

# Информационный бюллетень

## О состоянии недр прибрежно-шельфовых зон Японского и Охотского морей Российской Федерации в 2023 году

### Выпуск 1



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ  
(РОСНЕДРА)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ МИРОВОГО ОКЕАНА  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА И. С. ГРАМБЕРГА»  
(ФГБУ «ВНИИОКЕАНГЕОЛОГИЯ»)

**Информационный бюллетень  
О СОСТОЯНИИ НЕДР  
ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВЫХ ЗОН  
ЯПОНСКОГО И ОХОТСКОГО МОРЕЙ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В 2023 году**

**ВЫПУСК 1**



Санкт-Петербург, 2024

**Информационный бюллетень о состоянии недр прибрежно-шельфовых зон Японского и Охотского морей Российской Федерации. Вып. 1.**

В информационном бюллетене содержатся статистические данные и аналитические оценки, полученные по результатам ведения мониторинга состояния недр прибрежно-шельфовых зон Японского и Охотского морей Российской Федерации в 2023 г. по опасным экзогенным геологическим процессам. Наблюдательная сеть мониторинга основывалась на проведении комплексных исследований на 10 пунктах наблюдения, охватывающих прибрежно-шельфовые зоны Японского (Татарский пролив) и Охотского (залив Анива, Восточно-Сахалинский шельф) морей. При выполнении исследований применялся традиционный спектр геолого-геофизических методов работ на акватории. Были установлены основные тенденции развития потенциально опасных экзогенных геологических процессов за истекший годовой период.

Авторы:

Иванова В. В., Слинченков В. И., Рыбалко А. Е., Карташев А. О.,  
Алексеев А. Ю., Голосной А. С., Исаева О. В., Котов С. Р., Щербаков В. А.

---

# СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений. . . . .	4
Введение. . . . .	5
1. Общие сведения. . . . .	6
1.1. Основные геологические опасности, связанные с экзогенными геологическими процессами в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей . . . . .	7
2. Наблюдательная сеть и применяемые методы . . . . .	16
3. Региональная активность опасных экзогенных геологических процессов в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей в 2023 г. . . . .	24
3.1. Характеристика проявлений опасных экзогенных геологических процессов в прибрежно-шельфовой зоне Японского моря . . . . .	24
3.2. Характеристика проявлений опасных экзогенных геологических процессов в прибрежно-шельфовой зоне Охотского моря. . . . .	30
3.3. Региональная активность гравитационных процессов в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей . . . . .	44
3.4. Региональная активность процессов газо-флюидной разгрузки в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей в 2023 г . . . . .	47
3.5. Степень региональной активности опасных ЭГП в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей в 2023 г. . . . .	65
4. Прогноз развития опасных экзогенных геологических процессов на 2024 год и оправдываемость прогноза . . . . .	68
4.1. Годовой прогноз развития опасных экзогенных геологических процессов . . . . .	68
4.2. Оценка оправдываемости прогноза опасных экзогенных геологических процессов . . . . .	70
Заключение. . . . .	72
Список литературы . . . . .	73

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГАА	— гидроакустические аномалии
ГЛБО	— гидролокация бокового обзора
ГМСН	— государственный мониторинг состояния недр
НУВ	— нефтяные углеводороды
ОЭГП	— опасные экзогенные геологические процессы
ПАУ	— полиароматические углеводороды
ПШЗ	— прибрежно-шельфовые зоны
УВ	— углеводороды
ЭГП	— экзогенные геологические процессы

---

## ВВЕДЕНИЕ

Район работ расположен в южной прибрежно-шельфовой зоне острова Сахалин. Рассмотрены результаты проведения комплексных морских работ: эхолотирование с локацией бокового обзора, опробование донных отложений и придонной морской воды, определение состава газовой фазы донных отложений и морской воды, определение геохимических индикаторов грязевого вулканизма в донных отложениях. Приведена методика проведения и объемы выполненных исследований.

**Целевым назначением работ** является оценка современного состояния опасных экзогенных геологических процессов и прогноз его изменения на основе ведения государственного мониторинга состояния недр (далее — ГМСН) в пределах прибрежно-шельфовых зон Японского и Охотского морей.

В течение 2023 г. выполнены следующие работы: проведены наблюдения за показателями состояния недр по 10 ключевым участкам; по результатам работ подготовлен структурированный массив данных, содержащий результаты наблюдений за показателями опасных ЭГП (длина, ширина, площадь проявлений ЭГП, параметры активизации проявлений ЭГП и др.) по 10 пунктам наблюдательной сети мониторинга опасных ЭГП (подводные оползни, обвалы, газо-флюидная разгрузка, грязевые вулканы и др.). Негативных воздействий опасных ЭГП на хозяйственные объекты в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей не отмечалось.

Составлены дежурные карты, отражающие состояние недр прибрежно-шельфовых зон Японского и Охотского морей масштаба 1:1 000 000 с врезками масштаба 1:200 000 и крупнее (для участков размещения пунктов наблюдений) в составе: карты наблюдательной сети на тектонической основе; карт фактического материала; карт проявлений опасных ЭГП (подводные оползни, обвалы, газо флюидная разгрузка, грязевые вулканы и др.); карт геологических опасностей, связанных с ЭГП; карт активности опасных ЭГП.

Конкретная оценка состояния недр и развития опасных ЭГП основывалась преимущественно на результатах полевых геолого-геофизических наблюдений за показателями состояния недр в 10 пунктах наблюдений в пределах районов работ в прибрежно-шельфовой зоне Охотского и Японского морей. Негативных воздействий опасных ЭГП на хозяйственные объекты в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей в 2023 году не отмечалось.

Бюллетень о состоянии недр прибрежно-шельфовых зон Японского и Охотского морей в 2023 г. составлен по итогам выполненных исследований на пунктах наблюдательной сети, а также по результатам сбора, анализа и обобщения опубликованных и неопубликованных источников информации о состоянии недр прибрежно-шельфовых зон. Он несет новейшую геологическую информацию о состоянии недр и активности опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП) региона. Охарактеризованы наблюдательная сеть и применяемые методы, региональная активность ОЭГП, прогноз их развития на 2024 год.

# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Изучаемая акватория охватывает юго-восточную часть Татарского пролива, северо-западную часть Японского моря и юго-западную часть Охотского моря (заливы Терпения и Анива) (рис. 1.1).

Береговая линия острова Сахалин в пределах листа слабо изрезана. Юго-восточные берега острова - абразионно-бухтовые, вторично-расчленённые.

Развиты солифлюкционные и оползневые процессы. В северо-западной части зал. Анива представлены берега абразионные в рыхлых толщах. Встречаются обвальное-оползневые формы.

Основными морфологическими зонами в рельефе дна являются: шельф (материковая и островная отмель о. Сахалин), материковый склон, на котором выделяются отдельные подводные возвышенности и впадины, а также Присахалинский склон глубоководной Южно-Охотской котловины.

Поверхность присахалинского шельфа представляет выровненную абразионно-аккумулятивную равнину, осложненную различными мезо- и микроформами рельефа, обычно небольшой относительной высоты от дна, сформированную на реликтовой материковой равнине.

Наибольшая расчлененность наблюдается в пределах глубин до 50 м, где на общей абразионно-аккумулятивной поверхности выделяется ряд поднятий, ориентированных приблизительно по траверзу мыса Терпения.

Восточное побережье Тонино-Анивского полуострова характеризуется узким, относительно крутым шельфом. Залив Анива представляет собой обширное мелководье, которое сливается на юге с Хоккайдзинской прибрежной отмелью, образуя широкую, уходящую далеко на восток плоскую абразионно-аккумулятивную равнину. Крупных осложнений рельефа его дна не отмечается. По характеру строения и рельефу дна залив разделяется на две части, граница между которыми проходит по меридиану г. Корсакова.

В пределах изученной акватории Татарского пролива средние уклоны шельфа невелики. Характерной особенностью шельфа являются бенчи, совершенно лишенные наносов. Ширина их, по материалам аэрофотосъемки, колеблется от 300 до 2000 м,

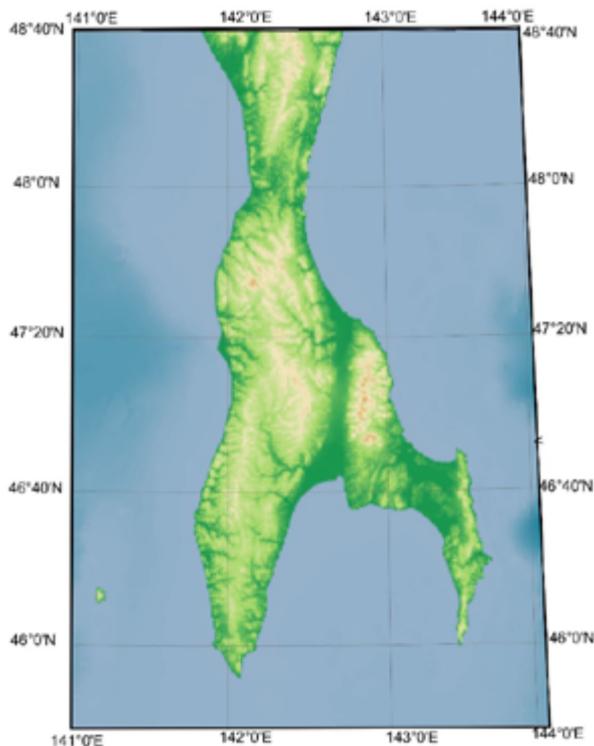


Рис. 1.1 Орографическая схема района работ.

уменьшается к северу. Наиболее широко бенчи развиты в зонах современных тектонических поднятий вблизи абразионных берегов. Во многих районах они встречаются в 5–6 км от берега за полосой рыхлых наносов.

К югу от г. Холмска прослеживается мелководный участок, на котором развиты абразионные останцы, куэсты высотой до 30 м, скалистые бенчи.

Климатические и метеорологические условия региона тесно связаны с расположением его в сфере действия муссона умеренных широт. Существенное влияние на климатические и метеорологические условия оказывает также различный термический режим Охотского и Японского морей и сложный горный рельеф.

Характерны штормы и тайфуны, приводящие к наводнениям.

В строении о. Сахалин принимают участие позднемезозойско-кайнозойские складчатые структуры Хоккайдо-Сахалинской складчатой системы. Шельф (акватория Татарского пролива, Японского моря, заливов Терпения и Анива Охотского моря) сложен мощными (до 9 км) слабо дислоцированными кайнозойскими, преимущественно терригенными, толщами.

## **1.1. ОСНОВНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С ЭКЗОГЕННЫМИ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВЫХ ЗОНАХ ЯПОНСКОГО И ОХОТСКОГО МОРЕЙ**

Главной особенностью изучаемого региона является широкое развитие в пределах шельфовой зоны процессов разрушения коренных пород на прибрежном мелководье, избыточное накопление осадочного материала на отдельных участках шельфа залива Терпения, шельфа и материкового склона Татарского пролива.

Охотоморский шельф отличается значительной расчлененностью. Приливный фактор стал определяющим в литодинамических и эрозионных процессах на шельфе. Высокая подвижность придонных вод препятствует накоплению осадочной толщи. Приливо-отливные течения осуществляют перенос осадков как в пределах береговой зоны шельфа, так и за его бровкой; а также оказывают эродирующее воздействие и способствуют формированию структурно-денудационных форм (каналы стока, желоба, ложбины, долины и т.д.). Если сеть подводных долин и ложбин рассматривать как пути транзита наиболее тонких фракций (песчаных и алевритовых) наносов, то можно утверждать, что взвешенный материал выносится через шельф описываемого района в глубинные участки Охотского моря [Астахов, 1986].

Шельф Татарского пролива представляет собой зону аккумуляции в пределах выровненной поверхности нижней части шельфа и материкового склона. В формировании современного рельефа шельфа эрозионные процессы являются главенствующими

К ведущим геоопасностям следует относить также естественные газопроявления в форме метановых сипов и неконтролируемые газопроявления при проходке скважин в виде выброса флюидов при вскрытии газовых карманов с аномально высоким пластовым давлением. Газопроявления могут сопровождаться загрязнением морской воды, атмосферы, формированием крупных антропогенных котлованов на дне моря (до 500 м в диаметре и глубиной до 100 м), гибелью людей и морских организмов.

На восточном шельфе о. Сахалин геофизическими методами обнаружены два основных вида поверхностных газопроявлений: локальные (сосредоточенные) выходы (газовые факелы) и площадное поступление метана из так называемых газовых труб над газоносными структурами. К наиболее опасному для подводных добычных комплексов виду газопроявлений относятся так называемые газовые карманы в верхней части осадочного чехла, приуроченные к плейстоценовым и неогеновым пескам, алевролитам и слаболитифицированным песчаникам. Выделены три-четыре зоны локализации газовых карманов на глубинах преимущественно 100–325 м от поверхности морского дна.

В Охотском море существуют два основных вида локальных выходов метана: с образованием «факелов» — гидроакустических аномалий, отражающих потоки газовых пузырей, и без них. Локальные выходы могут быть также единичными или образовывать скопления. Большинство факелов, согласно [Шакиров, Обжиров, 2009], расположено в пределах прогибов: Северо-Сахалинского (факелы «Николь», «Миллениум»), Дерюгинской котловины (факелы «Гизелла», «Эрвин»). Мелководная структура подобная грязевому вулкану расположена в 80 км на С-СВ от Дагинского газопроявления.

Области развития газонасыщенных осадков закартированы в мелководной части северо-восточного Сахалинского шельфа и в Татарском проливе Обжировым А. И. [Обжиров, 2011, 2014, Николаева, 2013]. Закартировано более 70 гидроакустических аномалий типа «газовый факел», приуроченных к присахалинскому плечу Татарского рифта и к присахалинскому склону Южно-Охотоморской котловины.

Установлено, что индикаторами наличия поверхностных газогидратов в осадках Татарского трога являются газовые факелы в нижней и верхней частях его восточного склона [Operation report, 2013]. Подводящими каналами для метановых высачиваний на склоне являются разломы. Метан в местах газовых высачиваний поступает из глубинных резервуаров, а не является результатом разложения газогидратов. Источником газа могут служить угленосные миоценовые отложения восточного склона Татарского трога.

Присахалинская газогидратная система восточного склона о. Сахалин включает в себя такие компоненты как газовые сипы и соответствующие им покмарки и/или карбонатные холмы, диапиры, поверхностные газогидраты и BSR [Operation report, 2013]. Газовые сипы, в основном, располагаются в пределах нескольких изолированных полей, что связано с наличием подводящих каналов, которыми являются разломы. Выявлено распределение BSR, глубина расположения которого зависит не только от глубины моря (давления) и придонной температуры, но и от величины теплового потока, повышающегося в точках выноса газового флюида. На северо-восточном склоне о. Сахалин обнаружены системы активных разломов. Вертикальные и горизонтальные смещения по тектоническим разломам могут достигать нескольких метров, а оползневые смещения тектонического происхождения — десятков метров по вертикали и нескольких километров по горизонтали. Вызванные такими оползнями цунами представляют серьезный фактор риска для нефтедобывающих предприятий о. Сахалин [Баранов и др., 2013].

Татарский пролив и Охотское море в пределах региона работ вместе с прилегающей островной сушей расположены в зоне крупнейшей линейной морфоструктуры субмеридионального направления - Япономорского линейамента, характеризующегося повышенной геодинамической активностью. Остров Сахалин относится к зонам повышенного природного риска для населения: ураганы, цунами, тайфуны, высокая сейсмичность, штормовые нагоны, интенсивная неотектоника и т.д.

Триггером для опасных экзогенных геологических процессов являются эндогенные геологические процессы. Интенсивность сейсмических событий варьирует от 8 до 10 баллов по шкале MSK-84. Наиболее сейсмически опасными являются западная и северо-восточная части Сахалина и прилегающие к нему участки шельфа. Подводные землетрясения вызывают цунами: цунамиопасная зона с прогнозируемой высотой волн до 5 м выделена на северо-восточном побережье острова (севернее Лунского залива) [Атлас ..., 2004]. Согласно [Землетрясения..., 2006] к шельфу о. Сахалин приурочены очаги землетрясений магнитудой более 3.3. Очаги наиболее опасных мелкофокусных землетрясений сосредоточены у островного шельфа Татарского пролива [Атлас ... 2004]. Очаги сейсмической разгрузки приурочены к Западно-Сахалинскому, Центрально-Сахалинскому и Восточно-Сахалинскому разломам и расположены на их пересечениях с поперечными субширотными и восток-северо-восточными разломами [Землетрясения ..., 2006].

Современные геодинамические процессы на шельфе проявляются в слабом дифференцированном поднятии и опускании блоков земной коры. Выделенные на карте зоны незначительных современных поднятий приурочены к шельфу Сахалина в пределах Татарского пролива и шельфа Охотского моря. В заливе Терпения происходит медленное воздымание центральной части [Геология и полезные..., 2005].

К наиболее опасным территориям возникновения землетрясений с магнитудой более 5.1–5.5 относится восточная часть шельфа, где зарегистрированы землетрясения с магнитудой 6.1–7.0 с максимальной интенсивностью сотрясений 6–8 баллов. Подчеркнём, что при самом разрушительном Нефтегорском землетрясении 1995 г. магнитуда составила 7.2–7.5, а интенсивность сотрясений достигала 9–10 баллов. В пределах прибрежных равнин на заболоченных участках с высоким стоянием грунтовых вод во время сильных сейсмических событий возможны процессы разжижения песчаных грунтов.

Исследование склонности грунтов к разжижению (по данным статического зондирования, путем динамического трехосного сжатия модельных образцов, а также с использованием метода, основанного на расчетах сейсмического потенциала разжижения) позволило заключить, что песчаные грунты в местах строительства объектов ПДК подвержены разжижению. Разжижение грунтов возможно при сейсмических воздействиях с  $T = 500–1000$  лет и магнитудой  $M = 5,5–6,0$ . Разжижаются в основном пески мелкие рыхлые, пески средней плотности, песок пылеватый средней плотности и среднекрупный песок средней плотности. Мощность разжижаемых грунтов достигает 3–4 м. Наблюдается тенденция уменьшения мощности разжижаемого слоя по направлению к берегу.

Основными опасными геологическими процессами на восточном склоне шельфа о. Сахалин являются: сейсмичность, активные разломы, высачивание газа, обрушение склона и образование оползней. Эти геологические процессы тесно связаны между собой и формируют систему георисков восточного склона. Все типы георисков встречаются в пределах двух сегментов восточного склона о. Сахалин (центрального и курильского), где степень потенциальной геологической опасности является наибольшей. Потенциальная геологическая опасность в первую очередь связана с возможным обрушением склона и образованием оползней, которые могут приводить к генерации волн цунами. Волны цунами, вызванные оползнями в центральном и курильском сегментах, могут представлять угрозу для восточного побережья о. Сахалин и расположенной здесь инфраструктуры, связанной с разработкой нефтяных и газовых месторождений. [Баранов и др., 2015]. На юго-восточном склоне о. Сахалин (западном склоне Курильской котловины) были выделены участки склона с наличием оползневых блоков размерами до 2 км, оползневых отложений и оползней площадью более 100 км<sup>2</sup>. Оползневые блоки и оползневые отложения расположены в пределах

подводных каньонов/конусов выноса залива Терпения. Оползневые процессы, вероятно, провоцируются сейсмической активностью и газонасыщенностью осадочной толщи. Существует вероятность дальнейшего обрушения участков склона с образованием оползней, способных генерировать цунами.

Для дальневосточного побережья России опасными удаленными цунамигенными зонами являются зоны, примыкающие к Тихоокеанскому побережью Северной и Южной Америки. Эти зоны, и прежде всего южноамериканская, генерируют сильнейшие трансокеанские цунами, которые сквозь проливы Курильской гряды проникают в Охотское море и далее распространяются по всему его бассейну. Однако особую опасность для промышленных объектов на побережье, при прочих равных условиях, обычно представляют региональные цунами, связанные с мелкофокусными землетрясениями, очаги которых находятся на сравнительно небольшом расстоянии от освоенных территорий побережья. В самом море цунамигенерирующие землетрясения редки. Единственный известный случай генерации цунами собственно в Охотском море упомянут в японском каталоге цунами. Он связан с землетрясением, произошедшим 5 марта 1956 года и имевшим магнитуду 6.2.

Все побережье Сахалина является зоной, где возможно появление цунами, а сильные цунами на Сахалине происходят раз в 100 лет [Щетников, 1990]. Высота волн на побережье Сахалина после трансокеанского цунами, вызванного Чилийским землетрясением 22 мая 1960 г, составила в Корсакове 1.2 м, на мысе Крильон — 0.4 м, в Холмске — 0.1 м [Бейзель и др., 2013].

Основная угроза цунами для побережья юга Сахалина исходит от мелкофокусных землетрясений, возникающих в восточной части Японского моря, южной части Татарского пролива, и в меньшей степени от землетрясений в южной части Охотского моря, происходящих вблизи северного побережья о. Хоккайдо (Монеронское землетрясение 05.09.1971 г., землетрясение 26.05.1983 г., Невельское землетрясение 02.08.2007 г.). Всего зафиксировано около 20 случаев цунами, проникающих из Тихого океана и Японского моря.

При подходе к берегу высота заплеска волн цунами значительно меняется в зависимости от глубины моря, ширины шельфа, особенностей подводного рельефа, конфигурации побережья, угла направленности волн цунами, резонансных свойств бухт и заливов.

Анализ исторических данных (хроник) о цунами на восточном побережье Сахалина, дополненный численным гидродинамическим моделированием распространения цунами, показал: цунамиопасность для участков побережья можно квалифицировать как умеренную. Статистические оценки говорят о возможности появления цунами с высотами, превышающими 1,2 м, раз в 50 лет, высотами > 1,6 м раз в 100 лет и высотами > 2,7 м раз в 500 лет. В случае реализации среднего (наиболее вероятного, ожидаемого) сценария развития цунами максимальная высота волн цунами на восточном побережье Сахалина может достигать 3 м. Учет приливных колебаний уровня, амплитуда которых в фазе сизигии может достигать 1 м, увеличивает это значение до 4 м;

Экзогенные геологические процессы, получившие распространение в береговой зоне, разнообразны. Абразионные процессы в скальных, обрывистых берегах выражаются образованием волноприбойных ниш размером до двух метров по фронту и глубиной до одного метра, а также формированием узких прислоненных пляжей и широким развитием бенча на подводных склонах.

Интенсивная абразия приурочена к участкам развития слабоуплотненных и рыхлых осадков неоген-четвертичного возраста (восточный берег Охотского моря, восточное побережье залива Терпения и др.). Здесь развиты вертикальные уступы высотой от 4–8 до

16–20 м, к подножию которых приурочены шлейфы песчаного и песчано-глинистого материала, часто встречаются обвально-оползневые формы рельефа. Скорость отступления берегов в этих районах в среднем составляет 2–5 м/год, достигая в отдельных случаях 20–22 м/год [Атлас ..., 2004]. В районе северо-восточного шельфа острова Сахалин побережья отмечаются экстремальные непериодические вдольбереговые течения, способствующие активизации процессов размыва береговой зоны [Объяснительная..., 2021].

Побережье острова Сахалин в пределах изучаемой территории бедно аккумулятивными формами, чаще всего они являются реликтовыми (аккумулятивный выступ мыса Слениковского, косы Ихдам, Ныйде, Нокси, пересыпь лагуны Буссе и др.). В целом преобладают абразионные берега, процессы аккумуляции на побережье острова затухают. Более трех четвертых протяженности побережья абрадируется и размывается с разной степенью интенсивности (до 22 м/год) [Бровко и др., 2009]. Данная ситуация объясняется во-первых, малым поступлением обломочного материала в береговую зону на современном этапе развития берега; во-вторых, широким распространением бенчей, защищающих клифы от разрушения, в-третьих, повышением уровня Мирового океана.

Оползневые процессы тяготеют к морскому побережью, где преобладают небольшие оползни глубокого заложения и оползни-сплывы мощностью 0,5–2 м. Развиты также и флювиальные процессы, приводящие к оврагообразованию.

Крупные береговые сооружения -волноломы, молы, причальные стенки, эстакады, построены в портах Холмск, Корсаков, Невельск,. Строительство гидротехнических сооружений приводит к нарушению естественного режима береговой зоны, что проявляется, в частности в усилении абразии клифов и обмелении ковшей. Умеренное воздействие (молы, причалы, берегозащитные сооружения) носит линейный характер. Профиль береговой зоны начинает перестраиваться.

Негативной стороной воздействия на рельеф является то, что при ширине объекта в несколько метров ширина изменяющейся поверхности при строительстве на порядок выше. Акватории портов в небольших бухтах или на ровном берегу ограничены бетонными молами. Изменения естественных берегов после строительства берегозащитных сооружений наиболее хорошо представлены на юго-западе и на побережье залива Терпения, где штормовые волны (до 4–6 м) нередко достигают защищаемых объектов и размывают их. Наиболее активное разрушение происходит на участках: южнее ст. Чехов, между станциями Макаров и Туманово и между ст. Горнозаводск и ст. Невельск. Протяженность разрушаемых стенок достигает 700 м [Бровко и др., 2009].

Значительное воздействие (отсыпка новых территорий) проявляется при строительстве объектов на определенных площадях. Сооружение объектов длится обычно несколько лет и приводит к коренному изменению естественного берегового контура. В связи с развитием портового хозяйства на юго-западе острова в условиях острого дефицита низменных участков произвели отсыпки грунта на поверхность бенча. Наиболее обширный новый участок территории был создан между Холмском и Поляково (изменению подвергся 7.5 км участок побережья). Здесь береговая линия выдвинулась местами мористее почти на 400 метров. Отсыпка грунта за пределы бенча, где глубины резко возрастают, привела к размыву «искусственной» террасы и необходимости берего-защитных мероприятий [Бровко и др., 2009].

Пересыпи лагун используются как источник строительных материалов. Добывается песчано-гравийная смесь на косах лагун Тунайча, Первая Бухта. Также пляжевые наносы добывают немного севернее посёлка Стародубское. В результате изъятия пляжевого материала сверх того, что приносится вдольбереговыми потоками наносов, берег отступает,

с чем и связывают напряжённую литодинамическую ситуацию на побережье залива Терпения. Природно-техногенные процессы на изученной территории развиваются в результате целенаправленного воздействия на геологическую среду в период строительства и эксплуатации природно-техногенных комплексов.

К техногенным опасностям относятся: трубопроводы (на морском дне и заглубленные); объекты добычи и инфраструктуры; законсервированные скважины; - неразорвавшиеся боеприпасы и взрывоопасные предметы; гидротехнические сооружения (добывающие платформы, буны, волноломы, берегоукрепительные сооружения); навигация судов и рыболовный промысел.

Опасность развития природно-техногенных процессов связана с изменением геологической среды при освоении территории и увеличением интенсивности формирования геологических процессов при сейсмических событиях. Для снижения степени опасности и риска геологических процессов необходим прогноз их активизации, оценки устойчивости инженерных сооружений и надежности работы применяемых защитных мероприятий в период строительства и эксплуатации объектов.

В таблице 1 приведена классификация участков проявлений опасных ЭГП в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей по геологическим, тектоническим и другим признакам, а также по воздействию этих процессов на людей, объекты экономики и природную среду.

Многие из вышеперечисленных ОЭГП являются следствием активизации эндогенных геологических процессов - сейсмической и тектонической активности, а также флюидно-газовой разгрузки.

Таким образом, на основании анализа результатов проведенных ранее исследований, в качестве опасных геологических процессов и явлений, наиболее типичных для прибрежно-шельфовых зон Японского и Охотского морей, можно выделить:

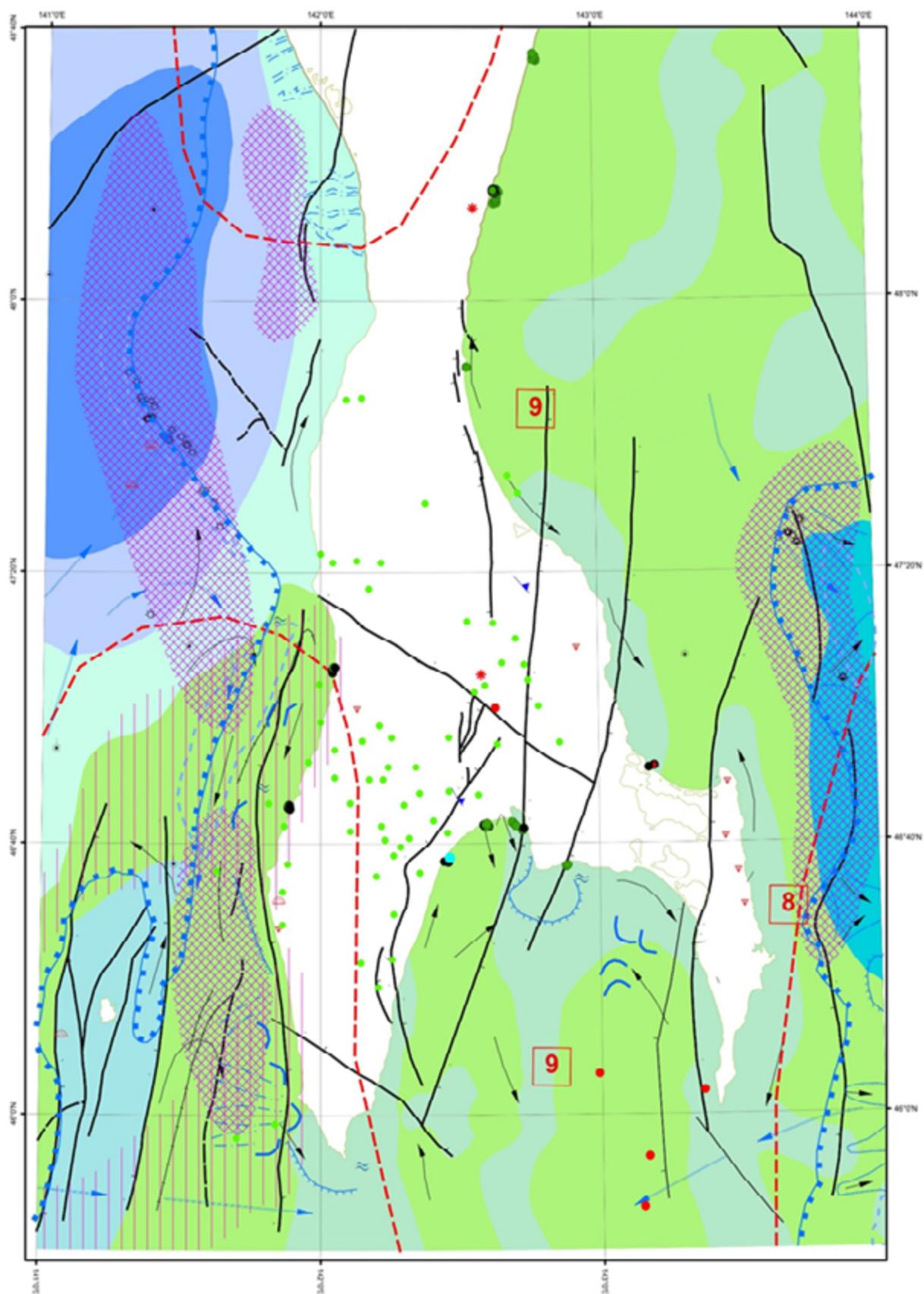
- интенсивные блоковые поднятия и погружения;
- подводная абразия, экзарация дна;
- гальмиролиз, выходы коренных пород, неоднородность грунтового основания, валуны и поля валунов, разжижение грунтов и неравномерные по составу осадки;
- подводный вулканизм, локальные выходы метана, наличие линз газонасыщенных осадков, газопроявления в форме внезапных выбросов газа, покмарки;
- оползни, песчаные волны; палеодолины;
- цунами,
- литодинамические процессы: вдольбереговой и поперечный перенос взвесей с формированием подвижных баров и подводных валов
- ледовые явления.

