

Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации
Федеральное агентство по недропользованию
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидроспецгеология»
(ФГБУ «Гидроспецгеология»)
Филиал «Южный региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология»

АО «Росгеология»
Акционерное общество
Южное научно-производственное объединение
по морским геологоразведочным работам
(АО «ЮЖМОРГЕОЛОГИЯ»)

Отв. исполнитель:
ГЛАЗЫРИН Е.А.

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ
О СОСТОЯНИИ НЕДР ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВЫХ ЗОН
АЗОВСКОГО, ЧЁРНОГО И КАСПИЙСКОГО МОРЕЙ В 2024 Г.**

Главный геолог АО «ЮЖМОРГЕОЛОГИЯ»



Б.В. Сенин

Директор ЭКГР АО «ЮЖМОРГЕОЛОГИЯ»

Б.Н. Алешин

Главный геолог ЭКГР АО «ЮЖМОРГЕОЛОГИЯ»,
ответственный исполнитель

Е.А. Глазырин

Геленджик, 2024

Содержание

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	6
1.1. Краткий физико-географический очерк района работ.....	6
1.2. Основные геологические опасности, связанные с экзогенными геологическими процессами	11
1.2.1. Азовское море	11
1.2.2. Черное море	23
1.2.3. Каспийское море	40
2. СОСТАВ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СЕТИ.....	48
2.1. Общие сведения	48
2.2. Азовское море	50
2.3. Чёрное море	51
2.4. Каспийское море	53
3. РЕГИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	54
3.1. Азовское море	54
3.2. Черное море	64
3.3. Каспийское море	74
4. ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ЭГП НА 2025 ГОД И ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРОГНОЗА ОПАСНЫХ ЭГП ЗА 2024 ГОД.....	77
4.1. Прогноз развития опасных ЭГП на 2025 год	77
4.1.1. Азовское море	77
4.1.2. Черное море	79
4.1.3. Каспийское море	81
4.2. Достоверность прогноза опасных экзогенных геологических процессов	82
4.2.1. Азовское море	82
4.2.2. Черное море	83
4.2.3. Каспийское море	84
5. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ, ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ УЩЕРБА.....	86
5.1. Азовское море	86
5.2. Черное море	88
5.3. Каспийское море	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
ПРИЛОЖЕНИЕ А Актуализированный каталог проявлений опасных ЭГП в ПШЗ Азовского моря (по состоянию на 01.12.2024).....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Актуализированный каталог проявлений опасных ЭГП в ПШЗ Черного моря (по состоянию на 01.12.2024)	98
ПРИЛОЖЕНИЕ В Актуализированный каталог проявлений опасных ЭГП в ПШЗ Каспийского моря (по состоянию на 01.12.2024).....	114

Список сокращений

ВКМСК - Волго-Каспийский морской судоходный канал;
ГГГП - гидрогазгеохимическое профилирование;
ГЛБО - гидролокация бокового обзора;
НП - нефтепродукты;
НСАП - непрерывное сейсмоакустическое профилирование;
ОГП - опасные геологические процессы;
ПАУ - полиароматические углеводороды;
ПШЗ - прибрежно-шельфовая зона;
ЭГП - экзогенные геологические процессы.

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодный Информационный бюллетень о состоянии недр прибрежно-шельфовых зон Азовского, Черного и Каспийского морей составлен АО «ЮЖМОРГЕОЛОГИЯ» на основе результатов проведения наблюдений, сбора и обобщения качественных и количественных показателей состояния недр прибрежно-шельфовых зон (ПШЗ) Азовского, Чёрного и Каспийского морей в 2024 году. Работы выполнены в соответствии с техническим (геологическим) заданием по контракту от 23.05.2024 № 03731001358240000220001 «Ведение наблюдений, сбор и обобщение качественных и количественных показателей состояния недр прибрежно-шельфовых зон Азовского, Черного и Каспийского морей» в рамках Государственного задания № 049-00001-23-01 от 08.06.2023 на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов.

Пространственные границы проведения работ: прибрежно-шельфовые зоны Азовского, Черного и Каспийского морей в границах территории Российской Федерации (исключая прибрежно-шельфовую зону Черного моря, прилегающую к Республике Крым, г. Севастополь и Херсонской области); номенклатурные листы: К-37, 38, 39, L-37, 38, 39 (Рис. 1).

Целевое назначение работ - оценка состояния и прогноз развития опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП) в ПШЗ Азовского, Черного и Каспийского морей.

В соответствии с целевым назначением работ материалы бюллетеня основаны на выполнении следующих видов работ:

а) проведение наблюдений за показателями состояния недр по семи пунктам наблюдений в ПШЗ Азовского, Черного и Каспийского морей, в том числе:

- гидролокация бокового обзора (ГЛБО) с одновременным промером глубин;
- непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСАП);
- гидрогазогеохимическое профилирование (ГГГП);
- отбор проб грунтов для определения геохимических индикаторов грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки;
- отбор проб грунтов для определения физических свойств (гранулометрический состав, содержание органических веществ, углерода карбонатного);
- получение первичной геологической информации о состоянии недр по семи пунктам наблюдений;
- проведение лабораторных исследований проб грунтов с определением геохимических индикаторов грязевого вулканизма (Fe, Mn, Cu, Ni, Co, Zn, Pb, As, Cd, Hg, нефтепродукты, фенолы, полиароматические углеводороды) и физических свойств (гранулометрический состав, содержание органических веществ, углерода карбонатного);

б) оценка региональной активности опасных ЭГП за 2024 г.;

в) составление прогноза развития опасных ЭГП на 2025 г.;

г) установление основных геологических опасностей, связанных с ЭГП;

д) подготовка и актуализация (по состоянию на 01.12.2024) комплекта цифровых карт, отражающих состояние недр масштаба 1:1 000 000 с врезками масштаба 1:200 000 и крупнее (для участков размещения пунктов наблюдений);

Морские работы выполнены на семи пунктах наблюдений:

- Азовском, Темрюкском и Голубицком в Азовском море;
- Железнодорожном, Головинском и Адлерском в Чёрном море;
- Каспийском в Каспийском море.

Пункты наблюдений сгруппированы в Керченско-Таманский, Сочинский и Каспийский участки детализации (Рис. 1).

Проведенные работы позволили охарактеризовать состояние недр ПШЗ Азовского, Чёрного и Каспийского морей, оценить региональную активность проявлений опасных ЭГП в 2024 году и выполнить прогноз их активности на 2025 год.

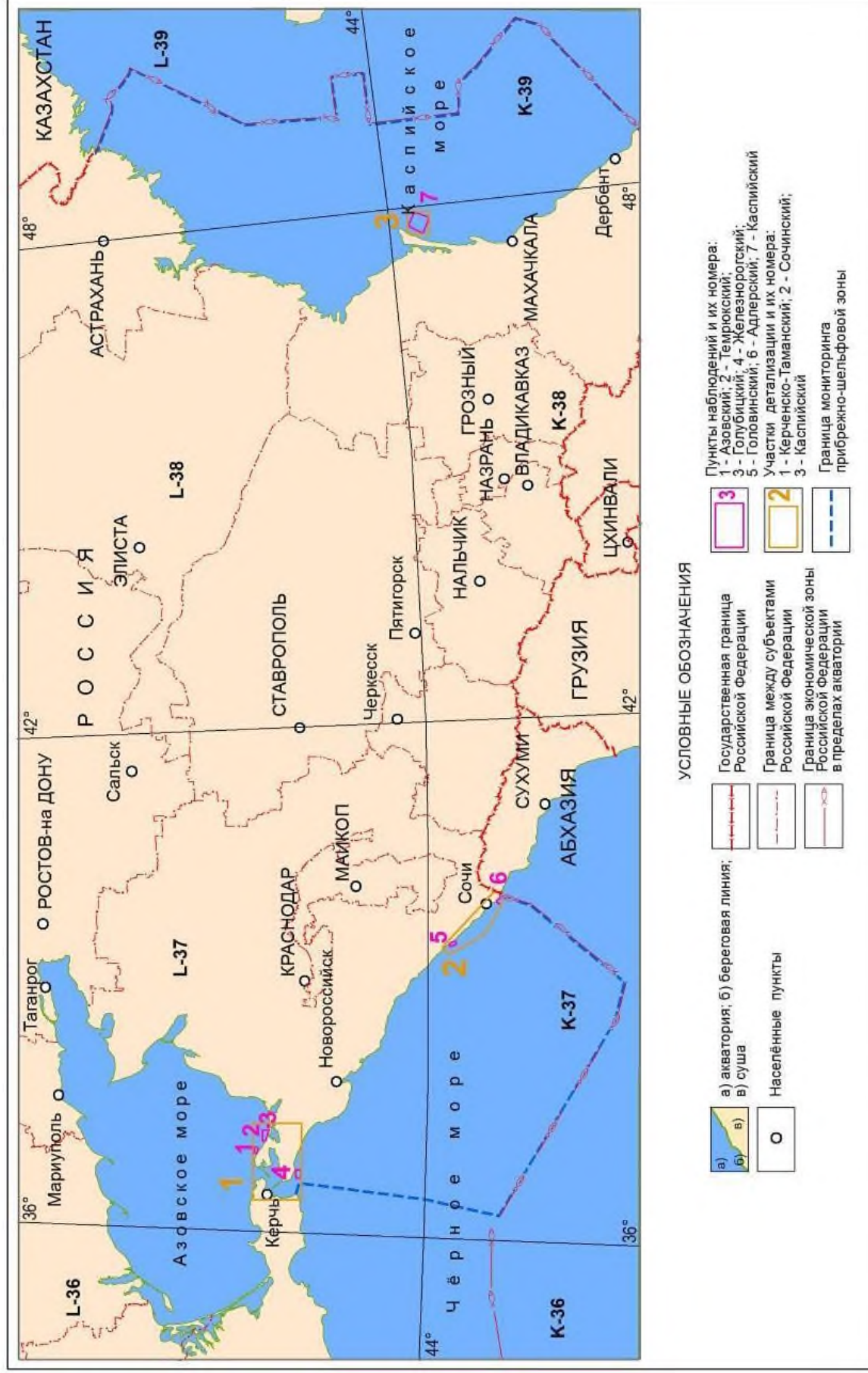


Рис. 1. Схема размещения пунктов наблюдений в прибрежно-шельфовых зонах Азовского, Черного и Каспийского морей

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Краткий физико-географический очерк района работ

Бассейны Азовского, Чёрного, Каспийского морей находятся в средних широтах в континентальном, умеренно-континентальном и субтропическом климате.

Азовское море. Площадь моря составляет 39 тыс. км². Наибольшая длина от косы Арабатская стрелка до устья реки Дон 360 км, а максимальная ширина между вершинами Белосарайского и Темрюкского заливов 180 км. Средняя глубина этого мелководного моря 8,5 м, максимальная – 13 м. При средней глубине общий объем воды 290 км³. Береговая линия составляет 2686 км.

Рельеф дна ровный. Выравненность рельефа достигнута в результате погребения неровностей кровли континентальных верхнеплейстоценовых суглинков под толщей морских осадков (мощность 30-40 м). Только в западной части моря, в районе морских банок, и на востоке между косой Железинской банкой равнинная нарушается небольшими локальными поднятиями, которые возвышаются относительно окружающих участков на 3-4 м. В центральной части более половины площади занимают глубины 10-13 м. Около 43% площади моря охватывает зона глубин 5-10 м. Изобата с глубиной 10 м проходит довольно близко к Керченскому полуострову, а у северного и западного побережья удалена от берега на 30-40 км.

Большая часть берегов моря плоская и однообразная. На севере и востоке они сложены из глинистых и песчаных отложений, поэтому интенсивно разрушаются. В результате активного размыва берегов в море ежегодно поступает около 17 млн. тонн материала. На северном побережье море наступает на сушу со средней скоростью 0,5-1,0 м в год, максимально - до 3,2 м/год. Берега Керченского и Таманского полуостровов более устойчивы, так как там имеются выходы прочных известняков. Прибойная полоса в большей части представляет песчано-ракушечные пляжи. Лесов на берегах нет и только встречаются заросли кустарников и небольшие группы деревьев. Во многих местах, особенно в устьях рек, имеются многочисленные лиманы, большинство из которых содержит лечебные грязи.

Особенностью Азовского моря является продолжающаяся *вулканическая деятельность* в Темрюкском заливе. Она сопровождается периодическим образованием грязевых островов, постепенно размываемых морем.

Грунты в море в основном мягкие. У берегов, до глубины 2-3 м, располагаются песчаные грунты с примесью ракушки, а с глубиной от 4 до 8-9 м залегает илистый ракушечник. В восточной части моря он далеко простирается вглубь, образуя обширные банки - Еленинскую и Железинскую. Дно центральных районов моря (глубины более 10 м) покрыты мягкими глинистыми илами. Скалистые грунты встречаются лишь у южного берега моря. В отдельных прибрежных районах, особенно в северных заливах, встречаются россыпи мелких камней и гальки. Специфической особенностью грунтов Азовского моря является обилие ракушечника и раковин двухстворчатых моллюсков.

Климат Азовского моря имеет континентальные черты, для которых характерна большая разница температуры зимой и летом. Погода зимой умеренно холодная, но неустойчивая, ветреная и пасмурная, летом – тёплая и ясная. Зимой часты туманы, особенно в Таганрогском заливе и Керченском проливе, которые порой удерживаются по несколько суток подряд.

Над морем преобладают слабые и умеренные *ветры*. Повторяемость ветров менее 6 м/с равна 70 %. Зимой в центральной части моря ветер со скоростью более 30 м/с отмечается раз в 15 лет, а со скоростью более 40 м/с – один раз в 50 лет. Около 70 % штормов длятся более шести часов. Наибольшая продолжительность шторма в тёплое время года – двое суток, в холодное – девять суток. В осенне-зимний период над морем господствуют ветры с востока со скоростью часто более 16 м/с. Летом преобладают западные ветры, а на

юге моря и в Керченском проливе бывают сильные ветры южных направлений. В тёплое время года почти на всём побережье наблюдаются бризы.

Основную роль в формировании *гидрологического режима* играют климатические факторы (в основном – ветровой режим), водообмен с Чёрным морем и материковый сток. Существенное влияние имеет мелководность моря и его небольшие размеры.

Режим волнения определяется режимом ветров. Мелководность и малые размеры водоёма существенно ограничивают развитие волн: даже при сильных штормах предельно возможные высоты волн составляют около 4 м. Волнение развивается быстро и столь же быстро затухает с прекращением ветра.

Среднегодовая температура воды Азовского моря равна 11,5°C. Вследствие мелководности вода сильно выхолаживается зимой и значительно прогревается летом. Зимой температура на поверхности воды понижается до температуры замерзания и в районах с наиболее высокой соленостью снижается до минус 1°C, а в распреснённых районах, находится в пределах от 0 до минус 0,1°C. Прибрежная полоса покрывается неподвижным льдом, в открытом море преобладают плавучие льды. В начале лета температуры воды повышается, затем она стабилизируется, и в июле и августе на большей части моря составляет от 24°C до 25°C. У берегов она может повышаться до 32°C.

Пониженная солёность вод обусловлена мощным по объёму материковым стоком и поддерживается на уровне 10-12‰. Распределение солёности в центральной части моря сравнительно однородно. Наибольшие значения отмечаются в районах, примыкающих к Керченскому проливу. Сезонные колебания солёности, связанные с колебаниями речного стока, а также со льдообразованием и таянием льда, для моря редко достигают 1‰.

Лёд на Азовском море образуются ежегодно. В суровые зимы он покрывает значительную, а иногда и всю площадь водоёма; в мягкие зимы наблюдаются в лиманах, защищённых от волнения заливах и бухтах, а также вдоль берегов. Как и погода, ледовые условия моря неустойчивы.

Сейсмичность. Эпицентры исторических относительно слабых подводных землетрясений сосредоточены в его южной и юго-западной частях.

Наиболее сильные землетрясения зафиксированы в северной и южной частях моря. Глубины очагов составили около 33 км, а магнитуды не превысили 4,5.

В тектоническом плане акватория Азовского моря в основном относится к Скифской плите и разделяет ее крымскую и предкавказскую части, являясь в то же время связующим звеном между этими сейсмически активными районами. Северные районы Приазовья относятся к южной части Восточно-Европейской платформы. Сейсмическая активность здесь довольно низкая, но каждое новое ощутимое землетрясение вызывает большой интерес у исследователей.

Хозяйственная направленность сочетает промышленный и сельскохозяйственный сектор. Пахотные земли составляют около 70 % территории Азовского бассейна, принадлежащего водосбору Дона. В низовьях Дона, в среднем и нижнем течении Кубани и Доно-Кубанском междуречье интенсивное развитие получило орошаемое земледелие, освоение плавней и речных пойм. Водохозяйственное строительство на Кубани и Дону осуществлялось исключительно в целях развития орошения и обводнения земель и используется для ирригации, энергетики, водного транспорта и рыбного хозяйства.

Приазовье – важный центр металлургической, машиностроительной промышленности. Самые крупные металлургические предприятия Приазовья: «Мариупольский металлургический комбинат имени Ильича», «Азовсталь», «Азовмаш» и «Керченский металлургический комбинат». В качестве традиционной отрасли хозяйства должен быть назван рыбохозяйственный комплекс.

Через Азовское море проходят морские пути из средиземноморья в Каспийский бассейн. Навигация в зимнее время затруднена, поэтому в это время здесь для проводки судов используют ледоколы. В пределах побережья Российской Федерации находятся порты: Таганрог, Ейск, Приморско-Ахтарск, Темрюк, Керчь, Мариуполь и Порт-Кавказ. Береговая зона и акватория имеют важное рекреационное значение.

Поток загрязнений. Основными источниками поступления ЗВ в Азовское море являются: речной твердый и жидкий сток, рассредоточенный поверхностный сток, включая ливневой сток с территорий, населенных пунктов, сточные воды предприятий (в том числе сельскохозяйственных), загрязненные атмосферные осадки и эоловые выпадения, черноморские воды, судоходство, вторичное загрязнение при дампинге загрязненных донных отложений портовых, акваторий и подходных каналов, сбросы буровых растворов и шламов при бурении нефтегазовых скважин.

Чёрное море. Район Черноморского побережья РФ включает в себя прибрежную полосу в Краснодарском крае от Адлера до Таманского полуострова, южное и западное побережья Крымского полуострова от мыса Такиль до Перекопского перешейка общей длиной свыше 1171 км. Значительная часть черноморского побережья России расположена в субтропической зоне разной степени увлажнения и на большей части своей протяжённости является курортной зоной. В южной части берега гористые.

Рельеф дна Кавказского побережья характеризуется узким шельфом и сильно расчлененным материковым склоном. Ширина шельфа здесь составляет в среднем 8 км. Граница шельфа редко превышает глубину 110 м. Переход к материковому склону резкий, уклон составляет 15–20°. Склон сильно расчленен каньонами, часть которых приурочена к устьям рек, и осложнен грядами и возвышенностями, основания которых распространяются до глубин 1400–1800 м.

Динамика вод в прибрежной зоне, ограниченной кромкой шельфа, обуславливается взаимодействием центрального циклонического общечерноморского течения (ОЧТ) и локальными потоками, которые весьма изменчивы, часто носят вихревой характер и во многом зависят от орографии дна и других местных условий; ОЧТ приурочено к материковому склону шириной 40–80 км и имеет струйный характер со скоростью на поверхности 0,4–0,5 м/с. Границы между зонами течений условны, особенно при развитой синоптической изменчивости ОЧТ. Повторяемость таких ситуаций велика весной и осенью при общем ослаблении циркуляции вод. Нисходящие движения преобладают в прибрежной зоне и в течениях с северной составляющей скорости.

Сезонные колебания *температуры воды* определяется гелиофизическими факторами и локальными характеристиками акватории (морфология дна и берегов, объем, циркуляция вод и структура гидрологических полей). Минимальная среднемесячная температура поверхностного слоя воды в прибрежной зоне на всех станциях наблюдается в феврале и составляет 6,2–8,6°C. В марте начинается прогрев прибрежной акватории, особенно на мелководных участках. К апрелю поверхностная температура выравнивается и становится близка к 10–11°C. В мае–июне продолжается быстрый прогрев вод. Максимум температуры наблюдается в августе и составляет 23,5–24,9°C. В сентябре начинается повсеместное выхолаживание вод с опережением в мелководных районах, вследствие чего уже в октябре–ноябре наблюдается зимний тип распределения температуры поверхностного слоя прибрежных вод с минимумами в мелководных и максимумами в относительно приглубых областях.

Средняя соленость составляет около 18‰, близ устьев рек – менее 9‰. В открытой части моря соленость увеличивается с глубиной от 17–18‰ на поверхности до 22,3‰ у дна. Особенностью гидрологической структуры вод моря является существование постоянного галоклина между горизонтами 90–120 м. Соленость здесь увеличивается с 18,5 до 21,5‰.

Ледообразование в районе обычно не происходит.

Ветровые направления определяются распределением атмосферного давления в различное время года. Над северо-восточным побережьем наибольшую повторяемость имеют ветры северо-восточных направлений. Для Чёрного моря характерна высокая повторяемость слабых ветров со скоростями менее 5 м/с. В зимние месяцы она составляет от 37% на северо-востоке до 68% на юго-востоке. В летние месяцы повторяемость слабых скоростей ветра ещё выше – от 58 до 90%, соответственно.

Сильные прибрежные ветры местной циркуляции – бора – преобладают в северо-

западной части района работ. Южнее Туапсе они практически не проявляются.

При наибольшем волнении при скорости ветра более 30 м/с, волны могут иметь высоту от 11 до 12 м с обеспеченностью 5 %. Штормовая погода бывает от 30 до 40 дней в году, чаще – зимой. Наиболее спокойным является весенне-летний период, наиболее штормовым – осенне-зимний.

Черноморское побережье относится к наиболее *сейсмически опасным регионам* России. Здесь возможны 8–9-балльные землетрясения по шкале MSK-64. Существуют две наиболее сейсмоактивные зоны — Анапская и Сочинская. В Анапе землетрясения случаются чаще, порядка 100–130 раз в год, в Сочи — 25–30. И в той, и в другой зонах преобладают эпицентры, расположенные в акватории моря. За истекшие 200 лет было зафиксировано порядка 10 землетрясений силой в 7 баллов.

Побережье характеризуется высокой степенью *техногенной нагрузки*. Наиболее крупными промышленными центрами являются Новороссийск и Туапсе, расположенные на пересечении крупных транспортных артерий. Всё ещё строится, но уже открыт для международного сообщения, морской порт Тамань, расположенный на Таманском полуострове в районе мыса Железный Рог. Морпорт «Тамань» ведёт деятельность по перевалке различных грузов на экспорт. Порт имеет терминалы для перевалки следующих грузов: нефть и нефтепродукты, сжиженные углеводородные газы, аммиак, зерно, уголь, удобрения, железная руда, сера, изделия из стали, контейнерные грузы.

На побережье развито виноградарство, садоводство, возделывается ряд других сельскохозяйственных культур с применением различных ядохимикатов в качестве гербицидов. Слабое распространение безотходного производства на всей площади водосбора, явно недостаточная очистка промышленных и хозяйственных стоков приводят к поступлению в море значительных количеств загрязняющих веществ (ЗВ).

Каспийское море является уникальным природным водоемом нашей планеты. Каспий не имеет связи с Мировым океаном. *Уровень моря* подвержен резким колебаниям и в настоящее время находится примерно на 27–28 м ниже балтийского стандарта (уровня океана). Изменения уровня моря обусловлены определяемой климатом степенью увлажненности водосборного бассейна, площадь которого составляет 3,5 млн. км². По размерам своей котловины Каспийское море является крупнейшим замкнутым водоемом. Его общая площадь равна 378,4 тыс. км², что составляет 18% общей площади всех озер земного шара и в 4,5 раза превышает площадь озера Верхнего в Северной Америке (84,1 тыс. км²). Акватория Каспийского моря соизмерима или превосходит площадь Балтийского (387,0 тыс. км²), Адриатического (139,0 тыс. км²) и Белого морей (87,0 тыс. км²). По морфометрическим характеристикам Каспийское море является глубоководным водоемом с сильно развитой шельфовой зоной на севере. Максимальная глубина южной впадины моря 1025 м, а рассчитанная по батиметрической кривой средняя равна 208 м. Исходя из особенностей морфологического строения и физико-географических условий, Каспийское море условно делится на три части: Северный (25% площади), Средний (36%) и Южный Каспий (39%). Условная граница между первыми проходит по линии о. Чечень - мыс Тюб-Караганский, между Средним и Южным Каспием - по линии о. Жилой - мыс Ган-Гулу.

К российскому сектору Каспийского моря относятся Северный и Средний Каспий.

С территории России в Каспий впадают реки Волга, Терек, Сулак и Самур; последняя является пограничной рекой с Азербайджаном. Сток р. Волги, в среднем равный 255 км³ в год, составляет примерно 80% поверхностного стока в море. Каспий является солоноватоводным водоемом. *Соленость* на большей части акватории составляет 12,6–13,2‰; средняя равна 12,66‰. На севере диапазон значительно шире и укладывается в границы 1–8‰. Прилегающая к территории России мелководная акватория значительно опреснена речным стоком. Даже на удалении от устья Волги у побережья Среднего Каспия в районе г. Махачкала средняя соленость равна 10,44‰. Распределение солености по вертикали относительно равномерное. Конвективное перемешивание хорошо развито осенью и зимой вследствие охлаждения поверхностных вод и их осолонения при ледообразо-

вании. В Среднем Каспии глубина конвекции достигает 200 м, в южном Каспии - 80-100 м.

Самая крупная река в районе работ – Терек, расход воды в среднем 305 м³/с. Около 70% объёма стока приходится на весенне-летний период таяния снегов в горах Кавказа; гидрологический режим соответствует режиму рек Черноморского побережья.

Берега Северного Каспия окаймлены осыхающей отмелью, область глубин менее 2-3 м простирается от уреза воды на расстояние от 10 м до 70 км. На границе со Средним Каспием глубины не превышают 23-25 м. Дно северной части моря слабо наклонено к югу, покрыто песком и ракушечником. Устьевые участки заполнены выносами рек, которые образуют множество отмелей, поэтому рельеф дна Северного Каспия сложный. Отличительной чертой морфологического строения береговой зоны Каспия при наличии большой амплитуды колебания уровня моря является наличие реликтовых форм берегов, русел и дельт рек, привязанных к уровням воды в период регрессий. Особенно ярко это проявляется в рельефе Северного Каспия с многочисленными реликтовыми руслами.

Большая часть островов расположена на Северном Каспии (более 1800 км²). Из них самый крупный – о. Чечень (122 км²), образовался, как и о. Тюлений (68 км²), за счет выхода мелководий при понижении уровня моря в западной части Северного Каспия. В противоположной восточной части Северного Каспия расположен архипелаг Тюленьих островов, среди которых выделяются о. Кулалы (73 км²), о. Морской (65 км²) и много мелких островов. Множество островов, находящихся в пределах мелководного устьевого взморья Волги, со временем сольются с растущей за счет выноса речных наносов дельтой р. Волги. Большинство морских островов Северного Каспия являются аккумулятивными образованиями типа баров, образованных волнами на периферийных участках поднятий или структур морского дна.

