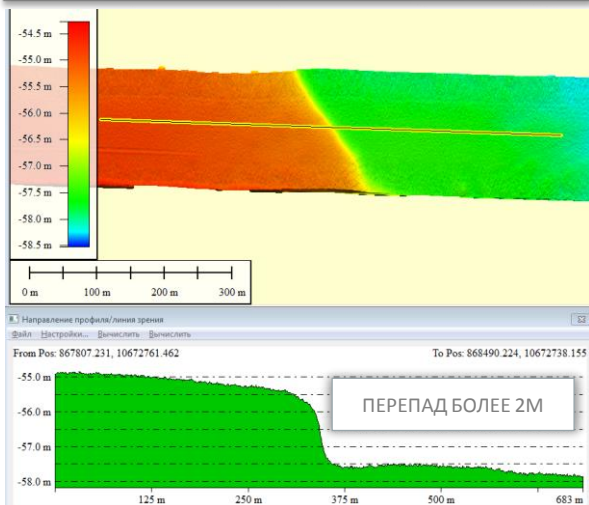
Разломы и газопроявления

ФРАГМЕНТ ВРЕМЕННОГО РАЗРЕЗА ПО ДАННЫМ 2D В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА (ВЧР)

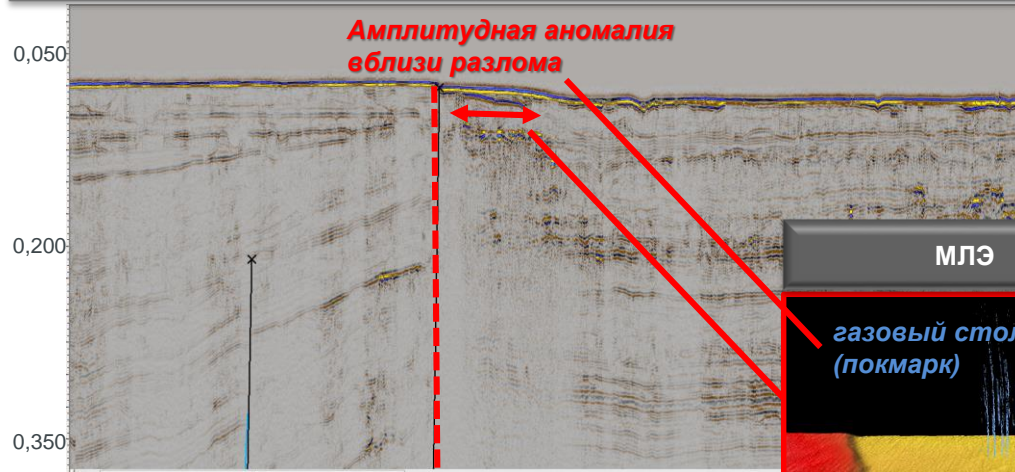


- ▶ На данных ИГИ уровень пропагации разломов фиксируется на уровне дна, чего не видно на данных 2D.
- ▶ Газопроявления оказывают значительно ухудшают качество сейсмической записи.