Эти процессы отражены на карте геологических опасностей, связанных с ЭГП (подводные оползни, обвалы, газофлюидная разгрузка, грязевые вулканы и др.) масштаба 1 : 1 000 000, представленной на вкладке (рис. 1.2).

На карту вынесены установленные по данным наблюдений 2023 года зоны аномального газовыделения в воде и осадке.

**Таблица 1. Классификация опасных экзогенных геологических процессов (ОЭГП) в прибрежно-шеловой зоне Японского и Охотского морей**

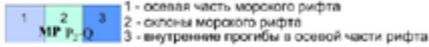
Вид ОЭГП	Характеристика ОЭГП	Геолого-геоморфологические объекты проявления ОЭГП	Воздействие ОЭГП на инфраструктуру	Прогноз и факторы развития ОЭГП	Примеры мест проявления
<b>Литодинамические ОЭГП</b>					
Размыв морского дна	Размыв морского дна, появление скульптурного грядового рельефа	Вывороченные участки морского дна, находящиеся под непрерывным воздействием течений и волнения (до 150 м)	Разрушение инженерных объектов, подмыв их, карразия.	Существенно зависят от прихода крупных циклонов	Вдольбереговые террасы, преимущественно денудационные.
Потоки наносов	Активное перемещение наносов		Разрушение инженерных объектов, засыпание объектов песком	Генерируются преимущественно волнением, поэтому тесно связаны с гидрометеорологическими процессами	Косы, песчаные гряды и валы в зоне развития течений (Залив Терпения, западное побережье Сахалина)
Волноприбойная деятельность	Разрушение берегов, отступление береговой линии	Участки берега с близким подходом коренных пород к урезу	Комплексное разрушение береговой инфраструктуры в зоне, примыкающей к береговой линии	Главным критерием прогноза развития абразии — прогноз ветров и дождей.	Различные участки на побережье Японского и Охотского морей.
<b>Гравитационные ОЭГП</b>					
Подводные оползни	Наклонные поверхности и склоны с углами более 3 градусов	Склоны с большой массой рыхлых отложений и находящиеся в зоне активизированных разломов.	Возможно полное разрушение инженерных объектов в зоне движения оползня.	Анализ и прогноз сеймотектонических процессов	Континентальные склоны Курильской котловины и Татарского рифта
Зерновые потоки	Потоки обломочного материала (песчаные, супесчаные алевритовые) в выработанных в склоне желобах и каньонах, а также горизонтальные турбидитовые потоки у подошвы континентального склона.	Наличие каньонов и литодинамических потоков, поставляющих обломочный материал к устью каньонов. Сеймотектоническая обстановка.	Разрушение инженерных объектов (в том числе кабелей и трубопроводов) в зоне действия зерновых потоков)		
Площадное оползание (оплывание) грунтов	Площадное оползание (оплывание) грунтов	Наличие склонов и наклонных поверхностей с углами склона более 3 градусов. Наличие сеймотектонических явлений.	Существенное повреждение инженерных сооружений на склонах		
<b>Геодинамические</b>					
Площадное проявление выходов газов	Выход газов на поверхность (сипов) приуроченных к определенным геодинамическим обстановкам,	Зоны тектонических активизированных разломов, поднимающиеся купола над нефтегазовыми месторождениями, скопления органического материала. Наличие признаков скопления газов в толщах осадков	Безопасность проведения буровых работ, возможность взрывов, отравление лиц судового экипажа	Анализ сейсмоакустических материалов. Несомненно будет возрастать возможность нарушения целостности грунтов при расширении геолого-разведочных работ	Залив Терпения, подножие континентального склона в Курильской котловине и Татарском рифте. Прибрежные мелководья
Точечные и линейные выходы газов	Выход газов на поверхность (сипов) приуроченных к линейным структурам или без структур				
Цунами	Воздействие высокой и длинной волны (нескольких волн) на берег	Открытые берега и узкие заливы	Разрушение инфраструктуры в береговой зоне, человеческие жертвы	Служба цунами и береговые исследования для оценки возможной высоты волнового воздействия	Оба берега Сахалина (япономорское и охотское побережья)
Водонасыщенные песчаные и супесчаные грунты	Являются слабым основанием для инженерных сооружений	Прибрежные мелководья в зонах ослабленных течений от 10 до 150 м	Неустойчивый грунт для строительства инженерных сооружений	Анализ геологических карт и инженерные изыскания.	Оба побережья Японского и Охотского морей
Текущие связные грунты	Являются слабым основанием для инженерных сооружений	Устойчивые зоны нефелоидной седиментации алевропелитовых осадков, локальные участки их накопления	Неустойчивый грунт для строительства инженерных сооружений..	Анализ условий седиментогенеза и его развития.	Залив Терпения...
Скопления валунов	Создают препятствия для равномерной установки инженерных сооружений на грунт	Неровные абразионные поверхности дна.	Возможность возникновения повреждений инженерных сооружений при постановке на грунт	Анализ геологического строения и проведение инженерно-геологических изысканий перед строительством инженерных объектов.	Абразионные поверхности в узкой полосе вдоль берега на Япономорском побережье Сахалина.
Грязевые вулканы	Периодически приводят к выполнению долин сопочной брекчией, что сказывается как на морфологии последних, так и на составе аллювия водотоков. Для рек в зоне действия вулканов характерно периодическое формирование подпрудных водоемов.	Пересечение активных разломов.	Возможно разрушение инженерных сооружений, заболачивание	Анализ геологического материала и наблюдения за активностью разломов	Северо-западный склон Курильской котловины, залив Терпения
Скопления газогидратов	Представляют опасность в случае подъема на палубу и взрыва	Определенные термодинамические условия (определенные температуры и давления)	Возможен взрыв и вызванные им последствия, а также пожар	Анализ физико-механических условий, благоприятных для формирования газогидратов	Подножие континентального склона или сам склон Татарского рифта и Курильской котловины



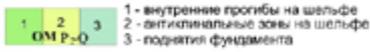
## Условные обозначения

### Элементы структурно-тектонического районирования

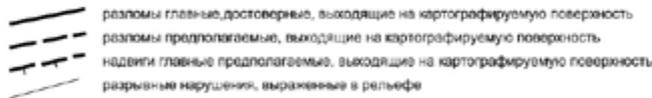
Татарский рифтогенный прогиб



Шельф Охотского и Японского морей



Присахалинский склон Южно-Охотоморской котловины



### Опасные эндогенные геологические процессы



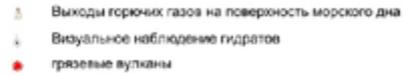
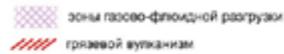
- 2,5-4
  - 4-6
- Очаги мелкофокусных землетрясений (до 40 км) магнитудой от 2,5 до 6 баллов

Вся территория Сахалина относится к 8-9-балльной зоне сейсмичности по шкале MSK-64 с частотой землетрясений: 6-7 баллов за период 5-10 лет, 7-8 баллов - 10-50 лет, 8-9 баллов - 100-1000 лет

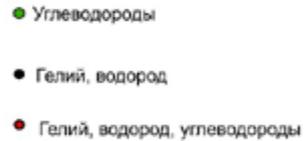


### Опасные экзогенные геологические процессы

Гравитационные процессы



### Локальные аномалии газа в воде и осадке



### Природные неблагоприятные объекты и процессы

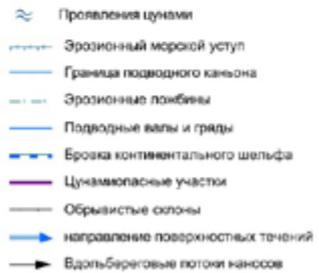


Рис.1.2 Карта геологических опасностей, связанных с ЭГП (масштаб 1 : 1 000 000)

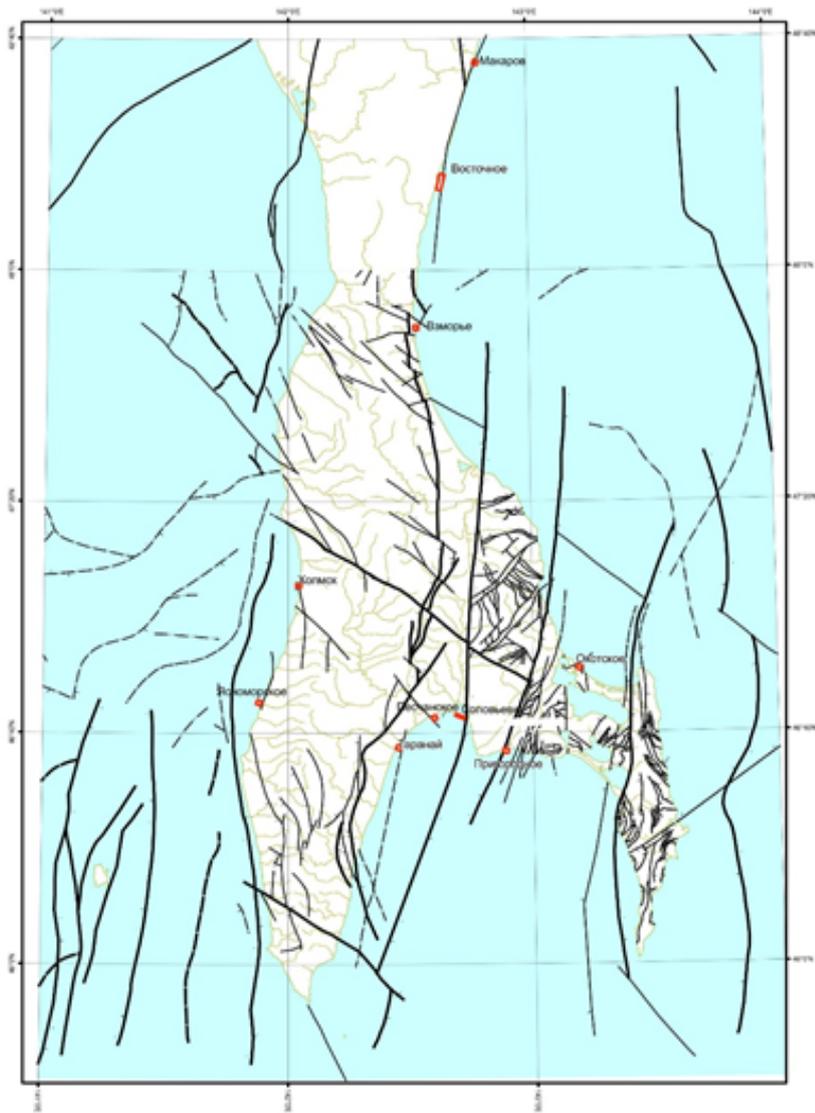
## 2. НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ СЕТЬ И ПРИМЕНЯЕМЫЕ МЕТОДЫ

Морские работы выполнены в пределах десяти участков детализации (табл.2, рис. 2.1), как наиболее актуальных в связи с сосредоточением морских и береговых инженерно-технических сооружений, объектов рекреации на фоне активного проявления газо-флюидной разгрузки, грязевого вулканизма, литодинамических процессов и эндогенных факторов активизации опасных ЭГП. Данные пункты наблюдений нацелены на оценку активности газо-флюидной разгрузки, грязевого вулканизма и гравитационных процессов. Распределение видов и объемов работ на пунктах наблюдений подчинено геоморфологическим и структурно-тектоническим особенностям их строения. ГЛБО с одновременным промером глубин, геолого-геохимический пробоотбор выполнены по совмещенной системе профилей для получения комплексной информации по строению и состоянию грязевулканических структур, активности грязевого вулканизма, гравитационных процессов и газо-флюидной разгрузки.

**Таблица 2. Распределение пунктов наблюдательной сети мониторинга опасных ЭГП в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей в 2023 г .**

Дальневосточный федеральный округ	Пункты наблюдений, действующие в 2023 г.
Сахалинская область	10
Поселок Охотское	1
Поселок Соловьевка	1
Поселок Песчанское	1
Поселок Таранай	1
Поселок Пригородное	1
Поселок Восточное	1
Поселок Макаров	1
Поселок Взморье	1
Город Холмск	1
Поселок Ясноморское	1

Состав методов, применяемых при мониторинге опасных ЭГП, перечень наблюдаемых показателей по типам пунктов наблюдательной сети и по генетическим типам изучаемых опасных ЭГП и сведения о пунктах размещения наблюдательной сети мониторинга опасных ЭГП в прибрежно-шельфовой зоне каждого моря в 2023 году отражены в таблице 4.



Условные обозначения

Участки проведения работ

- Разломы главные достоверные, выходящие на картографируемую поверхность
- Разломы предполагаемые, выходящие на картографируемую поверхность
- Разломы достоверные, выходящие на картографируемую поверхность
- Разломы второстепенные достоверные, выходящие на картографируемую поверхность
- Разломы предполагаемые, выходящие на картографируемую поверхность
- Разломы второстепенные достоверные, скрытые под вышележащими образованиями
- Надвиги главные предполагаемые, выходящие на картографируемую поверхность
- Надвиги второстепенные достоверные, выходящие на картографируемую поверхность
- Надвиги второстепенные предполагаемые, выходящие на картографируемую поверхность
- Взбросо-сдвиги правые главные достоверные, выходящие на картографируемую поверхность
- Взбросо-сдвиги правые главные предполагаемые, выходящие на картографируемую поверхность
- Взбросо-сдвиги правые второстепенные достоверные, скрытые под вышележащими образованиями
- Взбросо-сдвиги правые второстепенные достоверные, скрытые под вышележащими образованиями
- Сдвиги правые предполагаемые, выходящие на картографируемую поверхность
- Взбросы главные предполагаемые, выходящие на картографируемую поверхность
- Взбросы второстепенные предполагаемые, выходящие на картографируемую поверхность
- Сдвиги левые главные достоверные, выходящие на картографируемую поверхность
- Сдвиги левые достоверные, выходящие на картографируемую поверхность
- Сбросы главные предполагаемые, выходящие на картографируемую поверхность

Рис. 2.1 Карта наблюдательной сети на тектонической основе (масштаб 1 : 1 000 000)

**Таблица 3. Сведения о пунктах размещения наблюдательной сети мониторинга опасных ЭГП в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей**

№, № п/п	Наименование субъекта РФ	Характеристика пункта наблюдений за опасными ЭГП									Период наблюдений		Наблюдаемые опасные ЭГП	Виды наблюдений	Наблюдаемые показатели, ед. измерений	Частота наблюдений	Примечание
		Номер по реестру	Тип	Наименование	Местоположение	Координаты				Площадь, км <sup>2</sup> / протяженность, км	Начало	Окончание					
						WGS-84		ГСК-2011									
						широта	долгота	широта	долгота								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11.0	12	13	14	15	16	17	18
1	Сахалинская область	65-1110-1	Участок дежурных инженерно-геологических обследований	Холмск	Японское море, Сахалинская область	47.09355	142.04338	47.09355	142.04338	2.4	14.08.2023	14.08.2023	гравитационные процессы, газо-флюидная разгрузка	1.Эхолотирование с локацией бокового обзора. 2.Физические свойства грунта 3.Геохимическая индикация грязевого вулканизма 4.Газовый состав морской воды	1. Активность опасных ЭГП (мили/сек). 2. Гранулометрический состав грунта (мм) 3. Концентрация газа в морской воде(ppm). 4. Содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма (ppm)	Ежегодно	1.Гидрографический эхолот SOUTH SDE-28S 2.Гидролокатор бокового обзора LOWRANCE HDS 9 3.Ковш 4.Батометр
2		65-1110-2	Участок дежурных инженерно-геологических обследований	Ясноморское	Японское море, Сахалинская область	46.75607	141.88078	46.75607	141.88078	2.2	16.08.2023	16.08.2023	гравитационные процессы, газо-флюидная разгрузка	1.Эхолотирование с локацией бокового обзора. 2.Физические свойства грунта 3.Геохимическая индикация грязевого вулканизма 4.Газовый состав морской воды	1. Активность опасных ЭГП (мили/сек). 2. Гранулометрический состав грунта (мм) 3. Концентрация газа в морской воде(ppm). 4. Содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма (ppm)	Ежегодно	1.Гидрографический эхолот SOUTH SDE-28S 2.Гидролокатор бокового обзора LOWRANCE HDS 9 3.Ковш 4.Батометр
3		65-1110-3	Участок дежурных инженерно-геологических обследований	Таранай	Охотское море, Сахалинская область	46.62802	142.45027	46.62802	142.45027	2.9	20.08.2023	20.08.2023	гравитационные процессы, газо-флюидная разгрузка	1.Эхолотирование с локацией бокового обзора. 2.Физические свойства грунта 3.Геохимическая индикация грязевого вулканизма 4.Газовый состав морской воды	1. Активность опасных ЭГП (мили/сек). 2. Гранулометрический состав грунта (мм) 3. Концентрация газа в морской воде(ppm). 4. Содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма (ppm)	Ежегодно	1.Гидрографический эхолот SOUTH SDE-28S 2.Гидролокатор бокового обзора LOWRANCE HDS 9 3.Ковш 4.Батометр
4		65-1110-4	Участок дежурных инженерно-геологических обследований	Песчанское	Охотское море, Сахалинская область	46.71408	142.59408	46.71408	142.59408	2.9	21.08.2023	21.08.2023	гравитационные процессы, газо-флюидная разгрузка	1.Эхолотирование с локацией бокового обзора. 2.Физические свойства грунта 3.Геохимическая индикация грязевого вулканизма 4.Газовый состав морской воды	1. Активность опасных ЭГП (мили/сек). 2. Гранулометрический состав грунта (мм) 3. Концентрация газа в морской воде(ppm). 4. Содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма (ppm)	Ежегодно	1.Гидрографический эхолот SOUTH SDE-28S 2.Гидролокатор бокового обзора LOWRANCE HDS 9 3.Ковш 4.Батометр
5		65-1110-5	Участок дежурных инженерно-геологических обследований	Пригородное	Охотское море, Сахалинская область	46.61426	142.87121	46.61426	142.87121	2.9	24.08.2023	24.08.2023	гравитационные процессы, газо-флюидная разгрузка	1.Эхолотирование с локацией бокового обзора. 2.Физические свойства грунта 3.Геохимическая индикация грязевого вулканизма 4.Газовый состав морской воды	1. Активность опасных ЭГП (мили/сек). 2. Гранулометрический состав грунта (мм) 3. Концентрация газа в морской воде(ppm). 4. Содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма (ppm)	Ежегодно	1.Гидрографический эхолот SOUTH SDE-28S 2.Гидролокатор бокового обзора LOWRANCE HDS 9 3.Ковш 4.Батометр
6		65-1110-6	Участок дежурных инженерно-геологических обследований	Охотское	Охотское море, Сахалинская область	46.85312	143.18855	46.85312	143.18855	2.9	29.08.2023	29.08.2023	гравитационные процессы, газо-флюидная разгрузка	1.Эхолотирование с локацией бокового обзора. 2.Физические свойства грунта 3.Геохимическая индикация грязевого вулканизма 4.Газовый состав морской воды	1. Активность опасных ЭГП (мили/сек). 2. Гранулометрический состав грунта (мм) 3. Концентрация газа в морской воде(ppm). 4. Содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма (ppm)	Ежегодно	1.Гидрографический эхолот SOUTH SDE-28S 2.Гидролокатор бокового обзора LOWRANCE HDS 9 3.Ковш 4.Батометр

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
7	Сахалинская область	65-1110-7	Участок дежурных инженерно-геологических обследований	Взморье	Охотское море, Сахалинская область	47.83535	142.53135	47.83535	142.53135	2.8	02.09.2023	02.09.2023	гравитационные процессы, газо-флюидная разгрузка	1.Эхолотирование с локацией бокового обзора. 2.Физические свойства грунта 3.Геохимическая индикация грязевого вулканизма 4.Газовый состав морской воды	1. Активность опасных ЭГП (мили/сек). 2. Гранулометрический состав грунта (мм) 3. Концентрация газа в морской воде(ppm). 4. Содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма (ppm)	Ежегодно	1.Гидрографический эхолот SOUTH SDE-28S 2.Гидролокатор бокового обзора LOWRANCE HDS 9 3.Ковш 4.Батометр
8	Сахалинская область	65-1110-9	Участок дежурных инженерно-геологических обследований	Восточное	Охотское море, Сахалинская область	48.25550	142.64043	48.25550	142.64044	11.2	03.09.2023	05.09.2023	гравитационные процессы, газо-флюидная разгрузка	1.Эхолотирование с локацией бокового обзора. 2.Физические свойства грунта 3.Геохимическая индикация грязевого вулканизма 4.Газовый состав морской воды	1.Активность опасных ЭГП (мили/сек). 2. Гранулометрический состав грунта (мм) 3. Концентрация газа в морской воде(ppm). 4. Содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма (ppm)	Ежегодно	1.Гидрографический эхолот SOUTH SDE-28S 2.Гидролокатор бокового обзора LOWRANCE HDS 9 3.Ковш 4.Батометр
9	Сахалинская область	65-1110-8	Участок дежурных инженерно-геологических обследований	Соловьевка	Охотское море, Сахалинская область	46.71449	142.69994	46.71449	142.69994	4.9	21.08.2023	21.08.2023	гравитационные процессы, газо-флюидная разгрузка	1.Эхолотирование с локацией бокового обзора. 2.Физические свойства грунта 3.Геохимическая индикация грязевого вулканизма 4.Газовый состав морской воды	1. Активность опасных ЭГП (мили/сек). 2. Гранулометрический состав грунта (мм) 3. Концентрация газа в морской воде(ppm). 4. Содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма (ppm)	Ежегодно	1.Гидрографический эхолот SOUTH SDE-28S 2.Гидролокатор бокового обзора LOWRANCE HDS 9 3.Ковш 4.Батометр
10	Сахалинская область	65-1110-10	Участок дежурных инженерно-геологических обследований	Макаров	Охотское море, Сахалинская область	48.59824	142.78840	48.59824	142.78840	2.8	11.09.2023	11.09.2023	гравитационные процессы, газо-флюидная разгрузка	1.Эхолотирование с локацией бокового обзора. 2.Физические свойства грунта 3.Геохимическая индикация грязевого вулканизма 4.Газовый состав морской воды	1. Активность опасных ЭГП (мили/сек). 2. Гранулометрический состав грунта (мм) 3. Концентрация газа в морской воде(ppm). 4. Содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма (ppm)	Ежегодно	1.Гидрографический эхолот SOUTH SDE-28S 2.Гидролокатор бокового обзора LOWRANCE HDS 9 3.Ковш 4.Батометр

Всего выполнено 193 станции пробоотбора и 559 пог. км геофизических наблюдений. Схемы расположения наблюдательной сети в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей приведены на рис. 2.2–2.3 и 2.4–2.11 соответственно.

. В состав лабораторных работ согласно Техническому заданию входит:

- проведение лабораторных исследований 110 проб и образцов грунтов с определением физических свойств (гранулометрический состав — 110 проб);
- проведение лабораторных исследований 40 проб грунтов с определением геохимических индикаторов грязевого вулканизма (Fe, Mn, Cu, Ni, Co, Zn, Pb, As, Cd, Hg, нефтепродукты, фенолы, полиароматические углеводороды);
- проведение лабораторных исследований 100 проб грунтов и морской воды с определением газового состава (метан (CH<sub>4</sub>), этан (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), пропан (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), бутан (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), изобутан ((CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>CH), углекислый газ (CO<sub>2</sub>), аммиак (NH<sub>3</sub>), азот (N<sub>2</sub>), сероводород (H<sub>2</sub>S), сернистый газ (SO<sub>2</sub>), водород (H<sub>2</sub>), гелий (He).

Лабораторные исследования проб воды и донных отложений выполнялись в сертифицированной стационарной лаборатории ФГБУ «ВНИИОкеангеология» (Сертификат соответствия. Регистрационный N СДС «УКАРГЕО» RU 0046.22 Срок действия — 28.01..2027). Определение состава углеводородных газов (метан, этан, этилен, пропан, пропилен, i-бутан, п-бутан, этилен+бутан, i-пентан, п-пентан) и неуглеводородных (углекислый газ, гелий, водород, кислород, азот, аммиак, сероводород, сернистый газ) проводилось на газовом хроматографе Shimadzu GC 2014 и квадрупольном масс-спектрометре... Определение железа, марганца, цинка, меди, кадмия, свинца, кобальта и никеля проводилось атомно-адсорбционным методом по методике — НСАМ-155хс: мышьяк определялся по методике — РФСА; ртуть определялась на анализаторе ртути РА-915 + с приставкой РП-91 С.

В ООО «Лаборатория» (Аттестат аккредитации N RA.RU 21 АК94 от 24 октября 2016 г.) проведено определение нефтепродуктов (ПНД Ф 16. 1. 2 .2. 22-98, флуориметрический метод), фенолов (2-метилфенол 3. 5 диметилфенол 3. 4 — дитетилфенол, 2. 6- диметилфенол, 2. 5 — диметилфенол, 4-хлорфенол, 2. 4 — дихлорфенол, 2. 4. 6 — трихлорфенол, пентахлорфенол, 2-нитрофенол, 4-нитрофенол, карболовая кислота\фенол, полиароматических углеводородов ( антрацен, аценафтен, аценафтилен, бенз(а)антрацен, бенз(а)пирен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, бенз(г,х,и)перилен, дибенз(а)антрацен, индено(1,2,3-с,д) пирен, пирен, нафталин, фенантрен, флуорантен, флуорен, хризен ), метод измерения — ФР. 1. 31. 2004. 01279 (ВЭЖХ\Флу Д).

В литолого-минералогической лаборатории ФГБУ «ВНИИОкеангеология» (Аттестат аккредитации Госстандарта России № РОСС RU.В888.04 ФГТО от 09. 01. 2019 г.) проведено определение гранулометрического состава отобранных проб.