Западные берега Среднего Каспия до г. Махачкала низменные. Далее к югу до г. Баку вдоль береговой черты тянутся отроги Кавказских гор, в ряде мест подступающие близко к морю. Между склонами гор и берегом тянется узкая равнинная полоса. Берега моря большей частью аккумулятивные, лишь на отдельных участках побережья Дагестана и Апшерона - абразионные. С окружающих гор стекает в море много малых рек. На западном побережье расположены крупные дельты рек Терека, Сулака, Самура.

В пределах Среднего Каспия выделяют шельф, материковый склон и котловину. В его северной части глубины находятся в пределах 15-25 м. Южнее они сначала плавно, а затем, начиная с изобаты 50 м, резко увеличиваются, особенно в центральной части, где лежит сдвинутая к западному берегу глубокая Дербентская впадина с максимальной глубиной около 790 м. Вдоль обоих берегов тянется узкой полосой область глубин менее 20 м и лишь у Апшеронского полуострова изобата 20 м отходит от берега на расстояние до 30 км. Берега средней части приглубые, в особенности западный берег.

В зимний период на севере Каспия среднемесячная *температура воздуха* составляет от -8 до -10°C. В летний период температура составляет 24-25°C.

Ветры - самый характерный для Каспия и его окрестностей гидрометеорологический фактор. В основном наблюдаются ураганные ветры северного направления, со скоростью 35-40 км/сек. Вторыми по частоте повтора являются ветры восточного направления. На Каспии больше всех наблюдаются ветры на Апшеронском полуострове и территориях Махачкала-Дербент. Средние и сильные ветры обычно наблюдаются в осенние и зимние месяцы.

Атмосферные осадки неравномерно распределяются на акватории Каспия. Ежегодно в среднем на поверхность моря падает 100 мм осадков. В распределении осадков решающую роль играет рельеф береговой зоны. На севере годовое количество осадков составляет около 300 мм, западе - от 300-400 до 600 мм, юго-западе Каспия - 1600 мм, востоке - до 900 мм.

Среднегодовая температура вод Каспия зимой в северной и южной частях приблизительно равна 0° в северной части и 10°C в южной части. Летом разница между этими показателями уменьшается и доходит до 25° и 26°C. Годовая температура Среднего Кас-

пия составляет 11-14°C, зимняя и летняя температура соответственно 6-7°C и 23-24°C. На больших глубинах температура +5 – +6°C и можно сказать, не подвергается изменениям.

Наиболее штормовой район – г. Махачкала, где скорость ветра превышает 30 м/с, а при жестоких штормах достигает 40 м/с. Для района г. Махачкала характерны сильные ветры с юго-востока и юго-запада со скоростью до 35 м/с.

Суммарные дрейфово-плотностные течения в Среднем Каспии 8 месяцев в году носят циклонический характер, с апреля по июль – антициклонический. Преобладающие скорости течений составляют 0,10–0,15 м/с, максимальные 0,20–0,25 м/с. Вдоль берега преобладают юго-восточные течения. Стоковые течения имеют местный характер и не прослеживаются далее изобаты 2 м.

Волновой режим. При южном ветре наибольшие волны, до 8 м, отмечаются в глубоководном районе, граничащем со Средним Каспием. Изредка от юго-восточных румбов приходит значительная зыбь. К северо-востоку от Махачкалы волнение будет сильным при юго-восточных ветрах. В открытом районе Среднего Каспия нередко отмечается крупная зыбь с северо-запада и с севера.

В Северном Каспии формирование устойчивого *ледяного покрова* начинается в декабре-январе. В экстремально теплые зимы ледообразование может задерживаться до конца января. Максимальная толщина льда фиксируется в феврале. В суровые зимы толщина льда составляет более 50 см, и лед, как правило, наблюдается с декабря до конца марта.

Техногенная нагрузка. Основными промышленными центрами на побережье являются Махачкала и Дербент. Здесь формируются такие направления промышленности, как нефтепереработка и сопутствующие химическое производство, машиностроение, судостроение, судоремонт, переработка сельхозпродукции и рыболовства. В прибрежной зоне и в поймах рек развито сельскохозяйственное производство. На побережье растет рекреационная нагрузка. Самый крупный порт в районе работ – Махачкала.

Основной *техногенный объект* в акватории – Волго-Каспийский морской судоходный канал (ВКМСК).

1.2. Основные геологические опасности, связанные с экзогенными геологическими процессами

1.2.1. Азовское море

В ПШЗ Азовского моря геологические опасности связаны со следующими ЭГП (по распространенности и степени воздействия на инженерные сооружения):

- подводный грязевой вулканизм и газо-флюидная разгрузка;
- литодинамические процессы;
- загазованность донных отложений;
- специфические грунты;
- техногенез.

Набор перечисленных ЭГП и их активность распределены неравномерно.

Региональные закономерности развития экзогенных геологических процессов и связанных с ними геологических опасностей

Разнообразие экзогенных геологических процессов и их развитие в ПШЗ Азовского моря определяются его мелководностью, плоским характером морского дна, низкой физико-механической прочностью коренных пород и берегового клифа, а также развитием подводного грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки на части его акватории.

По характеру преобладающих ЭГП и связанных с ними геологических опасностей в ПШЗ Азовского моря выделяются следующие зоны проявления ОПГ (Рис. 1.1):

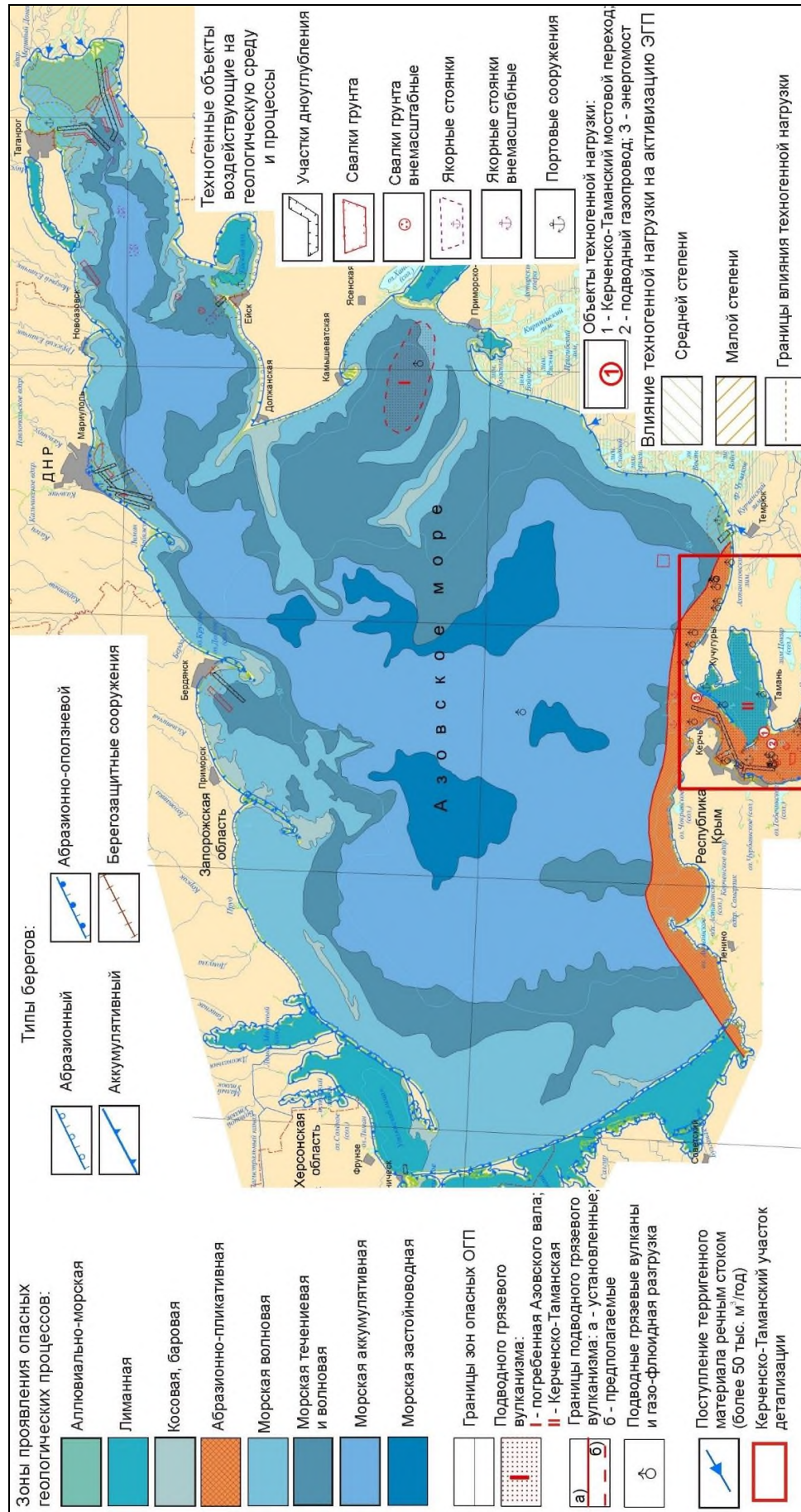


Рис. 1.1.1. Зоны развития ЭГП и связанных с ними основных геологических опасностей в Азовском море

Аллювиально-морская - отвечает аванделльтам рек Дон, Кубань, Протока, где преобладает поставка и перераспределение аллювиального материала алевропелитовой и песча-

ной фракции. Характеризуется проградацией суши, зарастанием водно-болотной растительностью и заносом морских каналов и фарватеров. В составе донных грунтов присутствует повышенное содержание органического вещества, до формирования специфических по инженерно-геологическим свойствам органо-минеральных грунтов.

Лиманная - соответствует акватории лиманов (Миусский, Ейский, Бейсугский, Ахтарский и др.) и изолированных заливов (Сиваш, Динской, Таманский). Характеризуется лиманным типом литодинамических процессов: мелководностью и изолированностью от открытого моря косами и пересыпями, зарастанием, повышенной поставкой автохтонного органического вещества с формированием обширных участков загазованности донных отложений и отложением специфических органо-минеральных грунтов.

Косовая, баровая - отвечает участкам развития характерных литодинамических форм Азовского моря - азовских кос, а также баров и пересыпей, отделяющих лиманы и заливы от открытого моря. Характеризуется волно-прибойной аккумуляцией песчано-ракушечного материала. Одним из следствий развития кос служит отделение и существование характерных для Азовского моря лиманов и мелководных заливов.

Морская волновая - занимает мелководную прибрежную часть, где проявлено активное волноприбойное воздействие. Характеризуется активной волновой абразией, размывом, транзитом и переотложением донного материала, миграцией литодинамических форм. В результате этого в акватории Азовского моря широко развиты такие опасные процессы, как заиливание (занос) морских каналов, фарватеров и подходов путей к портам, устьям судоходных рек (Дон, Кубань) и лиманам, отступление берегов с разрушением хозяйственных построек и потерей плодородных черноземов. Состав осадков преимущественно песчаноалевритовый с ракушей и раковинным детритом.

Морская течениевая и волновая - характеризуется преобладанием волнового и течениявого воздействия на донные осадки с их отмучиванием и переотложением пелитовой фракции в понижения дна - морскую аккумулятивную зону. Особенностью этой зоны служит повышенный вклад в состав донных осадков автохтонного раковинного материала с формированием полей биогенно-терригенных и терригенно-биогенных грунтов (Рис. 1.2).

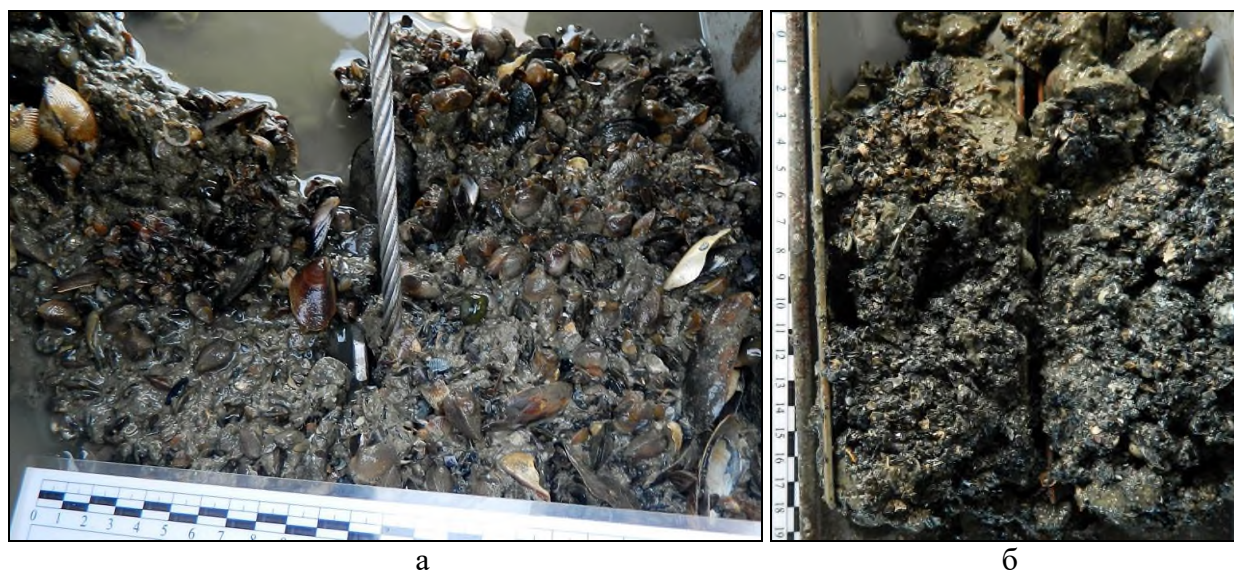


Рис. 1.2 Терригенно-биогенный грунт

а - поверхность грунта в дночерпателе; б - грунтовая колонка

Морская аккумулятивная - занимает пониженные участки дна, где отлагается отмученная из более мелководных зон волновой деятельностью преимущественно пелитовая фракция. Грунты нередко характеризуются низкими значениями E_h , восстановительным режимом диагенеза, загазованностью, что повышает их коррозионные свойства.

Абразионно–пликативная – соответствует морской площади Керченско-Таманской грязевулканической области (Керченско-Таманский шельф), где наиболее активно проявлена в пределах Северо-Таманской зоны поднятий. Это зона активного подводного грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки. Для нее характерно влияние на литодинамику подводной грязевулканической деятельности и активных геодинамических деформаций морского дна (Рис. 1.3). Абразионно-пликативные процессы наиболее активны в пределах обнажающихся на морском дне замковых частей антиклиналей с максимумом в пределах брахиантиклинальных осложнений. Активные современные геодинамические деформации, интенсивность и скорость которых может носить катастрофический характер (до первых метров в сутки), приводят к трансформации рельефа морского дна, возникновению локальных поднятий, чередованию участков абразии и аккумуляции. Грязевулканические извержения поставляют на морское дно грязевулканический материал со скальными обломками, вплоть до формирования эфемерных островов. Соответственно, донные грунты на участках грязевого вулканизма обогащены скальными обломками (Рис. 1.4), до образования полей щебнисто-глыбового материала. Процессы абразии при этом играют положительную роль, нивелируя возникающие отмели, банки и острова, препятствующие судоходству. В частности, горизонтальная скорость волновой абразии коренных неогеновых глин с прослоями мергелей по наблюдениям за эндогеодинамическим поднятием мыса Каменный достигает 10 м/год и десятки метров в год по несвязным породам, в том числе по возникающим грязевулканическим островам. Вертикальная скорость абразии обрабатываемых грязевулканических построек достигает первых метров в год.

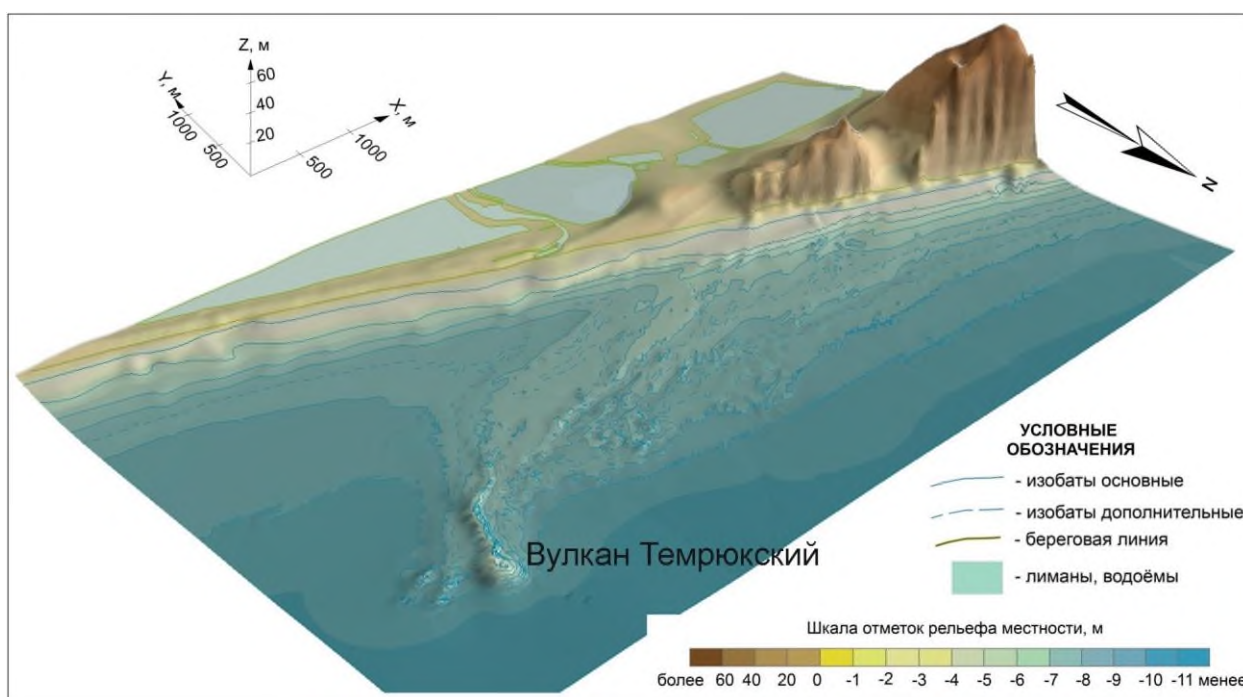


Рис. 1.3 Эндогеодинамические деформации морского дна в пределах Темрюкского грязевулканического поля

Морская застойноводная - соответствует западинным участкам моря. Грунты характеризуются низкими значениями E_h , восстановительным режимом диагенеза. Характеризуется аккумуляцией пелитовых грунтов с повышенным содержанием органического вещества и сероводородным заражением иловых и придонных вод, загазованностью, концентрацией тяжелых металлов в грунтах на существующих здесь совмещенных геохимических барьерах (сорбционный, сероводородный, восстановительный). Возможную токсичность таких грунтов следует учитывать при дноуглубительных работах и дампинге.



Рис. 1.4 Скальные обломки в составе грунтов Темрюкского грязевулканического поля, станция 1524st1101

Геологические опасности, связанные с литодинамическими процессами

Характер литодинамических процессов Азовского моря и связанных с ними ОГП определяются его мелководностью и физико-механическими свойствами пород дна и берегового клифа.

К опасным литодинамическим процессам относится довольно обширная группа ЭГП, где можно выделить две подгруппы:

- абразионно-эрозионная и аккумулятивная - донная абразия, эрозия и аккумуляция, миграция литодинамических форм и др.;
- декливиальные (гравитационные) процессы - оползни, крип, оплывины и др.

Из литодинамических процессов в ПШЗ Азовского моря развиты преимущественно абразионно-эрозионные и аккумулятивные опасные ЭГП.

Активное волновое воздействие на дно и береговой клиф, сложенные породами низкой прочности (лессы, суглинки, супеси, илы и глины), способствует широкому развитию донной абразии и размыву в зоне волнового воздействия, взмучиванию осадков и их переотложению. Соответственно, процессы донной абразии и береговые абразионно-гравитационные процессы развиты весьма интенсивно, по сравнению с аналогичными зонами Черного и Каспийского морей. Волноприбойная деятельность способствует отступанию берегов с разрушением хозяйственных построек и потерей плодородных черноземов. Развитие опасных абразионных процессов находится на стабильно высоком уровне. Наиболее напряженные участки абразии отражены в распространении абразионных берегов.

В результате перераспределения взмучиваемой пелитовой фракции и поступления преимущественно алевропелитового аллювиального материала такими крупными реками, как Дон, Кубань, а также мелкими равнинными, происходит хроническое заиливание донными осадками морских каналов, фарватеров, акваторий портов с формированием банок, отмелей и островов. В результате данных аккумулятивных процессов возникает опасность посадки судов на мель, необходимость периодического освидетельствования годности гидротехнических сооружений (подходных каналов к портам и акваторий портов) и проведения дорогостоящих дноуглубительных работ.

Опасные ЭГП гравитационного типа в Азовском море практически не проявлены или отсутствуют (мутьевые потоки и турбидиты). Незначительные оползни возможны в пределах дноуглубительных работ, на участках дампинга, а также при формировании грязевулканических построек при грязевулканических извержениях. Оползневые воздействия отмечаются вдоль абразионно-оползневых берегов, где проявлены за счет продвижения береговых оползней в морскую часть на расстояние до первых десятков метров с нарушением пляжевой зоны и препятствуя рекреационному обустройству территории (Рис. 1.5).



Рис. 1.5 Продвижение берегового оползня шириной 210 м в акваторию Азовского моря на 40 м, в 400 м к западу от мыса Каменный

Обвалы, затрагивающие акваторию на расстояние в первые метры, могут отмечаться у уреза воды вдоль абразионно-обвальных берегов с высоким клифом.

В настоящее время наиболее актуальным участком для изучения опасных литодинамических процессов в Азовском море следует считать Керченский пролив, как важный транспортный коридор, и в связи с эксплуатацией Керченско-Таманского транспортного перехода.

Геологические опасности, связанные с грязевым вулканизмом и газо-флюидной разгрузкой

Азовское море является акваторией наиболее активного проявления подводного грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки, которые сосредоточены здесь на Керченско-Таманском шельфе и образуют Керченско-Таманскую грязевулканическую область (Рис. 1.6, Рис. 1.7).

Большинство подводных грязевых вулканов и газо-флюидных разгрузок здесь предполагаются по геофизическим и геохимическим признакам, требуют дополнительного изучения и проверки. Опыт морских исследований свидетельствует о высокой вероятности открытия новых подводных грязевых вулканов. В частности, на северном окончании Керченского пролива по геохимическим данным прогнозируется грязевой вулкан, в зоне влияния которого находится энергомоет, служащего составной частью Керченско-Таманского транспортного перехода.

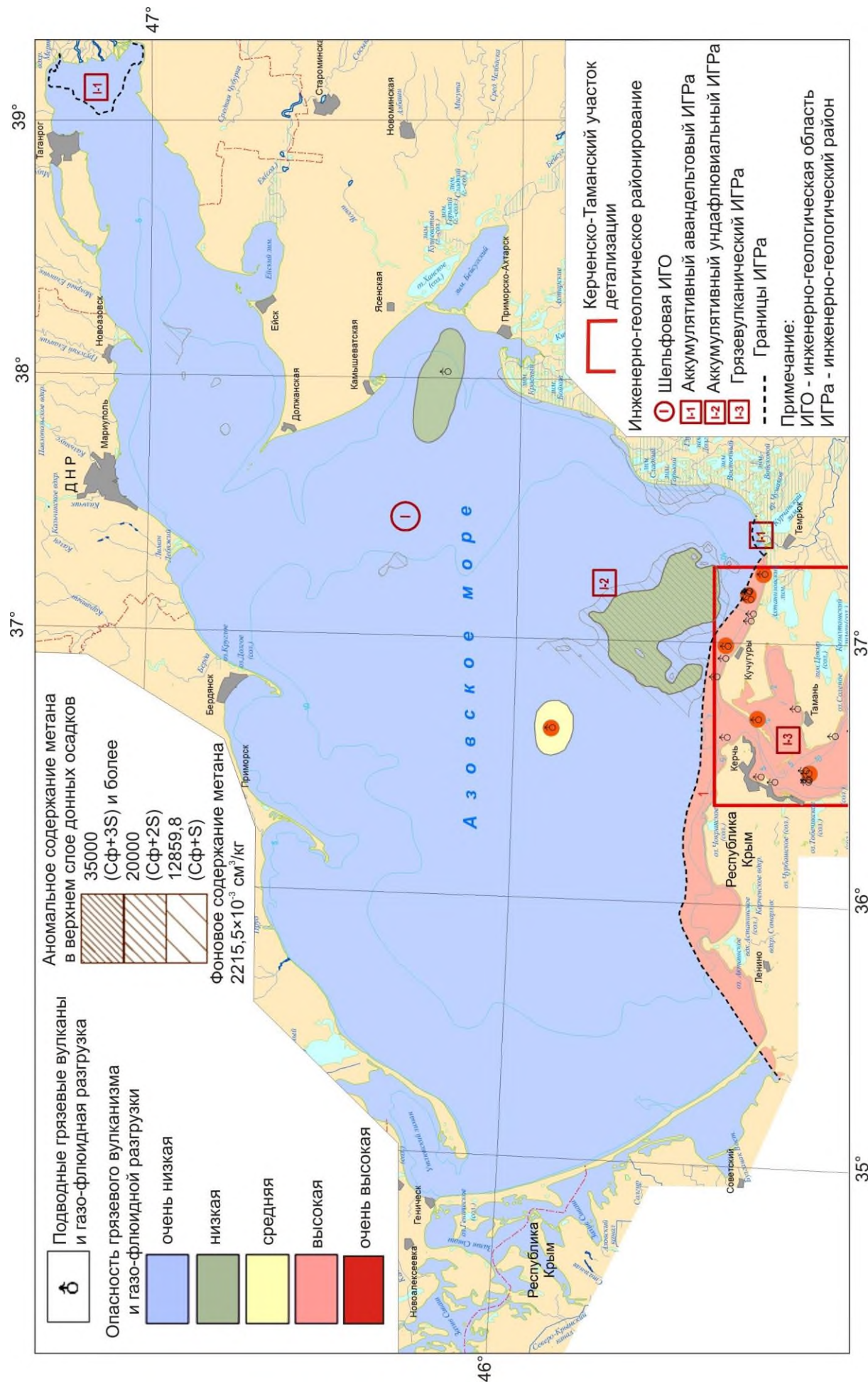


Рис. 1.6 Схема распространения грязевых вулканов, газо-флюидной разгрузки и заgasованности донных осадков в Азовском море

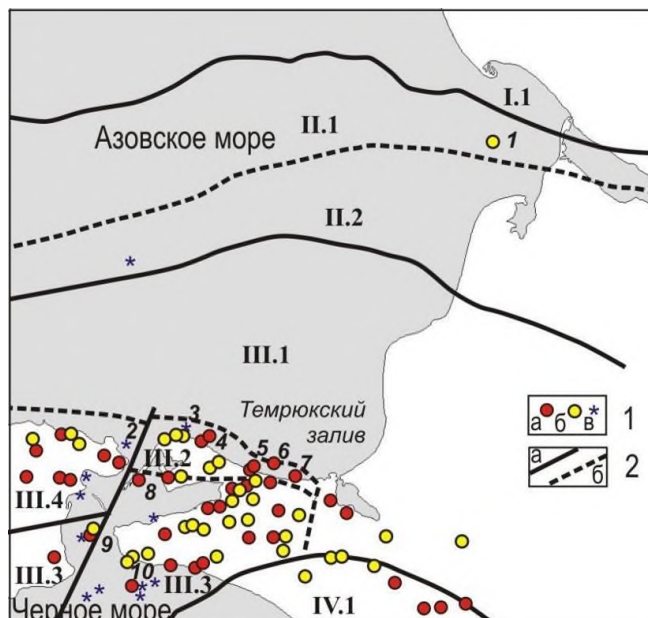


Рис. 1.7 Схема распространения грязевых вулканов в Азовском море и прилегающей территории

Условные обозначения: 1 – грязевые вулканы действующие (а), потухшие (б), предполагаемые по геофизическим и геохимическим данным (в); 2 – границы тектонических структур первого (а) и второго (б) порядка: Восточно-Европейская платформа: I.1 – Северо-Азовский прогиб; Скифская плита: II.1 – Азовский вал, II.2 – Тимашевская ступень; Предкавказские альпийские прогибы и поднятия: III.1 – Западно-Кубанский краевой прогиб, III.2 – Северо-Таманская зона поднятий, III.3 – Керченско-Таманский периклинальный прогиб, III.4 – восточная периклиналь Горного Крыма; складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа: IV.1 – покровно-складчатая зона Северо-Западного Кавказа. Подводные грязевые вулканы: 1 – Хахалева, 2 – предполагаемый по геохимическим данным Борзовской антиклинали, 3 – мыса Каменный морской, 4 – Пекло Азовское морской, 5 – Тиздар, 6 – Темрюкский, 7 – Голубицкий, 8 – Блевака, 9 – Тузла, 10 – банки Аксенова.