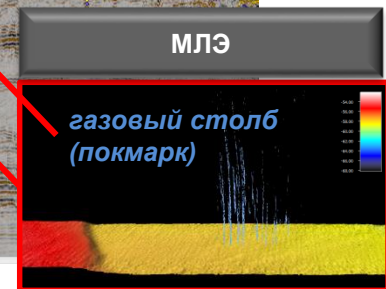
МЛЭ



ФРАГМЕНТ РАЗРЕЗА СВР

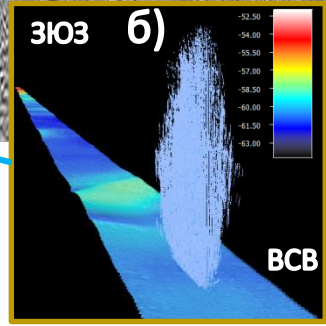
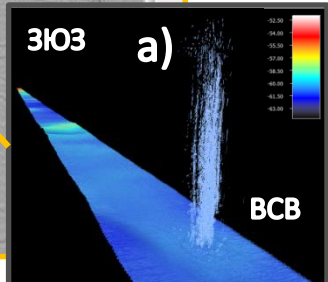
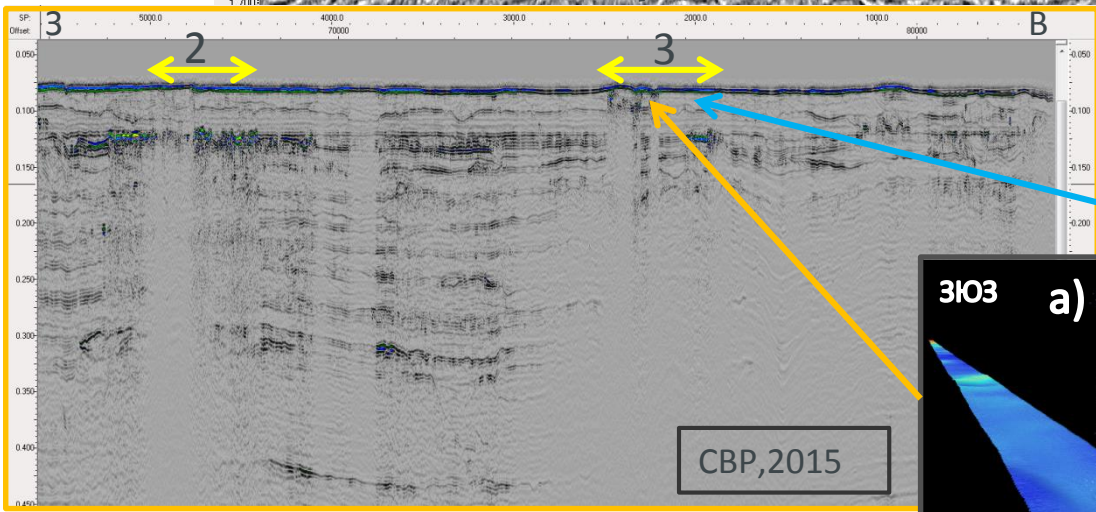
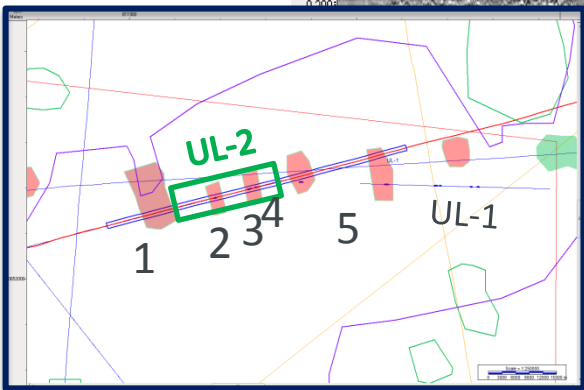
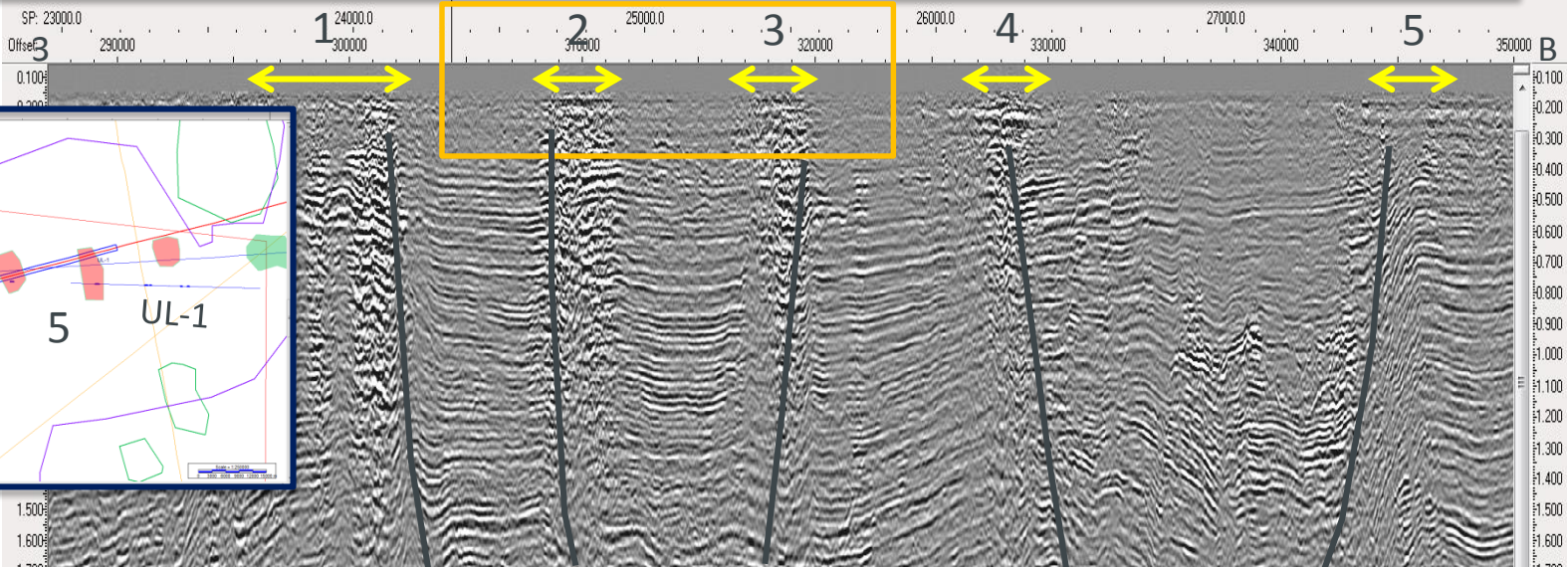