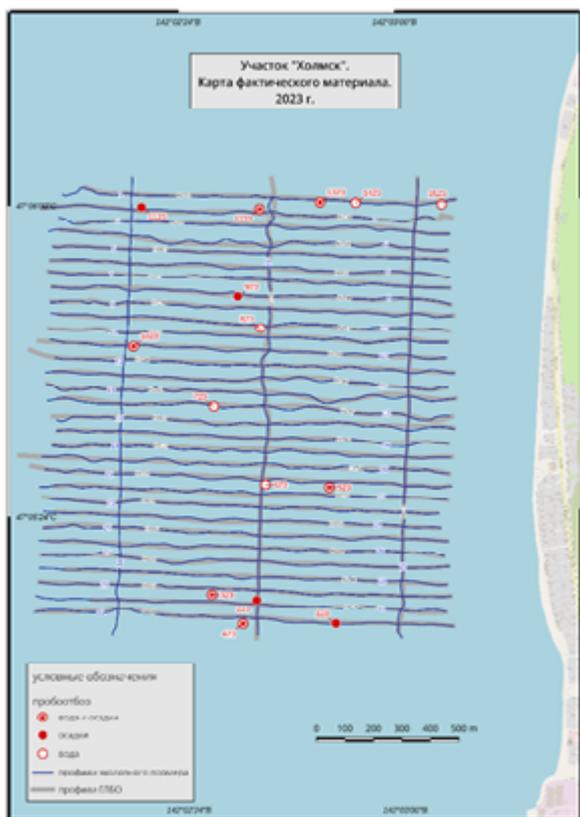


Рис. 2.2 Карта фактического материала участка наблюдений «Холмск»



Рис. 2.3 Карта фактического материала участка наблюдений «Ясноморское»



Рис.2.4 Карта фактического материала участка наблюдений «Макаров»



Рис. 2.5 Карта фактического материала участка наблюдений «Восточное»



Рис. 2.6 Карта фактического материала участка наблюдений «Взморье»



Рис. 2.7 Карта фактического материала участка наблюдений «Охотское»

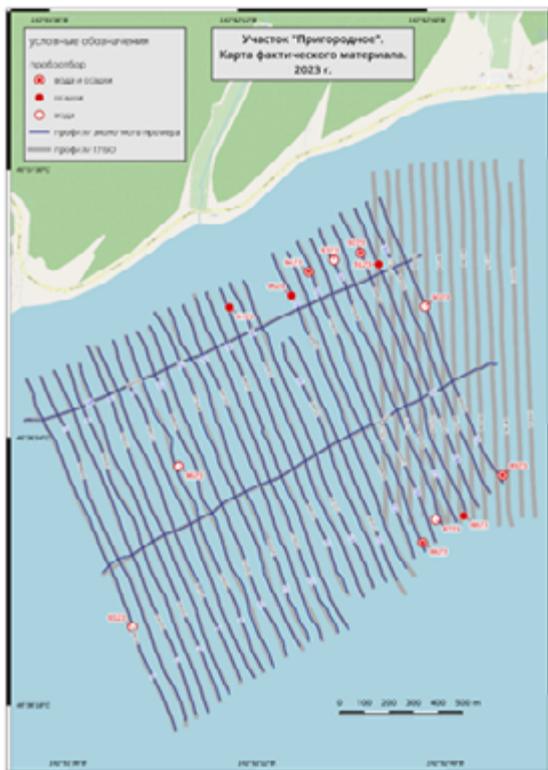


Рис. 2.8 Карта фактического материала участка наблюдений «Пригородное»

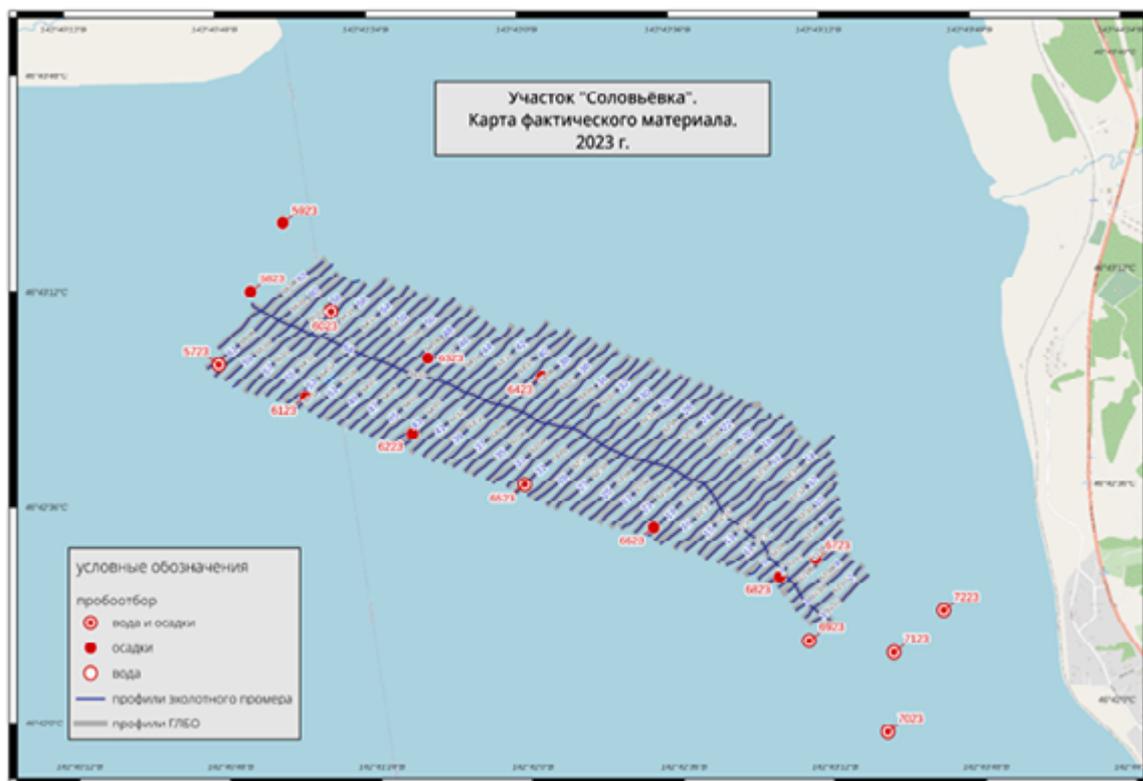


Рис. 2.9 Карта фактического материала участка наблюдений «Соловьёвка»



Рис. 2.10 Карта фактического материала участка наблюдений «Таранай»

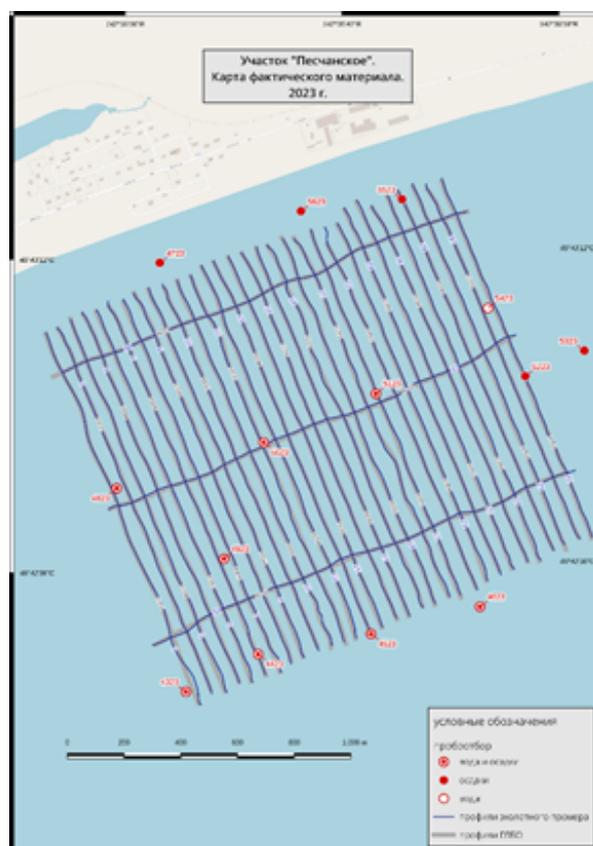


Рис. 2.11 Карта фактического материала участка наблюдений «Песчанское»

### **3. РЕГИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВЫХ ЗОНАХ ЯПОНСКОГО И ОХОТСКОГО МОРЕЙ В 2023 Г.**

Оценка региональной активности опасных экзогенных геологических процессов осуществляется на основе обобщения и анализа результатов наблюдений за опасными ЭГП по пунктам наблюдательной сети в пределах прибрежно-шельфовых зон Японского и Охотского морей в 2023 году. Карты проявлений ОЭГП (масштаб 1: 15 000) составлены по 10 участкам наблюдений на литофациальной основе с учетом геофизических и геохимических данных. Выделены зоны флюидно-газовой разгрузки, участки тектонической активизации, зоны разрушения коренных пород и накопления рыхлых отложений в результате проявлений гравитационных процессов. Нанесены станции с аномально высокими содержаниями органических и неорганических газов в донных отложениях и воде.

#### **3.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЯВЛЕНИЙ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ**

##### **Ключевой участок Холмск**

Участок «Холмск» находится в южной части Татарского пролива, в 4 километрах к северу от города Холмск (рис. 2.1). Берег абразионный. Практически вплотную к берегу подходят горы. Клиф не активный и отделен от моря узкой полосой цокольной террасы, на которой, по существу, и находится город.

На трехмерной диаграмме донного рельефа отчетливо прослеживаются три основных морфологических элемента (рис.3.1): широкая абразионная зона, морфологически представляющая собой каменистую отмель, протягивающуюся практически до берега; крутой денудационный склон береговой платформы острова Сахалин и полого-наклонная равнина, примыкающая к этому склону.

Достаточно интересной с точки зрения литодинамических потоков является как раз склон — типичная структурно-денудационная форма донного рельефа, что хорошо видно на эхолотном профиле, составленном вкрест него (рис.3.2, 3.3).

Денудационная форма склона подчеркивается характерной «занозистой» поверхностью. При этом на схеме изменения рельефа (размыв / аккумуляция) (рис.3.2) практически все изменения рельефа связаны с крутым склоном (угол склона достигает 5 и более градусов), а на равнине сколь либо внятные изменения рельефа дна не были зафиксированы. На наш взгляд изменения рельефа на этом склоне можно связать только с перемещающимися по ней объемными формами осадков, т. продуктами гравитационного перемещения. На сонограммах видны такие уступы, которые мы можем предварительно диагностировать как оползни или,

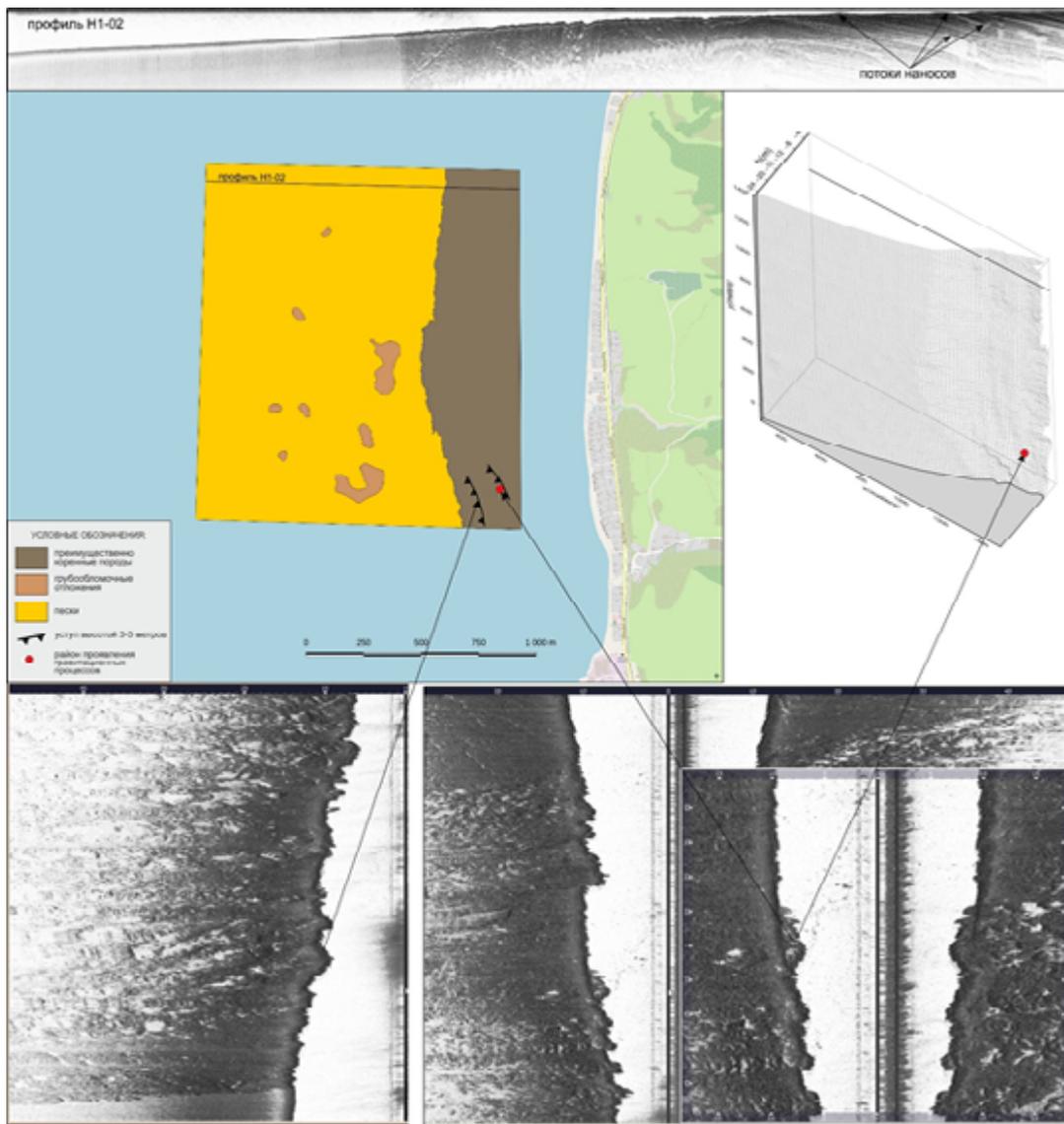


Рис.3.1 Литологическая схема, каркасная модель рельефа донной поверхности и сонограммы по профилям Н1-02, Н2-12 . Участок «Холмск», 2023г.

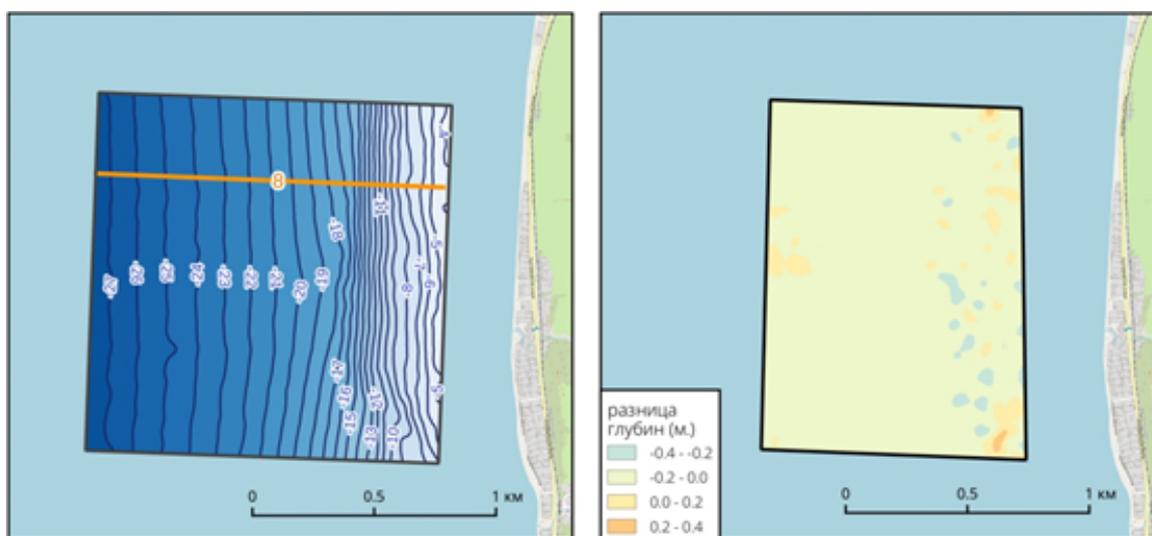


Рис. 3.2 Карта глубин 2023 г. и карта разницы глубин 2022 — 23 гг. Участок «Холмск»

что точнее, - оплывины (слампинг) (рис. 3.1). Они выделяются на сонограммах как уступы, четко отсекающиеся от поверхности склона. Эти процессы можно рассматривать как опасные геологические процессы гравитационной природы.

Фациальные условия на участке «Холмск» в 2023 году практически сохранились по сравнению с прошлым годом. Однако, несколько изменилась трактовка генезиса более крупнозернистых песчаных фракций. Если ранее они определялись как «перлювиальный транзит», то в настоящее время их фациальная характеристика несколько расширена за счет понимания того, что наряду с транзитом здесь фиксируется и размыв донных отложений. Поэтому они выделены как течениевая, перлювиальная, транзит денудация (рис.3.4).



Рис.3.3 Изменение рельефа по профилю 8. Участок «Холмск», 2023 г.

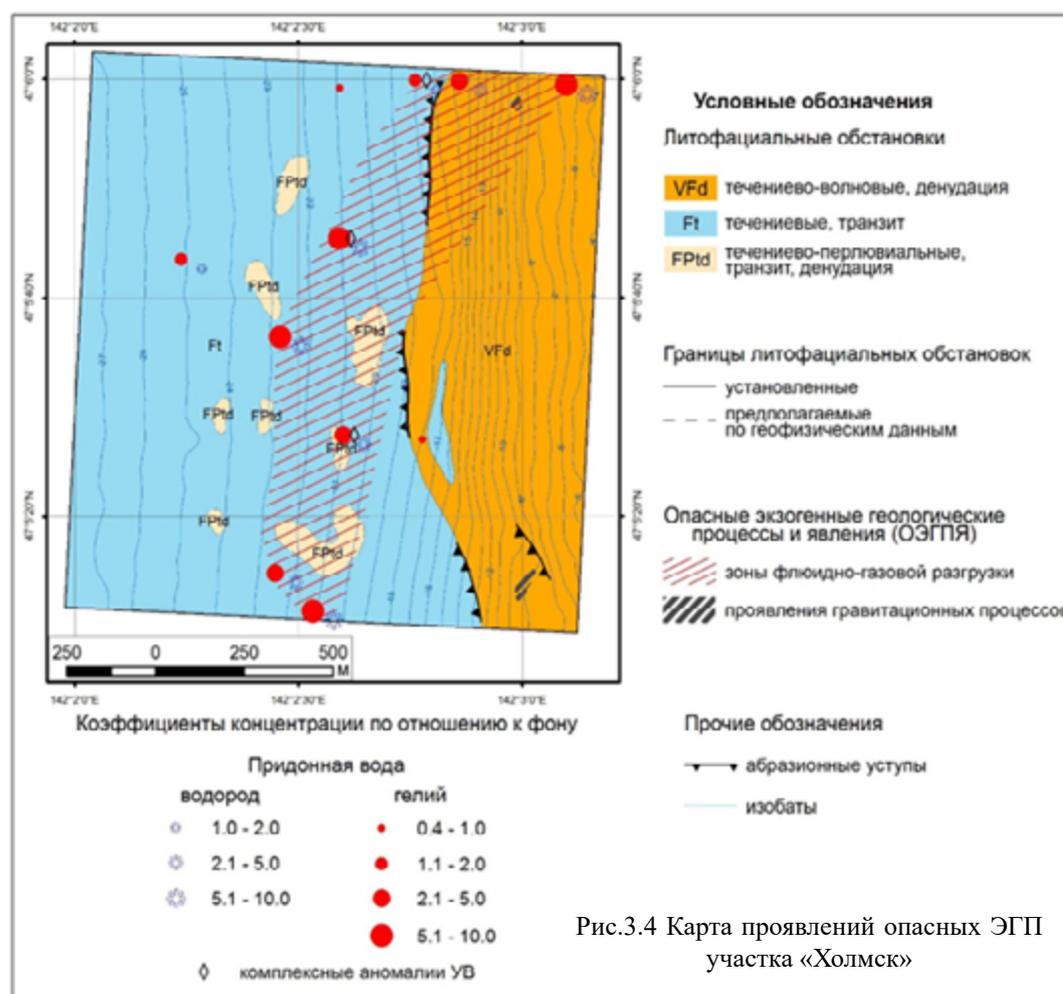


Рис.3.4 Карта проявлений опасных ЭГП участка «Холмск»

На карте (рис. 3.4) оконтурены зоны проявления гравитационных процессов. Кроме того, впервые в 4хлетнем цикле мониторинга были выделены зоны флюидно-газовой разгрузки как по геофизическим, так и по геохимическим данным. Целая серия выходов гелия и водорода в придонной воде зафиксирована у подножия берегового склона, что подтверждает наличие крупного разлома в обособлении современного берега острова Сахалин.

### Ключевой участок «Ясноморское»

Участок «Ясноморское» расположен в Татарском проливе Японского моря в 5 км к северу от города-порта Невельск напротив бухты Ясноморская и одноименного поселка. Удален от береговой линии на расстояние около 2 км. Берег абразионный. Подводный береговой склон в целом достаточно пологий.

В пределах акватории ключевого участка рельеф донной поверхности осложнен подводными грядами вдольбереговой направленности, хорошо заметными на каркасной модели рельефа и образованными выходами коренных пород (рис. 3.5). Центральную часть участка пересекает пологая ложбина — подводное продолжение бухты Ясноморская и возможное палеоруло впадающей в нее реки.

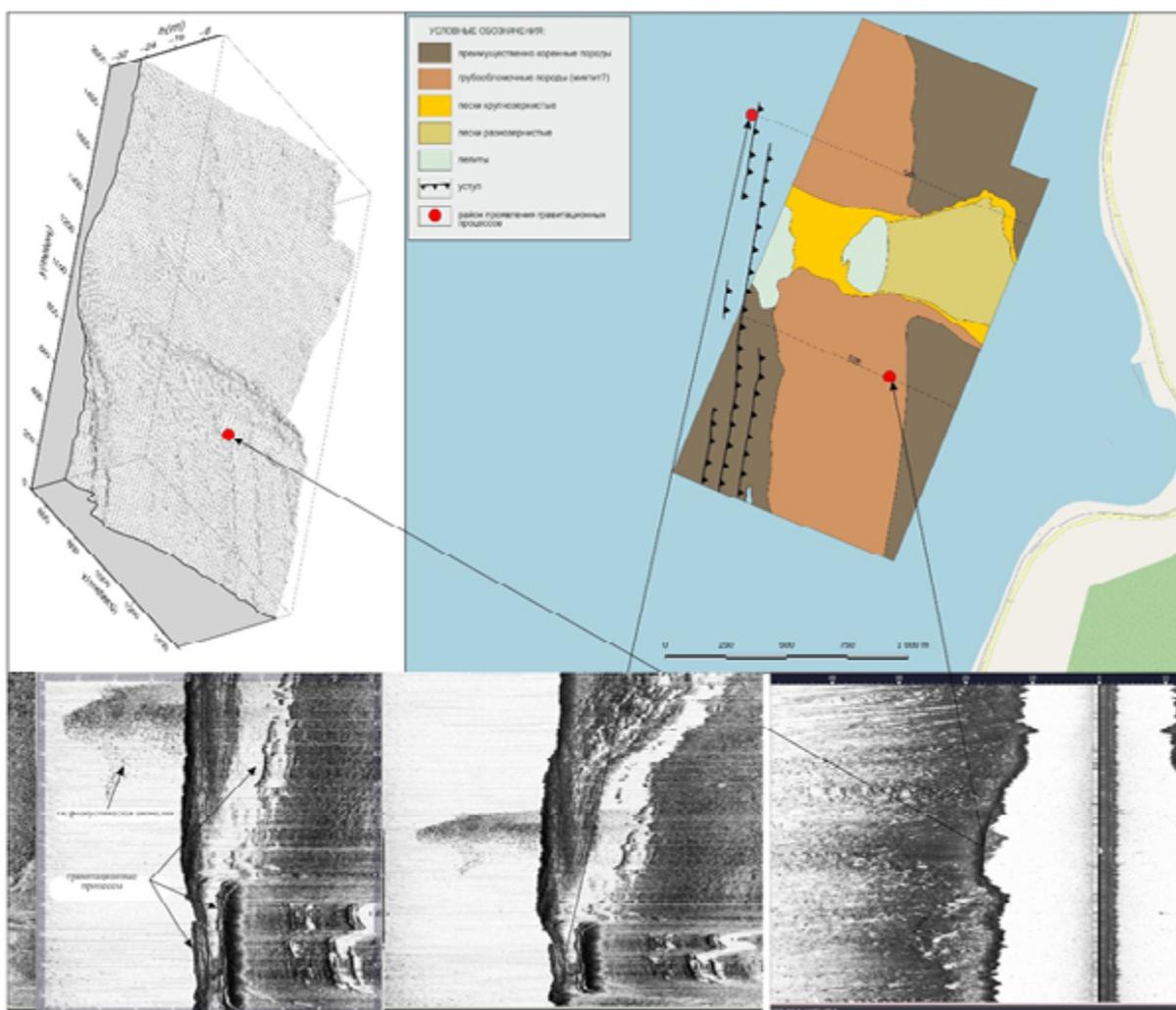


Рис.3.5 Отображение подводных уступов и гравитационных процессов на литологической схеме, каркасной модели рельефа донной поверхности и сонограммах ГЛБО. Участок «Ясноморское», 2023 г.

Большая часть поверхности берегового склона, включающего и ключевой участок, представляет бенч, в результате чего донная поверхность практически лишена осадков за исключением отдельных россыпей валунов и пятен галечника. На ключевом участке они заполняют выровненные участки морского дна в промежутке между выходами коренных пород.

Отдельное место занимают осадки подводного продолжения бухты Ясноморская — ложбины, секущей ключевой участок. Донные отложения здесь представлены разнородными, преимущественно крупнозернистыми песками с пятнами более мелкозернистых разновидностей (рис. 3.5).

К особенностям участка «Ясноморское» следует отнести относительно крупное перемещение осадков, которое проявляется на отрезке профиля № 25 в виде вложенной в поверхность основания уступа, высотой около 8 м и уклоном 60, пачки отложений мощностью около 4 м, занимающей площадь около 50 м<sup>2</sup>, что соответствует объему рыхлых осадков в 200 м<sup>3</sup> (рис. 3.5, 3.6). С учетом того, что критериями для выделения гравитационных процессов на сонограммах и эхограммах являются наличие склонов с углами наклона поверхности более 30 и вложенный характер осадков в их подножье, выделенная пачка осадков может указывать на активное состояние гравитационных процессов на участке.

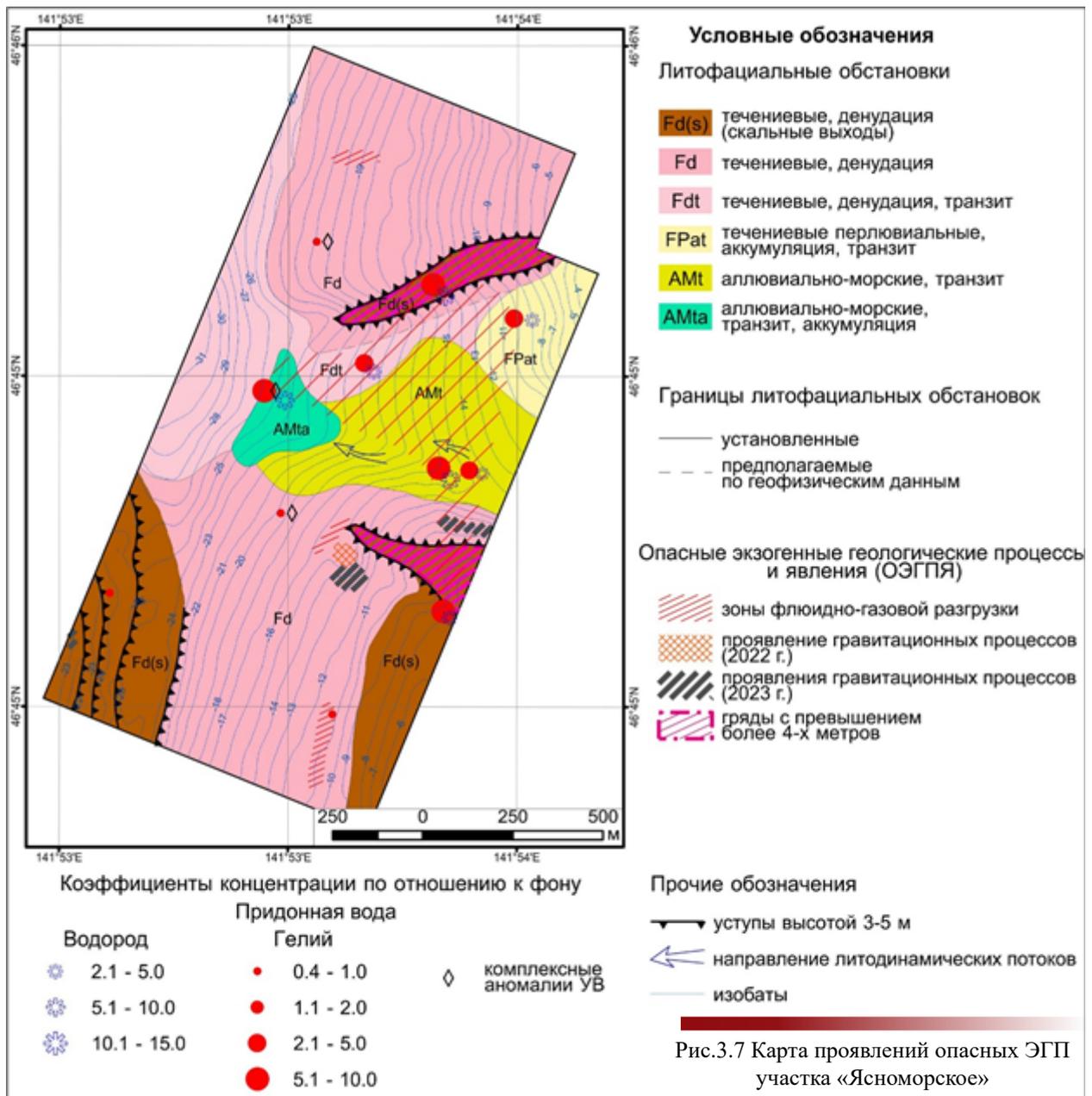
В 2023 году литофациальная зональность на участке «Ясноморское» стала существенно сложнее, прежде всего за счет большей дифференцированности языка песков, идущего из бухты. При этом на участке сохранилась, хотя и в меньших размерах, зона аллювиально-морских транзитных и в ее окончании поле аллювиально-морских транзитно-течениевых осадков. Сохранила свое положение зона течениево-перлювиальная, а вот к северу от зоны аллювиально-морских осадков и к северо-западу от нее появилась течениевая транзитно-денудационная зона, маркирующая зоны интенсивно перемещающихся осадков. Также в пределах единой течениевой денудационной литофациальной зоны появилась их разновидность с предельным развитием этих процессов вплоть до появления скальных выходов.

Таким образом, к числу потенциально опасных геологических процессов на ключевом участке «Ясноморское» (рис. 3.7) можно отнести гравитационные (преимущественно оползневые и оплывание) процессы, а также интенсивные литодинамические перемещения наносов, следствием которых может явиться как засыпание инженерных объектов, так и возникновение размыва вокруг них.

Кроме того, выделено несколько зон флюидно-газовой разгрузки, которым сопутствуют аномальные и повышенные содержания углеводородов, водорода и гелия. Большая часть проявлений локализована в долине, идущей от устья реки, одна зона сопряжена с подножием скалистой гряды. Возможно, эти аномалии маркируют современные активизированные тектонические зоны (рис. 3.7).



Рис. 3.6 Графики глубин по профилю 025. Участок «Ясноморское» 2022, 2023 гг.



## 3.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЯВЛЕНИЙ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ ОХОТСКОГО МОРЯ

### Ключевой участок «Макаров»

Участок «Макаров» расположен в Охотском море напротив города Макаров, на удалении 0,2 км от берега.

Донная поверхность в районе участка представляет собой полого погружающуюся аккумулятивно-денудационную равнину с уклонами дна  $0.6^\circ$  —  $0.75^\circ$ , рельеф которой в прибрежной зоне осложнен выходами коренных пород. В 2023 году литофациальная зональность не изменилась. Четко обозначены две фации: течениевых осадков и нефелоидно-течениевых, распределение которых контролируется батиметрическим фактором. При этом заметно снижение чисто аккумулятивного фактора в центральной части планшета, где по данным 2022 г. отмечалось увеличение мощности слоя донных грунтов за год до 0,8 м. Изменение мощности осадков приходится в основном на прибрежную часть участка, где происходит локальный размыв донной поверхности и заполнение песками возникших при этом депрессий. Толщина накапливающихся отложений при этом не превышает 0,5 м. Из опасных ЭГП можно отметить только редкие выходы газов на дно моря (рис.3.8).

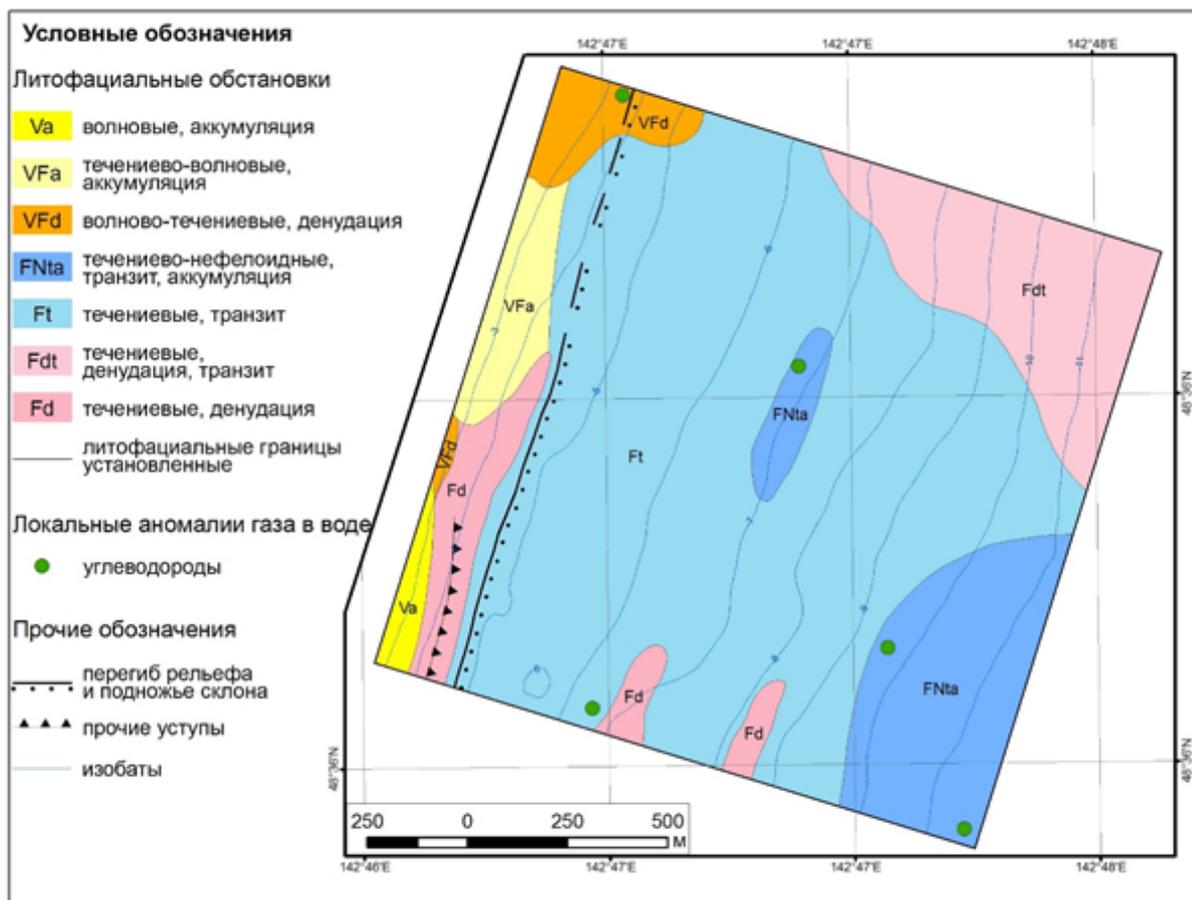


Рис.3.8 Карта проявлений опасных ЭГП участка «Макаров»

## Ключевой участок «Восточное»

Участок «Восточное» расположен в заливе Терпения Охотского моря, напротив поселка Восточное. Берег в районе участка выровненный, абразионно-аккумулятивный с преобладанием процессов абразии. В северной части береговая линия образует неглубокую бухту с аккумулятивным берегом, в центре которой - устье реки с хорошо выраженными косами.