Наиболее известными активными подводными грязевыми вулканами в акватории Азовского моря являются: мыса Каменный морской, Пекло Азовское морской, Тиздар, Темрюкский, Голубицкий, Блевака (Коса Чушка), Тузла (Рис. 1.7). Имеются признаки других центров газо-флюидной разгрузки или грязевого вулканизма. Единичные проявления грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки выявлены за пределами Керченско-Таманской грязевулканической области – погребенный вулкан Хахалева на Азовском вале и предполагаемая грязевулканическая структура с метановыми сипами в пределах Тимашевской ступени (Рис. 1.7).

Грязевые вулканы сгруппированы в пределах контролирующих их антиклиналей диапирового типа в грязевулканические поля размером в несколько километров и площадью в первые десятки квадратных километров. В пределах грязевулканических полей выделяется от одного до нескольких грязевых вулканов, где могут присутствовать как вулканы центрального типа, так и трещинного, активные и пассивные. В замках антиклиналей часто находятся вдавленные структуры за счет кальдерообразования (Глазырин Е.А. Морфология грязевулканических структур Таманского шельфа, 2019).

Грязевой вулканизм продуцирует широкий спектр явлений, которые разрушающе воздействуют на инженерные сооружения и оказывают активное воздействие на геологическую среду. Собственно, с подводной грязевулканической деятельностью (извержениями) связаны следующие основные геологические опасности и явления:

- разброс обломков пород при выходе подводного вулкана к поверхности воды (Рис. 1.8);
- поставка грязевулканических брекчий и грязевое затопление территории,

формирование подводных банок и эфемерных островов, препятствующих судоходству (Рис. 1.9);



Рис. 1.8 Разброс грязевых масс и обломков пород при выходе подводного грязевого вулкана Голубицкий к поверхности воды, 2015 г.



Рис. 1.9 Остров, сформировавшийся при извержении подводного грязевого вулкана Голубицкий, 2015 г.

- интенсивное газовыделение (метан (взрывоопасный), сероводород (ядовитый), углекислый газ (удушающий) и радон (радиоактивный)) (Рис. 1.10);
- термическое и взрывное воздействие при возгорании углеводородов;
- возникновение разрывных смещений и крупных трещин на поверхности (Рис. 1.11);
- аномально высокое пластовое или поровое давление, провоцирующее аварии при бурении скважин;
- землетрясения при интенсивных извержениях;
- сопочные воды с повышенной коррозионной активностью;
- поставка загрязняющих веществ (нефтепродукты, фенолы, полиароматические углеводороды, ртуть, тяжелые металлы) до уровня очень высокого загрязнения.



Рис. 1.10 Парообразование при адиабатическом расширении вырывающегося газа. Извержение подводного грязевого вулкана Голубицкий, 2008 г.



Рис. 1.11 Возникновение разрывных смещений и крупных трещин на побережье при извержении подводного грязевого вулкана Голубицкий, 2015 г.
а - смещение на песчаном пляже; б - трещины в фундаменте и стенах зданий.

Так на вулканах Темрюкский и Голубицкий максимальные концентрации достигают: нефтепродукты до 6994 мг/кг, фенолы - 1,87 мг/кг, бенз(а)пирен - 22,6 мкг/г, флуорантен - 188,9 мкг/г, хризен - 442,1 мкг/г, дибензантрацен - 40,2 мкг/г, Fe - 5,5 %, Mn - 5435 мг/кг, Ni - 73 мг/кг, Cu - 50 мг/кг, Co - 29 мг/кг, Zn - 125 мг/кг, Pb - 29 мг/кг, Cd - 2 мг/кг, Hg - 0,31 мг/кг, As - 11,7 мг/кг, что соответствует очень сильному загрязнению.

Зона действия поражающих факторов при грязевулканической активности составляет от сотен метров до 2 километров в поперечнике в зависимости от интенсивности процесса и крупности вулкана. Так, извержение подводного грязевого вулкана Голубицкий в 2015 году привело к повреждению объектов жилого фонда, коммунальной инфраструктуры и благоустройства курортной зоны в радиусе не менее 500 м. После извержения грязевого вулкана Темрюкский в 2013 году вокруг его постройки образовались просадки дна амплитудой до 2 м, в виде кальдерного кольца диаметром до 2 км. Примером игнорирования грязевого вулканизма служит удлинение сроков и удорожание строительства подводного газопровода в Керченском проливе за счет необходимости его перетрассировки в результате выявления подводного грязевого вулкана Тузла работами ГМСН ПШЗ.

Газо-флюидная разгрузка, как и грязевулканическая активность, носит пульсационный характер, а в пределах грязевулканического поля газо-флюидная активность нестабильно как во времени, так и по площади. В периоды грязевулканической

активности наблюдаются максимумы метановой разгрузки и она осуществляется преимущественно в центральных частях грязевых вулканов. В периоды покоя (пассивной сальзово-грифонной деятельности) метановая разгрузка осуществляется на более низком уровне и преимущественно в краевых частях грязевых вулканов по системе оперяющих разломов и кальдерных ограничений, по периферии грязевулканического поля.

Выделяются также сопутствующие воздействия грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки, которые могут проявляться и вне связи с грязевым вулканизмом. Но эти процессы и грязевой вулканизм являются сопряжёнными, так как служат производными эндогеодинамической активности и газо-флюидной разгрузки недр. При интенсивном проявлении эти воздействия относятся к рангу опасных геологических процессов или осложнений. Среди наиболее характерных следует выделить следующие:

- глиняный диапиризм с деформацией рельефа дна со скоростями в $n \times \text{см/год}$;
- локальные эндогеодинамические деформации рельефа с зафиксированными скоростями в 6 м/сутки и вертикальными тектоническими смещениями до 2 м;
- субаквальная разгрузка подземных вод с потерей несущей способности грунтов;
- инженерно-геологические осложнения в виде локальных скальных карбонатных литификаций среди нелитифицированных и слабо литифицированных отложений в результате метановой разгрузки на дне и в разрезе вдоль проницаемых зон.

Геологические опасности, связанные с загазованностью донных отложений

Интенсивно загазованные отложения образуются при разложении в мощной толще донных осадков захороненного органического вещества. В настоящее время имеются данные о загазованности верхнего слоя донных осадков, полученные при опробовании грунтовыми трубками длиной до 4,5 м в границах акватории Азовского моря до вхождения в состав РФ новых территорий. При фоновом содержании метана в верхнем слое донных осадков Азовского моря в $2215,5 \times 10^{-3} \text{ см}^3/\text{кг}$, его зафиксированные аномальные содержания достигают значений $52855 \times 10^{-3} \text{ см}^3/\text{кг}$. Грунты с содержаниями метана более $20000 \times 10^{-3} \text{ см}^3/\text{кг}$ образуют обширную площадь в западной части дна Темрюкского залива и в авандельте р. Протока (Рис. 1.6).

В качестве ОГП, как следствие загазованности осадков, выделяются высокое пластовое газовое давление в алевропесчаных отложениях при наличии газонепроницаемой крышки (глин и суглинков) и формирование газовых карманов в палеоруслах с проявлением газовых выбросов при бурении и постановке нефтегазовых платформ, ослаблением несущей способности грунтов, повышение коррозионной активности, изменением физико-механических свойств.

Выявление участков загазованности грунтов служит одной из важных задач инженерно-геологических изысканий под морское строительство.

Геологические опасности, связанные со специфическими грунтами

Выявление и оценка специфических грунтов является одной из главных задач изучения грунтового массива в процессе инженерно-геологических изысканий при проектировании строительства. Со специфическими грунтами связаны такие опасности, как просадка и деформации фундаментов и инженерных сооружений, в том числе при постановке нефтегазовых платформ. Так в условиях предельного мелководья (транзитная зона суша-море, авандельты, лиманы) с интенсивным развитием водноболотной растительности в настоящее время происходит отложение специфических, заторфованных, грунтов.

Одним из проявлений метановой разгрузки и грязевого вулканизма служит образование на поверхности и в разрезе донных отложений специфических метаногенных карбонатных литификатов. Они приурочены к глинистым разрезам и как локальные скальные грунты создают осложнения при строительстве и дноуглублении. Данные образования в силу их дискретности зачастую не учитываются при инженерно-геологических изысканиях,

что приводит к удорожанию или удлинению сроков дноуглубительных работ, необходимости проведения дополнительных инженерно-геологических изысканий. Это обстоятельство требует учета на ранних стадиях проекта, чтобы избежать непредвиденных осложнений и целенаправленно планировать получение инженерно-геологических данных. Метаногенные карбонатные литификаты, в частности, присутствуют на Таманском шельфе Азовского моря.

Геологические опасности, связанные с техногенезом

Техногенез выступает как фактор активизации ОГП. По своей значимости и степени воздействия на стояние недр техногенные процессы играют подчиненную роль и развиты локально.

Наиболее значимыми результатами техногенной активизации опасных ЭГП на ПШЗ Азовского моря являются: деградация береговой зоны, геохимическое загрязнение, нарушение литодинамики, рельефа дна и состава донных отложений, механическое воздействие на морское дно.

Деградация береговой зоны связана со строительством и реконструкцией гидротехнических сооружений (причалов, волнорезов, каналов и т.п.), блокирующих вдольбереговой транзит пляжеобразующего материала.

Отмечается техногенное влияние на сохранность азовских кос. Вблизи крупных населенных пунктов происходит деградация кос, связываемая с изъятием косового материала и блокированием вдольберегового транзита пляжеобразующего материала техногенными сооружениями, как это происходит у Ейской косы под воздействием портовых сооружений и подходного канала. Так как техногенный фактор влияния на косу Ейская сохраняет, то прогнозируется ее дальнейшая деградация.

У кос вблизи относительно крупных населенных пунктов (косы Глафиrowsкая, Долгая, Тузла, Чушка, Ясенская) рост не отмечается, наблюдается стационарный характер береговой линии. Это связывается с антропогенным изъятием части аккумулируемого косового материала.

Геохимическое загрязнение донных отложений проявлено в прибрежной зоне крупных приморских населенных пунктов и промышленных объектов, портовой инфраструктуры, а также на трассах морских перевозок, при авариях судов. Хроническое загрязнение донных отложений присутствует в морской застойноводной зоне за счет существования здесь совмещенных геохимических барьеров (сорбционный, сероводородный, восстановительный). Возможную токсичность таких грунтов следует учитывать при дноуглубительных работах и дампинге.

Нарушение литодинамики, рельефа и состава донных отложений происходит на участках дноуглубления, морских сооружений и дампинга. Интенсивность этих нарушений постепенно возрастает в связи с увеличением тоннажа судов и необходимостью поддержания увеличивающейся перевозки грузов в условиях обмеления (заноса) Азовского моря. Максимально этот тип нарушений проявлен в Керченском проливе, где периодически производится дноуглубление для поддержания безопасного судоходства по Керченскому подходному каналу, Бурунскому, Еникальскому, Чушкинскому и Павловскому коленам Керчь-Еникальского канала; на участках подходов к портам (морские судоходные каналы к Таганрогу, Ейску, Темрюку, Мариуполю, Бердянску, Геничевску) и судоходным рекам (Азово-Донской морской канал). Периодический дампинг вносит локальные изменения на закрепленных для этого участках.

После постройки Крымского моста весьма актуальной стала проблема литодинамических изменений под его воздействием, в том числе границ косы и острова Тузла. Юго-западный берег косы и острова Тузла подвержен возвратно-поступательным аккумулятивно-абразионным процессам со скоростью абразии до 2 м/год, а северо-восточный – аккумулятивным. В связи с этим юго-западные берега косы и острова Тузла требуют берегозащитных мероприятий.

В связи с техногенным экологическим воздействием и деятельностью искусственных вселенцев (рапана, гребневик и пр.) сохраняются негативные изменения в популяции и численности моллюсков, играющих важную роль в поставке в донные отложения, пляжи и косы берегоукрепляющего раковинного материала. Эти изменения носят медленный многолетний, но повсеместный характер.

Механическое воздействие на морское дно проявлено на участках дноуглубления и дампинга, якорных стоянок судов, возведения инженерных сооружений.

1.2.2. Черное море

В ПШЗ Черного моря геологические опасности связаны со следующими ЭГП (по распространенности и степени воздействия на инженерные сооружения):

- литодинамические процессы;
- подводный грязевой вулканизм и газо-флюидная разгрузка;
- загазованность донных отложений;
- специфические грунты;
- газогидраты;
- техногенез.

Активизация опасных ЭГП нередко вызвана эндогенной активностью региона.

Набор перечисленных опасностей и их активность распределены неравномерно.

Региональные закономерности развития экзогенных геологических процессов и связанных с ними геологических опасностей

Чёрное море по разнообразию и степени проявления геологических опасностей, связанных с ЭГП, значительно превосходит Азовское и Каспийское моря. Это связано с высокой эндогеодинамической активностью региона, как фактора активизации ОГП, узостью шельфа, сопряженностью с зоной активной денудации и поставки терригенного материала (горный Кавказ), высокой расчлененностью рельефа морского дна, большим перепадом глубин и уклонов морского дна (Рис. 1.12).

По характеру преобладающих ЭГП и связанных с ними геологических опасностей в ПШЗ Черного моря выделяются следующие зоны проявления ОГП (Рис. 1.13).

Абразионно-подводная – соответствует узкой полоске вдольберегового бенча, где лидируют процессы волновой донной абразии и транзита пляжевого материала. Наиболее активно процессы донной и береговой абразии с негативным воздействием на береговую инфраструктуру развиты в районе Большого Сочи. Проявление данных опасных литодинамических процессов связывается с общим геодинамическим режимом воздымания Большого Кавказа, уменьшившимся твердым стоком рек за счет антропогенного изъятия песчано-галечного материала, устройством бун и портовых сооружений, перенаправивших вдольбереговую транзит пляжевого материала на глубину.

Абразионно-пликативная – развита в пределах притаманского шельфа, соответствуя Керченско-Таманской грязевулканической области. По характеру литодинамических процессов она идентична таковой Азовского моря. Наиболее представительными участками ее развития служат подводные банки (Мария Магдалина, Аксенова, Вольского, Савенко, Андреева, Чернышева, риф Кишла), сформированные в результате роста диапировых складок. Здесь доминируют процессы волновой донной абразии с препарированием выходов коренных пород, газо-флюидная разгрузка с грязевым вулканизмом и связанные с ними инженерно-геологические осложнения.

Бухтовая – отвечает акваториям полузамкнутых Новороссийской и Геленджикской бухт. Здесь развит относительно изолированный характер литодинамических процессов. В отличие от бухтовой зоны Азовского моря, литодинамические процессы не столь отличны от открытого моря, но находятся под все возрастающим техногенным воздействием. Строительство портовых сооружений и марин способствует нарушению естественной литодинамики, а отсыпка пляжей - медленному выравниванию морского дна, обмелению и сокращению площади Геленджикской бухты.

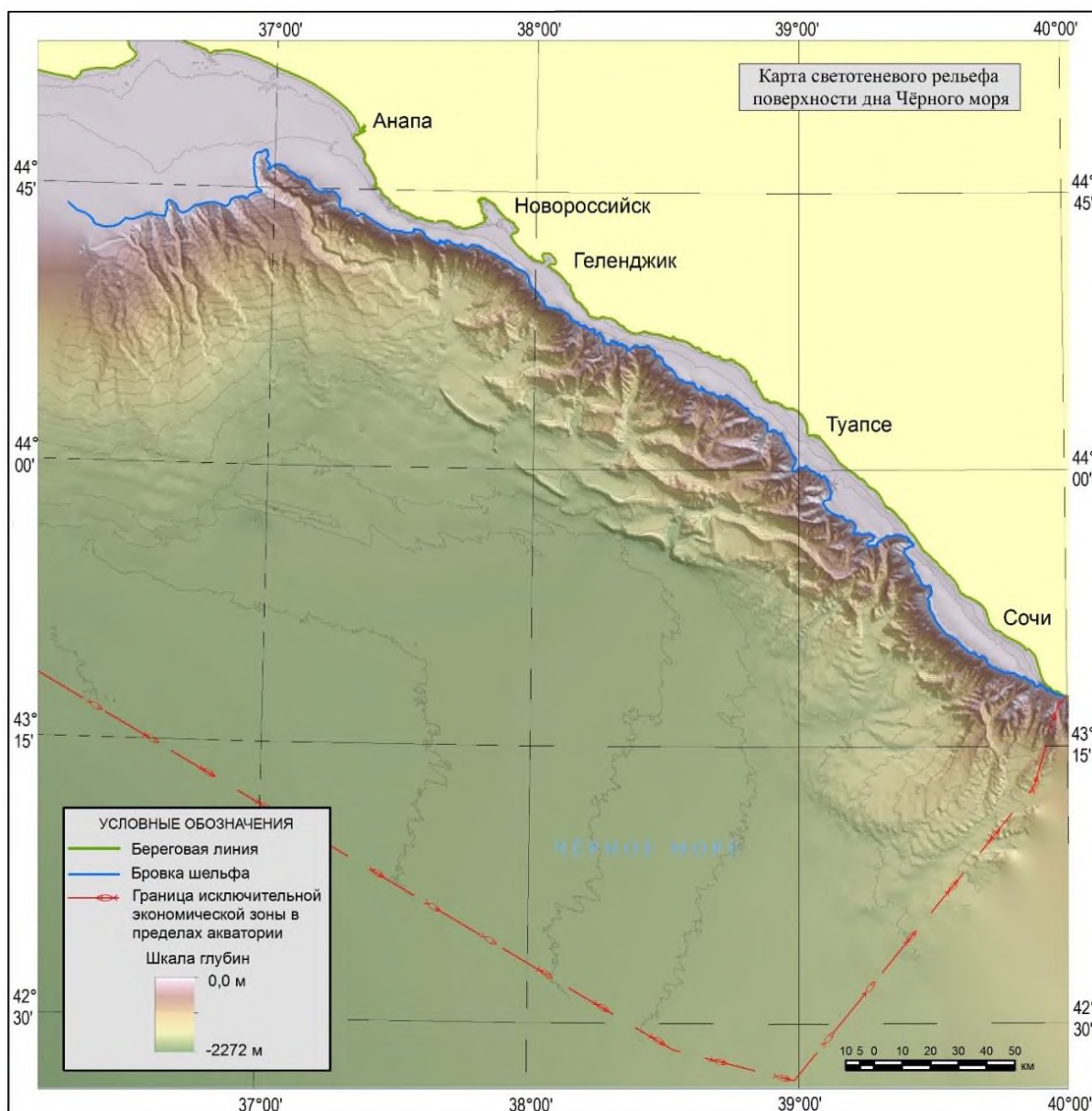


Рис. 1.12 Светотеневой рельеф дна восточной части российского сектора Черного моря

Морская волновая – отвечает обстановке прибрежного шельфа с развитием мигрирующих участков размыва и аккумуляции под воздействием волновой деятельности, а также вдольберегового перемещения пляжевого материала. На участках размыва и аккумуляции происходит, соответственно, подмыв (провис) или занос линейных подводных сооружений с опасностью их повреждения, например, подводного газопровода Джубга-Лазаревское-Сочи, выводящих канализационных коллекторов, кабелей связи, что требует систематического проведения дорогостоящих подводных осмотровых работ. На Таманском шельфе развит занос подводных каналов к порту Тамань.

Морская течениевая и волновая – отвечает обстановке центрального шельфа с развитием процессов аккумуляции волновой и, преимущественно, течениевой (ундафлювиальной) деятельности. Здесь преобладает транспортировка и отложение более тонкой фракции, чем в морской волновой зоне с заносом подводных инженерных сооружений. В пределах этой зоны формируются обширные площади загазованности грунтов за счет диагенетического разложения захороненного органического вещества. Загазованность грунтов значительно снижает гравитационную устойчивость грунтов с провоцированием оползневой опасности, как это проявлено на Головинском и Адлерском участках.

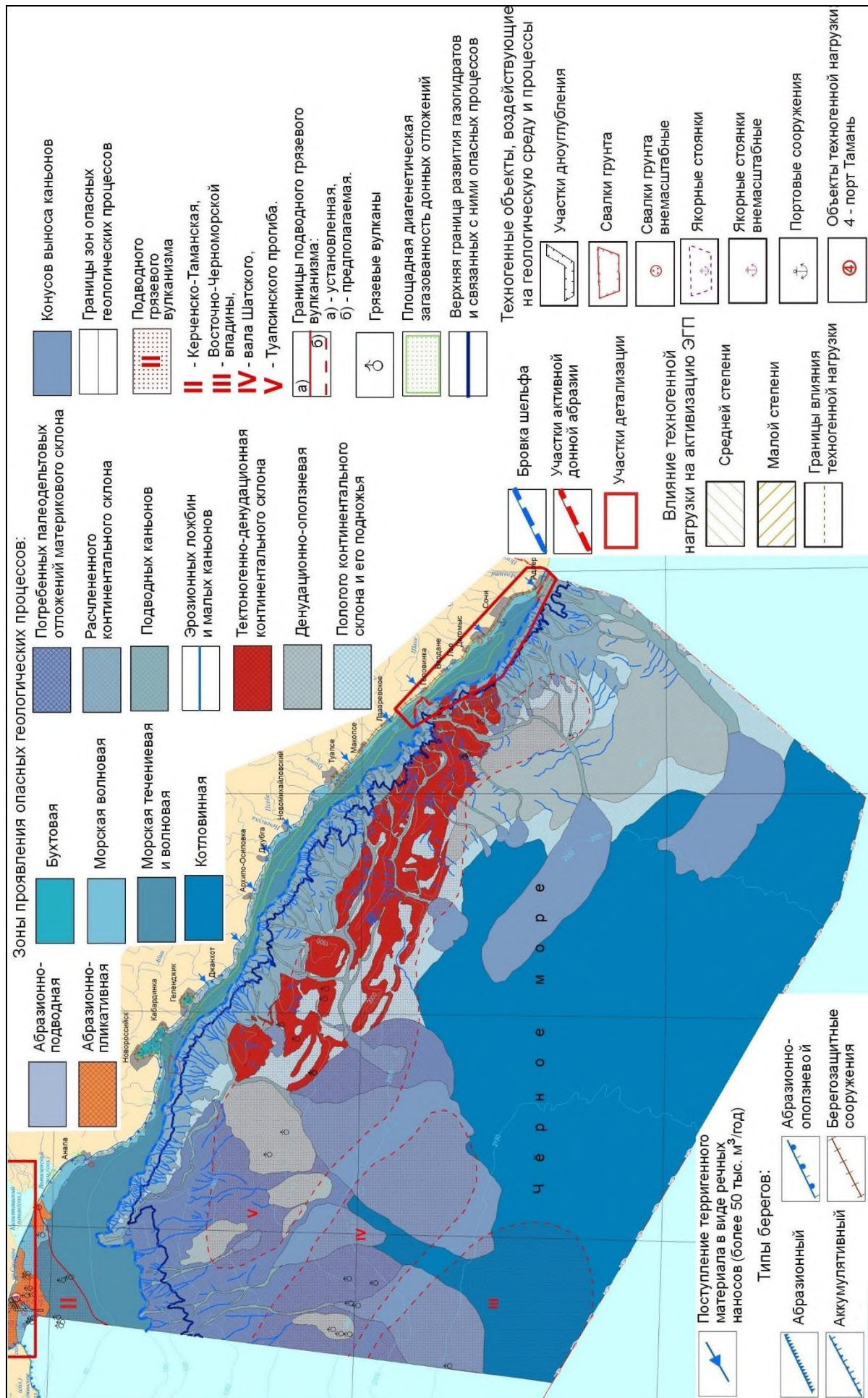


Рис. 1.13 Зоны развития ЭГП и связанных с ними основных геологические опасностей в Черном море

Погребенных палеодельтовых отложений материкового склона – соответствует палеоавандельтам Дона и Кубани. Здесь широко развиты оползневые процессы, в том числе проявлены гигантские оползни, площадная загазованность донных отложений, гидратообразование и сипинг на фоне аккумулятивно-эрозионных процессов.

Расчлененного континентального склона – активное развитие декливиальных (оползни, осыпи, обвалы) и абразионно-эрозионных процессов.

Подводных каньонов и эрозионных ложбин – активное развитие абразионно-эрозионных и декливиальных процессов. В узкой головной части (выпуклый участок) развиты абразионно-эрозионное врезание и продвижение каньона на шельф, обвальное оползневые процессы. Оползневые процессы способствует загазованность грунтов центрального шельфа. В вогнутой (врезанной) части продольного профиля каньона активен транзит обломочного материала с абразионным углублением и расширением каньона, прохождение турбидитов. На более глубоководной выположенной части продольного профиля каньона, где отлагается сносимый осадочный материал, повсеместно развиты оползни, крип и оплывины.

Тектоногенно-денудационная континентального склона – соответствует геодинамически наиболее активной части морского дна, где декливиальные и абразионно-эрозионные процессы развиваются под влиянием современных пликативно-дизъюнктивных движений и глиняного диапиризма пластичного разреза майкопских глин.

Денудационно-оползневая – сплошное развитие блоковых оползней, оплывин и крипа, эрозионно-аккумулятивных процессов. Оползневые тела образуют поперечный волнисто-грядовый рельеф. Высота крупных оползневых тел (гряд) достигает 30 м, ширина – 2,5 км, длина до 5 км и более.