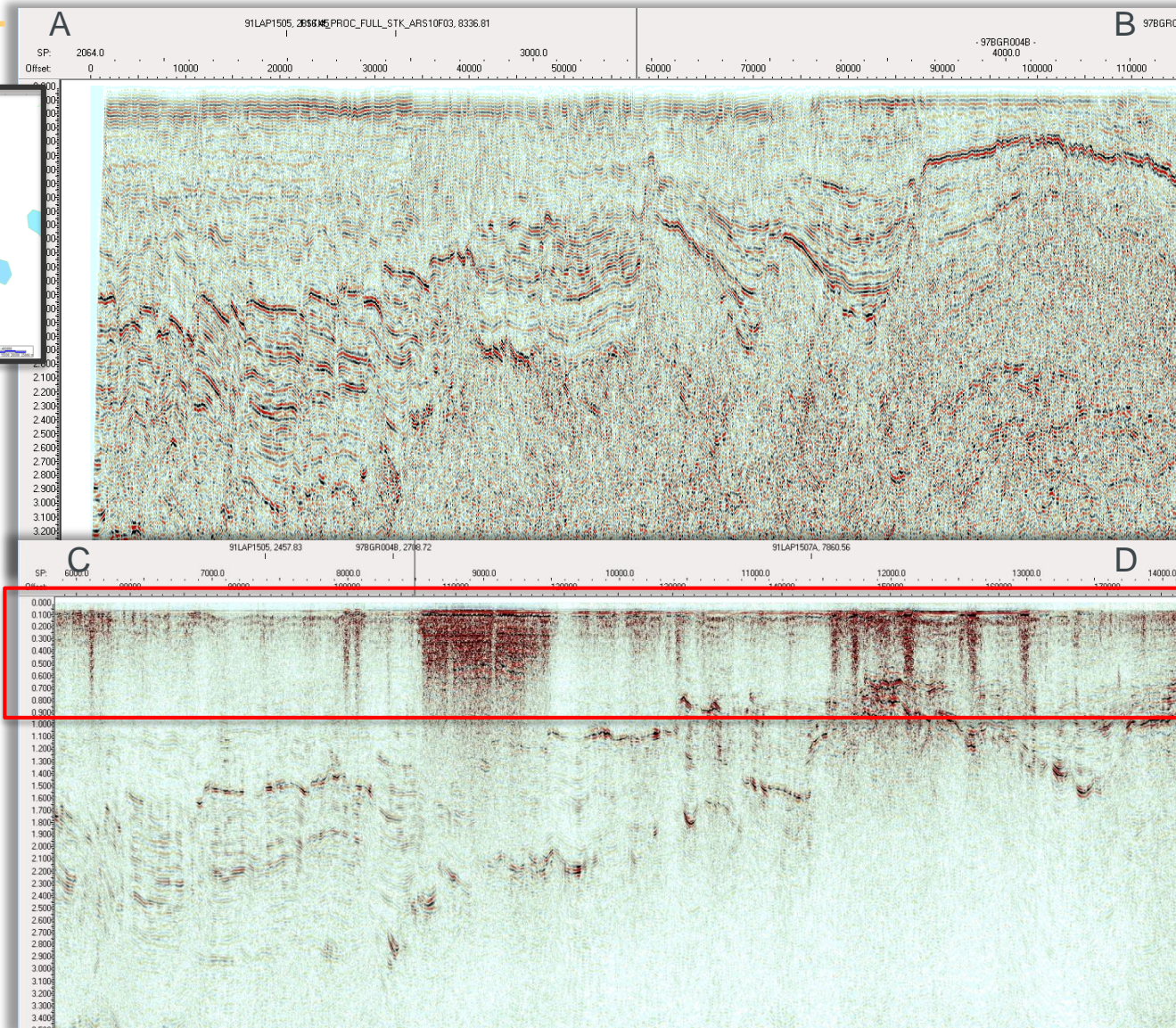
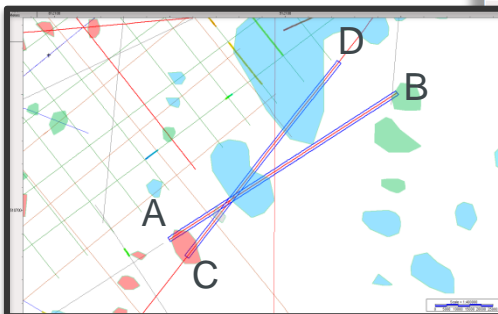
МЛЭ