Строение рельефа сложное. Крутой, с уклонами донной поверхности 5-8% и с многочисленными уступами, подводный береговой склон мористее сменяется полого-наклонной равниной с уклонами 0-0.7%, поверхность которой осложнена серией гряд коренных пород меридионального, параллельно береговой линии, простирания (рис. 3.18). Состав осадков разнообразен. Выходы коренных пород, как правило, контролируются валунно-галечными отложениями, которые сменяют крупнозернистые пески. Большую часть участка занимают разнозернистые пески. Во впадинах рельефа подножья подводного берегового склона, очевидно, как результат воздействия литодинамических процессов, наблюдаются скопления пелитовых песков. Очевидно, под влиянием литодинамики и морфологических особенностей донного рельефа создаются предпосылки для развития гравитационных процессов, проявления которых зафиксированы на участке в основаниях уступов высотой около 5 м (рис.3.9, 3.10, 3.11).

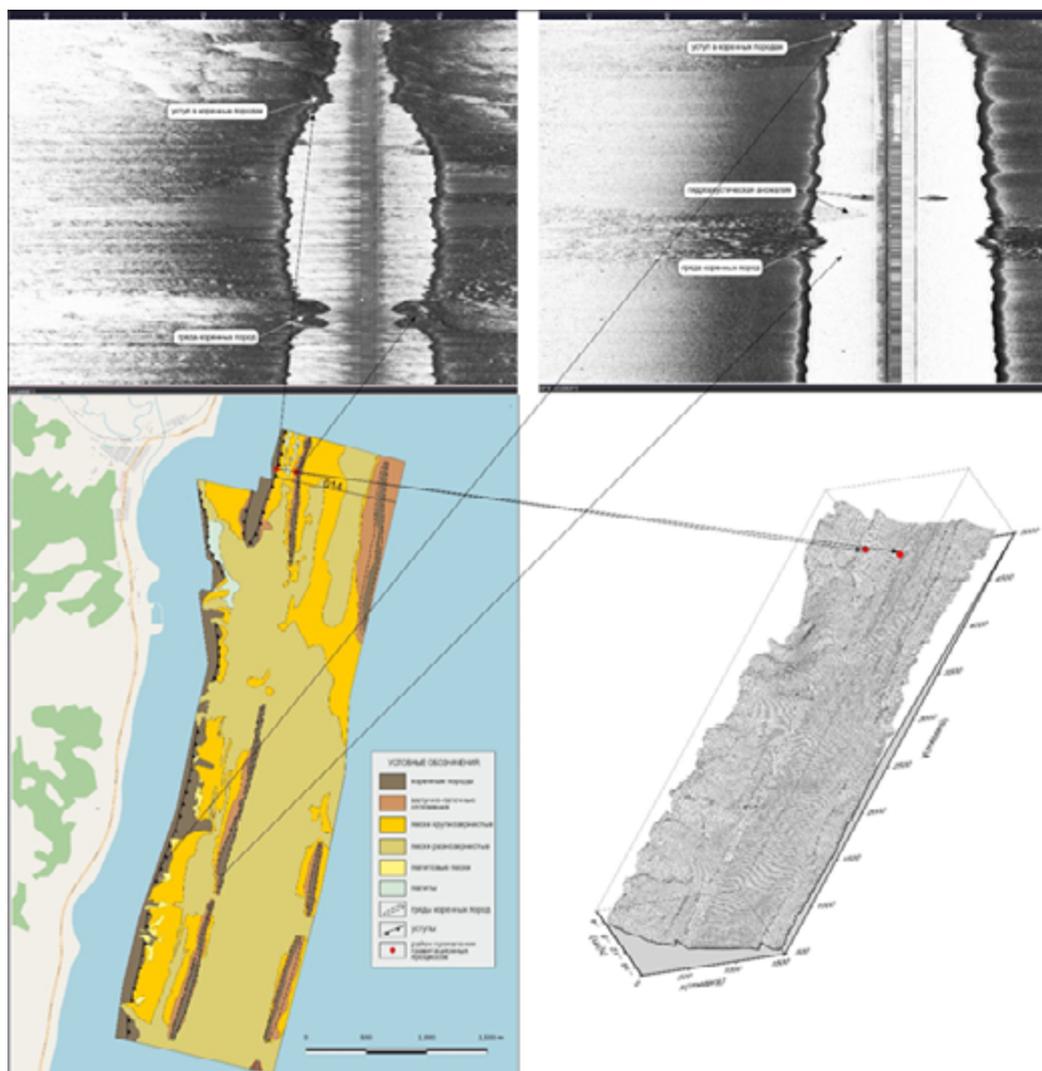


Рис. 3.9. Отображение особенностей рельефа и проявлений гравитационных процессов на литологической схеме, каркасной модели и сонограммах ГЛБО. Участок «Восточное», 2023 г.



Рис. 3.10. Графики глубин по профилю 014, пересекающему зону развития гравитационных процессов. Участок «Восточное», 2022 и 2023 гг.

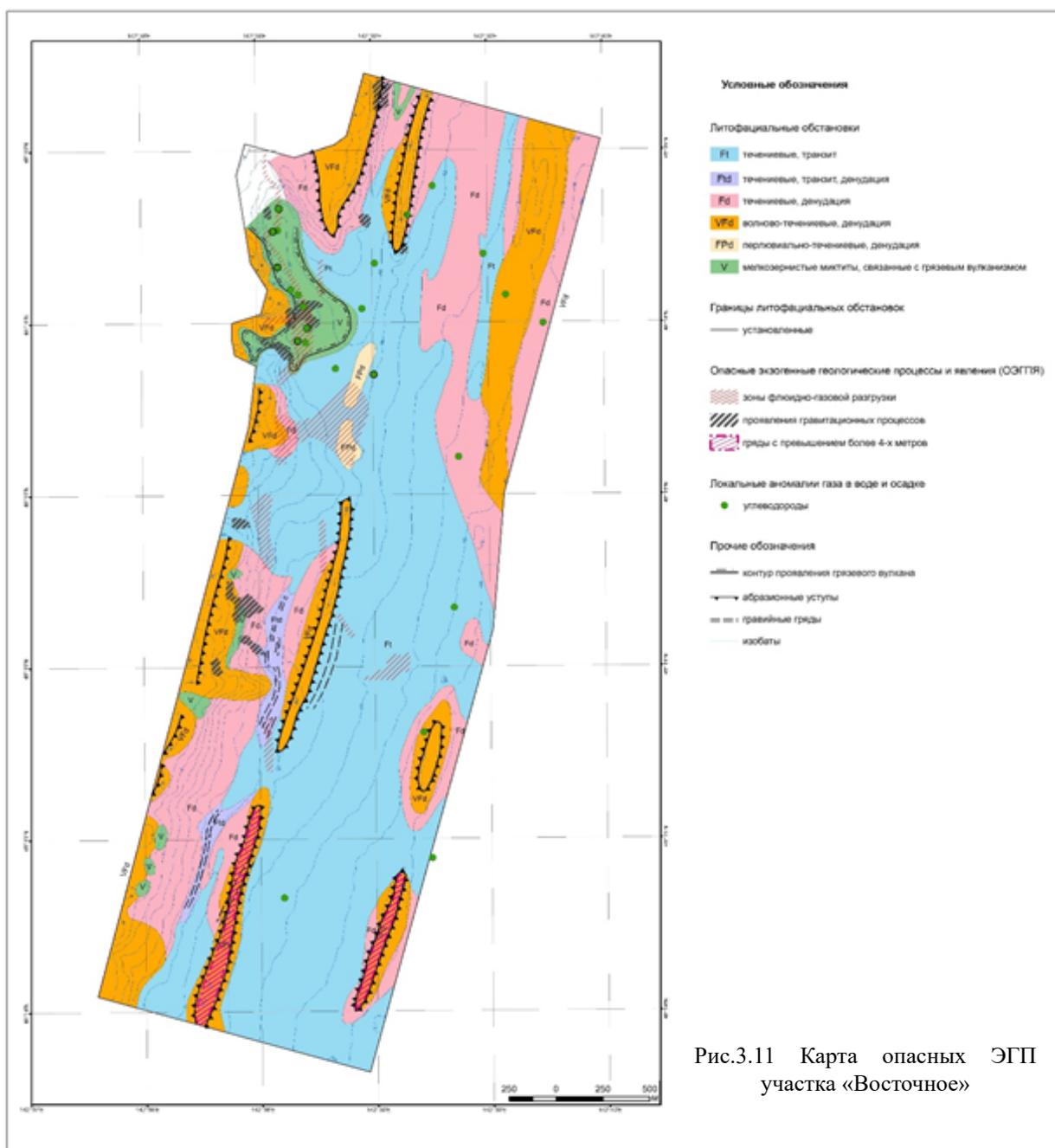


Рис.3.11 Карта опасных ЭГП участка «Восточное»

Особое место занимают осадки пелитовой фракции, связанные с грязевым вулканизмом, формирующиеся в ложбинах, приуроченных к основаниям уступов коренных пород береговой зоны и межгрядовому пространству на севере участка. Следует отметить, что формирование этих осадков происходит в условиях сильных вдольбереговых течений. Геохимический состав их отражает специфику газогеохимического поля Пугачевского грязевого вулкана, что дает основание предположить на участке его подводное продолжение. Данные гидролокации бокового обзора позволили выявить мелкие очаги грязевулканических выделений и вдоль подножия подводного берегового склона, сложенного коренными породами.

Распределение гидроакустических аномалий имеет как точечный, так и площадной характер.

Число зафиксированных аномалий в 2022 г. (более 800) позволило оконтурить районы их сосредоточения и оценить плотность проявлений, которые составляли от 100 до 500 на 1 км<sup>2</sup>. Число выделенных в 2023 г. аномалий, в сравнении с предыдущим годом, представлено меньшим значением — около 70. Относительно малочисленные и небольшие в размерах контуры аномальных зон, выделенных в 2023 г., полностью перекрываются аналогичными, оконтуренными по результатам работ 2022 г.

Из всего количества зон, выделенных за период 2022-2023 г.г., особое место занимает вытянутая в меридиональном направлении, зона их проявления длиной около 800 м, которая локализуется на северо-западе планшета в районе развития пелитовых осадков, связанных с проявлениями грязевого вулканизма. На сонограммах гидроакустические аномалии здесь отображаются в виде непрерывной полосы точечного крапа переменной плотности.

На эту зону приходится 15 точек пробоотбора с аномальными значениями содержания углеводов, как в воде, так и в осадках (рис. 3.11). Отчетливо прослеживается резкая активизация грязевулканического процесса на момент производства измерений.

Значительную роль в качестве ОЭГП играют и литодинамические процессы, в частности размыв в зоне разрушения волн. Этот участок прибрежного шельфа должен быть полностью исключен из проектов строительства любых инженерных объектов. Опасная зона четко прослеживается по серии линейных объектов, вытянутых вдоль берега.

Таким образом, к числу потенциально опасных геологических процессов на ключевом участке «Восточное» (рис. 3.11) можно отнести гравитационные (преимущественно оползневые и оплывание) процессы, интенсивные литодинамические перемещения наносов, следствием которых может явиться как засыпание инженерных объектов, так и возникновение размыва вокруг них; флюидно-газовую разгрузку, связанную с грязевым вулканизмом.

## **Ключевой участок «Взморье»**

Участок Взморье находится на западном берегу залива Терпения к югу от одноименного посёлка (рис. 2.1). Берег, ровный, аккумулятивный. Вдоль всего берега протягивается полоса пляжа шириной от 35 до 55 метров, в тылу которого находится террасовидный уступ, представляющий отмерший клиф.

Рельеф дна ключевого участка представляет собой плоскую, полого наклоненную равнину в пределах изобат 4–12 м.

На фоне плоского рельефа несколько возрастают углы наклона, начиная с изобаты 6 м, которая практически представляет собой подножие подводного берегового склона. Сквозь,

вероятно, не очень мощный покров осадков просматриваются отдельные небольшие гряды, сложенные коренными породами породы. На фоне совершенно ровной полого падающей в сторону увеличения глубин равнины в восточной части выделяется рытвина, которая возможно связана с вершиной каньона.

Небольшие гряды коренных пород длиной от 50 до 250 м и северо-восточной направленности отмечены в юго-восточной части участка.

Основным опасным ЭГП является флюидно-газовая разгрузка (рис. 3.12).

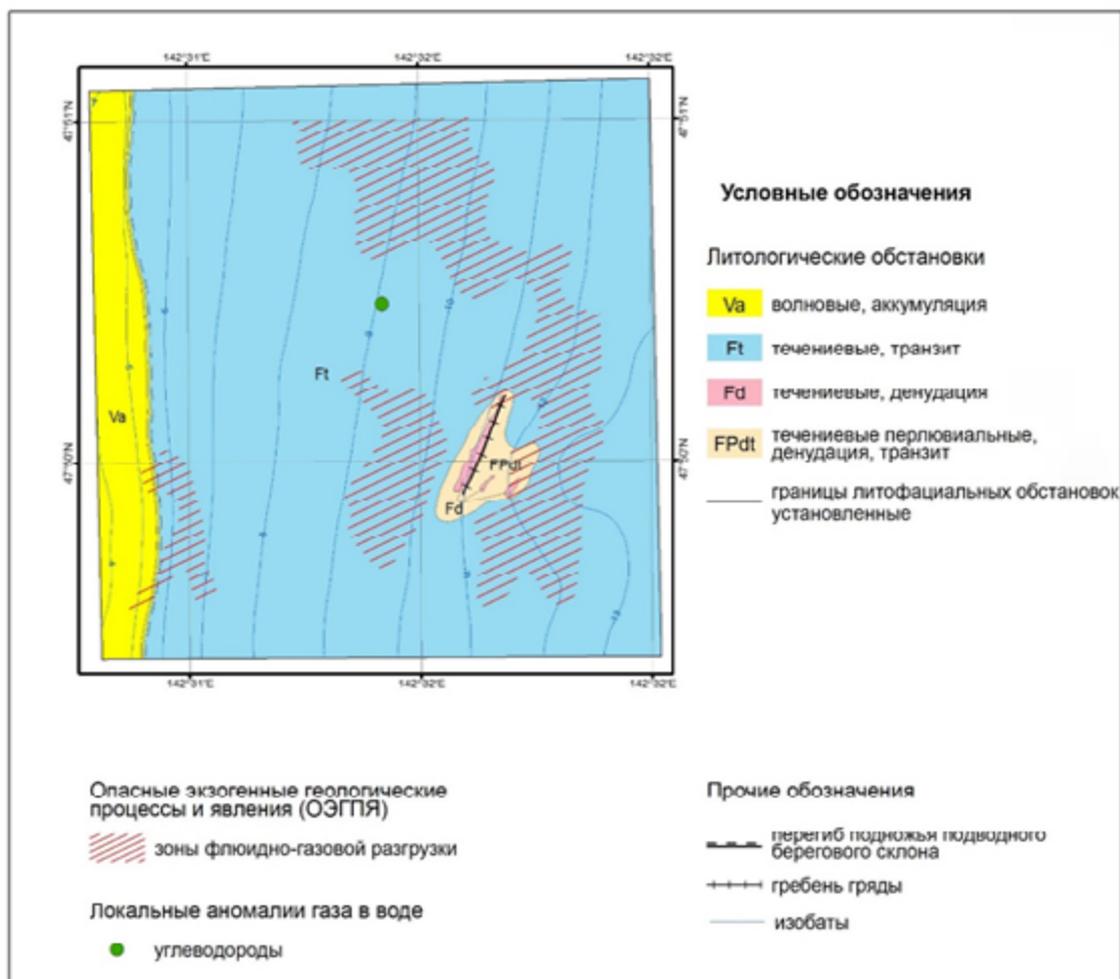


Рис.3.12 Карта проявлений опасных ЭГП участка «Взморье»

## Ключевой участок «Охотское»

Участок «Охотское» находится в заливе Мордвинова Охотского моря, на расстоянии 2.4 км от устья пролива Красноармеец. Берег на траверзе участка аккумулятивный, представлен пляжем полного профиля, который примыкает к террасированному низкому берегу. Ширина пляжа составляет от 40 до 60 м.

Рельеф донной поверхности участка «Охотское» сложный. Подводный береговой склон здесь простирается до изобаты 6 м и затем переходит в пологонаклонную равнину, которую мористее сменяет массив коренных пород, образующий серию гряд и уступов широтной направленности (рис.3.13, 3.14).

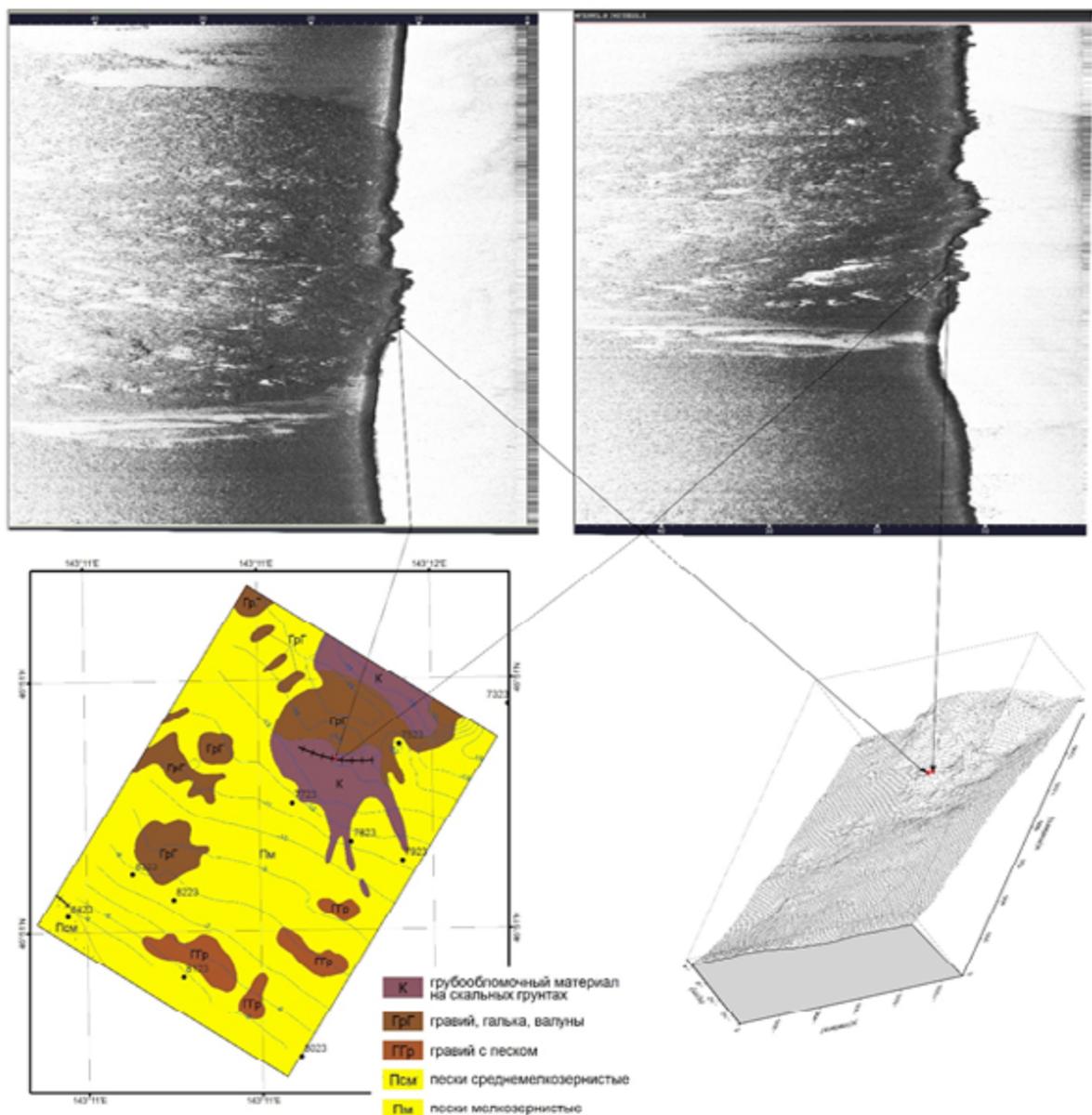


Рис.3.13 Отображение подводных уступов и гравитационных процессов на литологической карте, каркасной модели рельефа донной поверхности и сонограммах ГЛБО. Участок «Охотское», 2023 г.

Сложное строение донного рельефа предопределило и пеструю картину в распределении донных осадков, представленную на литологической схеме (рис.3.13). Большую часть акватории занимают пески. Весьма распространены и грубые осадки, которые, очевидно, формировались под воздействием интенсивных литодинамических процессов и, как правило, приурочены к выходам коренных пород.

Уступы высотой до 6 м с учетом интенсивного воздействия литодинамики создают благоприятную обстановку для развития в их пределах гравитационных процессов. Проявление последних в виде оползней высотой около 1–1.5 м и протяженностью в основании около 15 м фиксируется в северо-восточной части участка (рис. 3.13, 3.14).

Отмечаются также локальные аномалии углеводородов и неорганических газов (водорода и гелия) в придонной воде (рис.3.14). Происхождение этих газов может быть только ювенильным, т.к. предпосылок для формирования биогенных газов здесь просто нет.

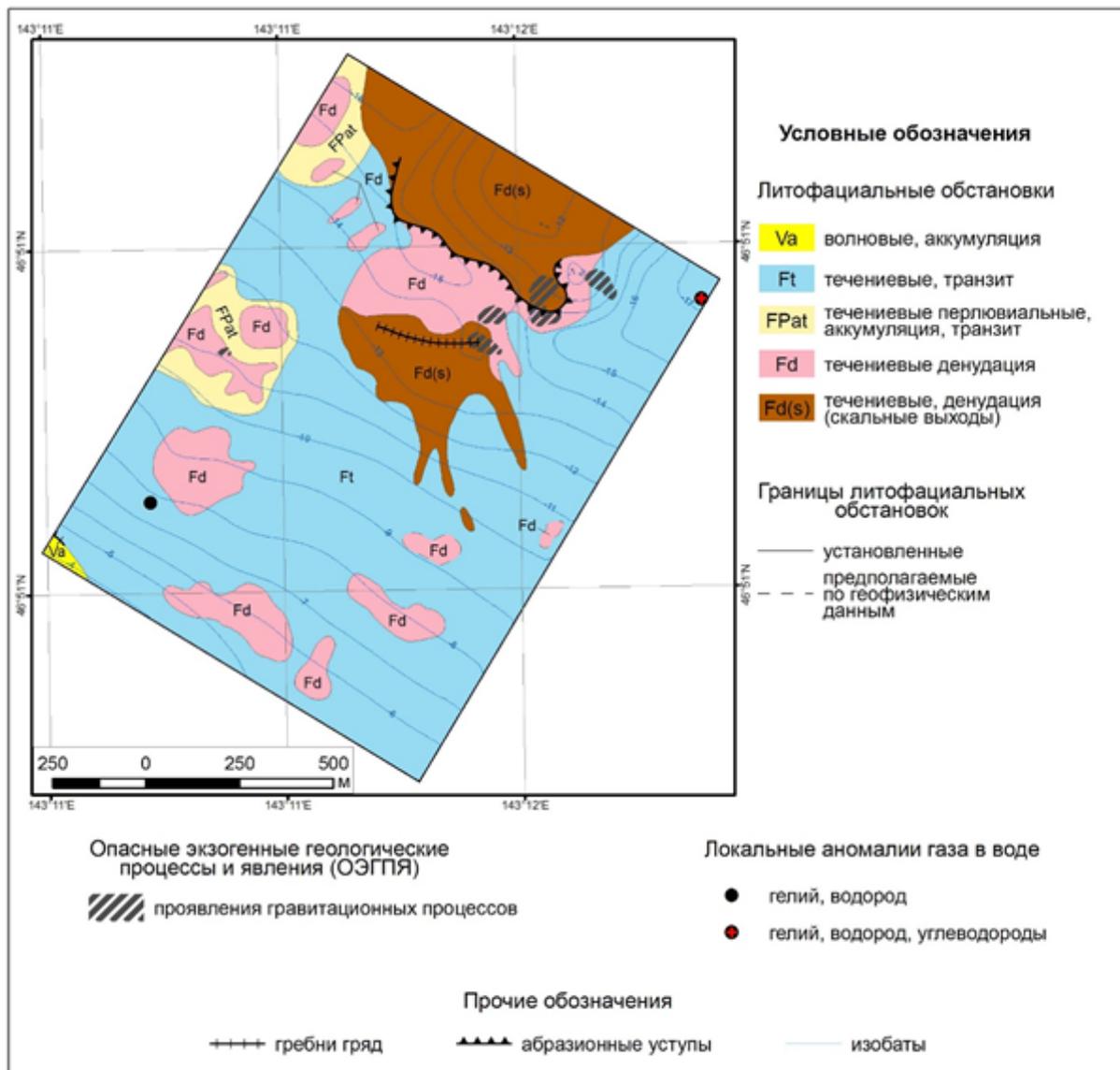


Рис.3.14 Карта проявлений опасных ЭГП участка «Охотское»

## Ключевой участок «Пригородное»

Участок Пригородное находится в непосредственной близости от порта Корсаков, к востоку от него (рис. 2.1). Береговая зона на данном участке носит абразионный характер, где средневысокие горы непосредственно подходят к береговой черте. Здесь развиты обвальнo-осыпные процессы. Вдоль берега развит скальный бенч.

Рельеф морского дна характеризуется сложным характером. На каркасной модели рельефа донной поверхности (рис. 3.15) четко выделяются две зоны: прибрежная, характеризующаяся сложным очертанием изолиний рельефа с просматривающимся северо-восточным простираем линейных объектов— и, мористее, полого-наклонная равнина с уклонами дна 0.5–0.7 %, выраженная изобатами, параллельными современной береговой линии (рис.3.16).

Граница между этими районами очень резкая, имеет линейный характер, что наводит на мысль о наличии здесь активизированного в четвертичное время разлома. При этом в юго-восточном углу планшета отчетливо видно небольшое поднятие.

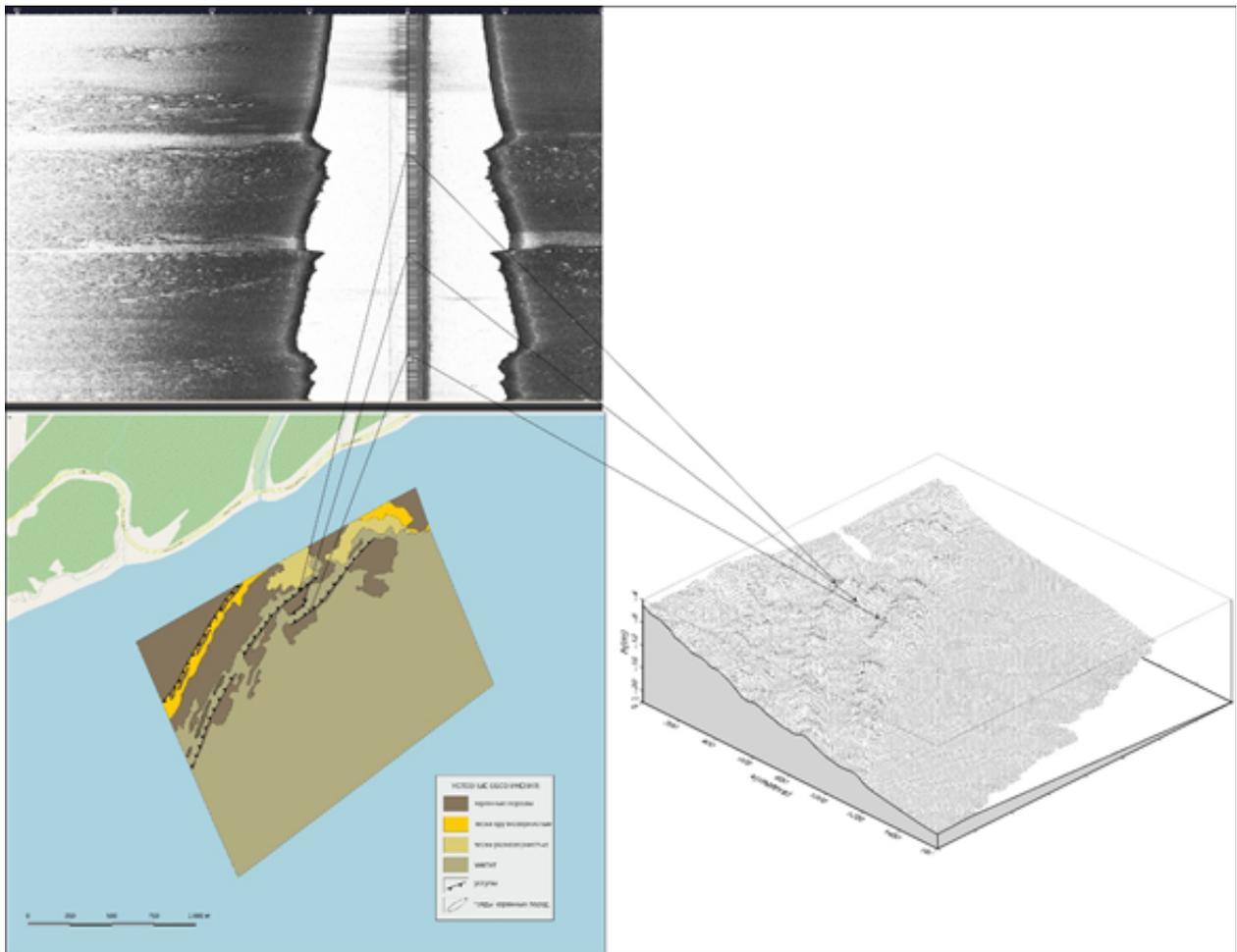


Рис.3.15 Отображение подводного берегового склона и подводных уступов на литологической карте, каркасной модели рельефа донной поверхности и сонограммах ГЛБО. Участок «Пригородное», 2023 г.