Пологого континентального склона и его подножья – аккумуляция донных осадков в основании склонов в виде прислоненных пологих декливиальных шлейфов с развитием крипа, оплывин и сейсмогенных оползней.

Конусов выноса каньонов – дистальная аккумуляция отложений мутьевых потоков с периодическим развитием эрозионных русловых процессов, как отголосков прохождения турбидитов, образующих протяженные эрозионные врезы шириной до 200 м.

Котловинная – зона конечной аккумуляции пелитовых илов с развитием донных контурных течений с шлейфами разноса алевритовых осадков (контуритов), плоскостного размыва, перемыва и эрозионных русловых процессов от отголосков мутьевых потоков с отложением алевропесчаных русловых осадков; развитие площадной загазованности донных осадков, сипинга.

Подводного грязевого вулканизма – площади проявлений связанного с ним комплекса ОГП и инженерно-геологических осложнений. Накладываются на различные вышеперечисленные зоны, интерферируя с ними.

Гидратоносная – площадь термодинамической стабильности газогидратов (глубины ниже 690 м), с которыми связан специфический комплекс опасных геологических процессов (газо-флюидная разгрузка, газовые карманы, снижение несущей способности грунтов, газогидратный тип грязевого вулканизма, метановые выбросы и оползневая активность при разложении газогидратов). Данная площадь, как и грязевого вулканизма, накладывается на другие вышеперечисленные. На границе термодинамической стабильности газогидратов и несколько выше ее широко развит метановый сипинг.

Из основных опасных ЭГП для Черного моря наиболее актуальны литодинамические процессы, грязевой вулканизм, а также загазованность донных отложений.

Геологические опасности, связанные с литодинамическими процессами

К опасным литодинамическим процессам относится довольно обширная группа ЭГП, где можно выделить две подгруппы:

– абразионно- и эрозионно-аккумулятивная: донная абразия, эрозия и аккумуляция, продвижение каньонов, миграция литодинамических форм и др.;

– декливиальные (гравитационные) процессы: оползни, обвалы, крип, оплывины, мутьевые потоки, турбидиты и др.

По разнообразию и активности развития ОГП, связанных с литодинамическими процессами, Черное море превосходит Азовское и Каспийское моря во много раз. Здесь активно развиты такие ОГП, как: абразия и эрозия морского дна с продвижением подводных каньонов и ложбин к береговой инфраструктуре, подводные оползни, обвалы, турбидитные и мутьевые потоки, миграция литодинамических форм и пр. Это связано в первую очередь с узостью шельфа, крутым континентальным склоном и его близостью к горному сооружению.

Изменения литодинамики вдоль шельфа вызваны вариациями его ширины, физико-механических свойств коренных пород, различной поставкой денудационного материала горными реками, выходом на шельф головных частей подводных каньонов. На характер и направленность литодинамических процессов возрастающее влияние оказывает техногенная нагрузка.

Миграции литодинамических форм на шельфе (песчаные волны, ложбины стока и пр.) создают опасность повреждения линейных сооружений на морском дне (трубопроводы, канализационные коллекторы, кабели) в результате их провиса и истирания.

Наиболее интенсивно опасные литодинамические процессы развиты в связи с активным продвижением к берегу головных частей крупных подводных каньонов, в частности Мзымты и Шахе (Рис. 1.14). Данные каньоны приближены к устьям крупных рек Кавказского побережья, соответственно, Мзымта и Шахе, составляя часть крупных денудационно-литодинамических каньонных систем (Рис. 1.15).

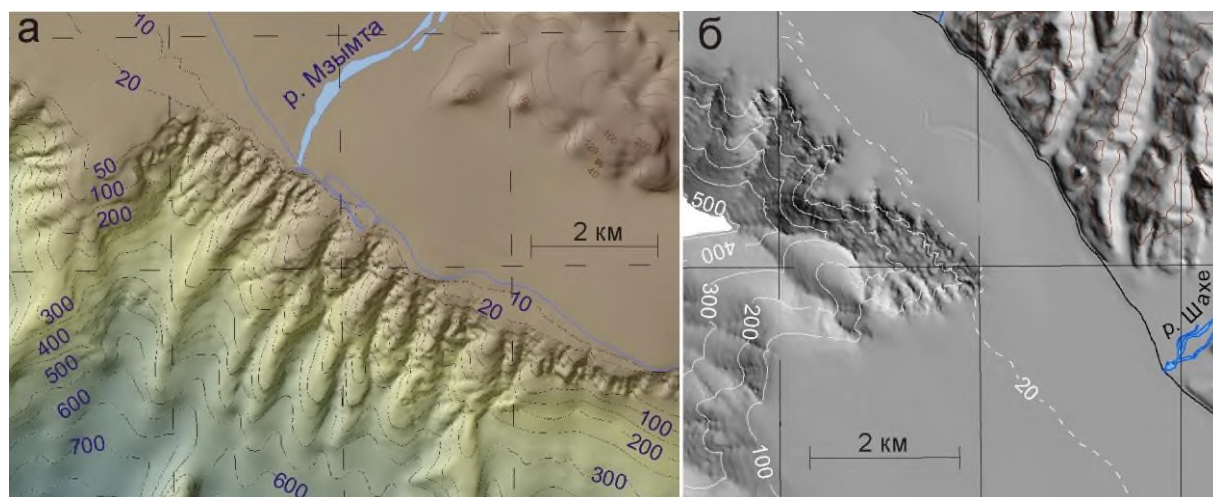


Рис. 1.14 Модели рельефа участков головных частей подводных каньонов Мзымты, Шахе по данным эхолотирования

а) Мзымты; б) Шахе

Остальные подводные каньоны российского прикавказского сектора, например, каньон Анапский, в условиях современного межледникового высокого стояния уровня Черного моря отделены более широкой полосой шельфа от денудационных речных систем, ранее питавших их. В результате активность большинства подводных каньонов в современный период значительно снижена.

Подводные каньоны служат наиболее энергетически активными системами, соответственно, с наиболее активным проявлением опасных ЭГП. По данным подводных наблюдений в головных частях каньонов Шахе и Мзымты выявлено широкое развитие подводных оползней, мутьевых потоков, отколов, обвалов и пр. (Рис. 1.16, Рис. 1.17). Головные части каньонов унаследованно врезаются в авандельты и погребенные долины рек, где отмечается подрусловая разгрузка подземных вод. Нередко субаквальная разгрузка подземных вод фиксируется вдоль тектонических трещин, по которым развиваются отвершки каньонов и их ответвления (Рис. 1.18).

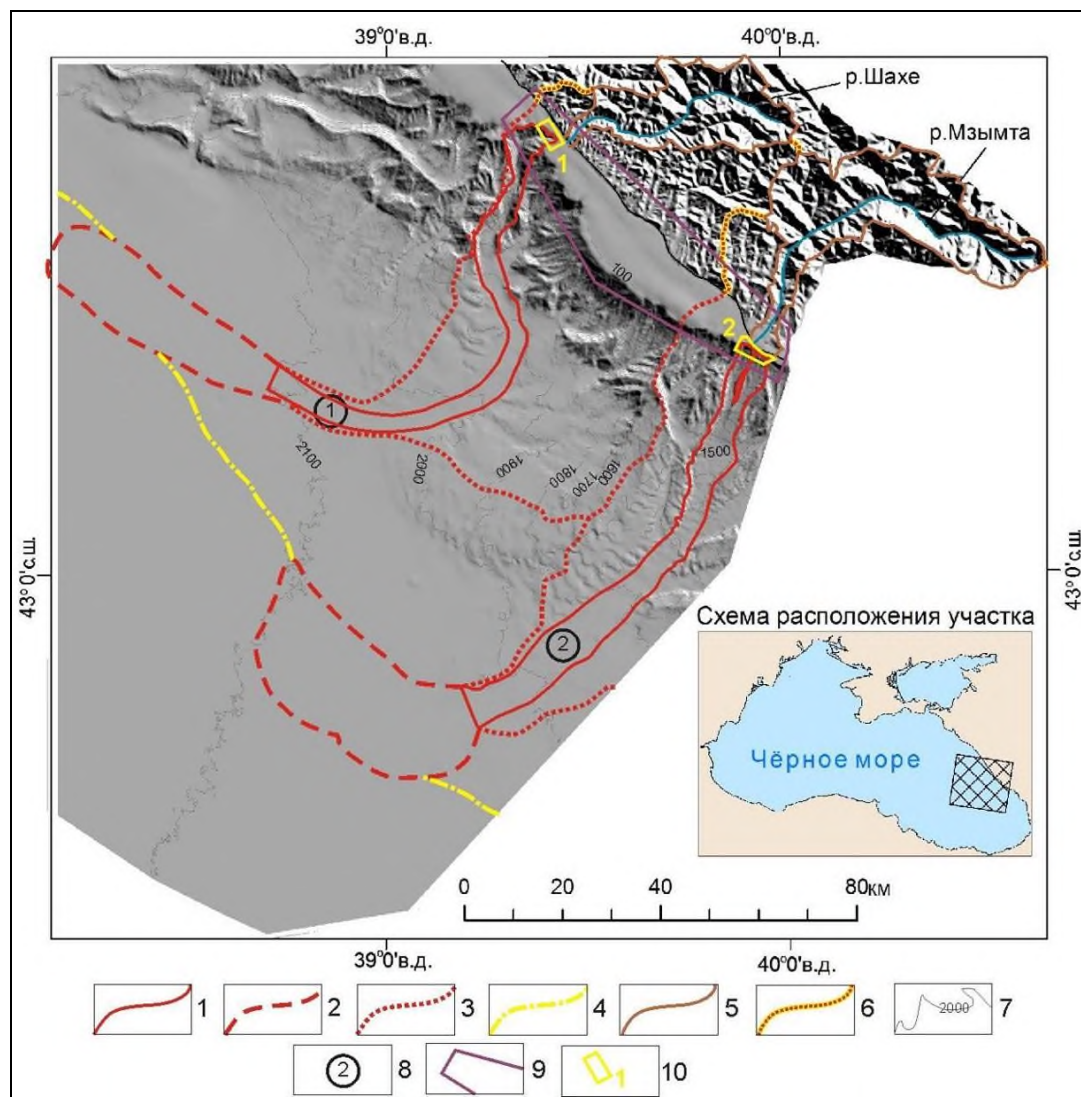


Рис. 1.15 Денудационно-литодинамические каньонные системы Шахе и Мзымты Светотеневой рельеф (по данным многолучевого эхолотирования SIMRAD EM-12).

Условные обозначения: 1 - граница каньона; 2 - граница конуса выноса каньона; 3 - граница подводного бассейна каньона; 4 - граница шлейфа разноса донных осадков; 5 - бассейн денудации рек Шахе и Мзымта; 6 - бассейн денудации суши; 7 - изобаты, через 100 м; 8 - каньоны: 1 - Шахе, 2 - Мзымты; 9 - контур Сочинского участка детализации; 10 - границы пунктов наблюдений: 1 - Головинский, 2 - Адлерский.

Активность опасных литодинамических процессов в головных частях каньонов по данным за 2008-2024 гг. составляет:

- среднемноголетняя скорость продвижения (абразии) каньонов Шахе и Мзымты к берегу оценивается в 2,6 м/год и 2,2 м/год соответственно, с вариациями от -10,2 м/год до 16,3 м/год на отдельных участках, годовые экстремумы скорости на отдельных участках достигают -34 м/год и 60 м/год;
- среднемноголетний коэффициент линейной пораженности оползнями головной части каньонов Шахе и Мзымты составляет, соответственно, 15,4 % и 22,2 %;
- среднемноголетний частотный коэффициент пораженности оползнями головной части каньонов Шахе и Мзымты составляет от 5,8 до 6,7 ед/км соответственно;
- коэффициент площадной пораженности оползнями головной части каньонов Шахе и Мзымты составляет около 1,29 % и 4,14 % соответственно;
- частотный коэффициент площадной пораженности оползнями головной части каньонов Шахе и Мзымты составляет около 12,2 ед/км² и 28,0 ед/км² соответственно;
- размеры оползней достигают 292 м шириной и площадью 44660 м².

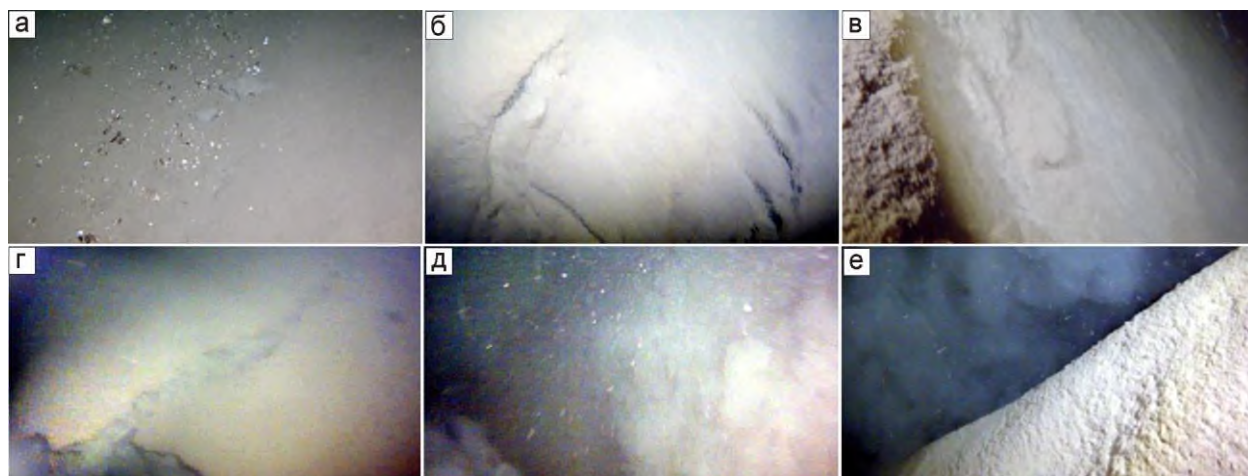


Рис. 1.16 Декливиальные процессы в головных частях подводных каньонов

а) декливиальный конус выноса из комковатого ила с отмытой ракушкой; б) оползание донных осадков; в) оползневое зеркало скольжения; г) трещина отрыва оползня; д) переход оползня в мутьевой поток; е) взмучивание при срыве нефелоидных осадков по ложбине.

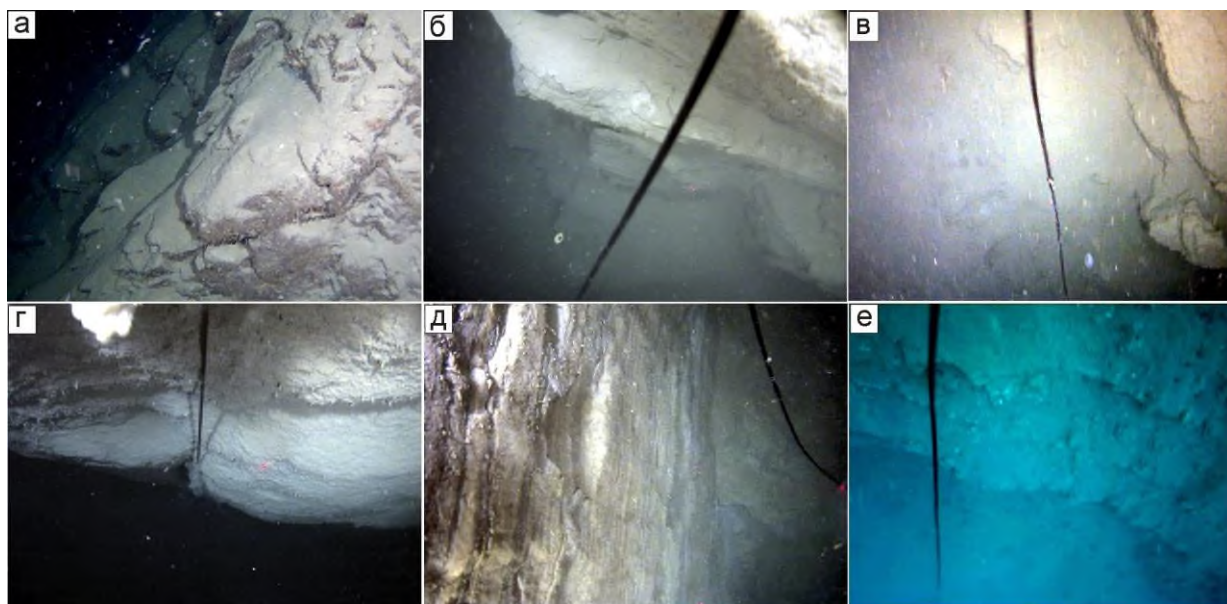


Рис. 1.17 Отколы и обвалы в головных частях подводных каньонов

а) скальный борт каньона Шахе, присыпанный свежим нефелоидным материалом; б-е) каньон Мзымты: б) отколы в стенке лиманных глин, в) трещины откола с отсевшими блоками пород на сочленении борт-днище каньона, г) нависающий карниз, д) свежий откол слоистых глин, е) осыпающаяся стенка галечно-гравийных отложений.

При приближении к берегу каньоны активно перехватывают вдольбереговой перенос пляжеобразующего материала, в результате чего происходит активное отступление береговой линии с разрушающим воздействием на береговую инфраструктуру. Данное воздействие усугубляется увеличением высоты и крутизны штормовых волн за счет концентрирующего геоморфологического влияния головных частей каньонов.

Вдоль тальвега каньонов выделяется несколько геоморфологических участков, обладающих собственным спектром литодинамических и декливиальных ЭГП: выпуклый, врезанный и затруднения движения. Кроме этого, дополнительно следует выделить примыкающие ниже к каньону участки глубоководного конуса выноса и контуритового шлейфа разноса (Рис. 1.19).

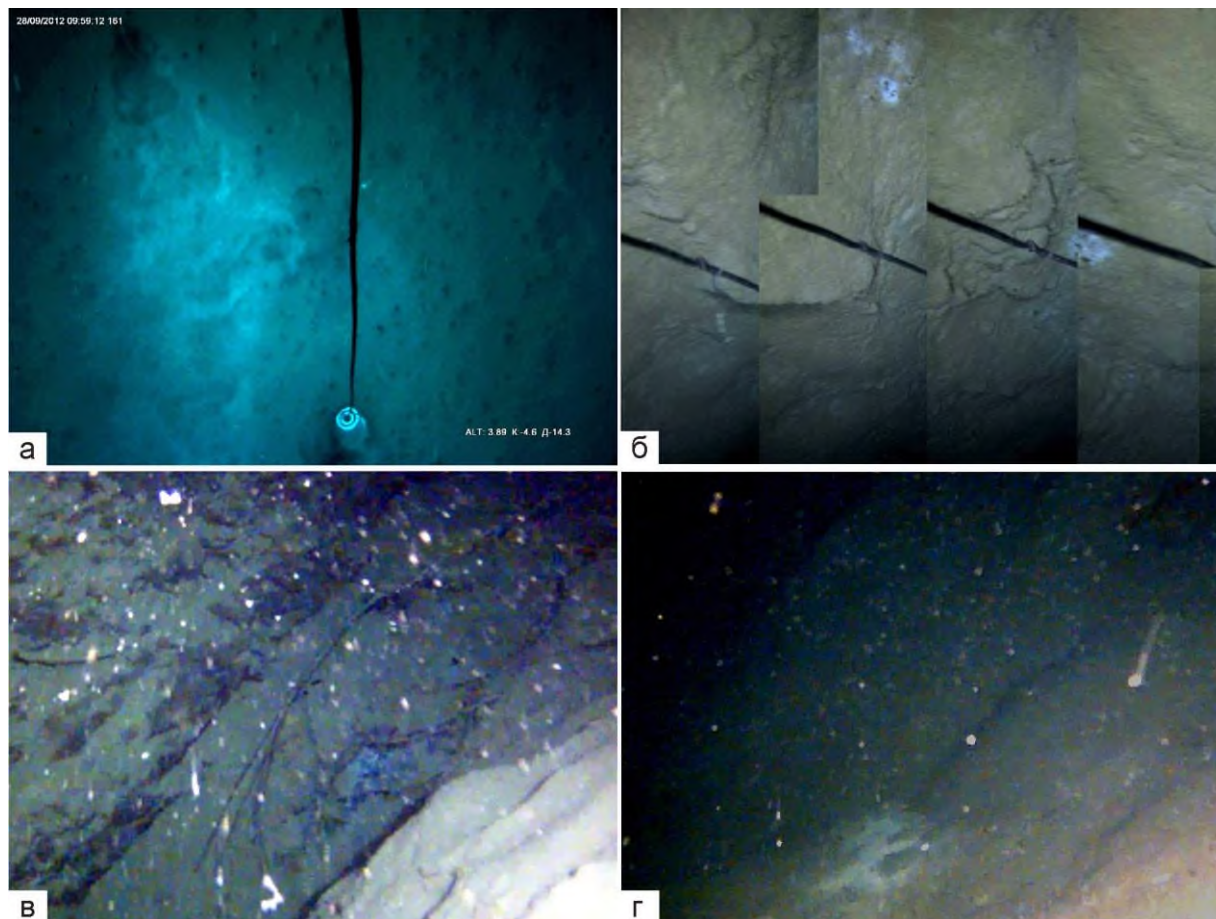


Рис. 1.18 Субаквальная разгрузка подземных вод (белесые пятна) по данным видеонаблюдений

а) обеление на поверхности современных авандельтовых отложений р. Мзымта у воронки высачивания; б) белесые пятна от разгрузки на вертикальной стенке подводного каньона Мзымты, сложенной кольматированными валунниками древней дельты р. Мзымта (накидной монтаж кадров); в) разгрузка (пятна обеления) по тектонической трещине в подводном каньоне Шахе; г) высачивание подземных вод в понижении морского дна среди выходов терригенных пород-коллекторов, подводный каньон Шахе.

Эти участки различаются характером литодинамики, декливиальных процессов и, соответственно, связанных с ними геологических опасностей (Рис. 1.20). Локальные отклонения в этой закономерности, ее повторения, вызваны эндогеодинамическими деформациями морского дна, перехватом русел каньона и другими причинами, исследование которых еще предстоит.

Выпуклый (оползневой) участок весьма узкий (до нескольких сотен метров), расположен в вершине каньона (Рис. 1.19). Характеризуется преимущественно аккумуляцией донных отложений за счет выноса рек с широким развитием таких опасных ЭГП, как оползни, оплывины, крип, осыпи и отколы. Развита абразионно-эрозионные процессы, присутствуют протяженные эрозионные ложбины стока. Аккумулируемый материал удаляется преимущественно оползневыми процессами с формированием мутьевых потоков на ниже примыкающем к нему врезанном участке. Донные осадки в разрезе с интервала уже в 1-1,5 м интенсивно загазованы, что дополнительно провоцирует оползнеобразование. Нередко такие загазованные осадки обнажены в оползневых зеркалах скольжения.

Участок врезанного каньона имеет выраженный вогнутый профиль (Рис. 1.19). Поперечный профиль каньона и его соподчиненных врезов на этом участке имеет V-образное сечение, трансформирующееся в нижней части участка до U-образного с расширением. Некоторые отвершки каньонов имеют щелеобразный поперечный профиль. Это область разветвления вершинной части и углубления днища, интенсивного развития абра-

зионно-эрозионных и обвально-осыпных процессов, транзита терригенного материала, формирования и прохождения турбидитных и мутьевых потоков. Интенсивность этих процессов нарастает к вершинам каньона. В результате участок обладает расчлененным абразионно-эрозионным рельефом с протяженными вертикальными стенками, уступами, карнизами, останцами, расщелинами и врезами, прислоненными декливиальными шлейфами (Рис. 1.16, Рис. 1.17). В днище каньона обнажаются коренные породы, присутствует прерывистый плащ донных осадков преимущественно псаммопсефитовой размерности, вплоть до валунистов.

В верхней части вогнутого профиля присутствует непротяженный (от сотен метров до нескольких километров) слабовыпуклый отрезок, образованный за счет промежуточного накопления материала абразии и декливи, активно поступающего с выпуклого оползневой участка. Это отрезок слияния мелких отвершков головной части каньона. Вероятно, именно этот отрезок вогнутого склона отвечает за формирование масс осадочного материала, дающих начало турбидитам.

Участок затруднения движения наиболее протяженный и отвечает пологому днищу каньона. На этом участке днище каньона имеет выраженный корытообразный профиль шириной до 8 км. В основное русло каньона здесь впадают крупные боковые каньоны, преимущественно левого борта, дополнительно сгружающие сюда осадочные массы. На участке за счет выполаживания и расширения днища каньона происходит потеря скорости транспортировки частиц и отложение донных осадков. В разрезе донных осадков и по площади присутствуют отложения от галечной до пелитовой размерности, нередко с большим содержанием детрита наземной растительности. Отличительной чертой сгружаемого сюда через более крутой участок врезанного каньона (зону транзита) осадочного материала служит высокая обводненность отложений и широкое развитие оползневой перемещения донных осадков с фрагментацией их разреза, присутствие интракластов. Оползневые тела образуют поперечный волнисто-грядовый рельеф широкой корытообразной долины (Рис. 1.21).

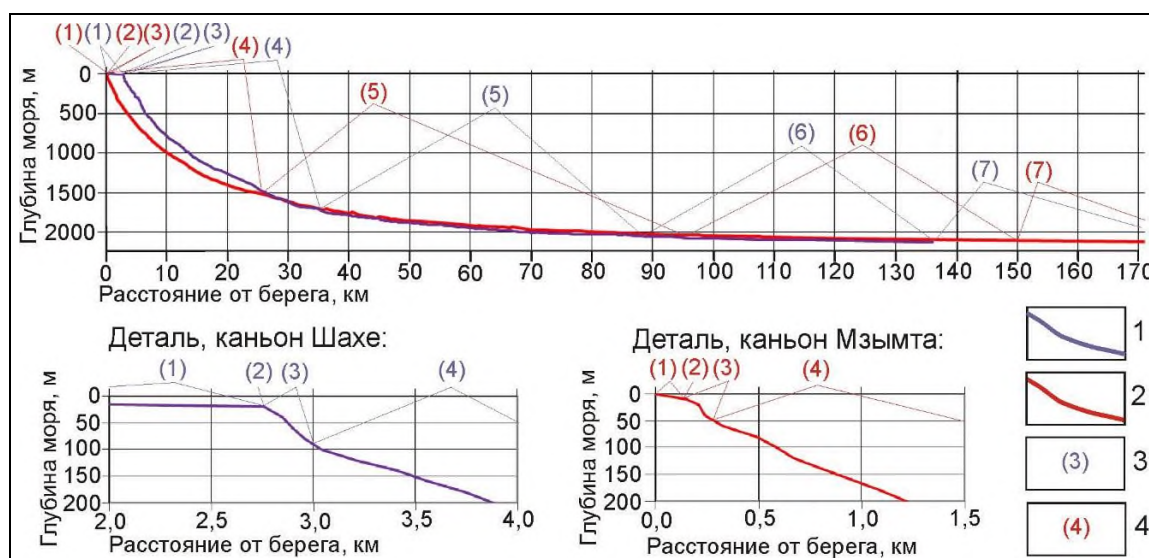


Рис. 1.19 Геоморфологические участки морского дна вдоль тальвегов каньонов Шахе и Мзымты

Условные обозначения: 1-2 - продольные профили дна вдоль тальвега каньонов: 1 - Шахе, 2 - Мзымты; 3-4 - геоморфологические участки морского дна на продольных профилях вдоль каньонов: 3 - Шахе, 4 - Мзымты. Геоморфологические участки: 1 - шельф; 2 - граница каньона (кромка шельфа, вершина каньона); 3 - выпуклый (оползневой) участок; 4 - врезанный каньон (вогнутый профиль); 5 - участок затруднения движения (выполаживание профиля); 6 - глубоководный конус выноса; 7 - шлейф разноса.