III класс. Разломы и глубинное газопроявление

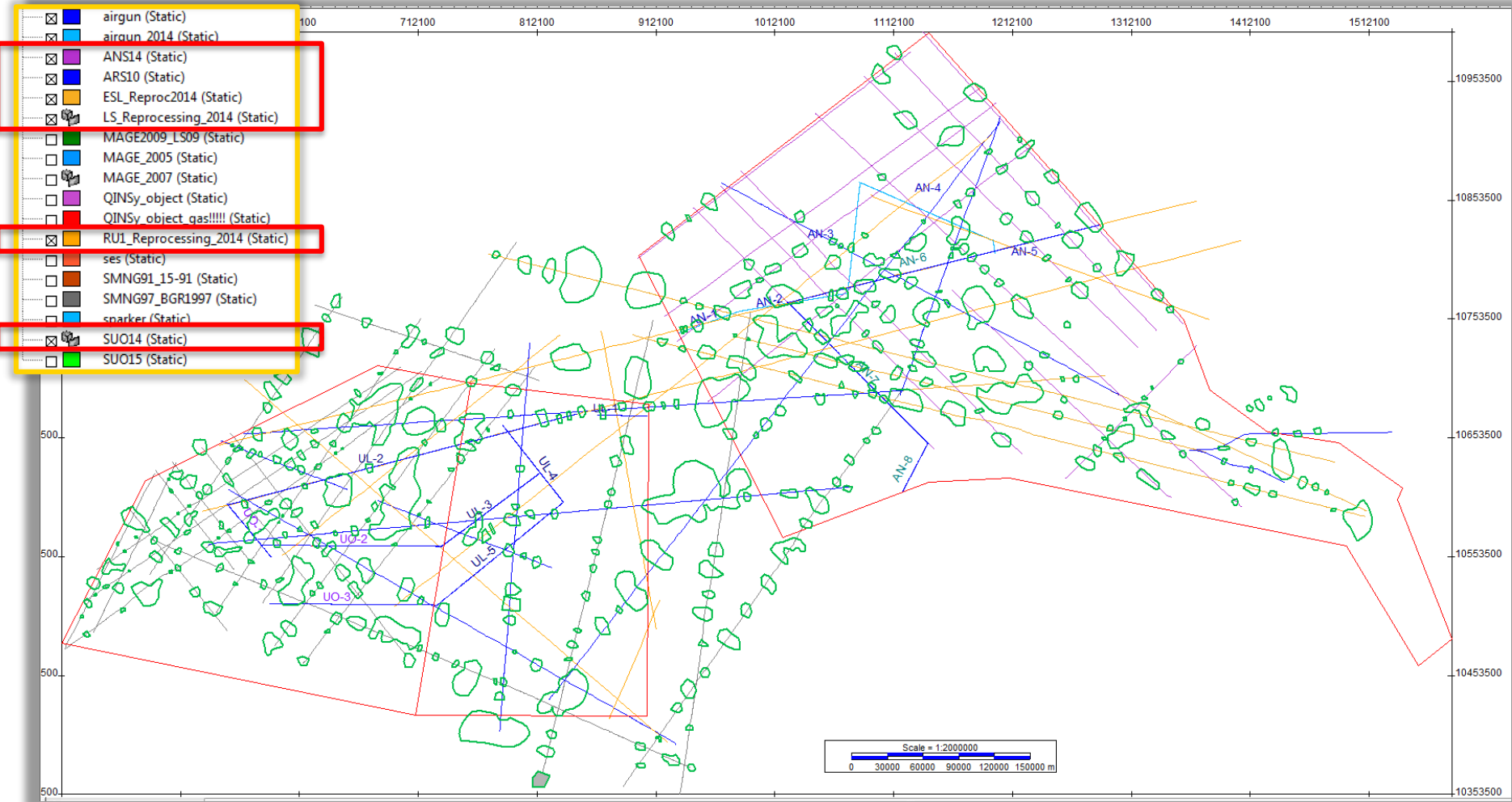


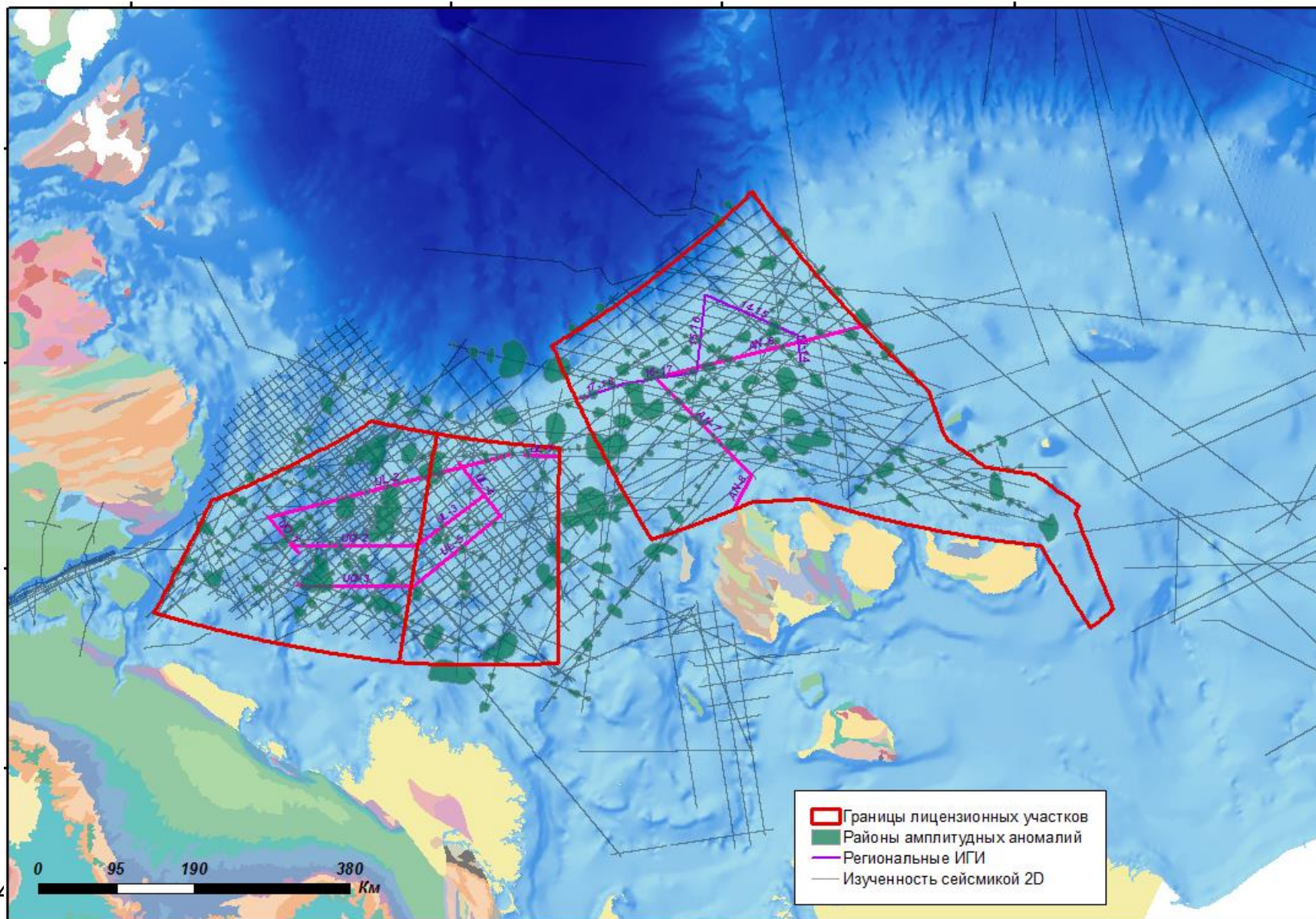


Подсчет амплитудных аномалий в окне по атрибуту «максимально отрицательные амплитуды»