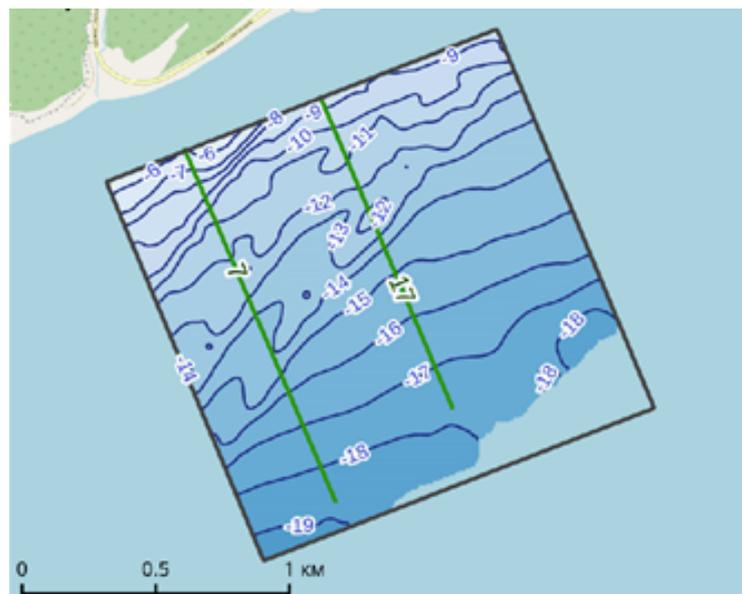


Рис. 3.16 Карта глубин 2023 г. Участок «Пригородное»

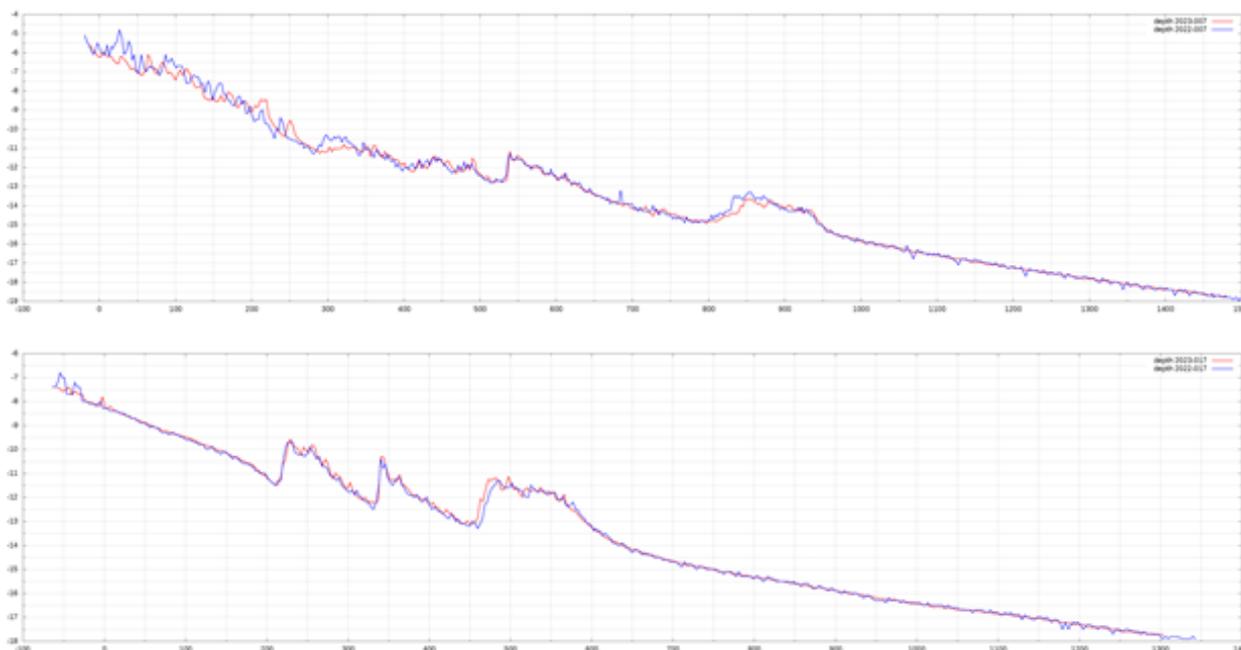


Рис. 3.17 Графики глубин по профилям 7 и 17, 2022 и 2023 гг.

На трехмерной схеме подводного рельефа отчетливо просматривается поле из 3–4-х структурных гряд, вытянутых вдоль берега и представленных, вероятно, скальными породами. Далее дно становится ровным и наклоненным в сторону от берега, достигая глубин 18 м (Рис. 3.15, 3.16).

Результаты ГЛБО и эхолотирования (рис.3.15, 3.17) подчеркивают линейность в строении и северо-восточную направленность форм донных образований этой части участка. Эти же исследования позволили выделить серию уступов северо-восточного простираия высотой до 5 м, выполненных коренными породами, где существует благоприятная обстановка для развития гравитационных процессов.

Сложный характер рельефа, во многом контролируемый структурными грядами, приводит к тому, что мощность донных отложений на этом участке не испытывает заметных колебаний. Это хорошо видно при сопоставлении данных эхолотного промера (рис.3.17).

Фациальная зональность определяется структурными грядами в северной части участка. В межгрядовом пространстве выделяются фации: течениевая транзитная в северо-восточном углу планшета и течениевая, денудационная к юго-западу от нее. Вся южная слабо наклоненная равнина относится к фациальной зоне течениевой денудации при ограниченном развитии процессов перемещения обломочного материала.

Основными ОГП на участке «Пригородное» в 2023 году были флюидно-газовая разгрузка и литодинамические процессы, ограниченно развиты гравитационные процессы (рис. 3.18). Выявленные газовые аномалии имеют явно наложенный характер и секут как структурные элементы, так и геоморфологические объекты. Возможно, это связано с тем, что интенсивный перенос водных масс в некоторой мере смазал первичную картину распределения газовых факелов.

Из литодинамических процессов наиболее опасным представляются потоки песчаных наносов, в зоне которых возможны размыв дна, заносимость объектов и их интенсивная карразия солятирующими зернами песчаной размерности.

В целом, данный район неблагоприятен для освоения дна любыми видами инфраструктуры.

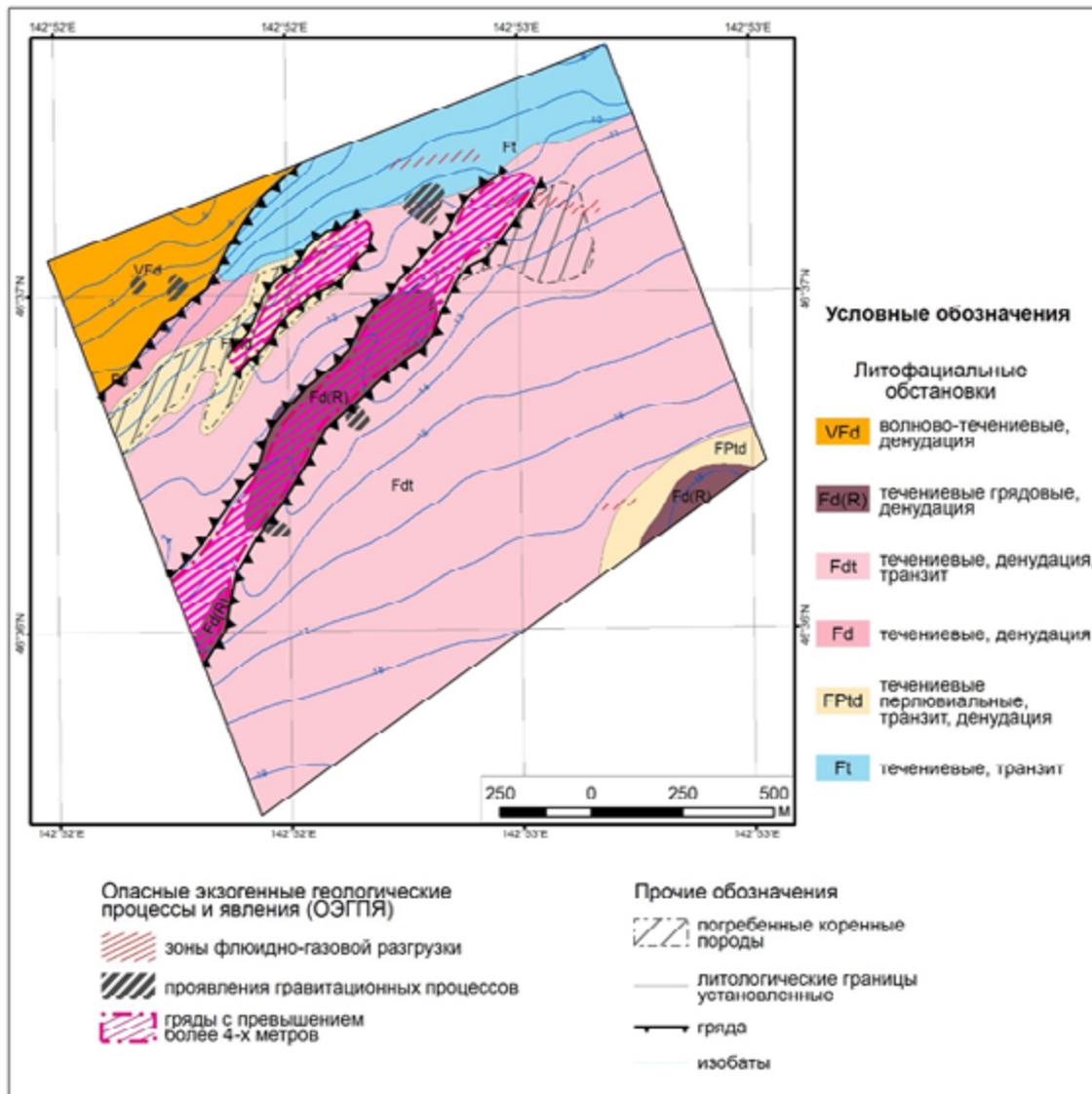


Рис.3.18 Карта проявлений опасных ЭГП участка «Пригородное»

## Ключевой участок «Соловьевка»

Ключевой участок «Соловьевка» находится в кутовой части залива Анива напротив поселка Третья Падь. Берег близ участка абразионный и представляет высокую крутую террасу. Поверхность вдольберегового склона составляет бенч.

Поскольку сам участок находится в пределах изобат 3–5 м, т.е. в зоне сугубого мелководья, то практически вся донная поверхность его подвержена волновому воздействию. Так же, из-за пространственного положения участка, большое влияние на формирование осадков оказывает и близость стока реки Соловьевки. Очевидно, что рельеф и состав отложений северной и приближенной к берегу частей донной поверхности участка в большей степени формируют именно стоковые течения, что и обуславливает развитие здесь грубообломочных отложений и коренных пород (рис.3.19). Рельеф и состав осадков остальной части участка очевидно в большей степени подвержен волновому воздействию и донные отложения представлены разнородными песками, причем тонкозернистая их составляющая может поступать сюда с твердым стоком.

Поля мелкозернистого песка в северо-восточном углу планшета отнесены нами к течениевому транзиту, хотя и влияние волнения здесь нельзя отрицать. В северо-западном углу планшета располагается мелкое поле зоны подводной эрозии (денудации) в результате чего на поверхности залегают несортированные крупно-среднезернистые пески. Большая часть морского дна представляет зону развития нефелоидно-течениевых отложений, с переменным развитием транзитных и аккумулятивных процессов. Единственным и существенным дополнением является контур плотного субстрата, установленный по данным гидролокации бокового обзора. Средняя часть планшета относится к зоне течениевых отложений (транзит, аккумуляция). По флангам участка развиты нефелоидно-течениевые фациальные зоны. На севере, ближе к устью реки, располагается зона течениевых транзитных отложений, формирующих уже, вероятно, более мощный покров динамических песчаных отложений.

Изложенное позволяет предположить, что главным опасным геологическим процессом (рис. 3.19) здесь являются литодинамические, причем сооружение любых инженерных объектов вызовет не только процессы размыва/аккумуляции у самого сооружения, но и может сказаться на устойчивости прилежащих берегов. Другим опасным геологическим процессом является флюидно-газовая разгрузка. Аномальные содержания углеводородов и гелия в придонной воде и осадке приурочены к зоне влияния крупного регионального тектонического нарушения (рис. 2.1, 3.19).

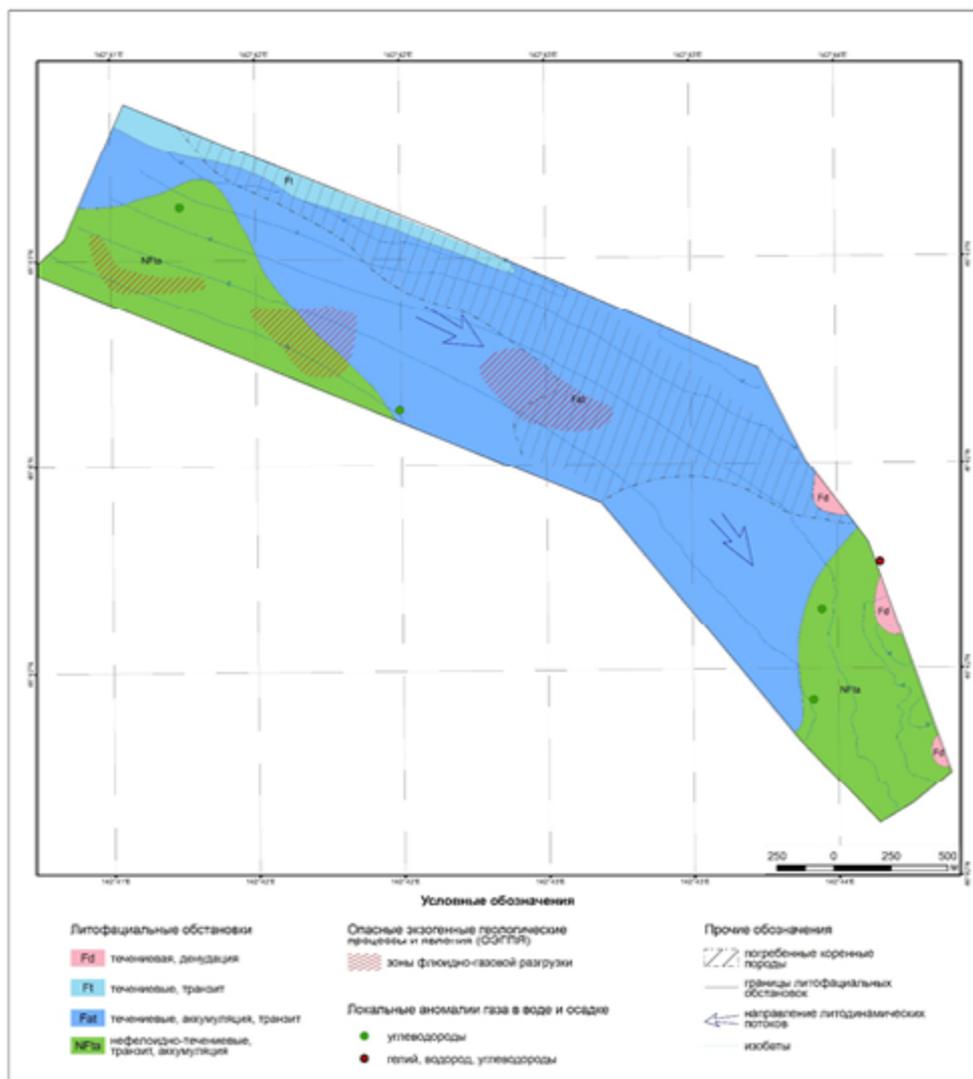


Рис.3.19 Карта проявлений опасных ЭГП участка «Соловьевка»

## Ключевой участок «Таранай»

Участок «Таранай» находится в заливе Анива, напротив северной оконечности одноименного поселка и устья реки Таранай. Береговая зона здесь представлена широким (50–80 м) пляжем полного профиля с авандюнами в его тыловой части. В приустьевой зоне на космоснимке отчетливо просматриваются серии вдольбереговых валов. В приустьевой части реки фиксируется обширная отмель, представляющая собой затопленную часть авандельты. Устье реки отделено от моря длинной косой северо-восточного простирания, что указывает на вдольбереговое перемещение обломочного материала к вершине залива Анива. Таким образом, присутствуют все признаки аккумулятивного побережья.

До глубин 5–6 м, в пределах берегового склона, развита течениево-волновая транзитно-денудационная фациальная зона, внутри которой выделены зоны размываемых вдольбереговых баров. Ближе к нижней части склона усиливаются процессы размыва морского дна и появляются пятна, сложенные крупными несортированными песками с гравием.

По-видимому, здесь мощность осадков уменьшается за счет возрастания турбулентности течений, и в присклоновой части из-под перемещающихся песков начинают «просвечивать» подстилающие образования, вплоть до скальных пород палеогена-неогена, фиксируя участки грядового рельефа.

Сама зона течениевых песков достигает глубин 15 м. Рельеф ее представлен ровной, выположенной поверхностью с уклонами 1.2÷1.4 град.

Повышение в этих песках содержания пелитовой фракции приводит к тому, что эти осадки становятся текучими и представляют собой слабые в геотехническом отношении грунты.

Именно в них и были выявлены основные гидроакустические аномалии, маркирующие выходы газа (рис. 3.20). Характер их распространения по площади указывает на возможное биогенное происхождение этих аномалий.

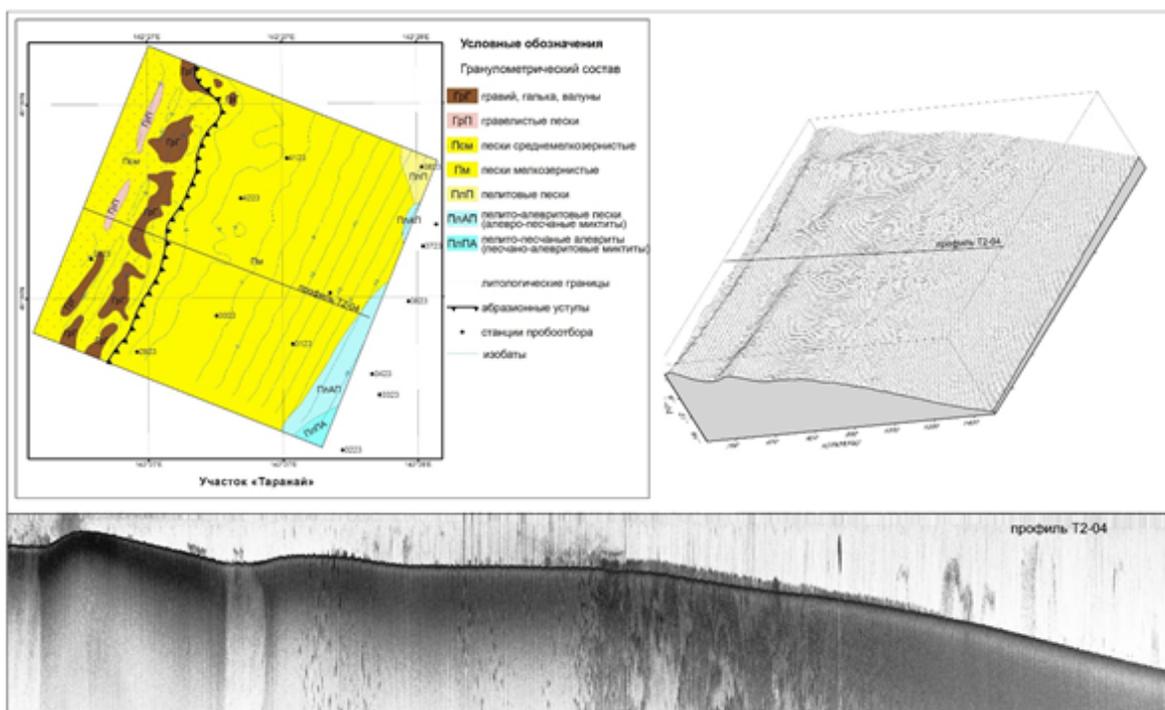


Рис.3.20 Литологическая карта, каркасная модель рельефа донной поверхности и сонограмма по профилю T2-04. Участок «Таранай», 2023г.

Зона нефелоидно-течениевых отложений сместилась на более низкие батиметрические уровни, что указывает, вероятно, на усиление интенсивности течениевых процессов в 2023 году по отношению к 2022 году.

В целом же с точки зрения литодинамических процессов участок «Таранай» входит в состав аккумулятивных береговых зон с циклическим изменением интенсивности лито-гидродинамических процессов. Соответственно, ОГП на этом участке достаточно ограничены и могут быть связаны с усилением процессов размыва в случае нарушения природных седиментологических потоков и с процессами флюидно-газовой разгрузки (рис. 3.21).

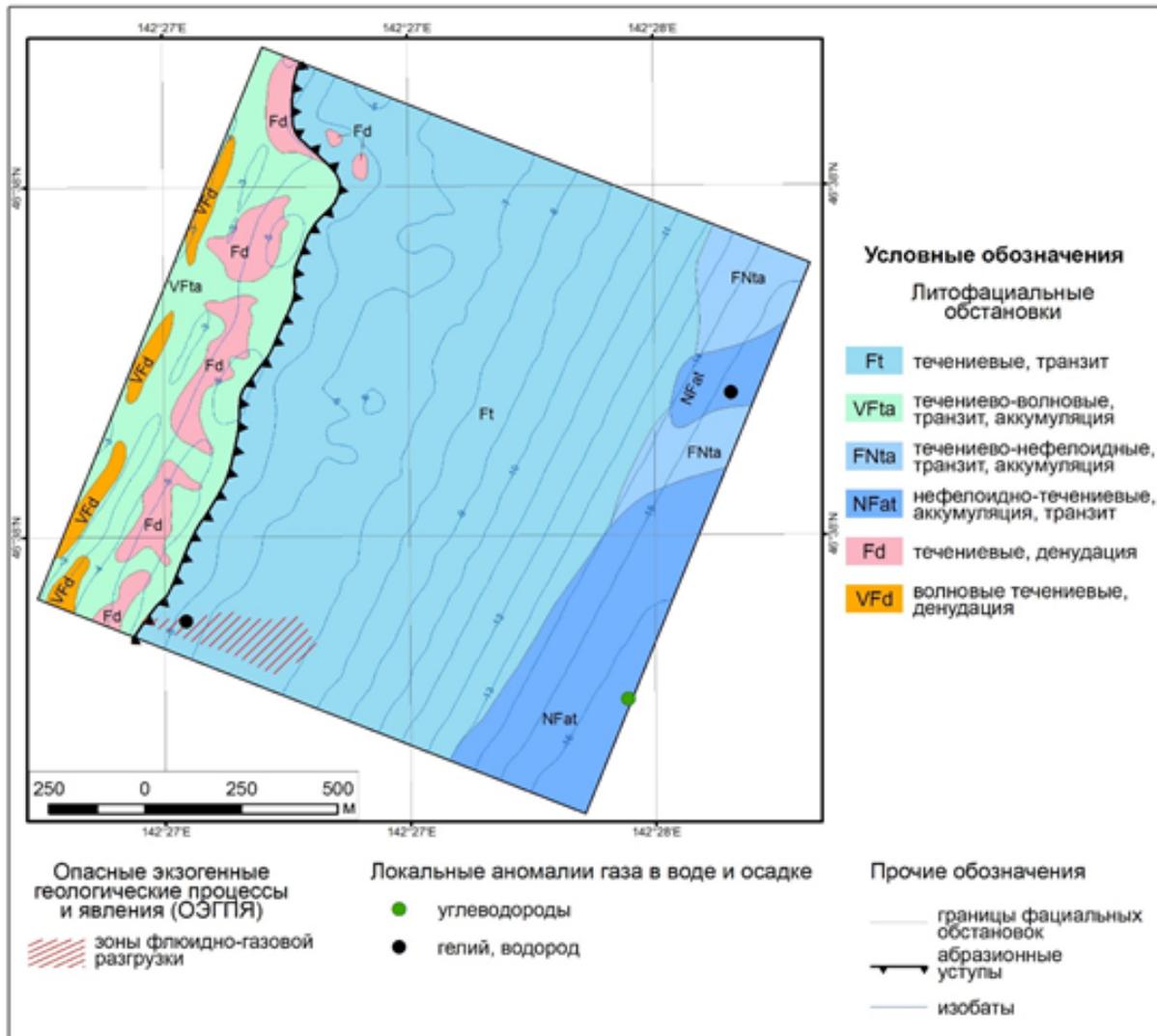


Рис.3.21 Карта проявлений опасных ЭГП участка «Таранай»

## Ключевой участок «Песчанское»

Участок «Песчанское» находится в привершинной части залива Анива на траверзе села Песчанское, в 0.2 км от линии берега.

Берег аккумулятивный, низменный с серией вдольбереговых валов. Вдоль него тянется пляж шириной 50–60 м с авандюнами.

Участок расположен в пределах изобат от 2 м до 10 м. В геоморфологическом отношении представляет собой полого погружающуюся в южном направлении равнину. Поверхность дна ровная с отдельными мелкими песчаными грядами в верхней части подводного берегового склона, очертания которой периодически меняются в результате волнового воздействия. Глубже дно становится ровным, что характерно для аккумулятивных побережий. Характер развития литодинамических процессов на участке Песчанское аналогичен таковому на участке «Таранай». В 2022 году, как и на участке «Таранай», перлювиальные транзитные фациальные обстановки, существовавшие в 2021 г., сменились течением транзитом, а в зоне сугубого мелководья на значительной площади режим накопления донных осадков сменился их транзитом. В 2023 году волновая фациальная зона сдвинулась к верхней рамке планшета, при этом исчезли условия для формирования осадков в условиях волнового и частично нефелоидного режима (возможно осадки этой зоны, как было сказано выше, были погребены под течением образованиями). Тип осадков четко связан с глубиной. Донные отложения на участке представлены в основном песками различной зернистости, которые вниз по склону закономерно сменяются песчанистыми и алевритистыми миктитами.

Опасные экзогенные процессы, выявленные на участке, представлены только флюидно-газовой разгрузкой (рис. 3.22, 3.23).

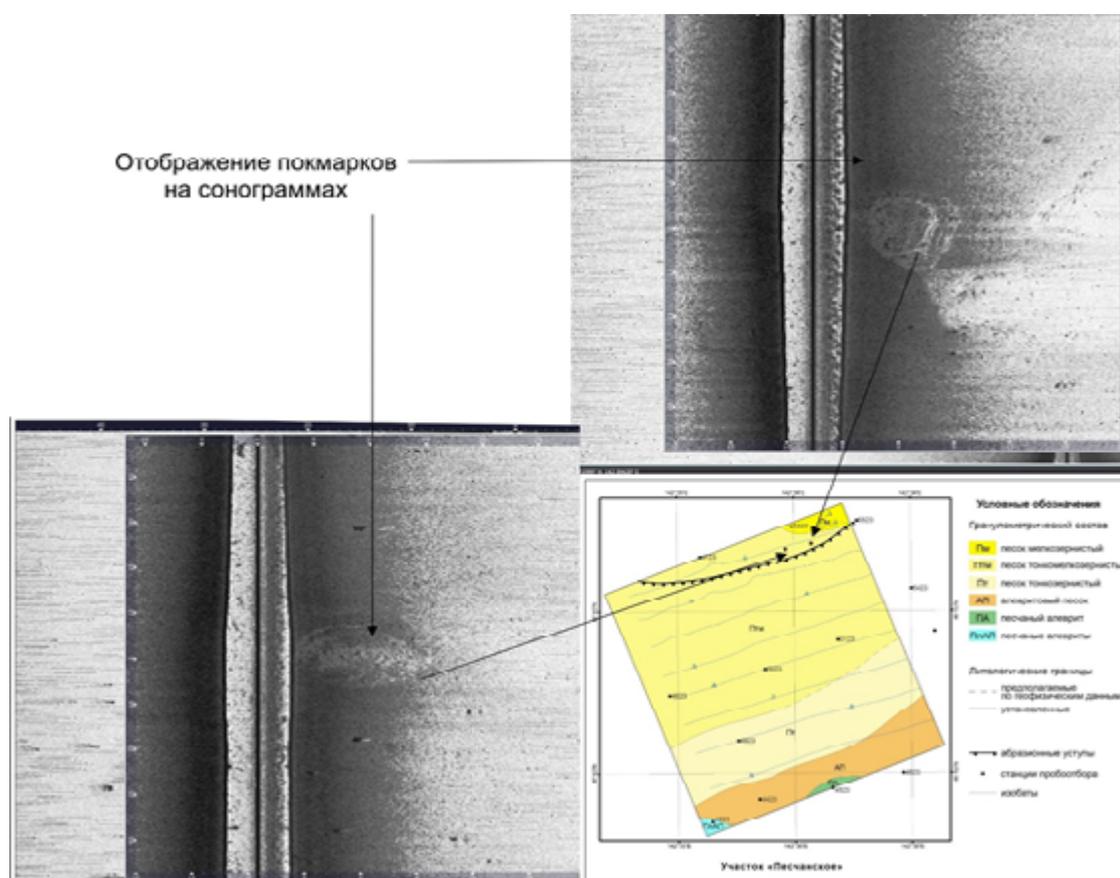


Рис. 3.22 Проявление флюидно-газовой разгрузки с образованием покмарков на участке Песчанское, 2023 г.