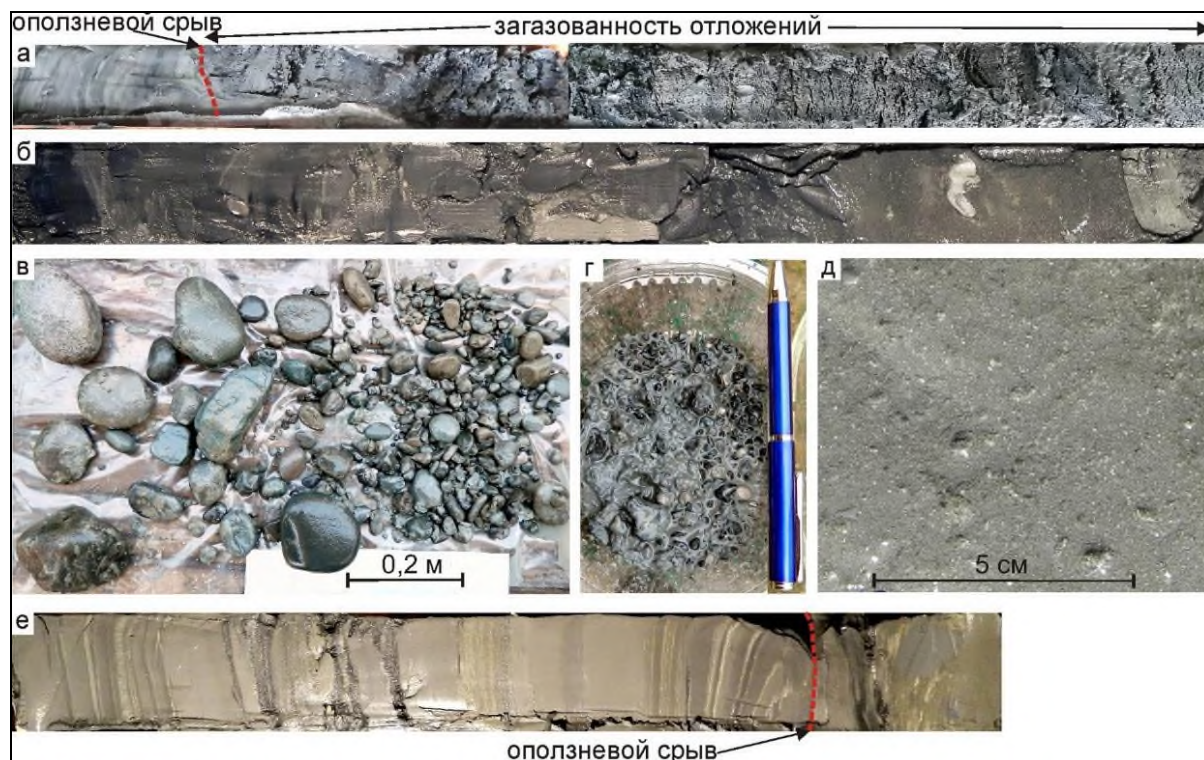


Рис. 1.20 Примеры грунтов с проявлением опасных ЭГП с различных участков подводного каньона

а) грунтовая колонка с выпуклого участка каньона Мзымты: алевропелитовый ил с проявлением оползней и загазованности, интервал от 0,3 до 1,8 м, глубина 75 м; б) грунтовая колонка с участка затруднения движения каньона Мзымты: интенсивно обводненная и фрагментированная оползневыми процессами с блоками песка и алевропелитового ила, интервал от 0,0 до 1,6 м, глубина 1503,7 м; в) валунно-галечные отложения с врезанного участка каньона Мзымты, глубина 1400 м; г) гравийно-галечные отложения с участка затруднения движения каньона Мзымты, интервал 0,5 м, глубина 2000 м; д) конус выноса каньона Мзымты - поверхность перемытого осадка, сложенного комочками ила, глубина 2068 м; е) борт каньона Мзымты: илы кокколито-сапропелевые и пелитовые с прослоями песка, оползневые текстуры, интервал от 1,0 до 2,0 м, глубина 1750 м

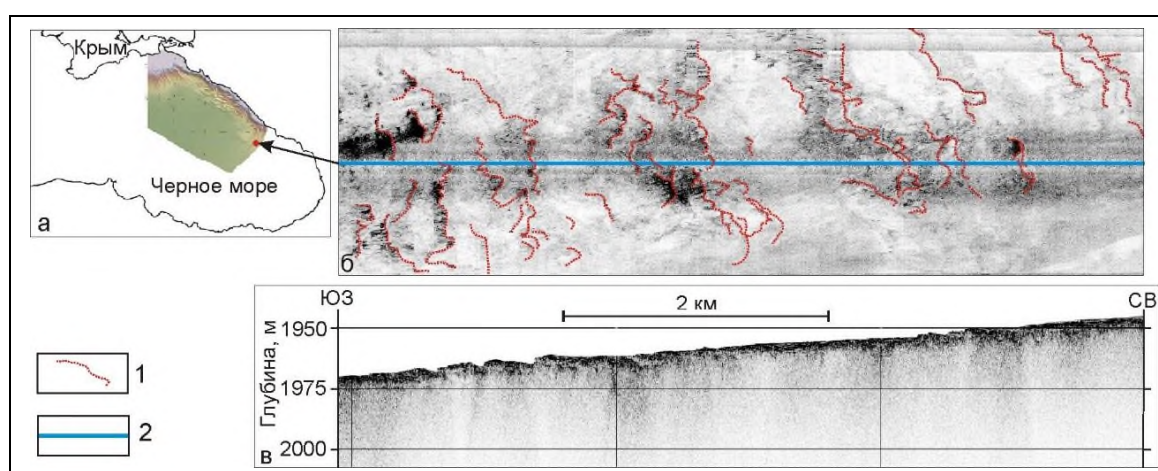


Рис. 1.21 Волнисто-грядовый рельеф в днище каньона Мзымты за счет развития оползневого перемещения грунтов

а) региональное положение участка; б) гидролокационное изображение дна; в) геоакустический разрез.

Условные обозначения: 1 - границы отрыва оползней (прорисовка) на гидролокационном изображении дна; 2 - трасса геоакустического профиля

Высота крупных оползневых тел (гряд) составляет от 10 до 30 м, ширина – от 0,5 до 1,5 км, протяженность до 5 км. Наряду с этим присутствуют русловые протоки, по которым периодически проходит транзит осадочного материала от мутьевых потоков.

Выположенные склоны каньона, примыкающие к участку затруднения движения, и межканьонные участки повсеместно поражены крупными оползнями, образующими здесь поперечный волнисто-грядовый рельеф. В грунтовых колонках присутствуют следы оползневых процессов: оползневые срывы, нарушение непрерывности и целостности разреза, его фрагментация.

В пределах глубоководного конуса выноса преобладают процессы аккумуляции осадков преимущественно алевропелитового состава с периодическим развитием эрозионных русловых процессов. Донный пробоотбор показал частое наличие в пределах площади конуса выноса и грубозернистых осадков (пески, гравийно-галечные отложения), где они зачастую прикрыты маломощным слоем перемытого осадка, сложенного из комочков ила различного состава. В понижениях на поверхности донных осадков присутствует обильная взвесь древесного детрита. В составе отложений присутствуют пачки интракластов.

Шлейф разноса донными течениями образован контурными течениями (контуритами), интерферирующими с конусами выноса. Присутствуют протяженные эрозионные врезы шириной от 100 до 200 м. Например, непосредственно по трассе газопровода «Голубой поток», глубина врезов варьирует от 2 до 6 м при ширине от 80 до 160 м. Здесь преобладают процессы аккумуляции пелитовых осадков с периодическим развитием эрозионных русловых процессов и плоскостного размыва от прохождения придонных контурных течений и отголосков мутьевых потоков с отложением алевропесчаных осадков с крупными знаками ряби (Рис. 1.22).

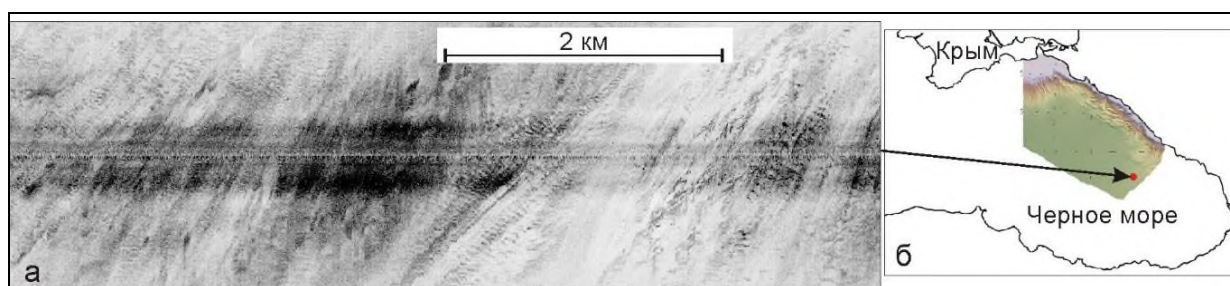


Рис. 1.22 Рябь течений на поверхности донных осадков конуса выноса каньона Мзымты
а) гидролокационное изображение дна; б) региональное положение участка.

Из основных опасностей, связанных с подводными оползнями, выделяют разрушение подводных инженерных сооружений, обрушение прибрежных районов в море и генерирование разрушительных цунами. Генерация крупных цунами подводными оползнями рассматривается как наиболее опасный процесс из всех опасностей, связанных с оползнями. Для Черного моря зафиксированы цунами высотой до 4 м. Даже небольшие подводные оползни могут быть опасными, если они происходят в прибрежных районах.

Необходимо отметить, что подводные оползни отличаются от сухопутных. Коренная отличительная особенность подводных оползней кроется в их формировании в области седиментации (аккумуляции), а не денудации, как у сухопутных. Условия подводной седиментации создают параллельно слоистые толщи донных отложений с небольшой латеральной изменчивостью на больших площадях. Это способствует формированию оползней большой площади. Вследствие этого подводные оползни могут быть на два-три порядка больше, чем сухопутные. Будучи обводненными и имеющими малую физико-механическую прочность, донные отложения способны к оползанию уже на склонах в 1° и даже менее. В связи с этим подводные оползни имеют широкое развитие, особенно в районах с преобладанием пелитовых отложений (Рис. 1.16, Рис. 1.23).

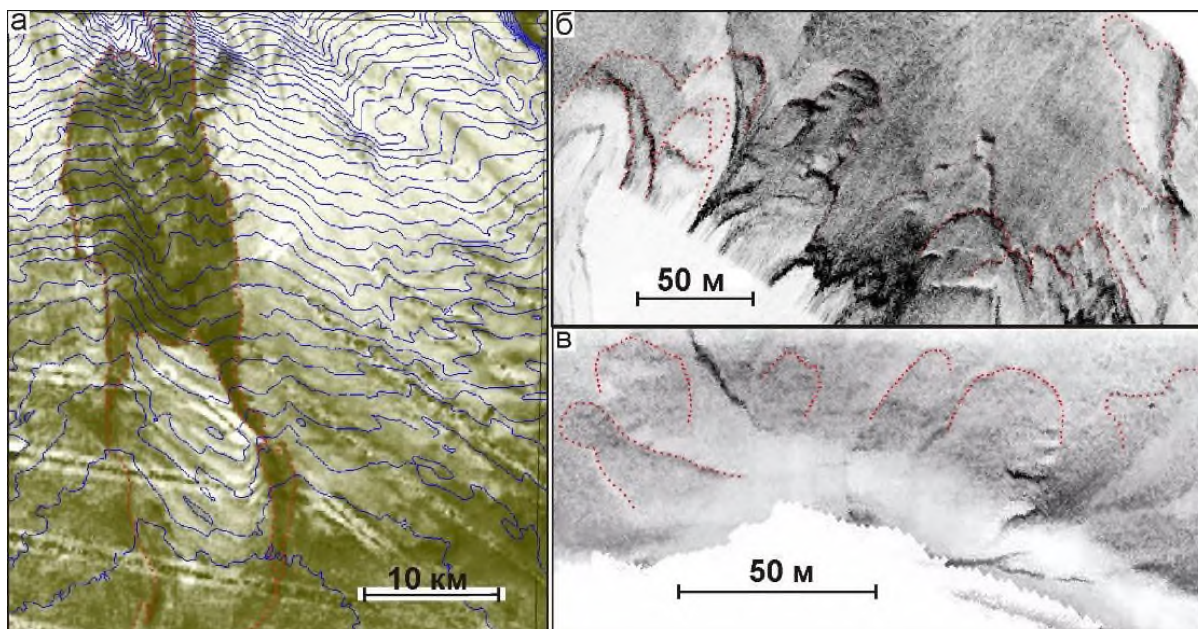


Рис. 1.23 Примеры подводных оползней (промаркированы красными точками) на гидролокационном изображении морского дна

а) гигантский оползень на конусе выноса Палеодона; б), в) оползни на бровке шельфа в вершинной части подводного каньона Мзымты.

В определении и классификации подводных оползней существует ряд разногласий, которые связаны с такими факторами, как скорость процесса, стиль разрушения, степень связности материала оползня и соотношение осадок/вода. Различают оползни, потоки обломков («сель»), турбидиты («лавина») и мутьевые потоки, образующие непрерывный ряд преобразования оползня за счет постепенного увеличения дезинтеграции и перемещения вниз по дну со смешиванием с водой. Многие оползни представляют собой сложную комбинацию различных стилей разрушения. Турбидиты и мутьевые потоки, инициированные оползнем, могут распространяться на сотни километров за видимую границу отложения обломков без очевидной связи с ним. Способность к перемещению подводных оползневых масс на большое расстояние связывается с эффектом гидропланирования, когда тонкий слой воды поддерживает скользящую массу грунта над дном, а также с взвешивающим влиянием воды.

Механизм образования подводных оползней также значительно отличается от образования сухопутных. Основными провоцирующими факторами образования (активации) подводных оползней служат:

- загазованность донных отложений. Загазованность донных отложений очень распространенное явление, где газ образуется за счет разложения заключенного в них органического вещества. Повышенное поровое давление приводит к снижению сопротивления трению скольжения и является ключевым фактором, влияющим на возникновение оползней. Оползневые зеркала весьма часто приурочены именно к кровле загазованных осадков;
- нарушение гравитационной устойчивости за счет поставки осадочного материала (седиментация, в том числе поставка твердого стока с бассейна денудации, поступление декливиа с вышележащего склона и пр.);
- слабые слои (обогащенные глинистой составляющей, водой и более пластичные, чем вышележащие) в слоистом разрезе. Быстрая седиментация может привести к образованию недоуплотненных грунтов с достаточно низкой прочностью;
- сейсмо- и эндогеодинамическая активность (сейсмические толчки, геодинамические деформации рельефа дна, глиняный диапиризм, активные разломы, грязевой вулканизм, вулканизм и пр.);
- скачки гидростатического давления (штормы, приливы, сейши, перепады

атмосферного давления, цунами, внутренние волны);

- подрезка склонов абразионно-эрозионными и декливиальными процессами (турбидитами, мутьевыми потоками, контуритами, другими оползнями);
- разложение газогидратов;
- газо-флюидная разгрузка и субаквальная разгрузка подземных вод;
- техногенное воздействие (взрывные работы, вибрация, техногенное изменение рельефа дна, отсыпки, дампинг, дноуглубление и пр.).

Механизмы варьируют от внезапных воздействий, действующих в течение очень короткого времени (например, сейсмические толчки), до геологических процессов, действующих на протяжении десятков и сотен тысяч лет (например, климатические изменения, изменение уровня моря, медленные геодинамические движения). В большинстве своем возникновение оползней является результатом сочетания нескольких факторов.

Одной из специфических черт подводных оползней служит то, что в условиях лавинной седиментации следы их существования могут исчезать уже через несколько дней после их схода, за счет отложения плаща новых донных осадков.

В прибрежной части Черного моря на характер литодинамики большое влияние оказывает примыкающая горная суша. Это выражается в залповом выносе большой массы терригенного материала в паводковые периоды и в результате обильных ливней с активизацией опасных литодинамических процессов в авандельтовых участках, вплоть до образования эфемерных островов (Рис. 1.24).



Рис. 1.24 Залповый вынос терригенного материала на шельф с образованием временных островов (устье р. Мацеста, 16.06.2023 г.)

Геологические опасности, связанные с грязевым вулканизмом и газо-флюидной разгрузкой

Грязевые вулканы на шельфе Черного моря известны в пределах Керченско-Таманской грязевулканической области. Здесь преимущественно развита газо-флюидная разгрузка в виде метановых сипов и площадной разгрузки нефтяного ряда. За пределами шельфа грязевые вулканы установлены в Туапсинском прогибе, вале Шатского и Восточно-Черноморской впадине (Рис. 1.25). Опыт морских исследований свидетельствует о высокой вероятности открытия новых подводных грязевых вулканов. Широкое развитие метановых сипов выявлено на континентальном склоне выше термодинамической границы образования газогидратов.

Грязевой вулканизм продуцирует широкий спектр явлений, разрушающе воздействующих на инженерные сооружения и оказывающих активное воздействие на геологическую среду. Собственно, с подводной грязевулканической деятельностью (извержениями) связаны геологические опасности и явления, рассмотренные в разделе 1.2.1 Бюллетеня.

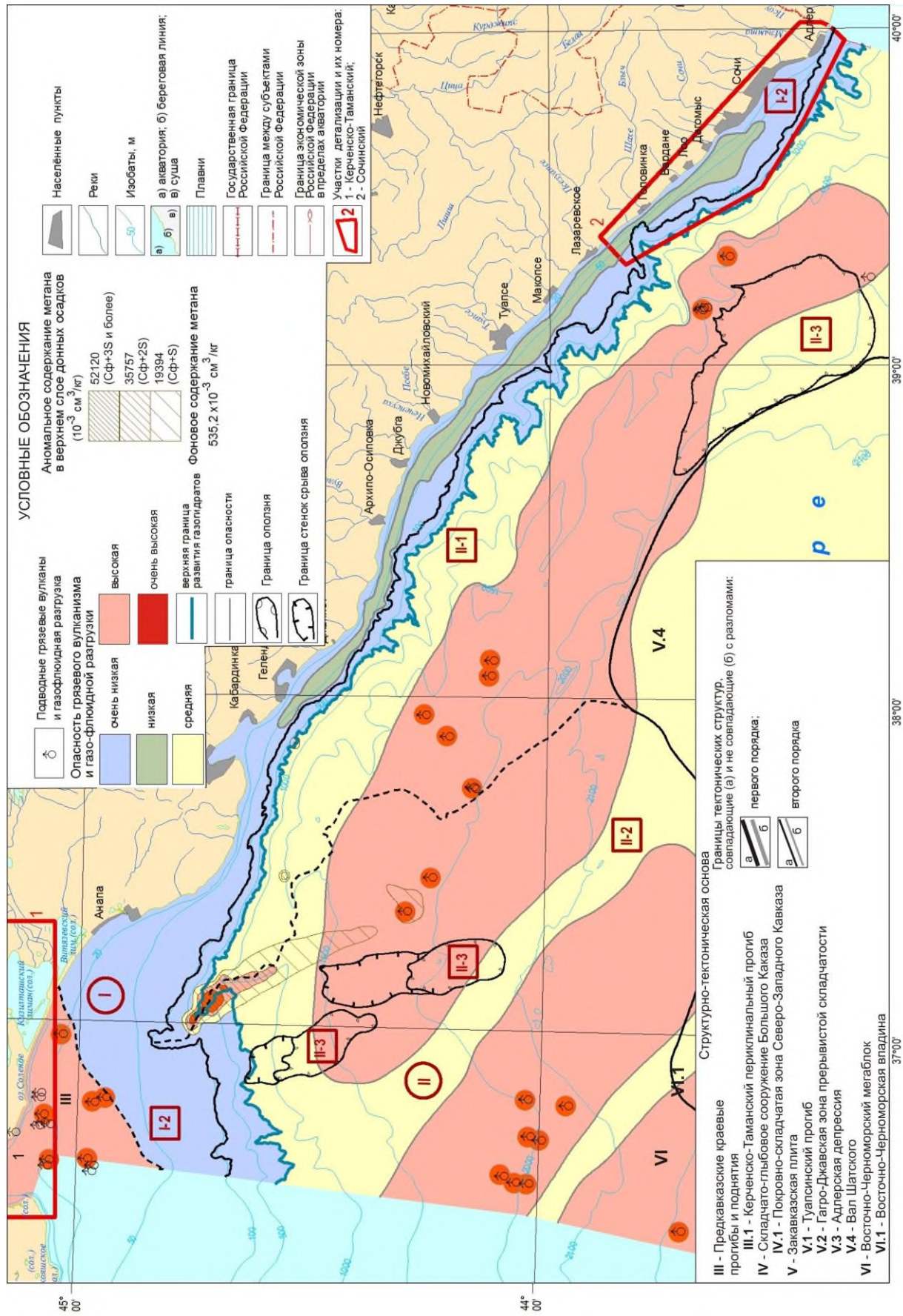


Рис. 1.25 Схема распространения грязевых вулканов и загрязненности донных осадков в Черном море

Геологические опасности, связанные с загазованностью донных отложений

Загазованность донных отложений связана преимущественно с метанообразованием при разложении в мощной толще донных осадков захороненного органического вещества. Загазованность отложений может служить также индикатором глубинной разгрузки флюидов. Интенсивно загазованные отложения выявлены на шельфе почти вдоль всего российского побережья Черного моря и в его котловине (Рис. 1.13, Рис. 1.26).

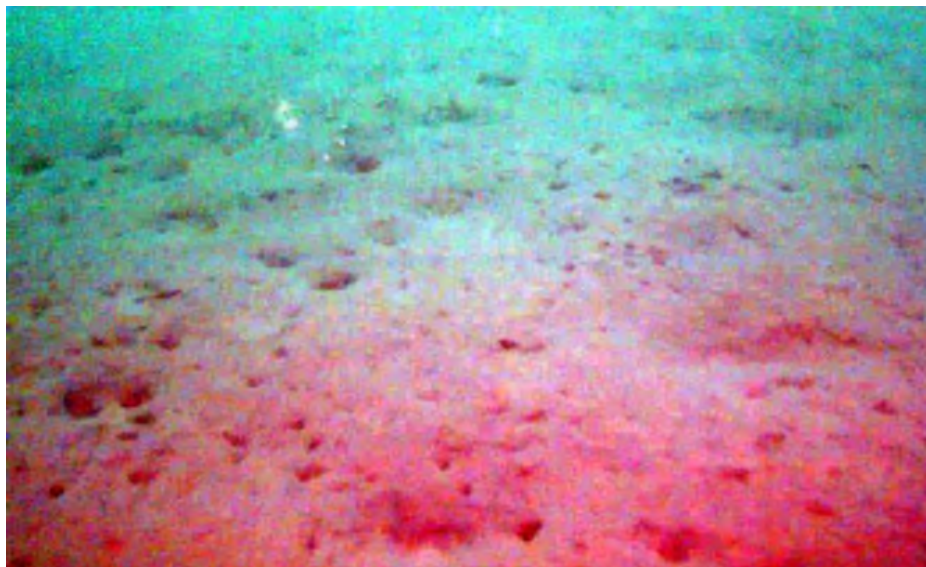


Рис. 1.26 Воронки дегазации в загазованных пелитовых грунтах на шельфе, Головинский пункт наблюдений (ширина кадра 3 м)

В настоящее время имеются данные о загазованности верхнего слоя донных осадков, полученные при опробовании грунтовыми трубками длиной до 3,5 м. В верхнем слое донных осадков Черного моря фоновое содержание метана составляет $535,2 \times 10^{-3} \text{ см}^3/\text{кг}$, его аномальное содержание достигает значений, превышающих $100\,000 \times 10^{-3} \text{ см}^3/\text{кг}$. Максимальное содержание зафиксировано в верхней части абразионно-эрозионного вреза Анапского каньона (Рис. 1.26), где достигает практически $500\,000 \times 10^{-3} \text{ см}^3/\text{кг}$.

С загазованными грунтами связан ряд геологических опасностей:

- нарушение физико-механических свойств, коррозионной активности и ослабление несущей способности грунтов;
- газовые прорывы при бурении с авариями и потерей плавучести плавсредств;
- формирование газовых карманов, осложняющих постановку нефтегазовых платформ;
- провоцирование оползней;
- активная дегазация вдоль оползневых нарушений и других нарушений сплошности разреза газонасыщенного грунтового массива.

Загазованность донных отложений служит одним из основных провоцирующих факторов формирования подводных оползней. Зачастую оползневые срывы развиваются именно по кровле загазованных донных осадков, как наиболее податливых к гравитационным срывам по физико-механическим показателям из-за нарушения сцеплений частиц грунта выделениями газа.

Геологические опасности, связанные с газогидратами

По различным оценкам Черное море рассматривается как высокоресурсный район в отношении залежей газогидратов метана. Термодинамические условия образования газогидратов метана и их прямые находки установлены в Черном море на глубинах свыше 700 м. В настоящее время газогидраты выявлены на палео-конусе выноса Кубани и Дона

на континентальном склоне близ Керченско-Таманского шельфа. Газогидраты часто генетически связаны с подводным грязевым вулканизмом.

При нарушении термодинамических условий своего существования газогидраты могут разлагаться и генерировать опасные процессы: залповый выброс метана, нарушение несущей способности грунтов и плавучести судна, провоцирование оползней. Разложение газогидратов - одна из основных причин аварий при морском бурении и эксплуатации нефтегазовых платформ. Для Черного моря газогидраты, как инициатор геологических опасностей, остаются весьма слабо изученными. Это связано с незначительной инженерно-геологической изученностью глубоководной части Черного моря.

Геологические опасности, связанные со специфическими грунтами

Геологические опасности, связанные с присутствием специфических грунтов рассмотрены в разделе 1.2.1. В грунтовом массиве четвертичного возраста Черного моря в качестве специфичных грунтов выступают сапропелевые и сапроколовые отложения (органо-минеральные грунты), загазованные грунты.

С подводной метановой разгрузкой, сопровождающей грязевой вулканизм и метановый сипинг, связана очаговая карбонатная литификация, рассматриваемая как скальное осложнение. Практика дноуглубления на Таманском шельфе под портовые сооружения (порт Тамань) показала, что при разработке коренных пород нередко встречаются не выявленные стандартным комплексом инженерно-геологических изысканий высокопрочные локальные скальные осложнения. С ними связаны поломки механических разрыхлителей грунта самоотвозных трюмных земснарядов, что приводит к финансовым и производственным потерям. Анализ результатов стандартных инженерных изысканий показал их недостаточность для выявления таких скальных осложнений и необходимость выполнения 3Д-исследований для их обнаружения. Во многом это связано с нестратифицированным характером залегания скальных осложнений (Рис. 1.27) и недоучетом геологических особенностей региона, обусловленных развитием подводного грязевого вулканизма, метановой разгрузки и их производных в неоген-четвертичный период.