Комплексирование ИГИ и 2D

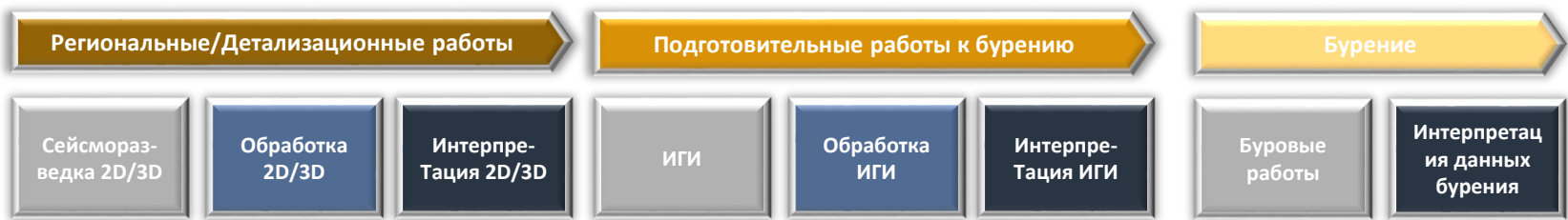
Построение полигонов, характеризующих проявление амплитудных аномалий



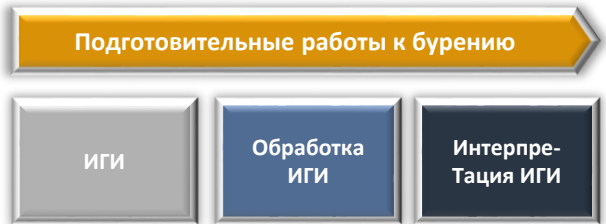
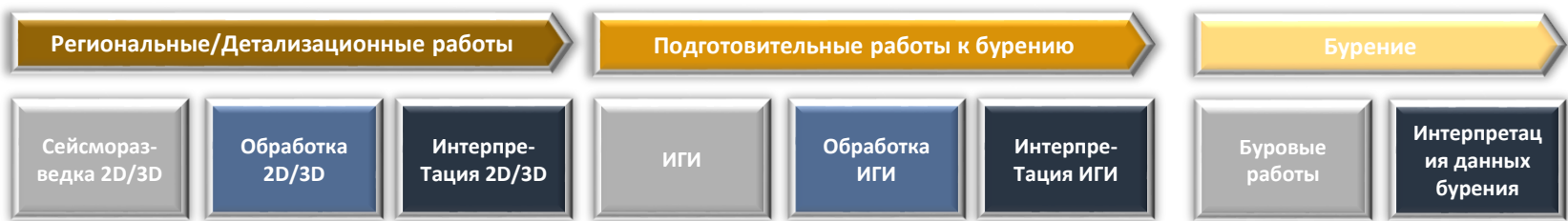