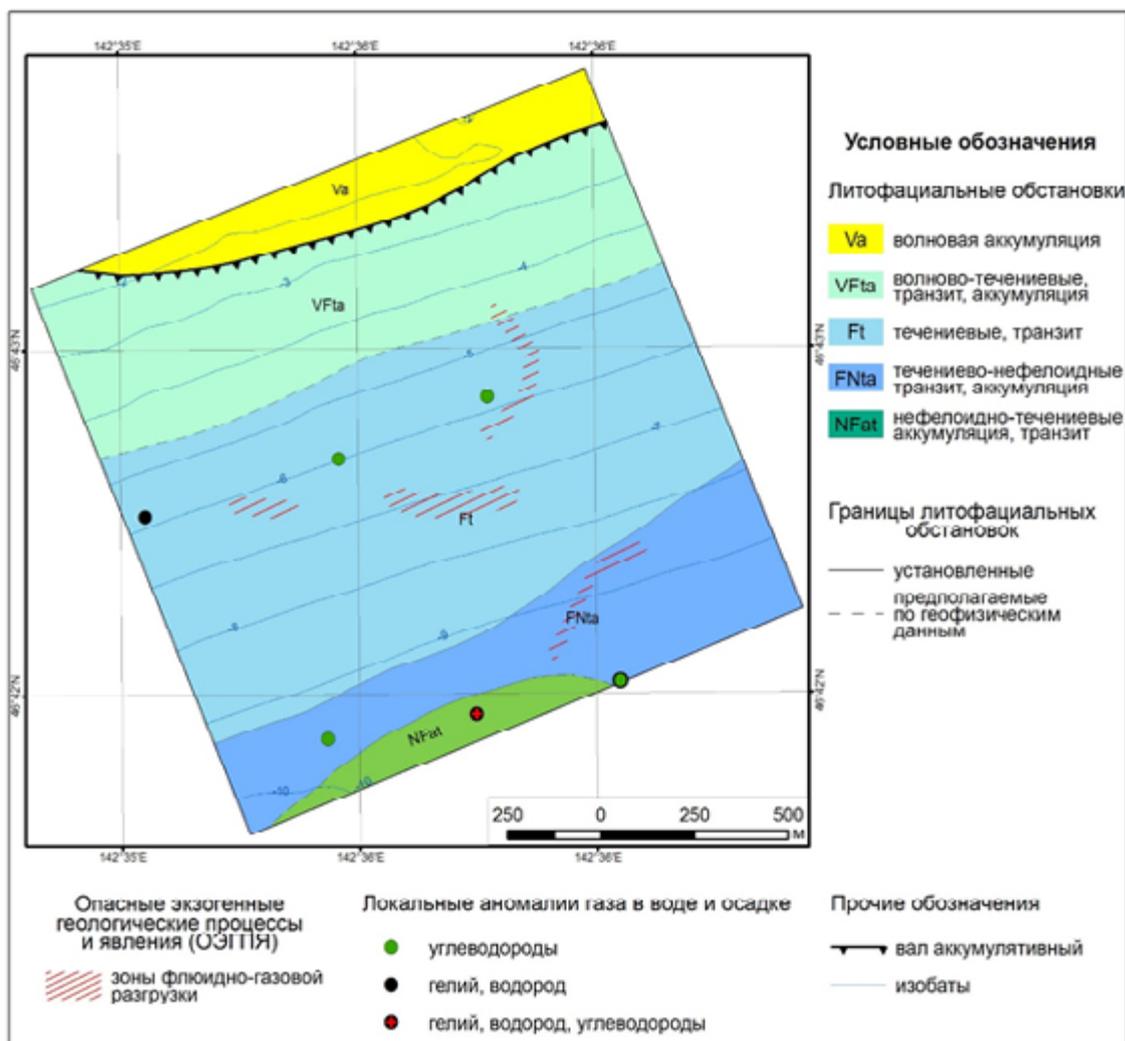


Рис.3.23 Карта проявлений опасных ЭГП участка «Песчанское»

### 3.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВЫХ ЗОНАХ ЯПОНСКОГО И ОХОТСКОГО МОРЕЙ

Проведенный по данным эхолотирования анализ рельефа морского дна на исследованных участках прибрежно-шельфовых зон Японского и Охотского морей показал, что изученные 10 участков подводного берегового склона в большинстве случаев схожи по строению. Они имеют довольно ровные профили с уклонами от долей градуса до первых градусов (Табл. 4).

Участки Пригородное, Охотское, Холмск, Ясноморское и Восточное имеют профили подводного берегового склона с уклонами, превышающими 4 градуса, там возможно развитие гравитационных процессов. Профили склонов часто бывают осложнены наличием бенчей и баров, грядами высотой более 4 м. Локально установлены подводные ложбины стока, которые с некоторым допущением могут рассматриваться, как формы рельефа дна, образованные, как и подводные каньоны, за счет линейно проявленных гравитационных (или эрозионных) процессов. Кроме крутизны склонов, вероятность проявления гравитационных ЭГП определяется типом донных грунтов

**Таблица 4. Уклон рельефа дна на ключевых участках**

Участок	Уклон, град.	Среднее значение, град.
Взморье	0–1.2	1.4
Восточное	0–7.2	0.7
Макаров	0–1.2	0.3
Охотское	0–4.8	0.7
Песчанское	0–0.8	0.3
Пригородное	0–4.3	0.5
Соловьевка	0–2.4	0.3
Таранай	0–1.8	0.6
Холмск	0–5.6	1
Ясноморское	0–7.4	1.5

Дно в полосе подводного берегового склона по данным гранулометрического анализа в основном сложено песчаными осадками различной крупности, того же минерального состава, что и пляжевые отложения.

По соотношению различных фракций отложения представлены широким спектром гранулометрических типов. Количество песчаной фракции колеблется от 3.5 до 100%. По содержанию песчаной фракции бóльшая часть отложений представлена песком (песчаной фракции >90%) либо песком алевритистым (песка 60–90%) (по классификации Верзилина Н.Н.). Незначительная часть отложений представлена песчанистыми и илесто-песчанистыми алевритами (со-

держание алевритовой фракции 40-55%, песчаной — 21–42%, глинистой — 32–44%). Единичные пробы представлены илестыми песками и песчаными илами.

Различия фракционного состава отложений отразились в их гранулометрических спектрах. Пески (за исключением 5 проб в 2023 году, тримодальных) и алевритистые пески характеризуются унимодальным распределением с модой в области песчаных фракций (130–815 мк), разброс мод отражает широкий спектр гранулометрических типов: максимальная частота встречаемости отмечена для значений 130 и 180 мк. Алевритовые пески демонстрируют в основном унимодальные спектры, несколько проб — бимодальные, с основным пиком в области 130 мк и с дополнительным в области крупноалевритовых (56 мк) фракций

Песчанистые алевриты демонстрируют бимодальные и унимодальные спектры с основным пиком в области крупноалевритовых фракций (56–82 мк) и дополнительным пиком в области глинистых фракций (3–7.5 мк), или же в области песчаных фракций (130–815 мк). 7 проб (2023 год) илестых песков, илесто-песчанистых алевритов, алевритистых песков и песчаных алевритов демонстрируют тримодальное распределение.

Наиболее близки к логнормальным распределениям спектры песчаных отложений. Максимальное количество проб с бимодальным распределением (9) отмечено на участках Таранай, Песчанское, Взморье и Восточное.

В таблице 5 представлены морфометрические параметры проявлений гравитационных процессов, зафиксированных в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей при проведении обследования ключевых участков в 2023 году. Рассчитаны длина, ширина и площадь проявления. Приведены координаты центра проявления.

В 2023 году гравитационные процессы в прибрежно-шельфовой зоне Охотского моря были выявлены впервые в четырехлетнем цикле наблюдений. Площадной и частотный коэффициенты активности гравитационных процессов в прибрежно-шельфовой зоне Японского моря составили 22 и 45% соответственно, оказавшись выше, чем в 2022 году (16 и 33%).

**Таблица 5. Морфометрические параметры проявлений гравитационных процессов, зафиксированных в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей**

Уникальный номер	ПШЗ	Географическая привязка	Координаты		Морфометрические параметры		
			ГСК-2011		Длина м	Ширина м	Площадь роавления кв.м
			широта	долгота			
101.34.111	Охотское море	п.Восточное	142.640894	48.2774727	182.9	136.0	13429
101.34.112	Охотское море	п.Восточное	142.632656	48.2717897	73.2	46.5	2303
101.34.113	Охотское море	п.Восточное	142.639655	48.2714247	83.3	66.1	3659
101.34.114	Охотское море	п.Восточное	142.642407	48.2700087	71.9	60.5	2776
101.34.115	Охотское море	п.Восточное	142.635135	48.2668687	235.9	175.2	19994
101.34.116	Охотское море	п.Восточное	142.633394	48.2651987	201.5	82.0	8695
101.34.117	Охотское море	п.Восточное	142.633169	48.2636357	7.3	5.9	22
101.34.118	Охотское море	п.Восточное	142.631902	48.2631877	19.7	6.6	65
101.34.119	Охотское море	п.Восточное	142.630487	48.2567757	109.5	74.7	5079
101.34.120	Охотское море	п.Восточное	142.630346	48.2543847	14.6	11.8	86
101.34.121	Охотское море	п.Восточное	142.630603	48.2528757	256.8	172.2	20381
101.34.122	Охотское море	п.Восточное	142.631243	48.2508987	160.9	61.8	6284
101.34.123	Охотское море	п.Восточное	142.628708	48.2498127	101.7	60.3	4369
101.34.124	Охотское море	п.Пригородное	142.860138	46.6168328	54.1	50.4	1810
101.34.125	Охотское море	п.Пригородное	142.867953	46.6135088	80.1	64.0	3444
101.34.126	Охотское море	п.Пригородное	142.857090	46.6167398	17.0	8.8	75
101.34.127	Охотское море	п.Охотское	143.191446	46.8586808	32.9	10.0	182
101.34.128	Охотское море	п.Охотское	143.191669	46.8586028	5.0	4.2	10
101.34.129	Охотское море	п.Охотское	143.191372	46.8568498	139.7	96.9	8633
100.34.130	Японское море	г.Холмск	142.048675	47.0992428	45.5	32.6	1033
100.34.131	Японское море	г.Холмск	142.048941	47.0870218	102.1	43.3	2786
100.34.132	Японское море	п.Ясноморское	141.888485	46.7544618	154.7	51.9	5003
100.34.133	Японское море	п.Ясноморское	141.884290	46.7531978	102.0	79.5	5614
100.34.134	Японское море	п.Ясноморское	141.874178	46.7516388	72.5	26.8	1193

### 3.4. РЕГИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ГАЗО-ФЛЮИДНОЙ РАЗГРУЗКИ В ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВЫХ ЗОНАХ ЯПОНСКОГО И ОХОТСКОГО МОРЕЙ В 2023 г

В полевой сезон 2023 года для изучения газовой составляющей воды и осадка было отобрано 43 проб донных отложений (ковш, поверхность) и 124 пробы придонной воды. Определялись (метод head space) метан и его гомологи (C2-C5), непредельные УВ : этилен, пропилен, бутен, бутилен; неорганические газы- азот, кислород, углекислый газ, водород, гелий в донных отложениях и придонной воде. В 40 пробах донных отложений определены содержания тяжелых металлов (Zn, Cu, Cd, Pb, Hg), Fe, Ca, Co, Ni, Mn), нефтяных углеводородов и ПАУ.

Так же, как и в 2022 году, гомологи (начиная с бутана) и непредельные УВ (этилен, пропилен, бутен и изобутен) в заметных количествах определены во всех отобранных в 2023 году пробах донных грунтов и придонных вод, что позволило уточнить природу проявленных аномалий. Фоновые содержания нефтепродуктов в 2023 году оказались чуть выше, чем в 2022 (8 мг/кг и 11.5 мг/кг, соответственно). Повышенные содержания НУВ обнаружены в донных грунтах участков Таранай, Восточное, Пригородное и Соловьевка.

Статистическая обработка анализов донных отложений показала (Рис.3.24), что распределение практически всех параметров подчиняется нормальному закону. Распределение некоторых газов полимодальное, что свидетельствует о присутствии в выборке углеводородов различного генезиса.

После редуцирования выборки были рассчитаны фоновые концентрации углеводородов и неорганических газов в донных отложениях изучаемого региона (Табл.6)

. Содержания ПАУ практически во всех образцах оказались ниже порога определения, лишь в 3х образцах (Соловьевка и Пригородное) обнаружены в следовых количествах.

**Таблица 6. Статистические характеристики распределения и фоновые концентрации органических и неорганических газов в донных отложениях (мг/кг)**

	Число проб	Среднее	Мин	Макс	Ст.откл.	Кэф. вар.	Фоновое сод-е
Метан	43	746.04	2.99	12729.25	2287.10	307	9.51
Этан	43	0.81	0.07	2.89	0.70	86	0.53
Этилен	43	1.74	0.19	4.84	1.07	61	1.25
Пропан	43	0.66	0.06	2.02	0.48	72	0.66
Пропилен	43	0.62	0.05	1.21	0.30	49	0.62
Изобутан	43	0.10	0.01	0.29	0.05	52	0.10
н-бутан	43	0.29	0.01	0.74	0.17	59	0.27
изобутилен+бутен	43	0.74	0.08	3.32	0.62	84	0.68
изопентан	43	0.30	0.04	0.68	0.15	49	0.30
пентан	43	0.24	0.01	0.89	0.23	94	0.20
He	43	17.40	4.66	141.59	22.56	130	13.58
H <sub>2</sub>	43	3.65	0.93	25.49	4.25	116	2.93
CO <sub>2</sub> *	43	1.29	0.13	7.02	1.58	122	0.86
O <sub>2</sub> *	43	4.12	0.44	16.44	4.82	117	1.99
N <sub>2</sub> *	43	83.80	76.84	88.43	2.86	3	83.80

\* содержания углекислого газа, кислорода и азота приведены в процентах.

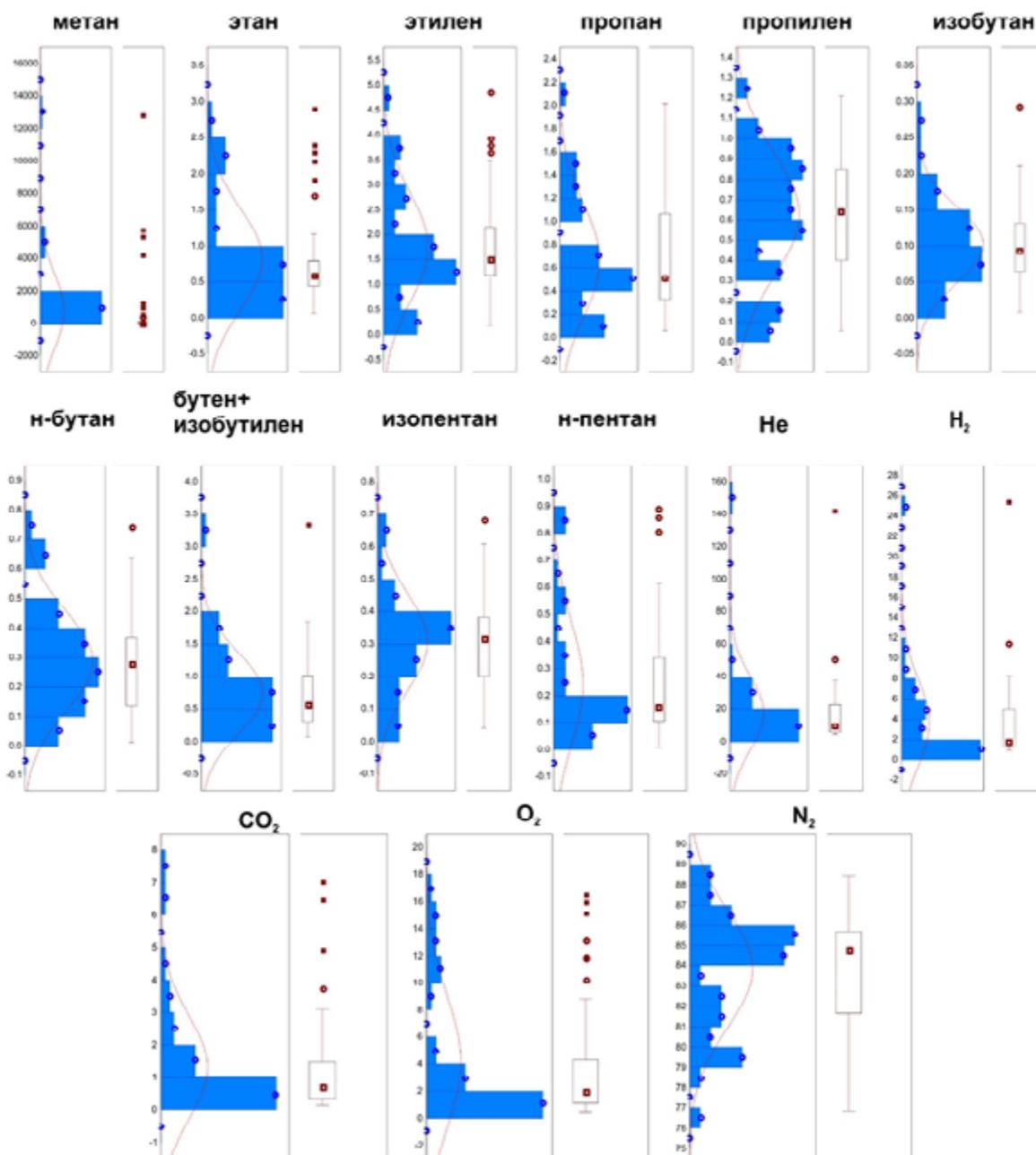


Рис. 3.24 Гистограммы распределения органических и неорганических газов в донных отложениях

Статистическая обработка анализов распределения макро-и микроэлементов в донных отложениях показала (Табл. 7), что распределение всех параметров, кроме Cu и Ni, характеризуется низкой или умеренной степенью вариации и подчиняется нормальному закону.

Геохимическая специализация донных отложений и в 2023 году естественным образом отражает геохимическую специализацию коренных пород Юго-западного Сахалина [Жаров, 2004]. Это породы вулканогенно-терригенного комплекса: Чеховский, Анивский, Татарский комплексы, Аракайская, Холмская, Невельская свиты.

В целом, для вулканогенно-терригенного комплекса характерен контрастный состав, объединяющий базальты, риолиты, гравелиты, туфы и туфопесчаники. Сопоставление кларков концентрации в 2022 - 2023 гг. показывает (Табл. 8), что в 2023 году содержание в донных отложениях практически всех элементов, за исключением Cd и As, уменьшилось.

**Таблица 7. Распределение макро-и микроэлементов(мг/кг) в донных отложениях**

	Число проб	Ср. сод.	Медиана	Мин	Макс	Ст. откл.	Коэф. вар.
Pb	40	17.3	17.2	8.8	27.2	3.9	23
As	40	18.3	17.7	9.7	39.1	4.3	24
Zn	40	63.2	66.0	35.6	77.3	10.1	16
Cu	19	39.9	22.7	11.0	240.6	63.5	159
Ni	40	64.9	20.6	14.9	506.8	121.4	187
Co	40	6.8	6.0	3.4	15.6	2.9	42
Fe	40	29189	28916	23217	46306	3845	13
Mn	40	199	192	113	291	33	17
Cd	39	1.3	1.2	0.3	3.5	0.7	55
Hg	40	21.7	21.5	13.0	60.0	7.4	34

Аномальные содержания меди и свинца отмечены в пробах участка Восточное (13123, 14123); меди, свинца и ртути — в пробах участка Пригородное (8923).

**Таблица 8. Сопоставление кларков концентрации в 2023 - 2022 гг.**

Элемент	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	Co	Ni	Hg	As
Кк-2022	0.4	0.2	1.3	0.7	5.2	5.0	0.9	9.7	0.6	8.6
Кк-2023	0.3	0.1	0.8	0.3	6.9	2.9	0.2	0.3	0.7	8.9

Статистическая обработка анализов проб придонной воды в 2023 году показала, что, как и в 2022 г., содержания всех газов ниже содержаний аналогичных в осадке, тогда как в предыдущие годы варьировали они незначительно (за исключением содержаний углекислого газа). После редуцирования выборки были рассчитаны статистические характеристики распределения и фоновые концентрации углеводородов и неорганических газов в придонной воде (Табл. 9).

**Таблица 9. Распределение УВ (мг/кг) и неорганических газов\* в придонной воде**

	Число проб	Среднее	Мин	Макс	Ст.откл.	Коэф. вар.	Фоновое сод.
Метан	124	6.08	2.21	86.58	10.13	166	3.62
Этан	124	0.01	0.01	0.08	0.01	63	0.01
Этилен	124	0.03	0.01	0.18	0.02	69	0.03
Пропан	124	0.04	0.01	0.16	0.03	70	0.04
Пропилен	124	0.02	0.01	0.09	0.01	53	0.02
Изобутан	124	0.07	0.01	0.32	0.07	99	0.06
н-бутан	124	0.15	0.01	0.64	0.14	96	0.12
изобутилен+бутен	124	0.09	0.03	0.27	0.04	44	0.08
изопентан	124	0.42	0.02	1.15	0.24	57	0.42
н-пентан	124	0.08	0.01	0.46	0.07	94	0.06
He	124	19.55	5.66	113.67	22.35	114	11.71
H <sub>2</sub>	124	4.14	1.28	22.73	4.59	111	2.52
CO <sub>2</sub>	124	622	380	2711	259	42	577
O <sub>2, %</sub>	124	18.88	14.91	22.25	1.57	8	18.88
N <sub>2, %</sub>	124	78.39	74.60	84.01	2.26	3	78.25

Гистограммы распределения органических и неорганических газов в придонной воде приведены на рис.3.25. Распределение практически всех параметров подчиняется нормальному закону. Распределение некоторых газов полимодальное, что свидетельствует о присутствии в выборке углеводородов различного генезиса.

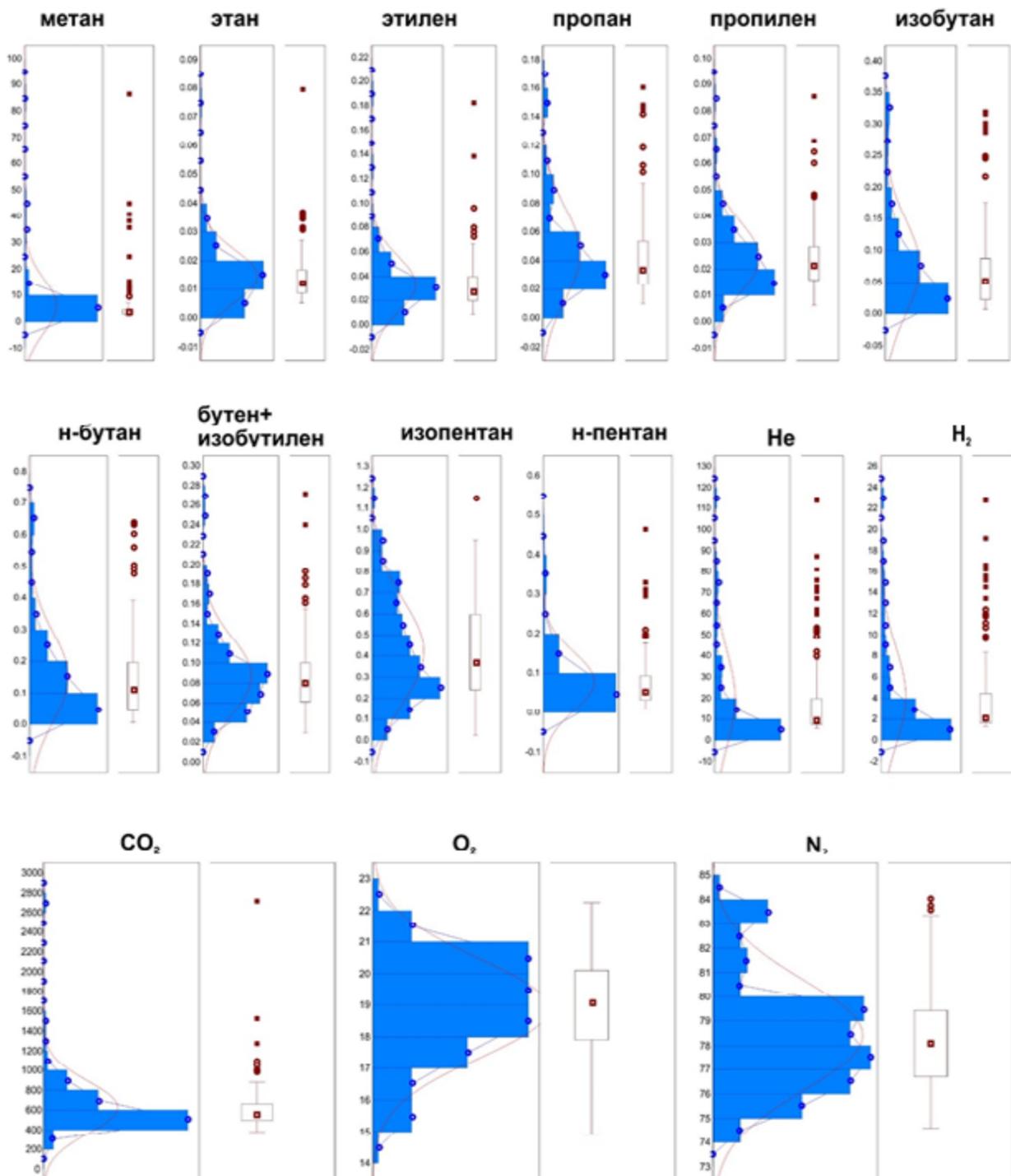


Рис.3.25 Гистограммы распределения органических и неорганических газов в придонной воде

Отношение N/O, характеризующее развитие зон гипоксии в придонной воде, в 2023 году (вариации 3.5—5.5 при медиане 4.1), позволяет говорить о достаточно стабильной экологической ситуации на исследуемых участках. Компонентный состав газов (присутствие заметных количеств олефинов, тяжелых УВ метанового ряда, присутствие значимых количеств гелия и водорода) свидетельствует о достаточно высокой степени бактериального преобразования ОВ, незначительном влиянии техногенного загрязнения и возможной миграции УВ.

Сопоставление размаха выборок и фоновых содержаний углеводородов и неорганических газов в 2022 - 2023 гг. в донных отложениях и придонной воде показало (Табл. 10, рис.3.26), что: 1) в донных отложениях увеличился фон метана при одновременном возрастании фоновых содержаний его гомологов и непредельных УВ (за исключением изобутана, пентана и изопентана); фоновые содержания гелия и углекислого газа выросли, а содержания водорода уменьшились; 2) в придонной воде фон практически всех УВ уменьшился, увеличилось содержание гелия и углекислого газа. Размах выборок в 2023 году практически для всех компонентов ниже.

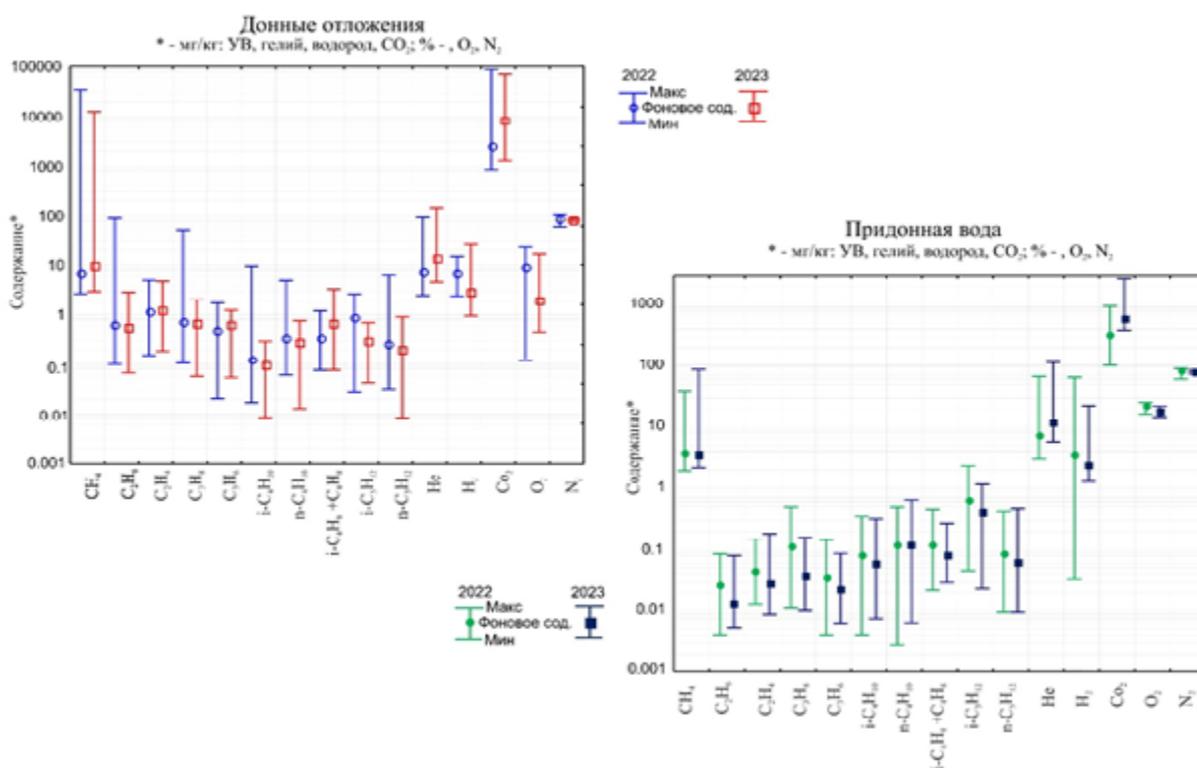


Рис.3.26 Сопоставление размаха выборок и фоновых содержаний углеводородов и неорганических газов в 2022–2023 гг. в донных отложениях и придонной воде.

**Таблица 10. Сопоставление размаха выборок и фоновых содержаний углеводородов и неорганических газов в 2022–2023 гг. в донных отложениях и придонной воде**

Компонент	Донные отложения						Придонная вода					
	Мин 2022	Макс 2022	Фон 2022	Мин 2023	Макс 2023	Фон 2023	Мин 2022	Макс 2022	Фон 2022	Мин 2023	Макс 2023	Фон 2023
Метан	2.69	34317	6.97	2.99	12729	9.51	1.97	39	3.89	2.21	86.58	3.62
Этан	0.10	91.38	0.63	0.07	2.89	0.53	0.004	0.08	0.03	0.01	0.08	0.01
Этилен	0.15	5.07	1.12	0.19	4.84	1.25	0.01	0.15	0.05	0.01	0.18	0.03
Пропан	0.10	52.49	0.74	0.06	2.02	0.66	0.01	0.50	0.11	0.01	0.16	0.04
Пропилен	0.02	1.72	0.49	0.05	1.211	0.62	0.004	0.14	0.04	0.006	0.086	0.02
Изобутан	0.02	9.47	0.12	0.01	0.294	0.10	0.004	0.35	0.08	0.007	0.321	0.06
n-бутан	0.06	5.01	0.35	0.01	0.745	0.27	0.003	0.49	0.12	0.006	0.640	0.12
Компонент	0.07	1.17	0.35	0.08	3.32	0.68	0.02	0.45	0.12	0.03	0.27	0.08
Метан	0.03	2.64	0.88	0.04	0.68	0.30	0.04	2.40	0.63	0.02	1.15	0.42
Этан	0.03	6.38	0.26	0.01	0.89	0.20	0.01	0.42	0.09	0.01	0.46	0.06
He	2.50	94.53	7.65	4.66	141.59	13.58	3.07	67.28	7.24	5.66	113.67	11.71
H <sub>2</sub>	2.42	14.65	6.83	0.93	25	2.93	0	64	3.54	1	23	2.52
CO <sub>2</sub>	860	86188	2507	1302	70153	8600	101	942	330	380	2711	577
O <sub>2</sub>	0.12	22.59	9.27	0.44	16.44	1.99	16.54	25.68	22.35	14.91	22.25	18.88
N <sub>2</sub>	61	104	91.29	76.84	88.43	83.80	60.25	90.57	83.20	74.60	84.01	78.25

В таблицу 11 сведены все станции, на которых фиксировались аномальные и экстремальные содержания УВ, Cu, Ni, Hg и неорганических газов в донных отложениях и придонной воде (УВ и неорганические газы). Комплексными аномалиями характеризуются участки Макаров, Восточное, Таранай и Соловьевка, Песчанское, аномалии в придонной воде отмечены на участках Холмск и Ясноморское.