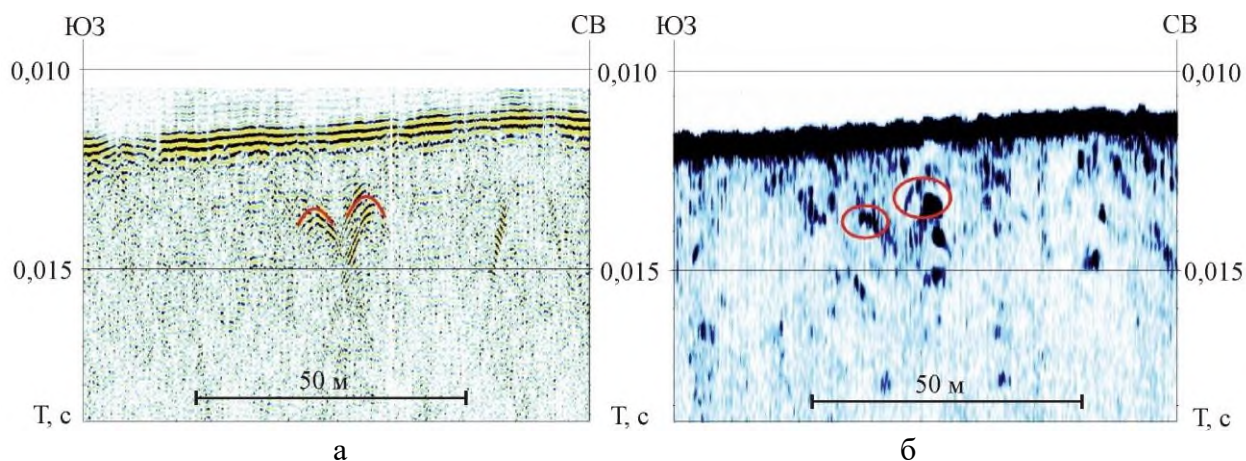


Рис. 1.27 Отображение локально распространенных скальных грунтов при различной частоте сигнала на временном фрагменте разреза по профилям Chirp-III (а) и SES-2000 (б)

В неоген-четвертичном грунтовом массиве Черноморского шельфа Керченско-Таманской грязевулканической области выявлено три морфогенетических типа скальных образований, присутствующих в верхненеогеновом глинистом разрезе:

- пластовые тела карбонатного состава (от известняков до известковых мергелей) с участием серпулово-микробиальных биогермов мощностью до 2,5 м в раздувах;

- субизометричные и воронкообразные метаногенные кавернозные карбонатные палеопостройки. В основном выделяются в виде частых холмообразных скальных бугристых тел доломитистого известняка (мшанковые метаногенные биогермы) протяженностью до 40 м и мощностью до 15 м в основании холоднодолиновской свиты

(N_{1hd}) на границе сарматского и мэотического яруса. Воронкообразные карбонатные образования имеют размеры в 1-3 м и встречаются в глинах зеленой свиты (N_{1zl}) сарматского яруса;

— карбонатизированные грязевулканические образования. Залегают секуще по отношению к стратификации разреза в потухших грязевулканических каналах - неках, дайках, жилах, субпластовых телах. Представлены крупными (до нескольких метров в поперечнике) весьма крепкими скальными ксеноблоками массивного известкового доломита округлой, эллипсоидальной и плитообразной формы. Петрографическое изучение показало, что это нацело карбонатизированная грязевулканическая брекчия, вынесенная из более глубоких частей грязевулканических каналов.

Насыщенность дочетвертичного грунтового массива на примере одного изученного участка локальными скальными грунтами (без учета сравнительно легко выделяемых относительно мощных пластов скальных грунтов) оценивается в 0,005 % объема с размерами от 0,5 до 4,9 м в поперечнике (Рис. 1.28). В результате абразионно-денудационного разрушения дочетвертичного грунтового массива глыбы скальных грунтов концентрируются на морском дне в прерывистом плаще рыхлых четвертичных отложений, где занимают до 0,9 % его площади.

Показаны поверхность морского дна в виде драпировки рельефа, скальные грунты (локальные и пласты), пачка полускальных грунтов панагийской свиты N_{1pn} .

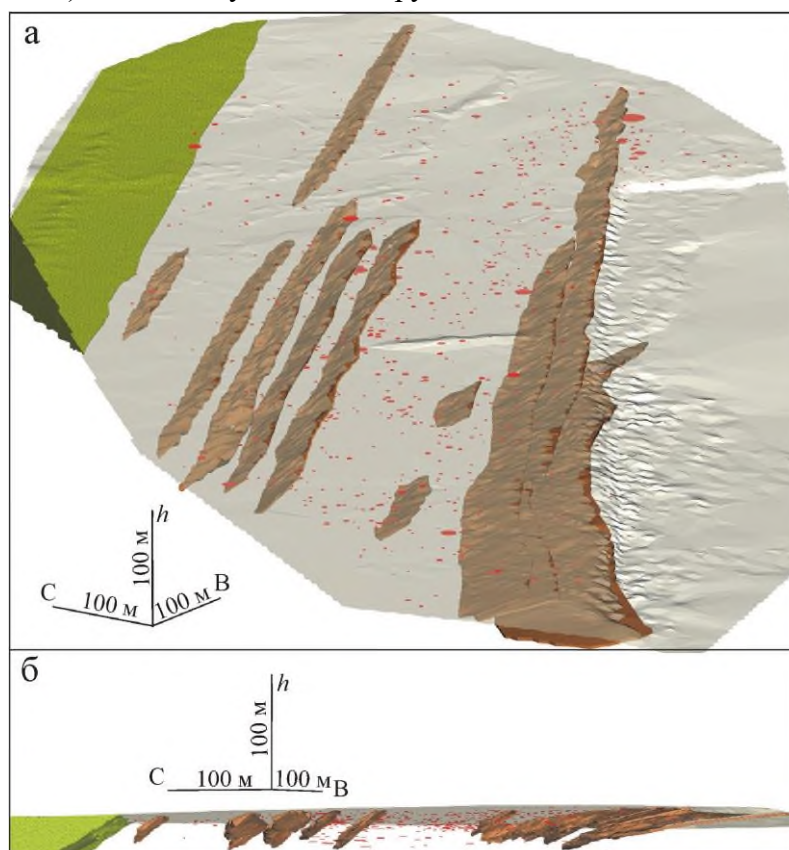


Рис. 1.28 Положение скальных и полускальных грунтов в грунтовом массиве на 3D-модели при ее вращении

а — вид сверху; б — вид снизу по простираанию

Условные обозначения: серый цвет — полупрозрачная драпировка рельефа морского дна; коричневые цвета — скальные пласты; красный цвет — локальные скальные грунты; зеленые цвета — пачка полускальных грунтов нижней подсвиты панагийской свиты N_{1pn1} . Цвета имеют различную насыщенность и оттенок в зависимости от ориентировки объектов показа и наложения полупрозрачной драпировки морского дна.

Геологические опасности, связанные с техногенезом

По своей значимости и степени воздействия на состояние недр, техногенные про-

цессы играют подчиненную роль и развиты локально. Техногенное воздействие в пределах площади мониторинга Черного моря приводит к деградации береговой зоны, нарушению литодинамики, рельефа дна и состава донных отложений на участках дноуглубления, дампинга и портовых сооружений.

Деградация береговой зоны в результате техногенеза отмечена в акватории Новороссийской и Геленджикской бухт и на локальных участках береговой полосы рекреационной зоны. В Новороссийской бухте наиболее полно представлены все виды техногенных нагрузок, а полузамкнутый характер бухты способствует усилению их воздействия. В Геленджикской бухте происходит проградация береговой линии за счет искусственной отсыпки пляжей, а замкнутый характер бухты способствует усилению техногенного воздействия.

Техногенное воздействие выявляется у юго-западной оконечности Таманского полуострова в связи с активным расширением здесь порта Тамань. Техногенное воздействие связывается с дноуглубительными работами по прокладке подходов судовых каналов, строительством причалов и дампингом в виде нарушений поверхности морского дна.

В региональном плане нарушение литодинамики и рельефа на участках дноуглубления и дампинга для Черного моря характерно в меньшей степени, чем для Азовского моря, в связи с его глубоководностью. Дноуглубление производится только в притаманской части шельфа в районе строящейся и расширяющейся инфраструктуры порта Тамань.

На Сочинском отрезке ПШЗ насыпные и железобетонные берегозащитные сооружения (боны, пирсы), расположенные ортогонально к береговой линии приводят к сокращению ширины пляжа (размыву), а иногда и к полной его потере, в результате препятствия вдольбереговым потокам, формирующим береговые отложения, а также активизации низового размыва. Техногенное изменение береговой линии после возведения Имеретинского порта восточнее устья р. Мзымты способствовало активизации береговой и донной абразии, ускорению продвижения отвершков каньона Мзымты к береговой инфраструктуре восточнее его по причине нарушения естественной вдольбереговой миграции выносимого рекой аллювиального материала.

1.2.3. Каспийское море

В ПШЗ Каспийского моря геологические опасности связаны со следующими ЭГП (по распространенности и степени воздействия на инженерные сооружения):

- загазованность донных отложений;
- литодинамические процессы;
- специфические грунты;
- техногенез;
- газогидраты.

Активизация опасных ЭГП, особенно в южной части российского сектора акватории, нередко вызвана эндогенной активностью региона.

Набор перечисленных опасностей и их активность распределены неравномерно.

Региональные закономерности развития экзогенных геологических процессов и связанных с ними геологических опасностей

В отношении ЭГП и связанных с ними геологических опасностей Каспийское море изучено наиболее слабо в связи с систематически как малым объемом проводимых работ, так и видами работ по причине финансовых ограничений. В основном сведения о характере и степени развития ЭГП основываются на средствах массовой информации, литературных и фондовых данных, а также доступной полевой информации, получаемой при выполнении Государственной программы геологического картирования М 1:200 000 и инженерно-

геологических изысканий.

Каспийское море по разнообразию и степени проявления геологических опасностей, связанных с ЭГП, значительно уступает Азовскому и Черному морям. ЭГП и развитие связанных с ними геологических опасностей определяются мелководностью и плоским характером морского дна Каспийского моря на основной площади мониторинга. Здесь проявлены: заиливание морских судоходных каналов и продвижение аванделът, подводные абразионные процессы. Последние оцениваются на среднемноголетнем относительно низком уровне. Декливиальные процессы развиты преимущественно за пределами 50-ти метровой изобаты.

Изменения характера и активности опасных ЭГП в Каспийском море определяются многолетними значительными колебаниями его уровня. Вариации уровня моря приводят к бедственным трансгрессивно-регрессивным изменениям положения береговой линии, достигающим на ряде участков 10 км и более. По характеру преобладающих ЭГП и связанных с ними геологических опасностей в ПШЗ Каспийского моря выделяются следующие зоны проявления ОГП (Рис. 1.29).

Абразионно-подводная - приурочена к выходам складчатых нижненеогеновых отложений в прибрежной части моря, где доминируют процессы волновой донной абразии и транзита пляжевого материала. Она соответствует Терско-Сунженской зоне осевой складчатости и Избербаш-Дербентской складчатой зоне Терско-Каспийского прогиба, расположенных в пределах дагестанского шельфа. Обладает изменчивым рельефом дна, где процессами донной абразии отпрепарированы скальные выходы пород (бенч). Из донных грунтов резко преобладает ракуша и ее детрит.

Аллювиально-морская - соответствует аванделътам Волги, Кумы, Сулака, Самура. Преобладает поставка и перераспределение аллювиального материала с выдвиганием береговой линии. В составе поступающего материала преобладает терригенная алевропелитовая и песчаная фракции, а также повышенное содержание органического вещества с диагенетической загазованностью грунтов и развитием специфических (органоминеральных) грунтов. Степень аккумулятивных литодинамических процессов здесь достигает опасного уровня и выражается в интенсивном заиливании морских судоходных каналов [7, 65], формировании отмелей, препятствующих судоходству.

Подводнолуговая - характеризуется литодинамикой в условиях предельного мелководья (транзитная зона суша-море) с интенсивным развитием водноболотной растительности и отложением специфических, заторфованных, грунтов.

Косовая, баровая - отвечает участкам развития кос, баров и пересыпей. Характеризуется волно-прибойной аккумуляцией песчано-ракушечного материала, в меньшей степени - отмученной волноприбойной деятельностью терригенной алевропесчаной фракции.

Морская волновая - соответствует обстановке прибрежного шельфа и мелководным участкам открытого моря с процессами размыва и аккумуляции под воздействием преимущественно волновой деятельности. На относительно приподнятых мелководных участках открытого моря, в частности подводных банках, присутствует значительное автохтонное поступление в состав донных осадков биогенного раковинного материала до формирования биогенных грунтов. Перемещение участков размыва или аккумуляции осадков могут приводить к повреждению линейных подводных инженерных сооружений (газо- и нефтепроводы) и рассматривается как опасный литодинамический процесс.

Морская течениевая и волновая - отвечает обстановке центрального шельфа с развитием процессов аккумуляции волновой и, преимущественно, течениевой деятельности. Здесь преобладает транспортировка и отложение более тонкой фракции, чем в морской волновой зоне, с пониженными физико-механическими свойствами грунтов.

Аккумулятивная континентального склона - аккумуляция донных осадков, крип, оплывины и сейсмогенные оползни.

Оползневая континентального склона - отвечает склону Дербентской впадины с углами наклона более $0,5^\circ$, где развиты оползни, крип, оплывины и эрозионно-аккумулятивные процессы.

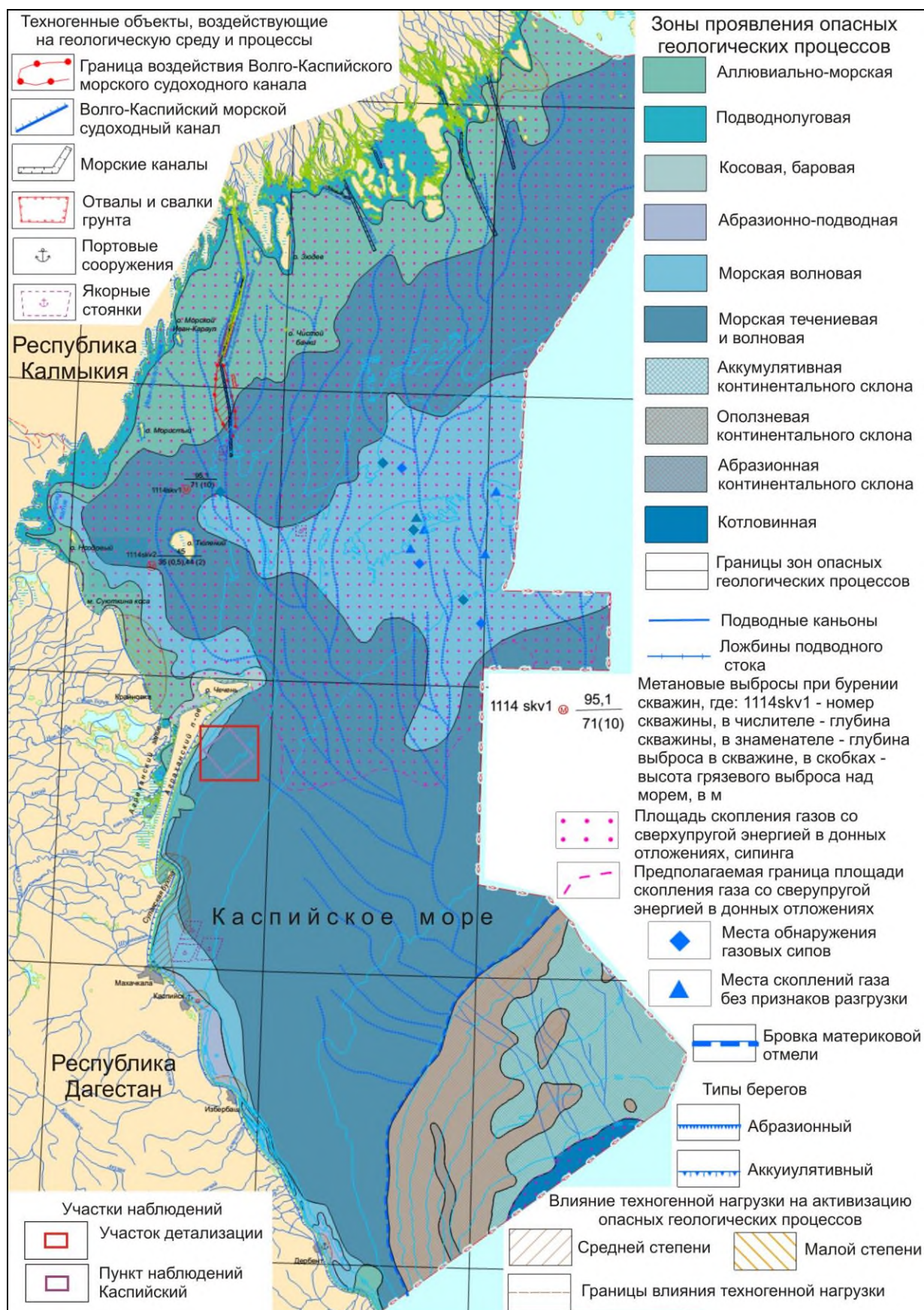


Рис. 1.29. Зоны развития экзогенных геологических процессов и связанных с ними основных геологических опасностей в Каспийском море

Абразионная континентального склона - отвечает более крутому склону Дербентской впадины с преимущественным развитием абразионных процессов в соответствии с геоморфологическими особенностями.

Котловинная - соответствует Дербентской впадине, где развиты аккумуляция пелитовых илов с развитием донных контурных течений, придонного шлейфового разноса, плоскостного размыва, перемыва и эрозионных русловых процессов от отголосков мутьевых потоков с отложением алевропесчаных осадков; развитие площадной загазованности донных осадков, сипинга.

Подводных каньонов (внемасштабная) - значительно менее выраженная по сравнению с таковой Черного моря, где могут проявляться абразионно-эрозионные и декливиальные процессы, транзит обломочного материала, развитие турбидитов, на выположенной нижней части - оползни, крип и оплывины.

Ложбины подводного стока (внемасштабная) - линейные участки, для которых характерны эрозионно-аккумулятивные процессы и транзит терригенного материала.

Геологические опасности, связанные с литодинамическими процессами

Изменения характера и активности геологических опасностей литодинамического типа в Каспийском море, в отличие от Черного и Азовского, определяются многолетними колебаниями его уровня. Разнообразие и степень развития опасных литодинамических процессов в ПШЗ Каспийского моря ниже, чем в ПШЗ Азовского и Черного морей.

В мелководной части Каспийского моря преимущественное развитие имеют аккумулятивно-абразионные литодинамические процессы. В результате перераспределения взмучиваемой пелитовой фракции и поступления преимущественно алевропелитового аллювиального материала происходит хроническое заиливание и занос осадками судоходных морских каналов и фарватеров с регулярной посадкой на мель судов.

Повышенное содержание органического вещества в отлагающихся донных осадках аллювиально-морской и бухтовой литодинамических зон формирует обширные зоны диагенетической загазованности и специфические (заторфованные) грунты, как опасные инженерно-геологические факторы при строительстве подводных сооружений и бурении.

Миграция литодинамических форм (песчаные волны, ложбины стока и пр.) создает опасность повреждения линейных сооружений на морском дне (трубопроводы, кабели) в результате их провиса и истирания.

В Северном Каспии на глубинах менее 10 м развита ледовая экзарация морского дна под действием стамух.

Наиболее выраженные и опасные для подводных сооружений ЭГП (эрозия морского дна в ложбинах и каньонах, оползни) развиты на материковом склоне (склон Дербентской впадины) при углах рельефа дна более 1°. Здесь помимо абразионно-аккумулятивных процессов присутствуют гравитационные и декливиальные процессы: оползни, оплывины, крип. По условиям рельефа обвалы и отколы не проявлены.

Геологические опасности, связанные с грязевым вулканизмом и газо-флюидной разгрузкой

Грязевой вулканизм и связанная с ним газо-флюидная разгрузка проявлены в Южном Каспии за пределами российского сектора. Развитые в российском секторе метановые сипы и газовые прорывы, углеводородная разгрузка к грязевому вулканизму не имеют отношения. Они связаны с диагенетической загазованностью грунтового массива и миграцией из залежей углеводородов.

Геологические опасности, связанные с загазованностью донных отложений

Для Северного Каспия характерны площадные скопления газов, преимущественно диагенетического метана, со сверхвысокой упругой энергией в донных отложениях. Как следствие этого здесь фиксируются активные газовые прорывы при бурении с глубины уже в несколько десятков метров, метановые сипы, формирование газовых карманов с ослаблением несущей способности грунтов.

Загазованность разреза и опасность газовых выбросов является одним из лидирующих опасных геологических процессов на Каспийском шельфе. Этому способствовали высокоамплитудные колебания уровня Каспийского моря, которые сформировали чередование флюидоупорных глинистых и коллекторных песчано-алевритовых пачек, соответствующих трансгрессивно-регрессивным циклам и эрозионным врезам. На выявление этого опасного явления направлены основные усилия морских инженерно-геологических изысканий.

На шельфе Северного Каспия выявлено огромное количество сейсмоакустических аномалий типа «яркое пятно» шириной на профилях от 50 м до 1 км. Другой тип акустических аномалий на шельфе – изогнутые акустические горизонты, отвечающие заполненным палеоврезам. Самые яркие аномалии делятся на два типа: горизонтальные аномалии «нарушенный слой» и вертикальные «трубы» (Рис. 1.30, 1.31). Для первых характерна бугристость, акустический горизонт становится волнистым вплоть до потери корреляции. Ниже таких нарушенных горизонтов, как правило, наблюдается зона потери корреляции. Отражения здесь хаотичны, нижележащие горизонты не прослеживаются. Для начала и конца зон характерен «раздув» нескольких осадочных слоёв с несогласием облекания. Зоны на глубине около 1 с занимают большую часть впадины Среднего Каспия. Этот слой имеет толщину от 50 до 250 мс.

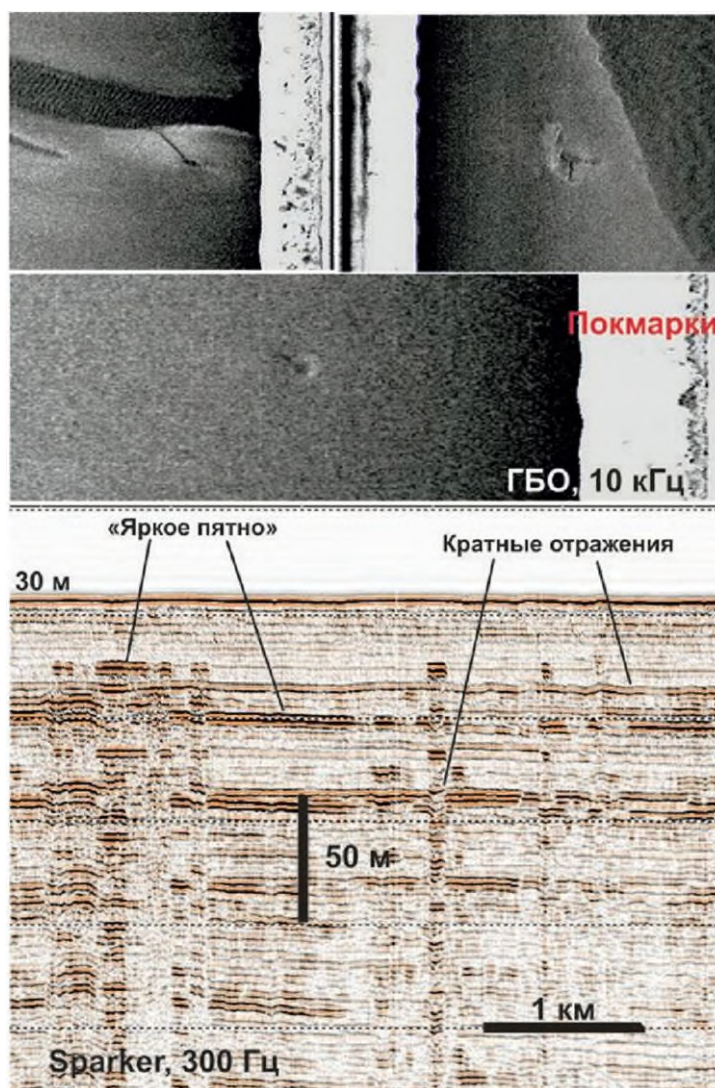


Рис. 1.30 Покмарки на записях ГЛБО (вверху), сейсмоакустические аномалии (внизу)
Иллюстрация из (Путанс В.А. и др., 2019)

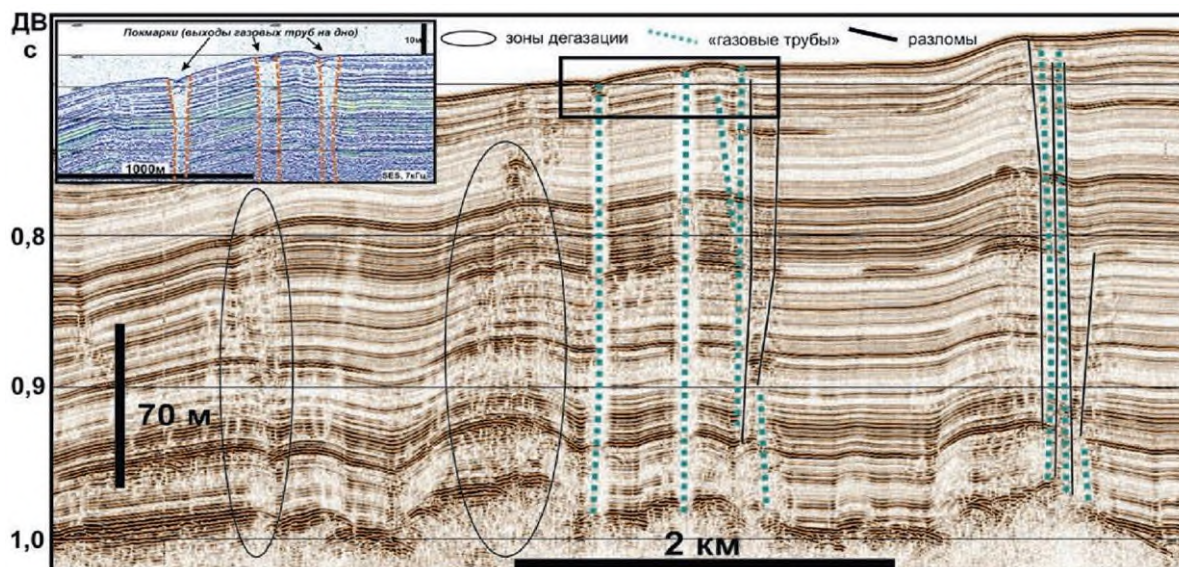


Рис. 1.31 Горизонтальные и вертикальные аномалии, покмарки
Иллюстрация из (Путанс В.А. и др., 2019).