Принцип комплексирования 2D сейсморазведки и ИГИ

Типовая последовательность работ при ГРП работах на шельфовых участках



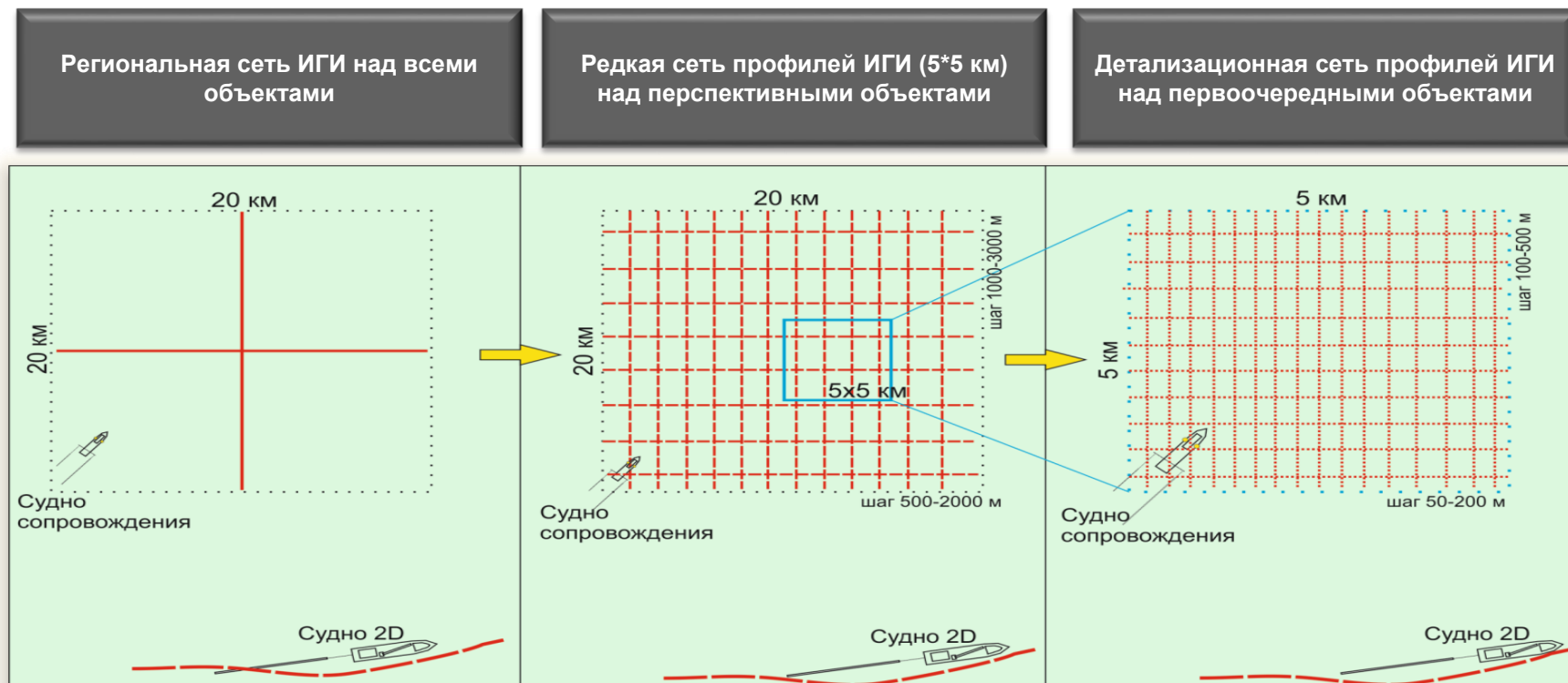
Типовая последовательность работ при ГРП работах на шельфовых участках с учетом комплексирования



- ПРЕИМУЩЕСТВА:**
- Сокращение сроков подготовки объектов к бурению
 - Оптимизация расходов на проведение ИГИ
 - Наличие большого числа подготовленных к бурению площадок ИГИ