Аномальные и повышенные содержания гелия и водорода, свидетельствующие о современной тектонической активности региона, отмечены в придонной воде на участках Холмск, Ясноморское, Песчанское, Соловьевка, Охотское и Таранай.

Обращает внимание наличие устойчивых положительных (более 0.7) корреляционных связей между содержаниями алканов и алкенов, прямой (0.7) корреляционной связи между содержаниями метана и углекислоты в осадке, что является признаком наличия сингенетических УВГ в осадке, интенсивности биохимических процессов.

Так же, как и в предыдущие годы, для выяснения природы геохимических газовых аномалий, использовались следующие газогеохимические критерии: влажность газа (W%); предельных и непредельных (C2+C3) УВГ (Alk\_Alkn), изоалканов (C4, C5) к их нормальным изомерам ( $iC4C5\_sumC4C5$ ),  $C5/\sum C2-C5$  — отношение содержания пентана к сумме гомологов C2-C5;  $C1/\sum C2-C5$  — отношение содержания метана к сумме его гомологов (показатель, указывающий на изменения качественного состава сингенетических УВГ под влиянием миграционных УВГ: понижение показателя свидетельствует о термогенных УВ) [Хант, 1982; Abrams, 2005; Круглякова и др., 2003; Лавренова, 2006].

Таблица 11. Аномальные и экстремальные содержания УВ, Cu, Ni, Hg и неорганических газов в донных отложениях и придонной воде

Донные отложения																
Проба	Координаты, ГСК-2011		Метан	Этан	Этилен	i-бутан	n-бутан	i-бутилен + бутен-1	i-пентан	n-пентан	He	H <sub>2</sub>	Cu	Ni	Hg	Участок
	Долгота	Широта														
3323	142.45739	46.62109				0.29			0.68							Таранай
4523	142.59576	46.70782	162.5					3.32			50.11	11.52				Песчанское
4623	142.60081	46.70863	352.5													Песчанское
7223	142.72743	46.70432										25.49				Соловьевка
8923	142.88342	46.61317											241	492	60	Пригородное
12123	142.63671	48.26745	937.8	1.68	3.79											Восточное
12623	142.63580	48.26827	295.9	2.16	3.63											Восточное
12723	142.63486	48.26935	5723.4		3.48											Восточное
12823	142.63483	48.27041	12729.3		2.78											Восточное
12923	142.63490	48.27116	5325.7		2.72											Восточное
13023	142.63497	48.27219	1259.7	2.39	3.94											Восточное
13123	142.64171	48.23208											186	354		Восточное
14123	142.64571	48.24073											238	507		Восточное
15923	142.63684	48.26569	142.0	2.30	3.13		0.74									Восточное
16023	142.63628	48.26578	568.3													Восточное
16123	142.63695	48.26640		2.89	2.61					0.86						Восточное
16223	142.63631	48.26803	115.7	2.30	2.54					0.81						Восточное
16323	142.63453	48.27109	4172.2	1.90	4.84					0.89						Восточное
17123	142.78989	48.60071	4.8	0.24	0.44									101	163	Макаров

**Придонная вода**

Проба	Координаты, ГСК-2011		Метан	Этан	Этилен	Про-пан	Про-пен	i-бутан	n-бутан	i-бутилен + бутен-1	n-пентан	He	H <sub>2</sub>	Участок
	Долгота	Широта												
523	141.883480	46.754883								0.19				Холмск
623	141.889400	46.752410										62.6	12.5	Холмск
823	141.889220	46.756020										72.4	14.5	Холмск
1223	141.882870	46.757970				0.16		0.29	0.64			76.0	16.7	Холмск
1323	141.884770	46.761730								0.27				Холмск
1423	141.888690	46.760600										80.9	16.2	Холмск
1723	142.042620	47.086480										76.1	15.2	Ясноморское
1923	142.043750	47.090950				0.15		0.32	0.63			53.4	10.7	Ясноморское
2023	142.041410	47.093460										113.4	22.7	Ясноморское
2123	142.043610	47.095960	13.5									87.4	19.2	Ясноморское
2523	142.046440	47.099980					0.06							Ясноморское
2723	142.052060	47.099860										67.1	13.4	Ясноморское
2923	142.442377	46.622991										71.0	15.6	Таранай
3323	142.457391	46.621091		0.04										Таранай
3423	142.456930	46.621990										51.3	11.8	Таранай
3923	142.462979	46.631490										39.6		Таранай
4023	142.460938	46.628399										113.7	22.7	Таранай
4423	142.590539	46.707250				0.10								Песчанское
4823	142.584172	46.712636										53.1	11.2	Песчанское
5023	142.590994	46.714008				0.15		0.29	0.50					Песчанское
5123	142.596210	46.715490								0.19				Песчанское
6023	142.687301	46.718787	13.1											Соловьевка
6523	142.699882	46.710569		0.04										Соловьевка
7223	142.727434	46.704321										49.9	10.0	Соловьевка
7423	143.198077	46.856963		0.04	0.14							42.4	9.8	Охотское
8323	143.178614	46.852204										60.5	12.1	Охотское
11223	142.531990	47.837190			0.18									Взморье
11423	142.646070	48.273260	12.3								0.46			Восточное



Так же, как и в предыдущие годы, для выяснения природы геохимических газовых аномалий, использовались следующие газогеохимические критерии: влажность газа (W%); предельных и непредельных (C2+C3) УВГ (Alk\_Alkn), изоалканов (C4, C5) к их нормальным изомерам (iC4C5\_sumC4C5),  $C_5/\sum C_2-C_5$  — отношение содержания пентана к сумме гомологов C2-C5;  $C_1/\sum C_2-C_5$  — отношение содержания метана к сумме его гомологов (показатель, указывающий на изменения качественного состава сингенетических УВГ под влиянием миграционных УВГ: понижение показателя свидетельствует о термогенных УВ) [Хант, 1982; Abrams, 2005; Круглякова и др., 2003; Лавренова, 2006].

Расчетные газогеохимические коэффициенты для донных отложений сведены в таблицу 12. Помимо вышеперечисленных, приведен коэффициент N\_O (отношение содержания азота и кислорода), характеризующий интенсивность процессов метаногенеза.

**Таблица 12. Значения расчетных газогеохимических коэффициентов в донных отложениях (статистика)**

2023	Число проб	Средн.	Медиана	Мин	Макс	Ст.откл	Кэф. вар.
W%	43	13.20	13.73	0.03	33.97	9.69	73
iC4C5_ΣC4C5	43	0.47	0.52	0.14	0.71	0.15	32
Alk_Alkn	43	0.36	0.35	0.22	0.55	0.07	19
$C_5/\sum C_2-C_5$	43	0.37	0.33	0.09	0.99	0.20	54
$C_1/\sum C_2-C_5$	43	205	6.3	1.9	3584	641	313
N_O	43	53.73	44.95	4.80	194.63	42.72	80

Количественное соотношение УВГ состава C2-C5 и общего содержания УВГ, характеризующее коэффициентом влажности УВГ, позволяет оценить вклад эпигенетической составляющей в газовой фазе. Если значение данного показателя не превышает 5 %, то газ, вероятно, бактериального происхождения (рис. 3. 30). В выборке проб значения  $W < 5\%$  отмечены в пробах участка Восточное и Песчанское. Значения  $C_1/\sum C_2-C_5$  и N\_O в этих пробах также высоки, что подтверждает наличие интенсивного метаногенеза. Отношение алкан/алкен во всех пробах менее или равно 0.5.

Значение соотношения  $C_5/\sum C_2-C_5$ , превышающее 0.5, может являться признаком миграционной аномалии УВГ. В образцах 2023 года по этому критерию можно сделать вывод о миграционной природе УВ на участках Таранай, Соловьевка и Восточное, за исключением проб с  $W < 5\%$ .

$C_1/\sum C_2-C_5$  — отношение содержания метана к сумме его гомологов (показатель, указывающий на изменения качественного состава сингенетических УВГ под влиянием миграционных УВГ: понижение показателя свидетельствует о термогенных УВ). В выборке проб четкое присутствие термогенных УВ отмечено для проб с участков Восточное, Таранай, Пригородное, Макаров и Соловьевка.

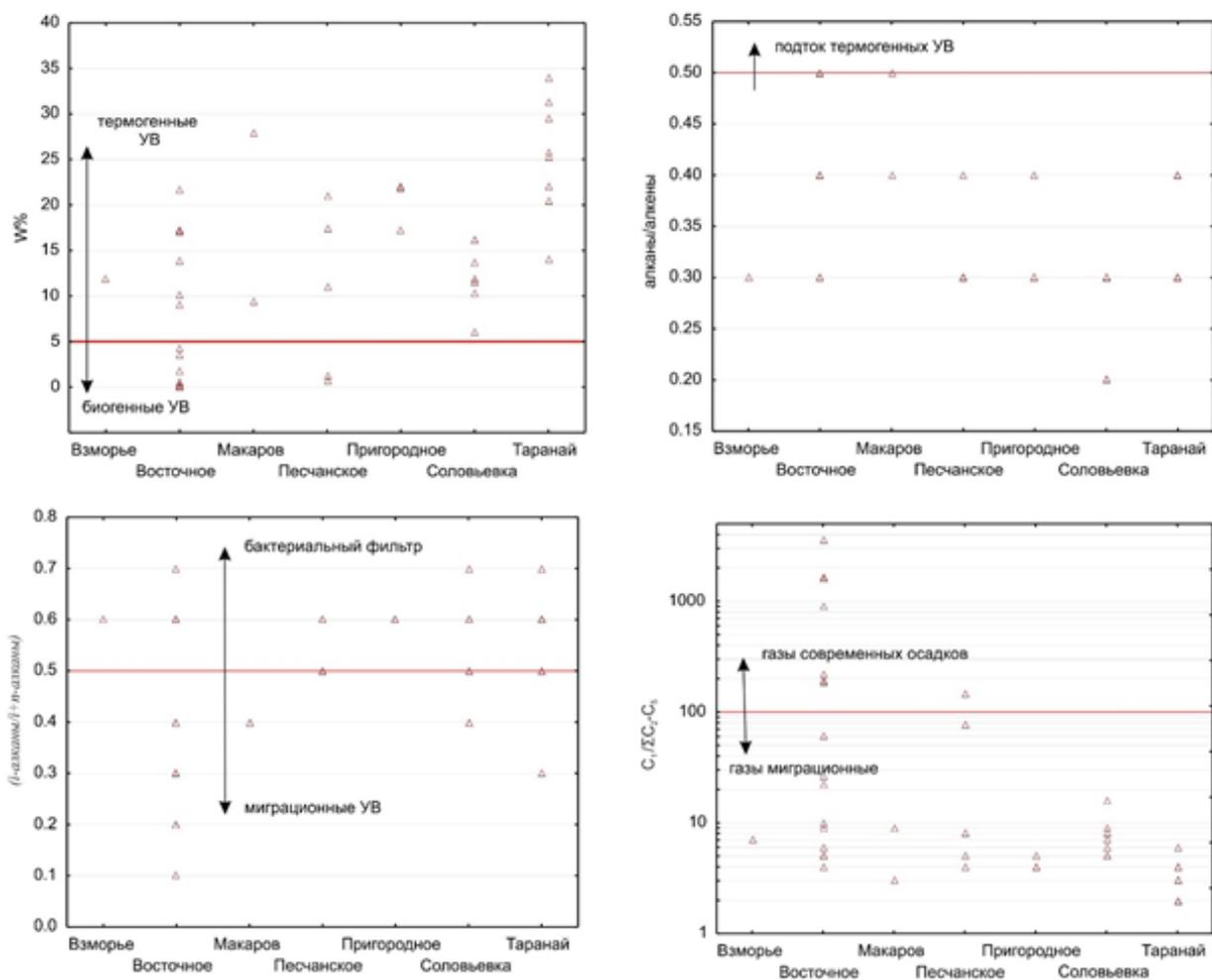


Рис. 3.27 Предполагаемый генезис углеводородов

В нашей выборке по соотношению изоалканов к нормальным алканам выделяется группа участков, на которых фиксируется влияние тектонической активности: Восточное, Соловьёвка, Таранай и Макаров (рис. 3.27).

Средние, максимальные и минимальные содержания метана, гелия и водорода в придонных средах ключевых участков в 2022—2023 годах показаны на Рис. 3.28—3.30.

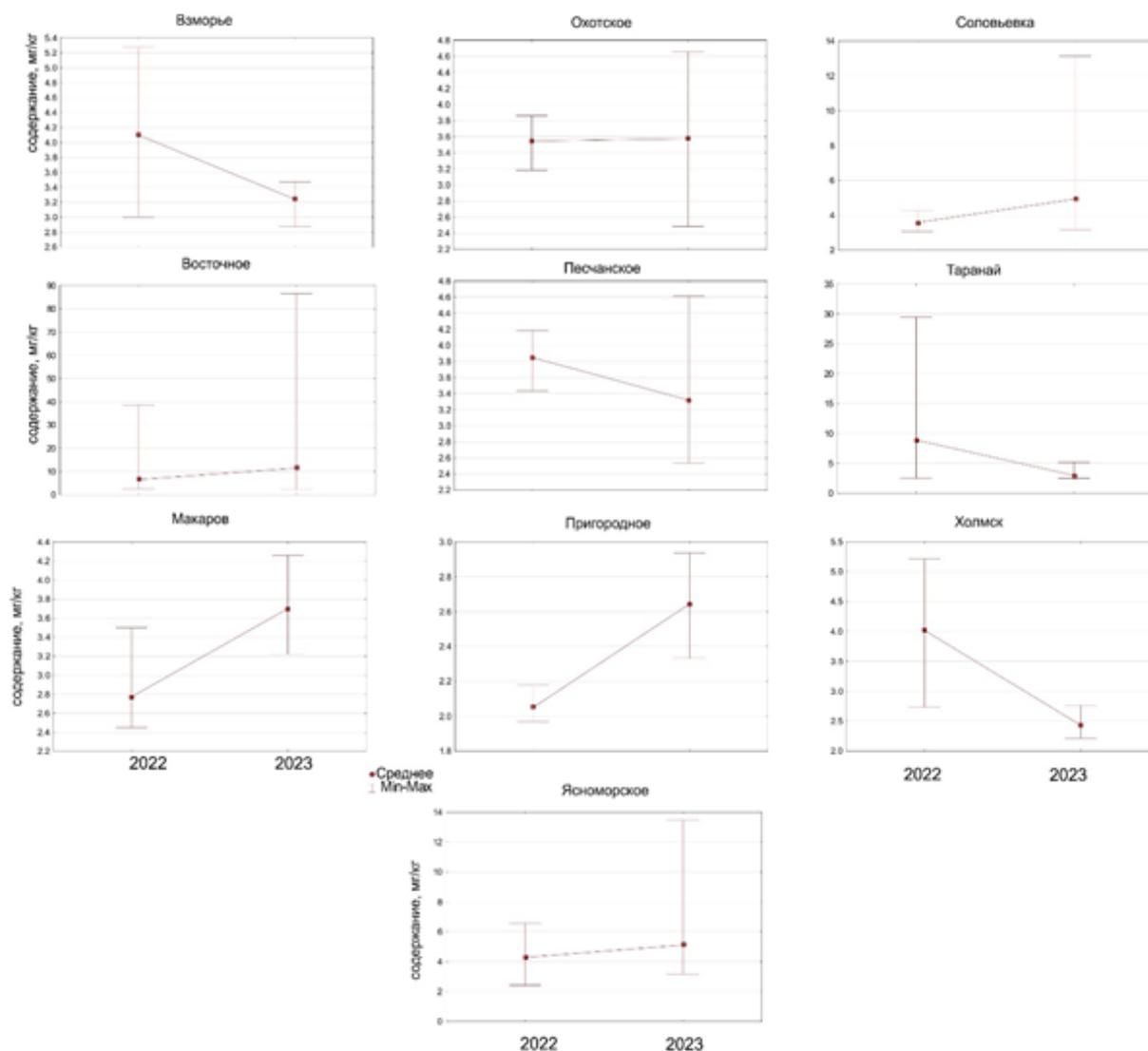


Рис.3.28 Сопоставление размаха выборок и средних содержаний метана в 2022–2023 гг. в донных отложениях.

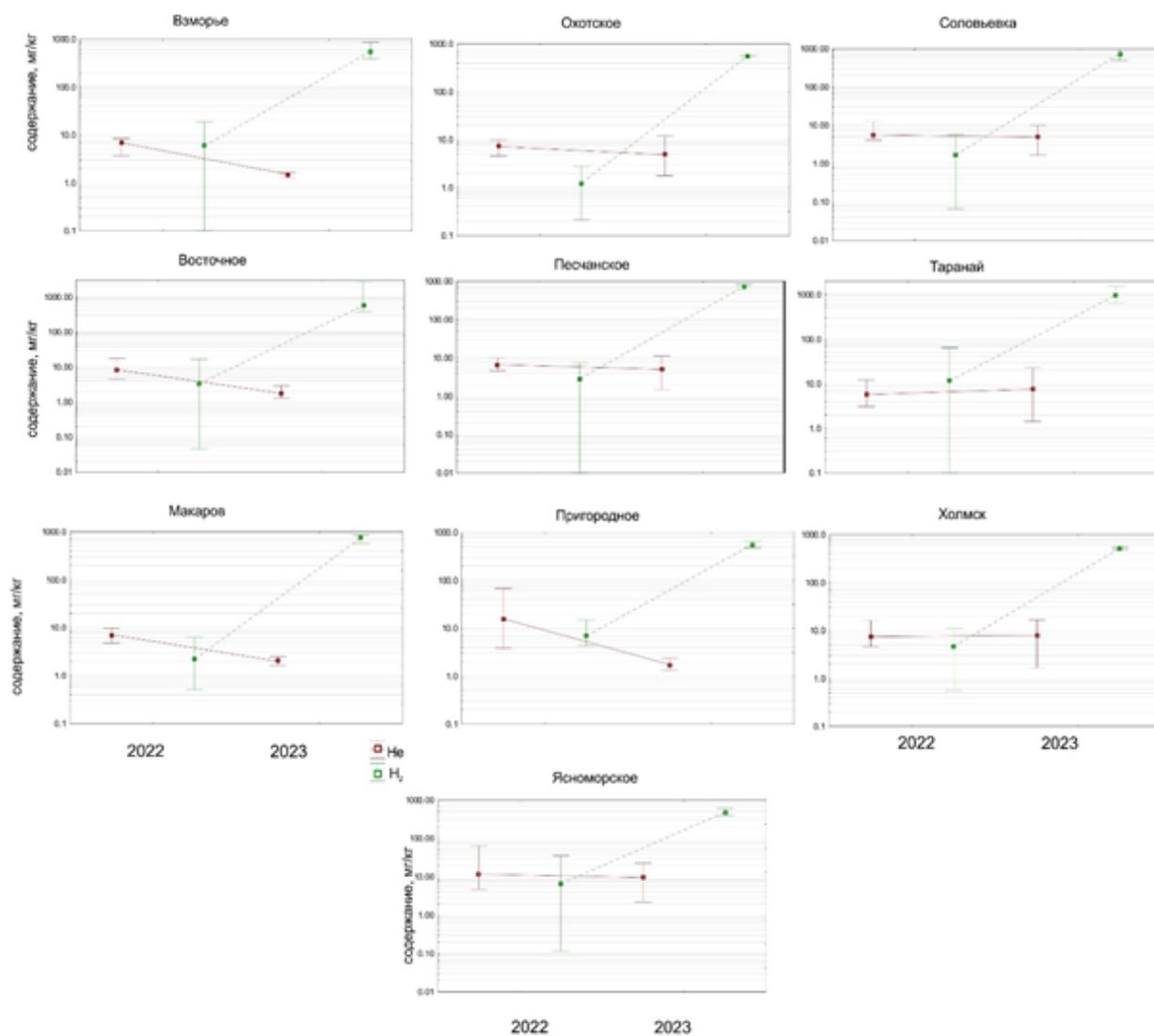


Рис.3.29 Сопоставление размаха выборок и средних содержаний гелия и водорода в 2022–2023 гг. в донных отложениях.

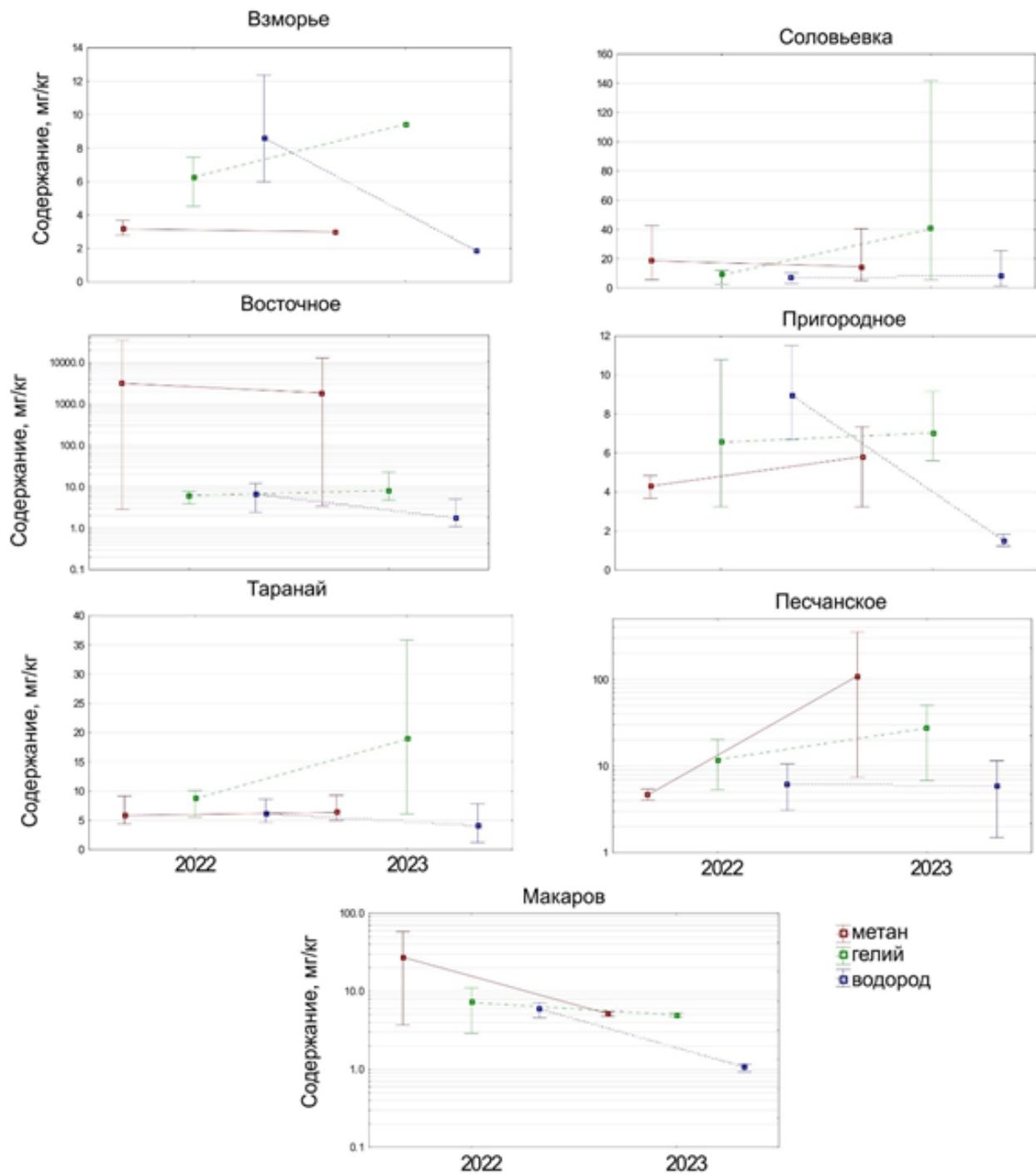


Рис.3.30. Сопоставление размаха выборок и средних содержаний метана, гелия и водорода в 2022–2023 гг. в придонной воде.

Анализ данных этих рисунков позволяет заключить, что тектоническая активность региона в 2023 году была выше (повышенные содержания гелия в придонных средах всех ключевых участков).

В 2023 году наблюдалась активизация геодинамических процессов, приводящих к появлению газовых аномалий миграционной природы. Это связано с более высокой, чем в 2022 году, сейсмической активностью региона (рис. 3.31).

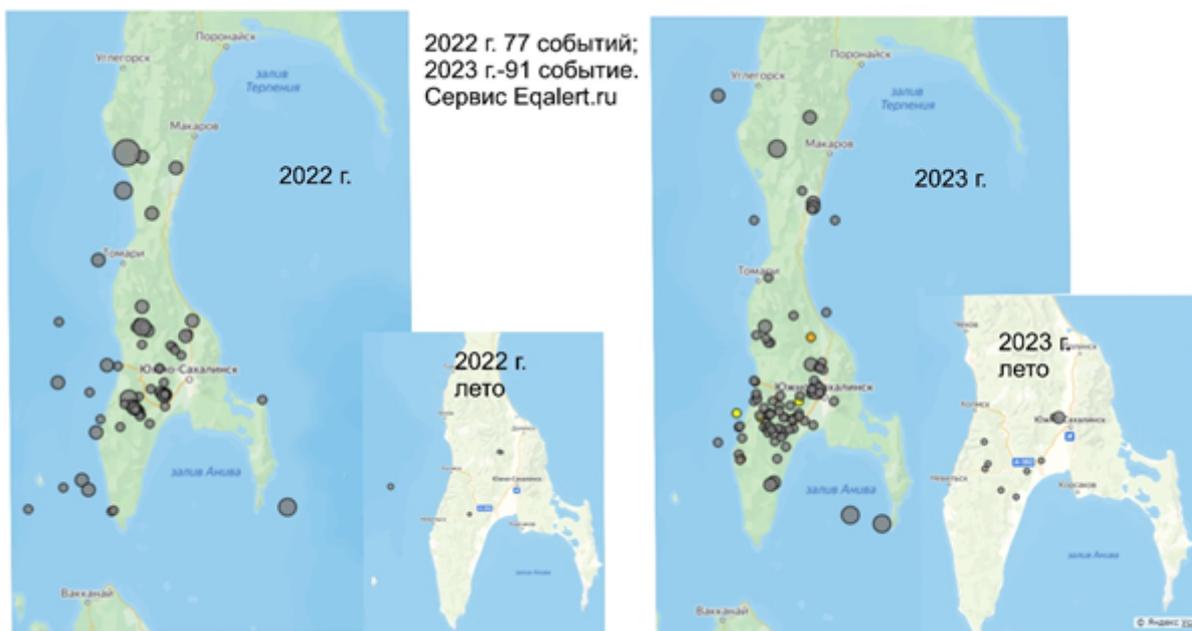


Рис.3.31 Количество сейсмических событий в 2022–2023 гг.

### **Распределение зон проявления гидроакустических аномалий на ключевых участках по результатам исследований 2022–2023 гг.**

Выделенные по геофизическим данным гидроакустические аномалии по своему пространственному положению носят как точечный, так и площадной характер, позволяя по плотности проявлений объединять их в аномальные зоны. Обращает внимание частые перекрытия аномальных зон, выделенных по данным, полученным в различные годы, что повышает вероятность именно газовых проявлений в этих районах, не связанных с другими факторами, схожими по акустическому отображению, например — локальными сосредоточениями в водной толще ихтиофауны или флоры. Определенный интерес представляют линейные их формы, выявленные непосредственно на поверхности коренных скальных пород и сопряженные с их гребнем и границами выхода. Возможно, эти аномалии связаны с поступлением на поверхность по тектоническим трещинам газов, имеющих глубинное происхождение.

На участке Восточное из всего количества аномальных проявлений, отмеченных за период 2022–2023 гг., особое место занимает вытянутая в меридиональном направлении, длиной около 800 м зона площадью 68198 кв. м, которая локализуется на северо-западе планшета в районе развития вулканокластических осадков (рис. 3.11). На сонограммах гидроакустические аномалии здесь отображаются в виде непрерывной полосы точечного крапа переменной плотности. На эту зону приходится наибольшая плотность гидроакустических аномалий (более 500 на км<sup>2</sup>) аномальных проявлений, а так же 15 точек пробоотбора с аномальными значениями содержания углеводородов, как в воде, так и в осадках. Значимы также области перекрытий аномальных зон, в особенности, подтвержденные пробоотбором.

На участке Пригородное за период 2022–2023 гг. отмечено 15 локальных гидроакустических аномалий, с учетом расположения, составляющих 7 зон их локаций, две из которых частично перекрываются. Одна из зон приходится на уступ в коренных породах и возможно связана с тектоническими процессами в их пределах. В северо-восточной части участка расположение точек пробоотбора с аномальными значениями измеряемых параметров находится в пределах зон распространения ГАА или в непосредственной к ним близости (рис. 3.32).



Рис. 3.32 Распределение зон проявления гидроакустических аномалий на участке Пригородное

На участке Песчанское выделенные зоны распространения ГАА приурочены к границе смены литологических типов осадков и в большей степени тяготеют к районам распространения мелкозернистых их разновидностей. Зоны распространения ГАА области их перекрытий в большинстве случаев включают станции пробобора с аномальными содержаниями измеряемых параметров (рис. 3.23).

В 2023 г. на участке Взморье отмечено более 100 ГАА, что более, чем в шесть раз превышает их количество, выделенное в 2023 году. Взаимное пересечение зон ГАА наблюдается в более мористой — западной - части участка, в которой половина станций пробобора с аномальными содержаниями газов органической и неорганической природы находятся в их пределах или в непосредственной близости к ним (рис. 3.12).

На участке Таранай акустические аномалии и выделенные зоны их распространения, локализируются в южной и более мористой его частях. Две станции пробобора находятся в пределах выделенных зон ГАА. Две гидроакустические аномалии, выделенные в разные годы, практически совпадают по местоположению, что может указывать на единый и постоянный источник их образования, а их отображение может иллюстрировать процесс флюидно-газовой разгрузки (рис. 3.21).

Значительную часть донной поверхности участка Ясноморское занимают коренные породы, рельеф которых осложнен серией уступов субмеридионального расположения (рис. 3.7). Обращает внимание наличие на участке пологой ложбины — подводного продолжения бухты Ясноморская - возможного палеорусл, впадающей в нее реки Ясноморки, которое, скорее всего, сформировано под влияние тектонических процессов. Часть ГАА приурочена к осадкам, формирующим борта этой ложбины. Примечательно, что пространственное положение прочих акустических аномалий и зон их распространения тяготеют к основаниям выходов коренных пород и подводным уступам. С учетом аномального содержания  $He$  и  $H_2$  в пробах воды выделенные аномалии и зоны их распространения могут быть связаны с поступлениями газа и вызваны тектоническими процессами. С тектонической активностью могут быть связаны и гравитационные процессы, наблюдаемые на участке.