Для второго типа аномалий («трубы») характерна ассоциированность с первым типом (бугристым слоем и хаотичной толщей) и многообразие проявлений. Имея корни в хаотичном слое, вертикальные зоны потери корреляции проявляются по всей видимой осадочной толще, вплоть до выхода на поверхность дна. В этом случае в рельефе дна наблюдаются выемки - покмарки. Однако чаще «трубы» до поверхности дна не доходят, кроме того, могут выглядеть не только как четкие «столбы» потери корреляции до прозрачности, но и просто как вытянутые зоны ослабления сигнала (Рис. 1.31). В этом случае они могут заканчиваться «ярким пятном», либо ассоциируются с локальными зонами дифракции, что часто сопряжено с погребенными каналами, либо иными нарушениями осадочных слоев.

Примером газовых прорывов может служить район о. Тюлений, где при картировочном бурении периодически происходили выбросы метана с разжиженной грязью. Наиболее интенсивные и продолжительные газовые выбросы зафиксированы на глубинах 35, 44 и 71 м от морского дна с высотой выброса грязи над буровой площадкой, соответственно, на 0,5, 2 и более 10 м (Рис. 1.29).

Газовые прорывы в кернах приурочены к существенно глинистым пачкам. Источниками прорыва служат ниже залегающие алевропесчаные пачки. Свежие прорывы представлены субвертикальными и кососекущими плоскостями и газо-флюидными брекчиями мощностью до 0,5 м (в среднем 15-20 см), где комки вмещающих тугопластичных глин размером в несколько сантиметров находятся в разжиженной глинистой пульпе с газовыделением (пузырение). Песчано-алевритовые пачки, примыкающие ниже к газовым прорывам, отличаются своей сухостью. Старые газовые прорывы имеют консистенцию, аналогичную вмещающим осадкам. Представлены они секущими зонами брекчирования мощностью до 0,5 м, интенсивного нарушения и фрагментирования слоистости, сближенными секущими плоскостями со смещениями вдоль них, осадочными дайками более песчанистого материала. Нередко вдоль плоскостей и в цементе развивается импрегнация дисульфидов железа и (или) гидроокислов. В разрезе скважин интервалы газовых прорывов в сумме занимают 5-7 % разреза, где вмещающие их существенно глинистые интервалы занимают, в свою очередь, в среднем 50 % разреза.

На Северном Каспии радиолокационным спутниковым зондированием выявлены периодические грифонные выходы газонефтенасыщенных флюидов из верхних горизонтов осадочных пород в связи с нефтегазоносностью региона (Рис. 1.32).

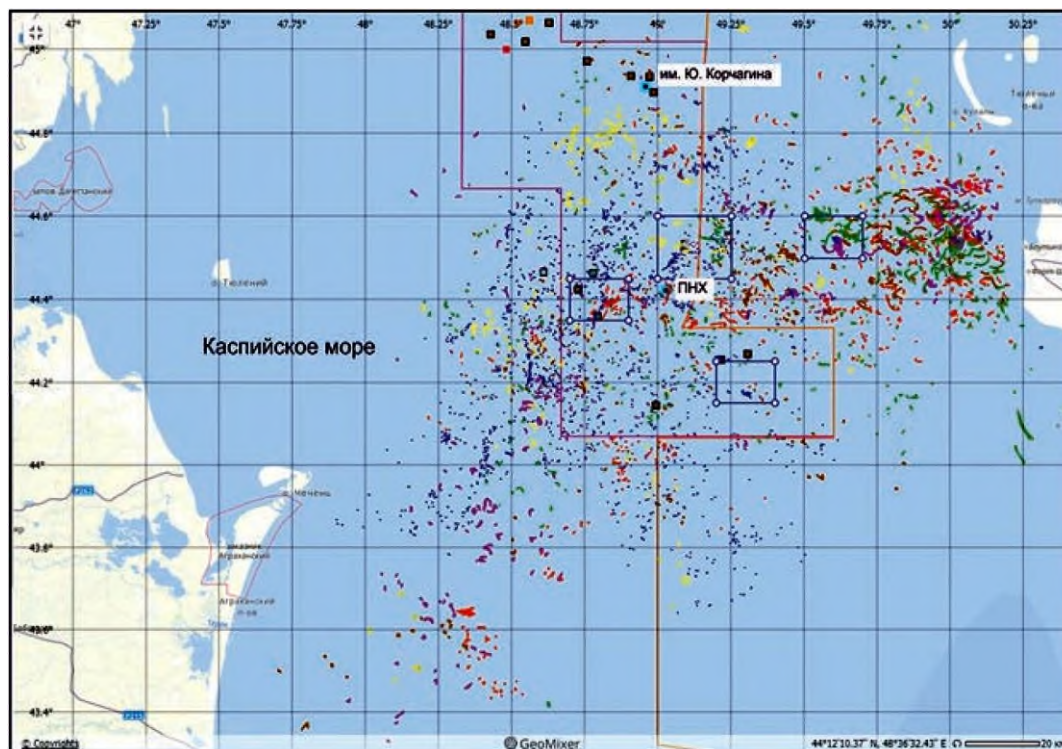


Рис. 1.32 Сводная карта естественных нефтепроявлений (как однозначно детектированных, так и вероятных), обнаруженных в Северном и Среднем Каспии в 2011–2016 гг.

По данным радиолокационного дистанционного зондирования (сиреневая линия – лицензионный участок ОАО «Лукойл», светло-коричневая – морская граница) из (Путанс В.А. и др., 2019).

Геологические опасности, связанные с газогидратами

Зона термодинамического существования газогидратов (глубже 700 м) располагается южнее границы Российского сектора в Дербентской впадине, но связанные с ней метановые сипы и, соответственно, геологические опасности возможны на подножье склона впадины.

Геологические опасности, связанные со специфическими грунтами

Обширные трансгрессивно-регрессивные колебания Каспийского моря в четвертичный период сформировали в Северном Каспии палеоврезы (палеоруслы, палеостарицы, палеозера), заполненные слабыми и специфическими грунтами - глинистыми текучими и текучепластичными, органоминеральными. С данными грунтами связаны опасности просадки и деформации фундаментов и инженерных сооружений. Выявление таких палеоврезов является одной из основных задач при проведении инженерно-геологических изысканий под постановку буровых вышек и нефтегазовых платформ.

С разгрузкой метана связано образование метаногенных скальных карбонатных построек. Сложены они сцементированными магниезальным карбонатом песчаниками с карбонатными оолитами. Как скальные образования среди нелитифицированных грунтов они служат осложнениями (препятствиями) при инженерном освоении шельфа, в частности при постановке нефтегазовых платформ и бурении. Плотность распространения фиксируемых гидролокацией относительно крупных тел (размером не менее 2 м), диагностируемых как метаногенные, по данным ГЛБО может достигать до 200 шт/км² и более.

Геологические опасности, связанные с техногенезом

По своей значимости и степени воздействия на состояние недр, техногенные процессы играют подчиненную роль и развиты локально. Из техногенных воздействий на окружающую геологическую среду в пределах площади мониторинга Каспийского моря

наиболее развиты: деградация береговой зоны; нарушение литодинамики, рельефа и состава донных отложений на участках дноуглубления и дампинга.

Отмечается возрастание воздействия на состояние недр в связи с активной добычей углеводородных ресурсов. К ним относятся, в частности, такие процессы, как микроземлетрясения от просадки пород при извлечении углеводородов из недр.

2. СОСТАВ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СЕТИ

2.1. Общие сведения

Наблюдательная сеть в ПШЗ Азовского, Черного и Каспийского морей включает семь пунктов наблюдений: Азовский, Темрюкский и Голубицкий в Азовском море, Железнодорожный, Головинский и Адлерский в Чёрном море, Каспийский в Каспийском море (Рис. 1).

Азовский пункт наблюдений введен впервые в 2023 г. взамен Тузлинского пункта наблюдений. Это вызвано тем, что Тузлинский пункт оказался в охранной зоне подводного газопровода с запретом на выполнение работ с касанием грунта, что не позволяло получать прямую информацию о состоянии недр. Азовский пункт наблюдений выделен, также, как и Тузлинский, для мониторинга грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки - участка подводного грязевого вулкана Пекло Азовское морской. В 2024 г. площадь пункта наблюдений Азовский увеличена с 4,4 км² до 16,6 км² (Рис. 2.1). Это вызвано необходимостью охватить восточнее участки газо-флюидной разгрузки, выделенные по анализу радиолокационных снимков. По результатам полученных данных за 2023 г. максимумы газо-флюидной разгрузки также приходились на восточную границу пункта наблюдений.

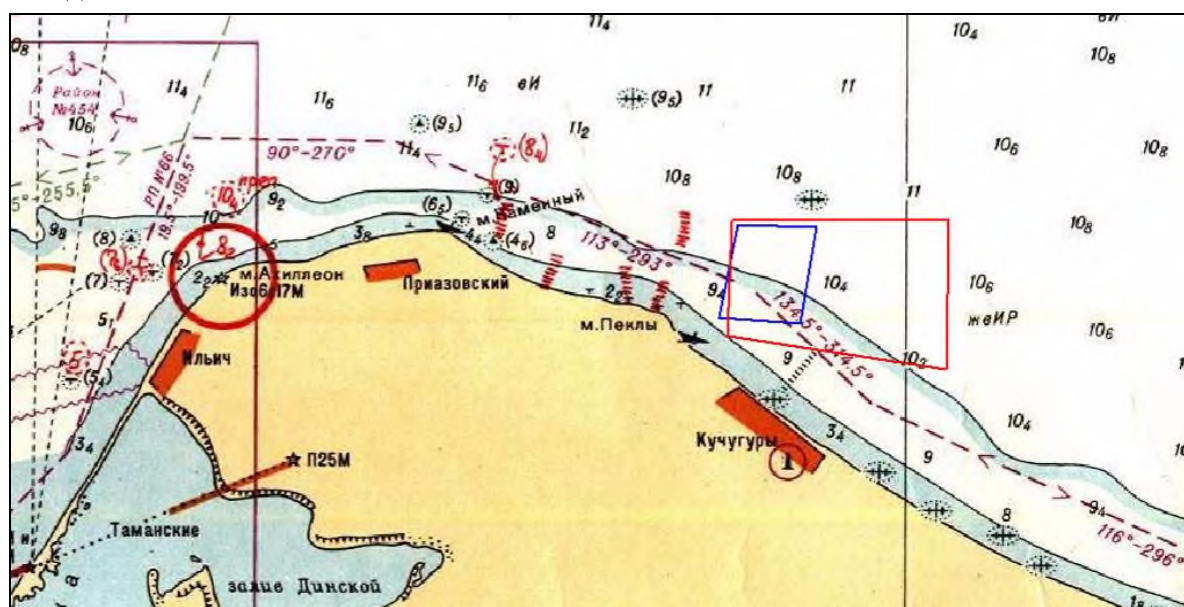


Рис. 2.1 Границы пункта наблюдений Азовский: в 2023 г. (синий контур) и расширенные в 2024 г. (красный контур) на навигационной карте

Каспийский пункт наблюдений введен впервые в 2024 г. взамен Тюленьего пункта наблюдений (Рис. 2.2). Доступ к пункту наблюдений Тюлений оказался затруднен расположением на пути следования к нему Районом № 205, используемого ВМФ РФ для учений и стрельб. Район № 205 с 2022 г. часто закрыт для плавания, что ставит под угрозу выполнение мониторинга. Кроме того, пункт Тюлений находится вдали от морской инфраструктуры и расположен в мелководье, что затрудняет доступ судна в условиях современного обмеления Каспийского моря.

Пункт Каспийский также направлен на мониторинг газо-флюидной разгрузки, присутствующей здесь по данным геологосъемочных работ масштаба 1:200 000. В частности, на сейсмоакустических разрезах в приповерхностной части присутствуют участки аномально высокого пластового давления, загазованности грунтов и признаки газо-флюидных прорывов; выделены газогеохимические аномалии в грунтах и морской воде.

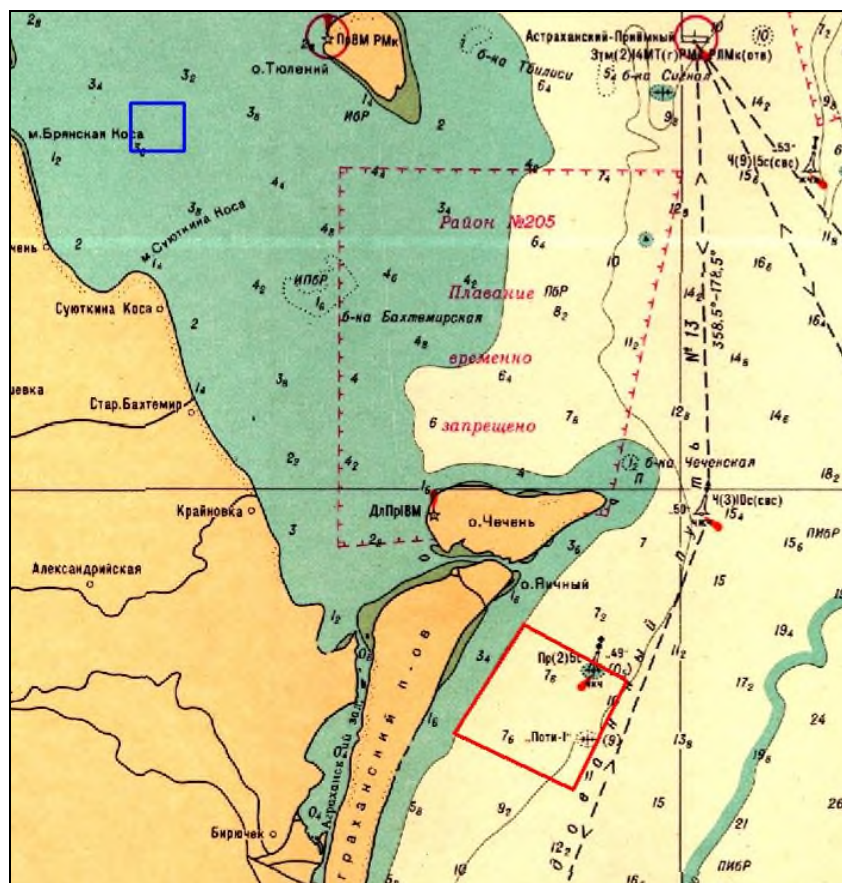


Рис. 2.2 Положение пункта наблюдений Тюлений (синий контур) и Каспийский (красный контур) на лоцманской карте

Пункт Каспийский обладает преимуществами перед пунктом Тюлений, так как расположен:

- в районе морской инфраструктуры (рекомендованный путь следования судов, навигационное обустройство);
- на участке благоприятных глубин морского дна;
- вне районов временного запрета на плавание, лицензионных и природоохранных площадей.

На четырех пунктах наблюдательной сети в акватории ПШЗ Азовского (Азовский, Темрюкский и Голубицкий пункты) и Черного морей (Железнодорожный пункт) выполняется мониторинг подводного грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки. Они образуют Керченско-Таманский участок детализации, как наиболее актуальный в связи с эксплуатацией здесь Керченско-Таманского транспортного перехода, сосредоточения морских и береговых инженерно-технических сооружений, объектов рекреации на фоне активного проявления подводного грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки, литодинамических процессов и эндогенных факторов активизации опасных ЭГП.

На Головинском и Адлерском пунктах наблюдений в прибрежно-шельфовой зоне Черного моря выполняется мониторинг опасных литодинамических процессов на фронте продвижения подводных каньонов Шахе и Мзымты. Данные пункты наблюдений образуют Сочинский участок детализации, как наиболее актуальный в связи с активным рекреационным использованием, сосредоточением морских и береговых инженерно-технических сооружений на фоне активного продвижения подводных каньонов к береговой зоне, активности связанных с этим опасных ЭГП.

2.2. Азовское море

Ведение наблюдений за состоянием недр ПШЗ Азовского моря проведено на трех пунктах наблюдений: Азовском, Темрюкском и Голубицком (Рис. 2.3 – 2.5).

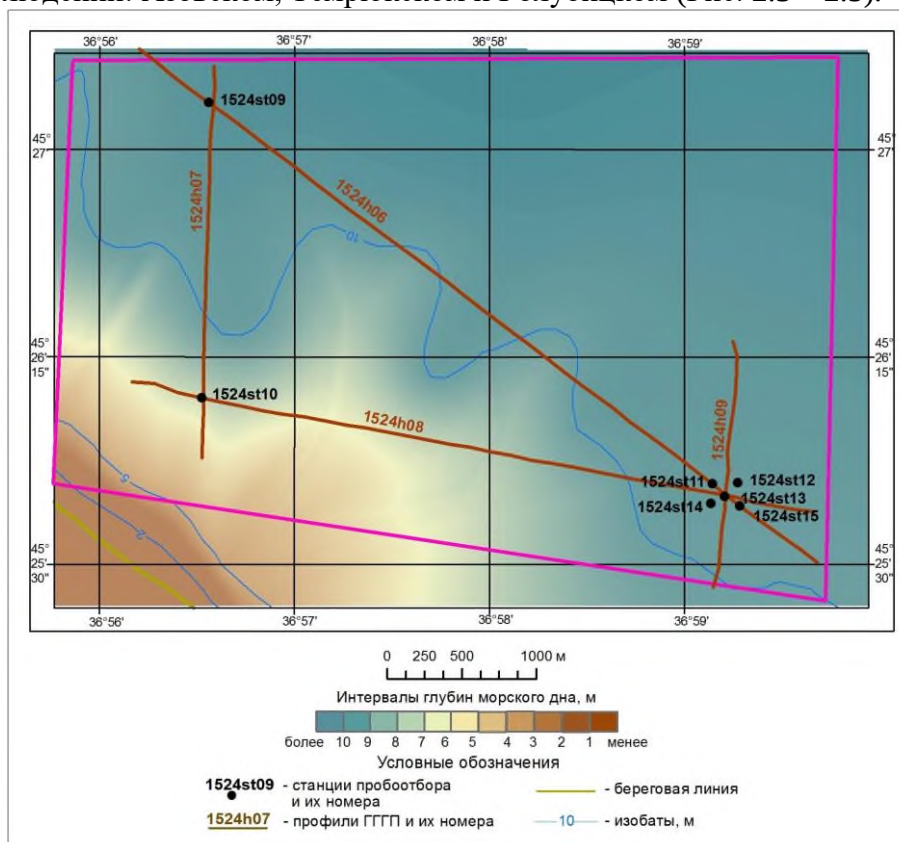


Рис. 2.3 Схема наблюдательной сети Азовского пункта наблюдений

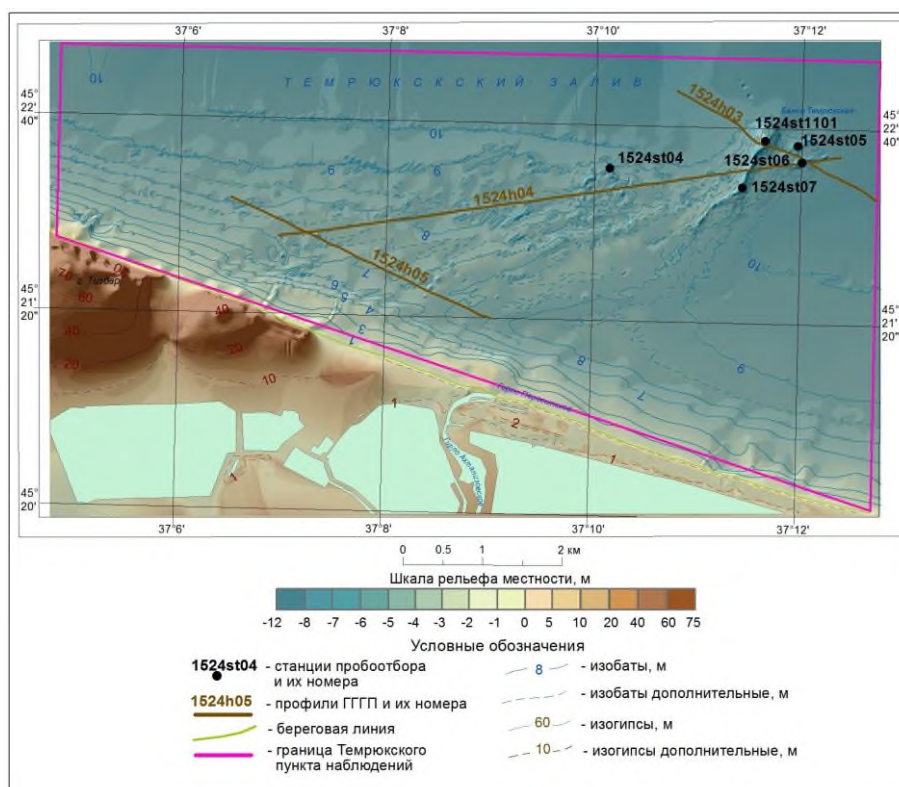


Рис. 2.4 Схема наблюдательной сети Темрюкского пункта наблюдений

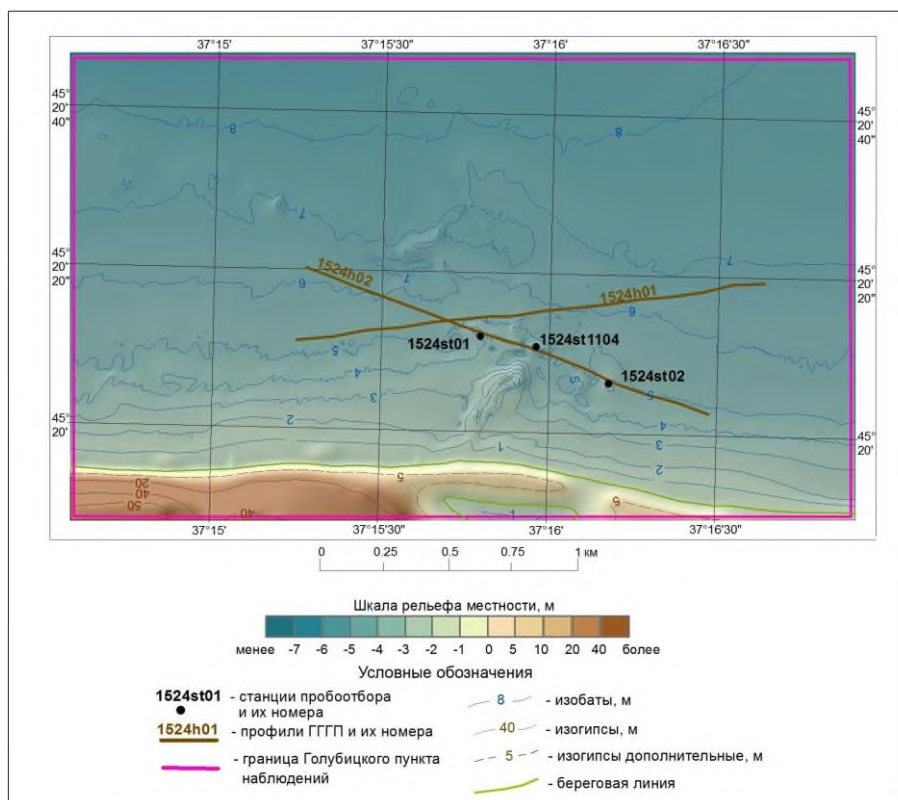


Рис. 2.5 Схема наблюдательной сети Голубицкого пункта наблюдений

Данные пункты наблюдений выделены для оценки активности подводного грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки и связанных с ними опасных геологических процессов (ОГП) на примере функционирования подводных частей грязевулканических полей – Пекло Азовское, Темрюкское и Голубицкое.

Наблюдения выполнены в запланированных видах и объемах работ. Распределение видов и объемов работ на пунктах наблюдений подчинено геоморфологическим и структурно-тектоническим особенностям их строения, ранее выявленным эпицентрам проявления ОГП.

2.3. Чёрное море

Ведение наблюдений за состоянием недр ПШЗ Черного моря проведено на трех пунктах наблюдений: Железнодорожном, Головинском и Адлерском в запланированных видах и объемах работ. Распределение видов и объемов работ на пунктах наблюдений подчинено геоморфологическим и структурно-тектоническим особенностям их строения, ранее выявленным эпицентрам проявления ОГП (Рис. 2.6 – 2.8).

Черноморская часть Керченско-Таманского участка детализации определена как актуальная в связи с расширением и эксплуатацией порта Тамань, сосредоточением морских и береговых инженерно-технических сооружений, объектов рекреации на фоне проявления грязевого вулканизма и эндогенных факторов активизации ЭГП. Здесь работы проведены на Железнодорожном пункте наблюдений, как потенциальном для активизации подводного грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки.