Детализационная съемка над сводами перспективных структур

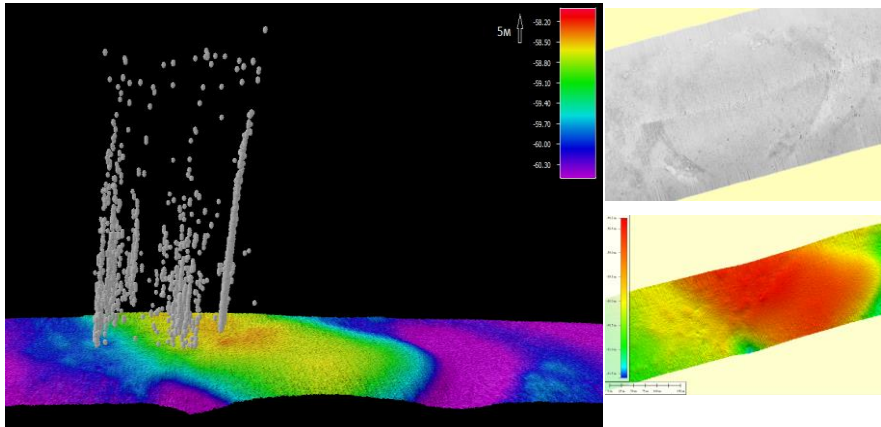


- Прохождение секущих профилей над сводом структуры
- Отработка сети профилей над структурой
- Выделение участка 5x5 км
- Отработка сети профилей на детализированном участке

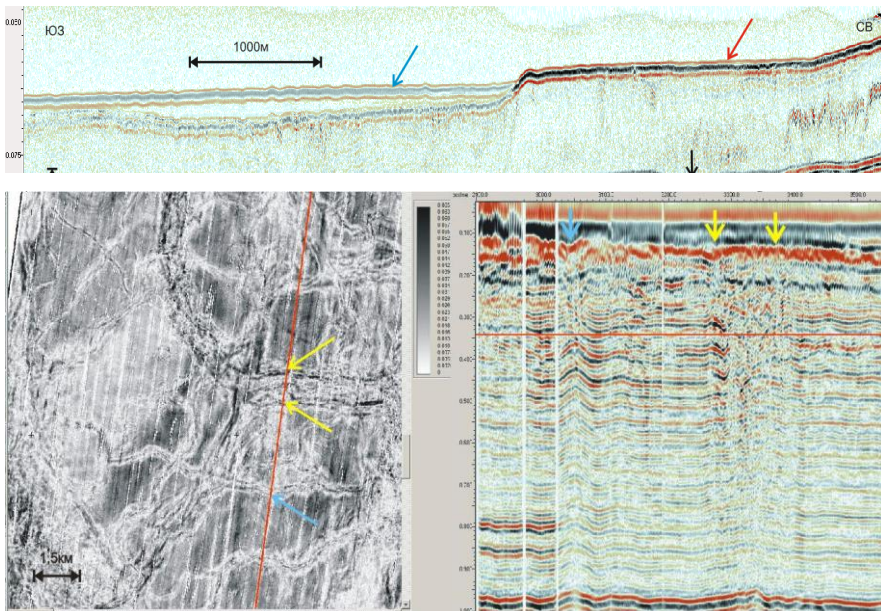
Заклучение



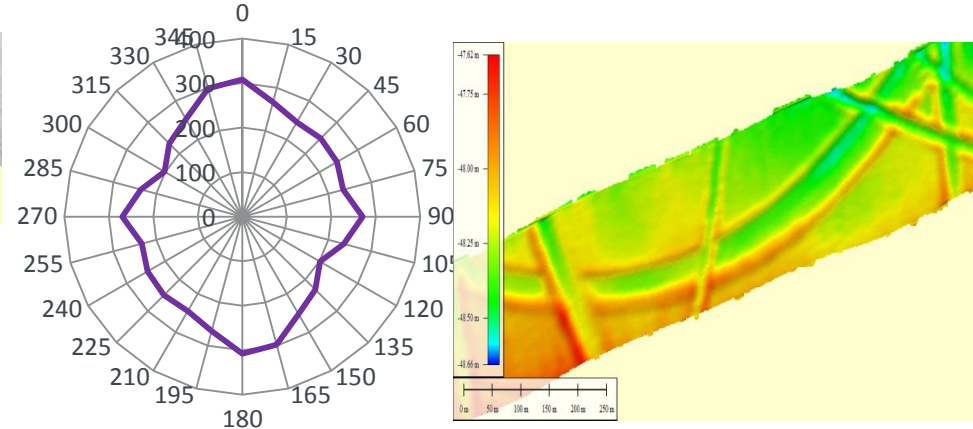
Совместная интерпретация данных



Изучение проявлений многолетнемерзлых пород на сейсмических данных



Анализ борозд ледовой экзарации



Инверсионные преобразования для распознавания многолетнемерзлых и газонасыщенных пород