Сопоставление данных 2022 и 2023 годов позволило уточнить контуры зон устойчивой флюидно-газовой разгрузки (повторяющиеся из года в год повышенные и аномальные значения содержаний  $УВ$ , гелия и водорода в донных отложениях и придонной воде) на участках Песчанское, Таранай, Восточное и Взморье. По данным геофизических и геохимических наблюдений 2023 года впервые были выделены обширные зоны флюидно-газовой разгрузки на участках Ясноморское и Холмск.

По данным геохимического анализа газового состава донных отложений в 2023 году преобладают углеводороды миграционной и смешанной природы. Участки повышенных содержаний приурочены к зонам влияния разрывных нарушений, причем это распределение коррелирует с распределением гелия и водорода. Лишь в некоторых станциях можно предположить наличие биогенной компоненты.

Комплексные аномалии  $УВ$  и неорганических газов отмечены в придонных средах участков Ясноморское, Холмск, Восточное, Таранай и Соловьевка. Аномальные и повышенные содержания гелия и водорода, свидетельствующие о современной тектонической активности региона, отмечены в донных осадках и придонной воде на участках Холмск, Ясноморское, Таранай и Соловьевка.

В таблице 13 приведены морфометрические параметры зон устойчивой флюидно-газовой разгрузки, выделенных по данным обследования ключевых участков в 2023 году.

**Таблица 13 . Каталог проявлений флюидно-газовой разгрузки в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей.**

Уникальный номер	ПШЗ	Географическая привязка	Координаты		Морфометрические параметры		
			ГСК-2011		Длина м	Ширина м	Площадь проявления кв.м
			широта	долгота			
100.37.135	Японское море	п.Ясноморское	141.88492	46.754338	141.8	35.5	4023
100.37.136	Японское море	п.Ясноморское	141.88455	46.749017	250.3	53.3	10175
100.37.137	Японское море	п.Ясноморское	141.88577	46.76385	140.5	41.0	4800
101.37.138	Японское море	п.Ясноморское	141.88577	46.757595	926.0	696.6	259427
101.37.139	Японское море	г. Холмск	142.0447	47.094203	1723.0	481.3	528668
101.37.140	Охотское море	п.Соловьевка	142.70802	46.711183	629.5	289.0	120384
101.37.141	Охотское море	п.Пригородное	142.87605	46.618855	311.4	71.3	9905
101.37.142	Охотское море	п.Пригородное	142.87203	46.619962	254.0	36.4	6257
101.37.143	Охотское море	п.Пригородное	142.87849	46.61137	98.2	24.5	1941
101.37.144	Охотское море	п.Песчанское	142.59984	46.71077	406.6	83.0	14079
101.37.145	Охотское море	п.Песчанское	142.59719	46.716133	364.2	144.2	16635
101.37.146	Охотское море	п.Песчанское	142.59492	46.712957	370.8	93.1	23196
101.37.147	Охотское море	п.Песчанское	142.58835	46.712841	188.6	56.6	8473
101.37.148	Охотское море	п.Таранай	142.44437	46.622604	478.6	161.9	39959
101.37.149	Охотское море	п.Взморье	142.52455	47.831634	456.1	265.7	41983
101.37.150	Охотское море	п.Взморье	142.53235	47.833155	556.0	303.8	90008
101.37.151	Охотское море	п.Взморье	142.53573	47.836577	1509.3	694.2	362702
101.37.152	Охотское море	п.Восточное	142.64151	48.27513	218.0	34.2	5952
101.37.153	Охотское море	п.Восточное	142.6358	48.267586	1249.0	275.6	68198
101.37.154	Охотское море	п.Восточное	142.63793	48.268815	217.0	35.0	5784
101.37.155	Охотское море	п.Восточное	142.63836	48.261655	606.7	473.9	120936
101.37.156	Охотское море	п.Восточное	142.63372	48.256673	411.3	132.8	31489
101.37.157	Охотское море	п.Восточное	142.63796	48.25582	298.3	43.3	10126
101.37.158	Охотское море	п.Восточное	142.63951	48.252007	161.4	35.7	4444
101.37.159	Охотское море	п.Восточное	142.64291	48.249918	281.8	124.6	19240
101.37.160	Охотское море	п.Восточное	142.63395	48.246223	293.6	54.7	12536

### 3.5. СТЕПЕНЬ РЕГИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ОПАСНЫХ ЭГП В ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВЫХ ЗОНАХ ЯПОНСКОГО И ОХОТСКОГО МОРЕЙ В 2023 г

В результате проведенных в 2023 году исследований были определены площади распространения опасных экзогенных геологических процессов (ОЭГП) по 10 ключевым участкам мониторинга, зафиксированные по данным полевых работ 2023 года (Табл. 14).

**Таблица 14. Установленные ОЭГП и площади ( кв.км) их проявлений по участкам**

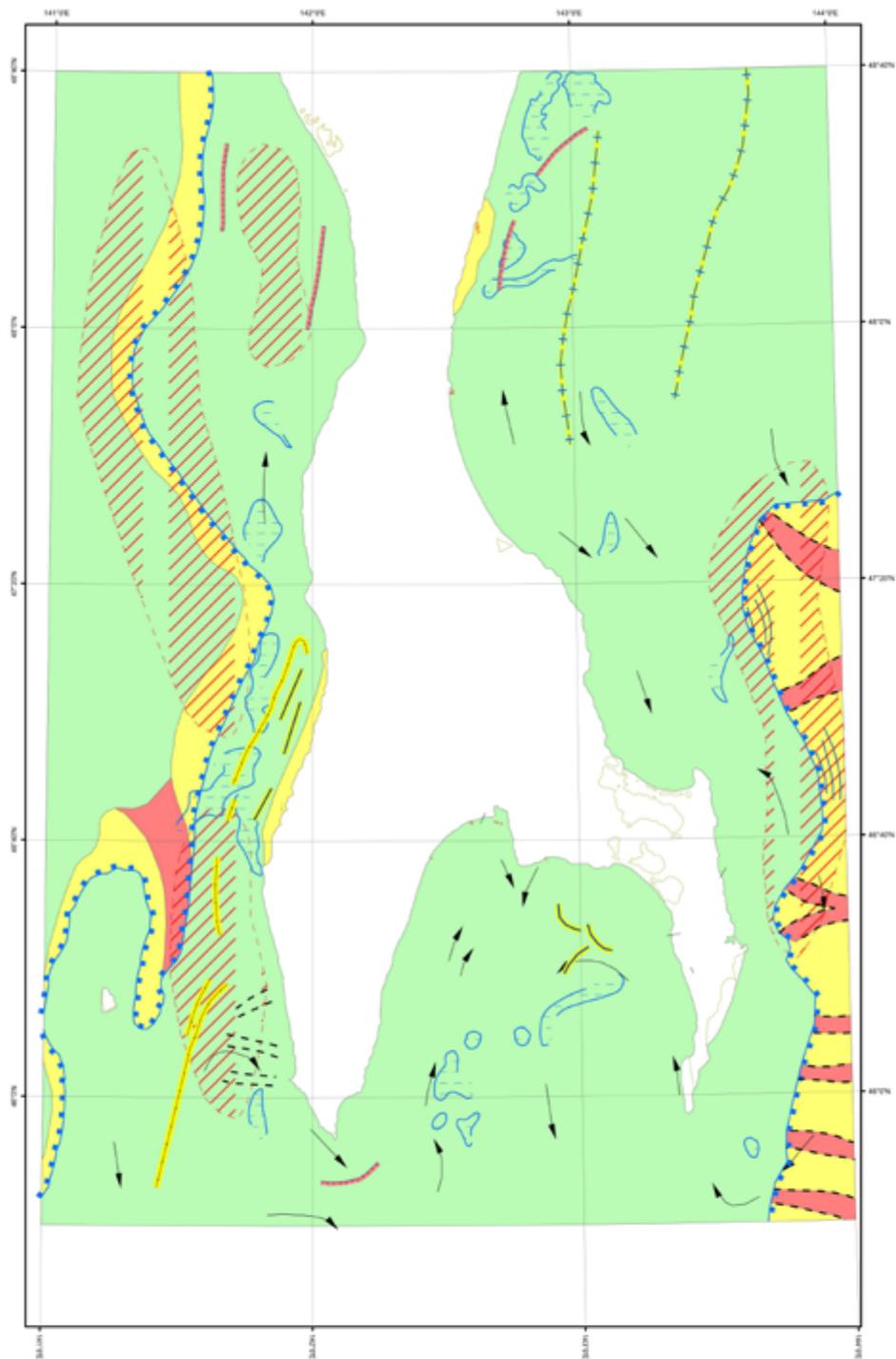
Участки	Флюидно-газовая разгрузка	Грядовый рельеф (h >4 м)	Гравитационные	Грязевой вулканизм
Взморье	0.49			
Восточное	0.28	0.11	0.09	0.28
Макаров				
Охотское			0.008	
Холмск	0.53		0.004	
Ясноморское	0.28	0.05	0.01	
Таранай	0.04			
Песчанское	0.06			
Соловьевка	0.12			
Пригородное	0.02	0.24	0.005	

По данным мониторинга оценена степень региональной активности опасных ЭГП (площадной и частотный коэффициенты активности, %) в 2023 г. (Табл. 15):

**Таблица 15. Степень региональной активности\* опасных ЭГП (площадной и частотный коэффициенты активности (Ап и Ач), %) по сравнению с 2022 г.**

Процессы	Таксон	2023		2022	
		Ап	Ач	Ап	Ач
Флюидно-газовая разгрузка	ПШЗ Охотского моря	27	37	21	29
	Восточно-Сахалинский шельф	35	35	13	27
	Залив Анива	16	43	37	33
	ПШЗ Японского моря	81	31	27	29
Гравитационные	ПШЗ Охотского моря	100*	100	0	0
	Восточно-Сахалинский шельф	100	100	0	0
	Залив Анива	100	100	0	0
	ПШЗ Японского моря	22	45	16	33

\* Показатель 100 — в 2023 г. площадные проявления выявлены впервые в 4хлетнем цикле наблюдения



Условные обозначения

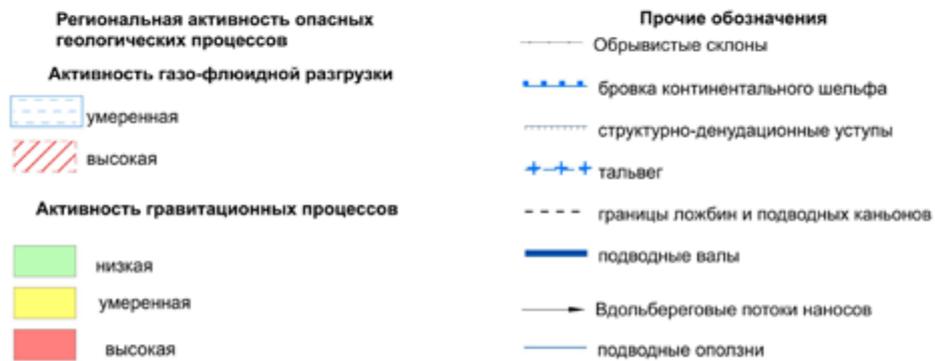


Рис.3.33 Карта активности опасных экзогенных геологических процессов

Степени региональной активности опасных ЭГП (отражающие относительную частоту активных проявлений опасных ЭГП) ранжируются следующим образом:

- очень высокая (более 50 %);
- высокая (25–50 %);
- средняя (10–25 %);
- низкая (менее 10 %).

Таким образом, в 2023 году степень активности гравитационных процессов и флюидно-газовой нагрузки в ПШЗ Охотского и Японского морей оказалась выше, чем в 2022 году, что может быть связано с более высокой сейсмической активностью региона в летний период 2023 года.

Результаты оценки региональной активности опасных экзогенных геологических процессов отображены на карте активности опасных ЭГП (рис.3.33), составленной как обобщение доступных литературных и фондовых данных и результатов оценки активности ОЭГП по 10 ключевым участкам мониторинга в 2023 году.

## 4. ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА 2024 ГОД И ОПРАВДЫВАЕМОСТЬ ПРОГНОЗА

Прогноз составлен с использованием метода экспертных оценок на основе сравнительно-геологического анализа данных об активности ЭГП и факторах их развития. При этом учитывались выявленные ранее пространственно-временные закономерности развития проявлений процессов: многолетняя унаследованность и тенденция их развития в течение 2020–2023 гг.

В составе работ проведено краткосрочное региональное прогнозирование следующих типов ЭГП и их комплексов: гравитационных процессов, газо-флюидной разгрузки и грязевого вулканизма. Оценка и прогноз гравитационных процессов основывается прежде всего на результатах сравнения данных ежегодного эхолотного промера и особенностей гранулометрического состава донных отложений. Газо-флюидная разгрузка и проявления грязевулканической активности оцениваются по динамике содержаний и состава газовой фазы в донных отложениях и придонной морской воды. Дополнительно, по данным локации бокового обзора, грязевулканическая активность оценивается по динамике площадей донной поверхности, характерной исключительно для грязевых вулканов.

### 4.1. ГОДОВОЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Составлен предварительный прогноз развития опасных экзогенных процессов на основе наблюдений на 10–ти пунктах сети и литературных данных.

Сведения о прогнозируемой активности экзогенных геологических процессов на 2024 г. сведены в таблицу 16.

**Таблица 16. Прогнозируемая активность экзогенных геологических процессов на 2024 г. в прибрежно шельфовых зонах Охотского и Японского морей**

Наименование пункта наблюдения	Прогнозируемая активность экзогенных геологических процессов на 2024 г			
	Очень высокая	Высокая	Средняя	Низкая
<b>Охотское море</b>				
Макаров			ГФ	
Восточное		ГФ	ГВ, Гр	
Взморье				ГФ
Охотское			Гр	ГФ
Пригородное			ГФ	Гр
Песчанское			ГФ	
Соловьевка		ГФ		
Таранай		ГФ		
<b>Японское море</b>				
Ясноморское			ГФ, Гр	
Холмск			ГФ, Гр	

ГФ—газо-флюидная разгрузка, ГВ- грязевой вулканизм, Гр — гравитационные процессы.

**Гравитационные процессы.** Под влиянием литодинамики и морфологических особенностей донного рельефа создаются предпосылки для развития гравитационных процессов, активизация которых зафиксирована на участке Ясноморское. Впервые выделены зоны развития гравитационных процессов на участках Восточное, Пригородное, Охотское и Холмск. Интенсивность их на участках проявляется в значительном изменении мощности осадков за период наблюдений 2022–2023 гг. Уступы высотой до 6 м с учетом интенсивного воздействия литодинамики создают благоприятную обстановку для развития в их пределах гравитационных процессов. Так на подводном береговом склоне на участке Охотское проявление последних в виде оползней высотой около 1–1.5 м и протяженностью в основании около 15 м фиксируется в северо-восточной части участка.

**Газо-флюидная разгрузка.** В 2023 г на всех 10-ти пунктах наблюдений в донных отложениях и придонной воде обнаружены аномальные концентрации метана и его гомологов а также гелия, водорода и углекислого газа. Комплексными аномалиями характеризуются участки Макаров, Восточное, Таранай и Соловьевка, Песчанское, аномалии в придонной воде отмечены на участках Холмск и Ясноморское.

В донных отложениях концентрация метана достигает 12729 ppm, этана -2.89 ppm, этилена-4.84 ppm, пропана-2 ppm, пропилена- 1.2 ppm, изобутана -0.3 ppm, н- бутана -0.75 ppm, углекислого газа- 70153 ppm, гелия- 141.6 ppm. В придонной воде концентрации углеводородных газов значительно ниже чем в донных отложениях и их максимальные содержания составляют: метан-87 ppm, этан-0.08 ppm, этилен- 0.18 ppm, пропан-0.16 ppm, пропилен-0.09 ppm,изобутан-0.3 ppm, н-бутан-0.64 ppm,.

Углекислый газ, гелий и водород часто образуют комплексные аномалии с углеводородами, но могут образовывать и самостоятельные проявления флюидно- газовой разгрузки. В областях газо-флюидной разгрузки в донных отложениях концентрации углекислого газа достигают 70153 ppm, а в воде- лишь 577 ppm. Концентрации гелия и водорода в осадках и придонной воде в зонах разгрузки встречаются в сопоставимых концентрациях . Гелий в осадке-до 141.6 ppm, в воде — до 113.6 ppm; водород в осадке-до 25 ppm, в воде-до- 23 ppm. Анализ данных мониторинга показывает, что по данным опробования 2022–2023 года преобладают углеводороды миграционной и смешанной природы. Участки повышенных содержаний приурочены к зонам влияния разрывных нарушений, причем это распределение коррелирует с распределением гелия и водорода. Лишь в некоторых станциях можно предположить наличие биогенной компоненты.

В 2023 году наблюдалась активизация геодинамических процессов, приводящих к появлению газовых аномалий миграционной природы. Это связано с более высокой, чем в 2022 году, сейсмической активностью региона

По интенсивности проявления газо-флюидной разгрузки 10 пунктов наблюдения можно расположить в ряд от большей к меньшей - Восточное, Таранай, Ясноморское, Холмск, Песчанское, Пригородное, Соловьевка, Взморье, Охотское, Макаров.

Наиболее активное поступление газов (гелий, водород, метан) и наличие индикаторов грязевого вулканизма (ртути) установлено в донных отложениях и придонной воде на ключевом участке Восточное, расположенных всего в 10 км от Пугачевских грязевых вулканов. Наличие широкого ореола повышенных концентраций метана от 6 до 39 мл/кг при фоновых значениях 3-4 мг/кг в придонном слое воды свидетельствует об эмиссии газов в настоящее время, что позволяет уверенно прогнозировать продолжение разгрузки и в 2024 году.

**Грязевой вулканизм.** Проявления грязевого вулканизма установлены на пункте наблюдения Восточное нами впервые в 2021 г. Здесь установлено наиболее активное поступление

газов (гелий, водород, метан) в придонную воду, а также, кроме газов, в донных отложениях обнаружены индикаторы грязевого вулканизма (ртуть). По всей видимости, в донных отложениях отражается геохимическое поле Пугачевской группы грязевых вулканов, эпицентр которых находится на суше в 10 км к юго-западу. Пугачевский вулкан просыпается с периодичностью в 30-40 лет, последняя активизация наблюдалась в 2005 г. Наиболее сильное извержение этого вулкана зарегистрировано в 1934 г. Потоки выбрасываемой грязи были настолько мощными, что валили и ломали деревья. Взрывы большой силы с подъемом грязевой струи на высоту до 50 м. происходили в 1929, 1961, 2005 гг. Очевидцы рассказывают, что подобные явления сопровождаются сильным гулом, напоминающим шум реактивного двигателя. Значительные по весу куски грязи отлетают от кратеров на 100 м. Подсчеты показали, что в 1961 г. объем выброшенной грязевой массы составлял 15 000 тонн. [Мельников, 2011 ].

Поскольку Пугачевский грязевой вулкан в той или иной степени активен со времени его первого описания еще японским геологом в начале 20-го века [Мельников, Ершов, 2010; Ершов и др., 2010], то и в следующем году подводное его проявление будет активно, вероятно, на уровне низкой - средней степени. Для прогноза активного извержения вулкана нужны многолетние ряды инструментальных наблюдений.

## **4.2. ОЦЕНКА ОПРАВДЫВАЕМОСТИ ПРОГНОЗА ОПАСНЫХ ЭЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Оценка оправдываемости прогнозов развития опасных ЭГП осуществляется на основе их проверки путем сопоставления прогнозирувавшейся в 2023 г. на 2024 г. и фактически наблюдавшейся степени активности ЭГП в 2023 г. Сводные данные об оправдываемости прогноза приведены в таблице 17.

**Прогноз активизации гравитационных процессов** оправдался в удовлетворительной степени для участка Ясноморское, отсутствие этих процессов, как и в 2022 году, отмечено на участках Взморье, Песчанское, Таранай, Соловьевка и Макаров. Впервые выделены зоны развития гравитационных процессов на участках Восточное, Пригородное, Охотское и Холмск.

Прогноз **газо-флюидной разгрузки** оправдался на семи участках. Удовлетворительно прогноз оправдался на участках Таранай, Соловьевка и Холмск, где где в 2023 г. активность газо-флюидной разгрузки возросла с низкой до средней. На участке Ясноморское прогноз газо-флюидной разгрузки оправдался плохо, активность ее возросла с низкой до высокой. Степень оправдываемости прогнозов газо-флюидной разгрузки невысока, так как интенсивность процесса обусловлена сейсмотектонической активностью, которая в свою очередь непредсказуема в годовом цикле наблюдений.

Проявление **грязевого вулканизма** на участке Восточное выявлено нами впервые в 2021 году. Прогноз активности грязевого вулканизма на 2023 г. оправдался на «хорошо». Активность данного процесса в 2023 году была оценена как средняя.

**Таблица 17. Оправдываемость прогнозов экзогенных геологических процессов по территории ПШЗ Охотского и Японского морей на 2023 год**

Прибрежно-шельфовая зона Пункты наблюдения	Гравитационные процессы			Газо-флюидная разгрузка			Грязевые вулканы			Примечание
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
1	2			3			4			5
ПШЗ Японского моря	1	2	У	2	2	Х	-	-	-	
Яноморское	1	2	У	1	3	Н	-	-	-	В 2023 году впервые выявлена площадная зона газо-флюидной разгрузки
Холмск	-	1	У	1	2	У	-	-	-	Гравитационные процессы выявлены впервые
ПШЗ Охотского моря	1	2	У	2	2	Х	2	2	Х	Грязевой вулканизм выявлен впервые в 2021 г
Макаров	-	-	Х	1	1	Х	-	-	-	
Восточное	-	3	Н	4	4	Х	2	2	Х	Гравитационные процессы выявлены впервые
Взморье	-	-	Х	1	1	Х	-	-	-	
Охотское	-	1	У	1	1	Х	-	-	-	Гравитационные процессы выявлены впервые
Пригородное	-	1	У	1	1	Х	-	-	-	Гравитационные процессы выявлены впервые
1	2			3			4			5
Песчанское	-	-	Х	2	2	Х	-	-	-	
Таранай	-	-	Х	1	2	У	-	-	-	
Соловьевка	-	-	Х	1	2	У	-	-	-	

**Графа 1.** Прибрежно-шельфовая зона моря и название пункта наблюдения . .

**Графы 2–4.** Информация об оправдываемости прогнозов для различных генетических типов опасных ЭГП:

I — прогнозирувавшаяся активность опасных ЭГП на 2023 г (4 — очень высокая, 3 — высокая, 2 — средняя, 1 — низкая)

II — наблюдавшаяся активность опасных ЭГП в 2023 г (4 — очень высокая, 3 — высокая, 2 — средняя, 1 — низкая);

III — оправдываемость прогноза (Н — прогноз не оправдался, У — прогноз оправдался удовлетворительно, Х — прогноз оправдался хорошо).

**Графа 10.** Примечание. Краткий анализ возможных причин, по которым прогноз не оправдался;

Примечания к таблице: "-" — процесс не развит.

---

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бюллетень о состоянии недр прибрежно-шельфовых зон Японского и Охотского морей в 2023 г. составлен по итогам выполненных исследований на пунктах наблюдательной сети, а также по результатам сбора, анализа и обобщения опубликованных и неопубликованных источников информации о состоянии недр прибрежно-шельфовых зон. Он несет новейшую геологическую информацию о состоянии недр и активности опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП) региона. Охарактеризованы наблюдательная сеть и применяемые методы, региональная активность ОЭГП, прогноз их развития.

Оценена региональная активность опасных ЭГП в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей за 2023 г.

Составлен прогноз развития опасных экзогенных процессов на основе наблюдений на 10 — ти пунктах наблюдательной сети и литературных данных. Исходя из анализа этого материала, можно прогнозировать высокую степень активности газо-флюидной разгрузки на Восточно-Сахалинском шельфе, умеренную — в заливе Анива и в ПШЗ Японского моря, умеренную степень активности гравитационных процессов в ПШЗ Охотского и Японского моря.

В 2023 году установлено активное состояние гравитационных процессов на участке Ясноморское, впервые выделены зоны развития гравитационных процессов на участках Восточное, Пригородное, Охотское и Холмск, впервые выявлена по геофизическим и геохимическим данным площадная зона газо-флюидной разгрузки на участке Ясноморское.

В 2023 году в исследуемом регионе наблюдалась активизация геодинамических процессов, приводящих к появлению газовых аномалий миграционной природы. По данным газогеохимических исследований оконтурены зоны устойчивой газо-флюидной разгрузки на участках Песчанское, Таранай, Восточное и Взморье, а также по данным мониторинга 2023 года были выделены зоны газо-флюидной разгрузки на участках Пригородное и Соловьевка. На участке Макаров активизация процессов газо-флюидной разгрузки не зафиксирована.

Комплексные аномалии УВ и неорганических газов отмечены в придонных средах участков Ясноморское, Холмск, Восточное, Таранай и Соловьевка. Аномальные и повышенные содержания гелия и водорода, свидетельствующие о современной тектонической активности региона, отмечены в донных осадках и придонной воде на участках Холмск, Ясноморское, Таранай и Соловьевка.

Негативных воздействий опасных ЭГП на хозяйственные объекты в прибрежно-шельфовых зонах Японского и Охотского морей в 2023 году не отмечалось.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аленичева А. А., Лызганов А. В., Иванова В. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Серия Дальневосточная. Лист L-(53), 54 — Южно-Сахалинск. Объяснительная записка / Минприроды России, Роснедра, ФГБУ «ВСЕГЕИ», АО «Росгеология», АО «Дальневосточное ПГО», АО «Сахалинская ГРЭ», ФГБУ «ВНИИОкеангеология». СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2021. 536 с.
2. Астахов А. С. Позднечетвертичное осадконакопление на шельфе Охотского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. 140 с.
3. Атлас. Геология и полезные ископаемые шельфов России. 2004 г. / гл. ред. М. Н. Алексеев; ГИН РАН, ВНИИОкеангеология, ТОИ ДВО РАН, ИГЕМ РАН и др. Рабочая группа «Шельф» геологической секции Научного совета РАН по проблемам Мирового океана.
4. Баранов Б. В., Дозорова К. А., Рукавишникова Д. Д. Опасные геологические процессы на восточном склоне острова Сахалин // Океанология. 2015. Т. 55, № 6. С. 1001.
5. Баранов Б. В., Лобковский Л. И., Куликов Е. А., Рабинович А. Б., Джин Я. К., Дозорова К. А. Оползни на восточном склоне о. Сахалин как источники возможных цунами // Доклады РАН. 2013. Т. 449, № 3. С. 1–4.
6. Бейзель С. А., Гусяков В. К., Рычков А. Д., Чубаров Л. Б. Вычислительные технологии определения заплесков волн цунами на отдельные участки дальневосточного побережья России. В сб.: Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России // Труды 4-й научно-технической конференции. Российская академия наук, Геофизическая служба, Камчатский филиал; отв. ред. В. Н. Чебров. 2013. С. 241–245.
7. Бровка П. Ф., Малюгин А. В., Микишин Ю. А. Техногенные берега острова Сахалин // Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ. Новосибирск, 2009. С. 196–200.
8. Геология и полезные ископаемые России: В 6 т. Т. 5. Арктические и Дальневосточные моря: Дальневосточные моря, их континентальное и островное обрамление / ред. В. К. Ротман. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2005. 303 с.
9. Ершов В. В., Шакиров Р. Б., Мельников О. А., Копанина А. В. Вариации параметров грязевулканической деятельности и их связь с сейсмичностью юга острова Сахалин // Региональная геология и металлогения. 2010. № 42. С. 49–57.
10. Жаров А. Э. Геология, геодинамика и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Татарского пролива / А. Э. Жаров, Г. Л. Кириллова, Л. С. Маргулис, Л. С. Чуйко, В. В. Куделькин, В. Г. Варнавский, В. Н. Гагаев. Владивосток: ДВО РАН, 2004. 220 с.
11. Землетрясения России в 2006 году / гл. ред. А. А. Маловичко. Обнинск: ГС РАН, 2007. 180 с.: ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
12. Круглякова Р. П. и др. Геохимические методы поисков нефти и газа на акваториях // Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений топливно-энергетического сырья: Обзор. ООО «Геоинформцентр». 2003. 46 с.
13. Лавренова Е. А. Новые данные геохимических исследований Туапсинского прогиба на нефть и газ // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. М.: ОАО «ВНИИО-ЭНГ», 2006. № 4. С. 20–29.
14. Мельников О. А. О динамике и природе пугачевской группы газоводолитокластитовых («грязевых») вулканов на Сахалине по данным визуальных наблюдений и орогидрографии // Вулканология и сейсмология. 2011. № 6. С. 47.
15. Мельников О. А., Ершов В. В. Грязевой (газоводолитокластитовый) вулканизм острова Сахалин: история, результаты и перспективы исследований // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2010. № 6 (154). С. 87–93.

16. *Николаева А. И.* Поиск донных газовых источников и газогидратов на западном склоне о-ва Сахалин (Татарский пролив, Японское море) и в заливе Терпения (Охотское море). Отчет по результатам экспедиционных исследований в 62-м рейсе НИС «Академик М. А. Лаврентьев» (19 июня — 5 июля 2013 г.). ТОИ ДВО РАН, 2013.
17. *Обжиров А. И.* Отчет по результатам экспедиционных исследований в 56-м рейсе НИС «Академик М. А. Лаврентьев» (9–28 августа 2011 г.). Поиск донных флюидных и газовых источников на новых участках северо-восточного склона о-ва Сахалин и в заливе Терпения. ТОИ ДВО РАН, 2011
18. *Обжиров А. И.* Поиск донных газовых источников и газогидратов на северо-западном склоне о-ва Сахалин (Татарский пролив, Японское море) и на западном склоне Курильского бассейна (Охотское море). Отчет по результатам экспедиционных исследований в 67-м рейсе НИС «Академик М. А. Лаврентьев» (17 июня — 3 июля 2014 г.). ТОИ ДВО РАН, 2014.
19. *Хант Дж.* Геохимия и геология нефти и газа. М.: Мир, 1982. 703 с.
20. *Шакиров Р. Б., Обжиров А. И.* Морфотектонический контроль потоков метана в Охотском море // Подводные исследования и робототехника. 2009. № 1 (7). С. 31–39.
21. *Щетников Н. А.* Цунами на побережье Сахалина и Курильских островов по мареографным данными 1952–1968 гг. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990.
22. *Abrams M. A.* Significance of hydrocarbon seepage relative to petroleum generation and entrapment // Marine and Petroleum Geology. 2005. N 22. P. 457–477.
23. Operation report of Sakhalin slope gas hydrate Project, 2014, R. V. Akad. M. A. Lavrentyev Cruise 67 / Y. K. Jin et al. (Eds) // Incheon: Korea Polar Res. Inst., 2015. 121 p.