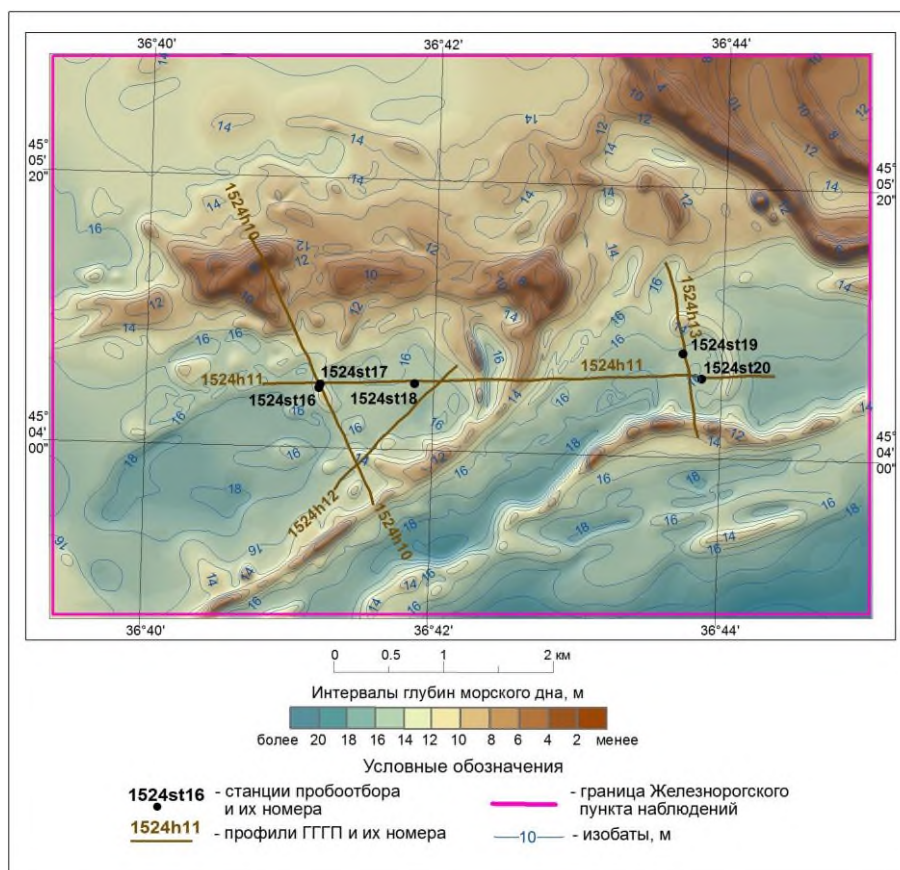


Рис. 2.6 Схема расположения наблюдательной сети Железнодорожного пункта наблюдений

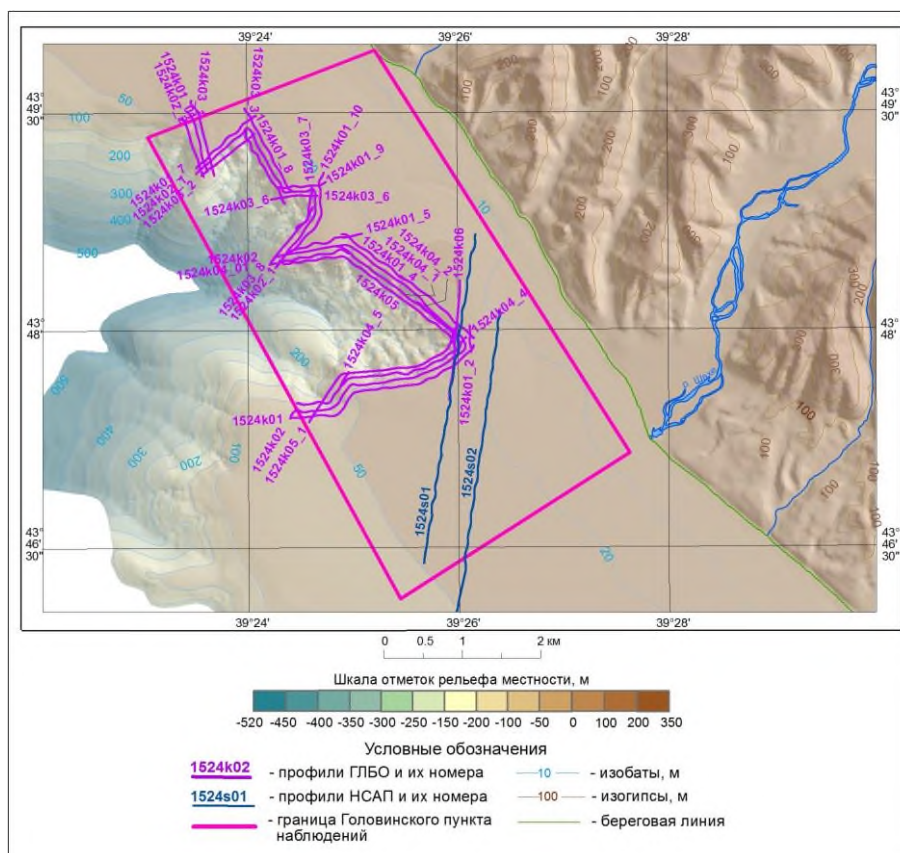


Рис. 2.7 Схема расположения наблюдательной сети Головинского пункта наблюдений

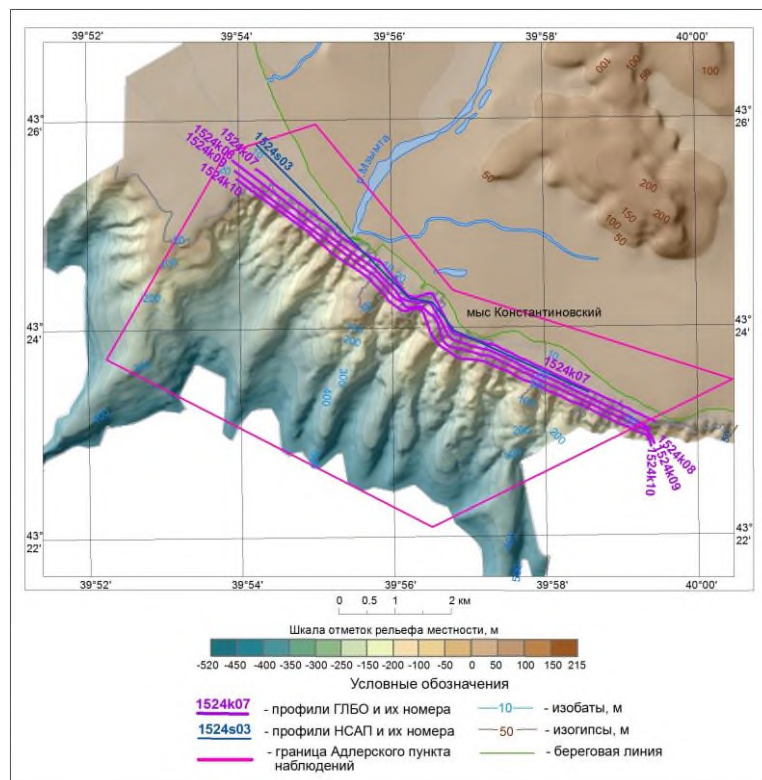


Рис. 2.8 Схема расположения наблюдательной сети Адлерского пункта наблюдений

2.4. Каспийское море

Ведение наблюдений за состоянием недр выполнялось на Каспийском пункте наблюдений с целью выявления и оценки газо-флюидной разгрузки (Рис. 2.9).

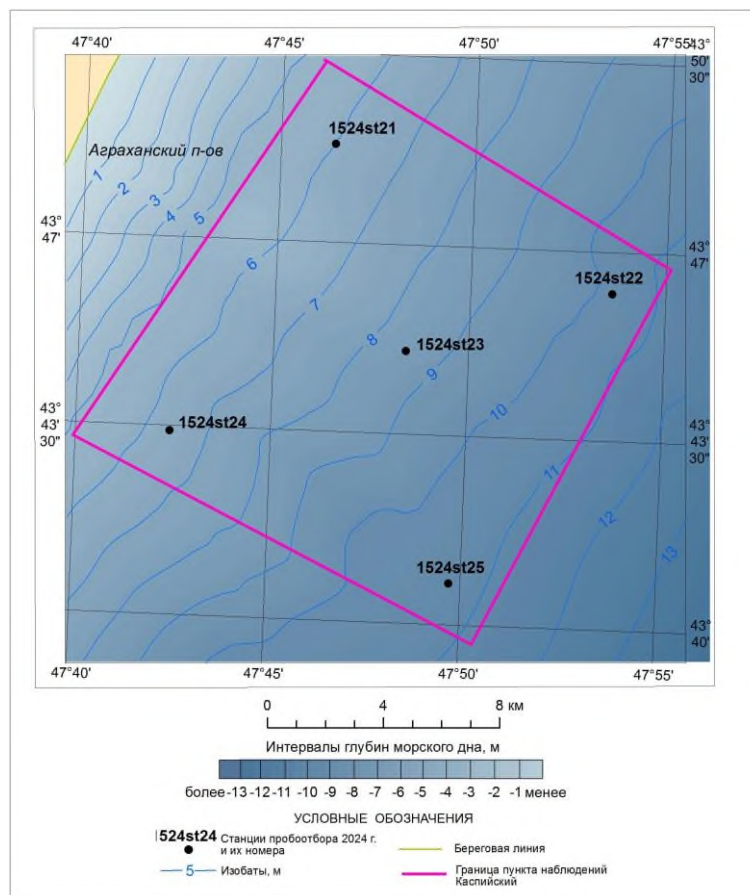


Рис. 2.9 Схема расположения наблюдательной сети Каспийского пункта наблюдений

3. РЕГИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

3.1. Азовское море

Актуализированный каталог проявлений опасных ЭГП в ПШЗ Азовского моря (по состоянию на 01.12.2024) приведен в Приложении А. В соответствии с каталогом лидирующими опасными ЭГП в ПШЗ Азовского моря служат грязевой вулканизм и газо-флюидная разгрузка, на которые приходится около 54 % проявлений. Вторыми по количеству опасных ЭГП следуют опасные литодинамические процессы (аккумулятивные и абразионно-эрозионные) занимают второе место по распространенности.

Региональная активность опасных ЭГП в ПШЗ Азовского моря морскими работами оценивалась только в отношении грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки на трех пунктах наблюдений: Азовском, Темрюкском и Голубицком. Активность других опасных ЭГП оценивается на основе анализа публикаций и средств массовой информации.

Литодинамические процессы

Опасные литодинамические процессы занимают второе место по количеству проявлений. В Азовском море преобладают абразионно-эрозионные и аккумулятивные ОГП.

Аккумулятивные процессы в виде хронического заиливания донными осадками морских каналов, фарватеров и акваторий портов, формирований мигрирующих банок и островов с опасностью посадки судов на мель находились на среднемноголетнем уровне. Продолжается общее обмеление Азовского моря за счет переотложения алевропелитового материала от абразионно-эрозионного размыва берегов и поставки аллювия, в том числе такими крупными реками, как Дон, Кубань, Протока.

Опасные декливиальные процессы для Азовского моря не характерны. Здесь в пределах абразионно-оползневых берегов отмечается продвижения береговых оползней в сторону моря на расстояние до первых десятков метров (Рис. 3.1). Их активность оценивается на среднемноголетнем уровне.

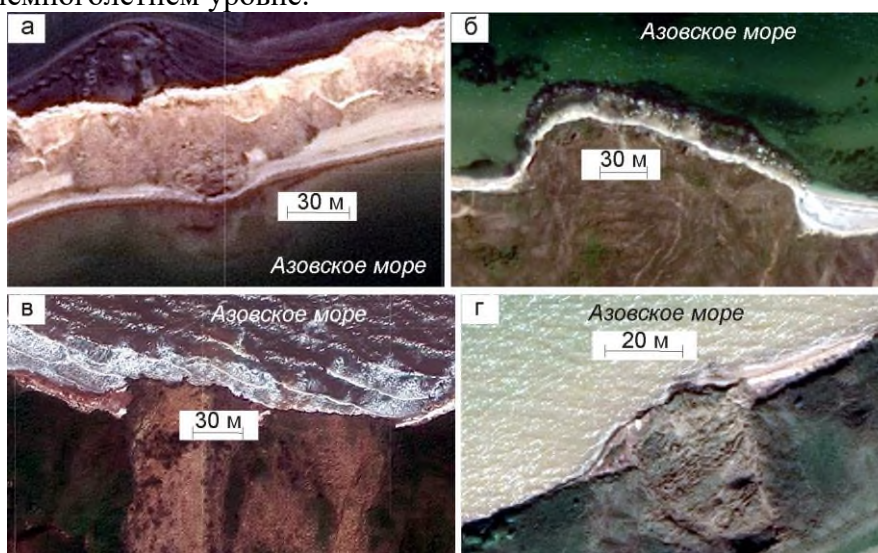


Рис. 3.1 Береговые оползни, развивающиеся в акваторию Азовского моря
 а) село Весело-Вознесенка Неклиновского района Ростовской области; б) в 400 м западнее мыса Каменный; в) в 1,95 км западнее м. Пеклы; г) в 1,5 км восточнее косы Тузла.

Спутниковые изображения с интернет ресурса <https://yandex.ru/maps/>

Незначительные оползневые процессы могут проявляться в связи с ростом грязе-вулканических построек при активизации грязевулканической активности, а также при дампинге. В 2024 г. формирование грязевулканических построек не зафиксировано, что свидетельствует об отсутствии оползневой активности такого типа.

В целом региональная активность опасных литодинамических процессов в 2024 г. оценивается на фоновом среднемноголетнем уровне.

Грязевой вулканизм и газо-флюидная разгрузка

В региональном плане грязевой вулканизм и газо-флюидная разгрузка активно проявлены в южной части Азовского моря, где входят в Керченско-Таманскую грязевулканическую область. Региональная активность грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки оценена по пунктам наблюдений Азовский (гравевулканическое поле Пекло Азовское), Темрюкский (Темрюкское гравевулканическое поле) и Голубицкий (Голубицкое гравевулканическое поле) на основе ГГПП, опробования и накопленных рядов наблюдений за геохимическими индикаторами гравевулканической и газо-флюидной активности (Табл. 3.1, Табл. 3.2).

Таблица 3.1

Ряды наблюдений за содержанием геохимических индикаторов грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки в грунтах на подводных грязевых вулканах Азовского моря

Год	НП*	Фенолы	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	ПАУ**	Mn
Пекло Азовское морской													
2012	23	0,010	1,13	14,0	28,0	13,0	31,0	6,2	1,2	0,014	17,0	12,5	600
2013	54	0,005	1,60	14,0	32,0	18,0	33,0	2,5	1,8	0,018	18,0	14,1	475
2014	43	0,940	4,11	20,0	55,0	33,0	103,0	1,2	1,3	0,054	33,0	44,6	553
2015	26	0,005	0,58	11,0	13,0	12,0	20,0	12,4	<1,0	0,026	9,0	2,5	479
2023	46	<0,01	2,44	9,8	43,7	25,3	355,1	7,7	<1,0	0,058	17,8	66,0	543
2024	42	<0,01	2,33	26,0	39,3	17,9	61,5	2,0	<1,0	<0,025	11,0	58,0	440
Пекло Азовское морской 2													
2024	12240	2,11	4,65	25,8	45,2	24,0	75,2	6,6	<1,0	0,056	18,4	132	609
Темрюкский грязевой вулкан													
2011	258	-	2,38	16,	41,0	38,0	125,0	11,0	1,0	0,041	21,0	85,0	754
2012	124	0,020	0,90	11,0	28,0	18,0	47,0	4,8	1,0	0,020	15,0	3,0	393
2013	6994	0,610	4,82	20,0	61,0	42,0	88,0	3,3	1,2	0,031	23,0	5847,0	607
2014	194	0,040	2,90	13,0	39,0	19,0	67,0	5,2	1,4	0,018	22,0	3,0	774
2015	696	0,160	14,80	31,0	62,0	14,0	43,0	5,9	0,4	0,310	36,0	35,0	1357
2016	4696	0,600	2,90	35,0	44,0	30,0	123,0	1,9	<1,0	0,038	16,0	42,0	498
2017	356	0,710	2,10	20,0	27,0	9,0	51,0	2,0	<1,0	0,102	22,0	29,0	543
2018	3605	0,040	5,00	13,0	41,0	35,0	172,0	2,9	1,1	0,045	23,0	280,0	291
2019	4496	0,330	4,20	14,0	40,0	36,0	100,0	93,3	2,1	0,052	20,0	70,0	391
2020	3069	1,100	4,67	12,0	37,0	27,0	97,0	7,2	<1,0	0,048	17,0	990,0	737
2021	2466	0,600	6,41	11,0	28,0	22,0	87,0	8,1	<1,0	<0,025	21,0	606,0	909
2022	4500	0,730	6,31	10,1	40,3	30,4	155,0	6,7	<1,0	<0,025	27,3	1218,0	596
2023	845	0,080	13,29	4,4	11,5	13,5	221,5	5,3	<1,0	0,032	6,2	1101,0	3196
2024	1092	1,18	3,98	27,9	41,2	25,6	93,3	9,4	<1,0	<0,025	9,1	521,0	936
Голубицкий грязевой вулкан													
2011	783	-	3,23	19,0	45,0	30,0	110,0	8,2	1,1	0,044	24,0	98,0	654
2012	209	0,040	2,40	13,0	31,0	12,0	49,0	3,0	0,9	0,036	19,0	10,0	614
2013	116	0,005	1,50	10,0	26,0	7,0	31,0	1,8	0,7	0,026	17,0	15,0	313
2014	31	0,440	2,90	14,0	40,0	16,0	57,0	1,5	1,2	0,045	13,0	3,0	636
2015	1820	0,420	5,50	29,0	67,0	39,0	100,0	8,3	0,7	0,049	16,0	115,0	632
2015	6903	0,460	5,40	22,0	73,0	50,0	94,0	-	0,9	0,149	29,0	289,0	440
2016	765	0,005	2,89	33,0	37,0	28,0	92,0	0,8	0,1	0,024	27,0	616,0	996
2017	1386	0,220	4,70	33,0	69,0	45,0	102,0	2,0	1,0	0,089	31,0	321,0	414
2018	846	0,010	3,87	11,0	33,0	24,0	76,0	2,5	<1,0	0,067	21,0	89,0	534
2019	2819	0,880	4,20	14,0	48,0	39,0	103,0	86,8	1,0	0,038	22,0	211,0	500
2020	709	0,005	3,45	10,0	39,0	21,0	91,0	14,3	<1,0	0,034	14,0	280,0	535
2021	185	0,005	1,20	6,0	11,0	14,0	33,1	10,1	<1,0	<0,025	7,0	44,0	535
2022	3200	0,630	4,07	9,8	37,2	28,4	113,0	4,3	<1,0	<0,025	18,4	240,8	329
2023	453	<0,010	2,56	7,0	32,5	22,6	88,1	2,9	<1,0	0,033	17,4	99,8	686
2024	1972	0,510	5,16	26,9	36,3	38,1	108,4	6,5	1,4	<0,025	17,1	887,0	697

НП* - нефтепродукты;
 ПАУ** - полиароматические углеводороды (сумма бенз(а)пирен, флуорантен, хризен).
 Примечание: содержания НП, фенолов, Mn, Cu, Ni, Co, Zn, Pb, As, Cd, Hg в мг/кг, ПАУ в мкг/кг, Fe – в масс. %

Таблица 3.2

Гидрогеохимические ряды наблюдений за содержанием метана и его гомологов в верхнем слое воды на пунктах наблюдений Азовского моря по данным ГГГП, в нл/л

Год	Среднее	Минимальное	Максимальное
Голубицкий пункт наблюдений			
2020	328,7	164,2	659,6
2021	315,2	218,6	583,7
2022	496,5	473,7	544,5
2023	274,1	260,2	294,8
2024	353,6	282,0	531,7
Темрюкский пункт наблюдений			
2016	279,6	256,2	361,8
2017	235,7	194,8	366,3
2018	355,6	229,2	715,7
2019	283,1	234,5	606,6
2020	237,6	165,5	386,8
2021	367,1	236,4	580,2
2022	581,4	498,7	669,3
2023	303,7	256,4	371,8
2024	460,6	273,3	818,7
Азовский пункт наблюдений			
2023	274,2	251,8	287,1
2024	806,1	392,5	1499,8

Кроме того, для оценки уровня активности газо-флюидной разгрузки в 2024 году определены ее статистические параметры по результатам многолетних наблюдений за содержанием метана и суммы углеводородных газов в морской воде (Табл. 3.3).

Таблица 3.3

Уровни активности газо-флюидной разгрузки по содержанию метана и суммы углеводородных газов ($C_{увг}$) в морской воде (за 10 лет наблюдений)

Уровни активности	$C_{увг}$, нл/л
Очень высокая ($\geq C_{ф}+3S$)	$\geq 651,9$
Высокая ($C_{ф}+2S$)	536,1-651,9
Средняя ($C_{ф}+S$)	420,1-536,1
Низкая	291,4-420,1
Очень низкая	$< 291,4$

Азовский пункт наблюдений

Оценка активности на пункте наблюдений Азовский производится при отсутствии представительного ряда наблюдений. Данный пункт наблюдений охватывает морскую часть грязевулканического поля Пекло Азовское. На сухопутной части грязевулканического поля известен грязевой вулкан Пекло Азовское с сальзово-грифонной активностью, расположенный на берегу моря. Границы, морфология, структура и внутренне строение морской части грязевулканического поля Пекло Азовское остаются практически неизученными. Для этого требуется применение комплекса морских методов, включая ГГГП, ГЛБО, НСАП, многолучевое эхолотирование, опробование гравитационными трубками по более плотной сети.

Опробованием 2023-2024 гг. уверенно выявляется минимум два грязевулканических аппарата, обозначенные как грязевой вулкан Пекло Азовское морской и грязевой вулкан Пекло Азовское морской 2 (Приложение А). Их пространственная локализация требует уточнения. В связи с этим данные опробования единичными станциями могут быть непредставительными для оценки их активности, так как могут характеризовать не эпицентр, а их периферию. А как показывает практика, смещение точки опробования

грунтов на несколько десятков метров от центра активности может давать уже ошибочные оценки из-за резкого снижения содержаний геохимических индикаторов грязевулканической активности.

Присутствие грязевого вулкана Пекло Азовское морской на участке подтверждено прямыми признаками - наличием грязевулканической брекчии на станции 1524st10 в интервале 10-22 см (Рис. 3.2). Грязевулканическая брекчия перекрыта фоновыми осадками мощностью 10 см с включениями скальных обломков от перемытой грязевулканической брекчии и низкими содержаниями геохимических индикаторов грязевого вулканизма. Литологические признаки грязевулканической брекчии подтверждаются высокими содержаниями геохимических индикаторов (Табл. 3.4). Таким образом, по данным опробования и геохимическим индикаторам грязевого вулканизма вулкан Пекло Азовское морской в 2024 г. находился на низкой стадии активности (Табл. 3.1).

Грязевой вулкан Пекло Азовское морской 2 выделен на основании признаков нефтяной разгрузки по спутниковым данным и подтвержден проведенным опробованием по высокому содержанию геохимических индикаторов грязевого вулканизма (Табл. 3.1). Именно для подтверждения наличия грязевулканической деятельности на данном участке и было принято решение о расширении пункта наблюдений Азовский к востоку. Существование здесь нефтяной разгрузки подтвердило опробование грунтов на станции 1524st12 (Рис. 3.3). Нефтяная разгрузка в виде присутствия обильной поровой нефти выявлена в нижней части разреза (15-28 см) полученного грунта (Рис. 3.3). Верхний интервал грунта (0-10 см) по данным оперативного лабораторного анализа не показал значимых содержаний геохимических индикаторов (НП - 42 мг/кг, фенолы - <54 мкг/кг, Hg - <0,025 мг/кг). Грязевулканическая брекчия в грунтах не выявлена. Все это свидетельствует о низкой грязевулканической и газовой-флюидной активности данного вулкана в 2024 г.

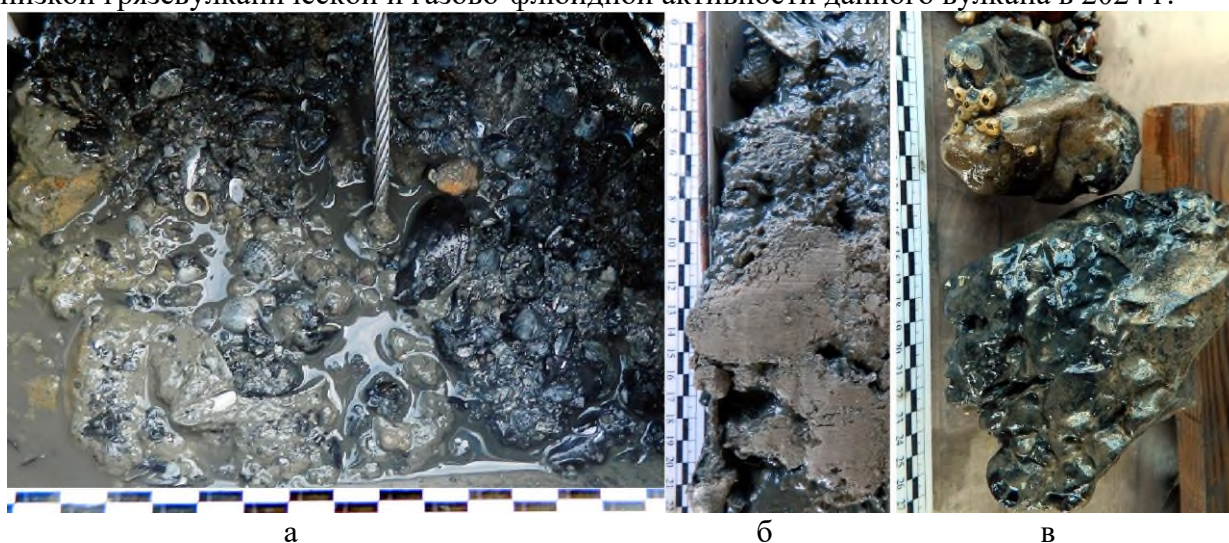


Рис. 3.2 Грунт станции 1524st10

а) поверхность грунта в дночерпателе; б) грунтовая колонка; в) скальные обломки из перемытого верхнего слоя грунтов.

Таблица 3.4

Содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма в грунтовой колонке станции 1524st10

Интервал опробования, см	НП*	Фенолы	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	ПАУ**	Mn
0-10	42	<0,01	2,33	26,0	39,3	17,9	61,5	2,0	<1,0	<0,025	11,0	58,0	440
10-22	600	0,20	4,65	33,9	79,9	38,5	108,2	4,1	1,6	<0,025	19,2	116,0	563

НП* - нефтепродукты;
 ПАУ** - полиароматические углеводороды (сумма бенз(а)пирен, флуорантен, хризен).
 Примечание: содержание НП, фенолов, Mn, Cu, Ni, Co, Zn, Pb, As, Cd, Hg в мг/кг, ПАУ в мкг/кг, Fe – в масс. %

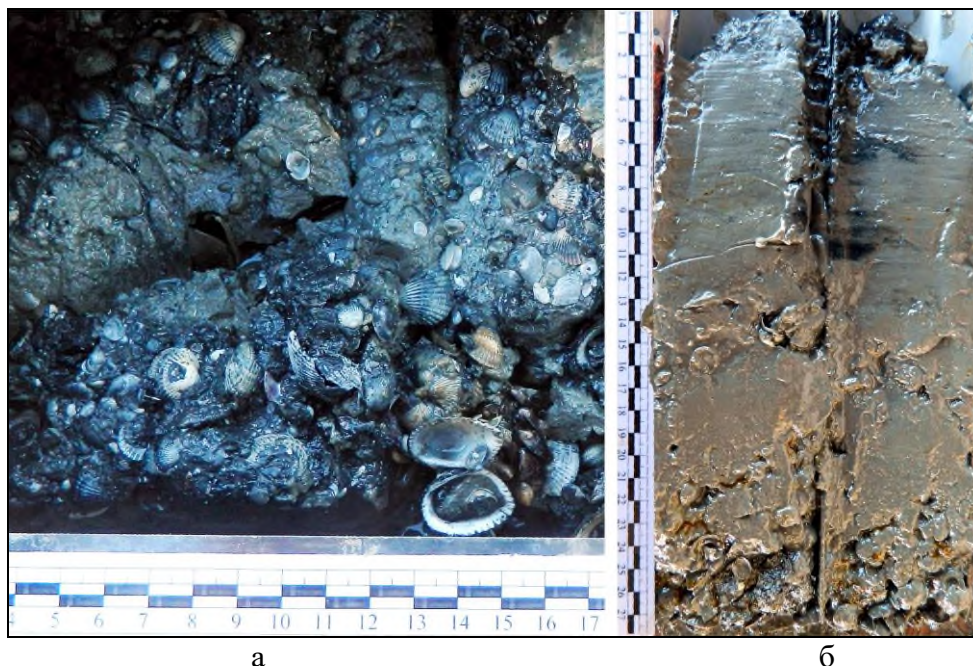


Рис. 3.3 Грунт станции 1524st12

а) поверхность грунта в дночерпателе; б) грунтовая колонка

По данным ГГП над выявленными грязевыми вулканами газо-флюидная активность не проявлена (Рис. 3.4), что подтверждает оценку их низкой активности.

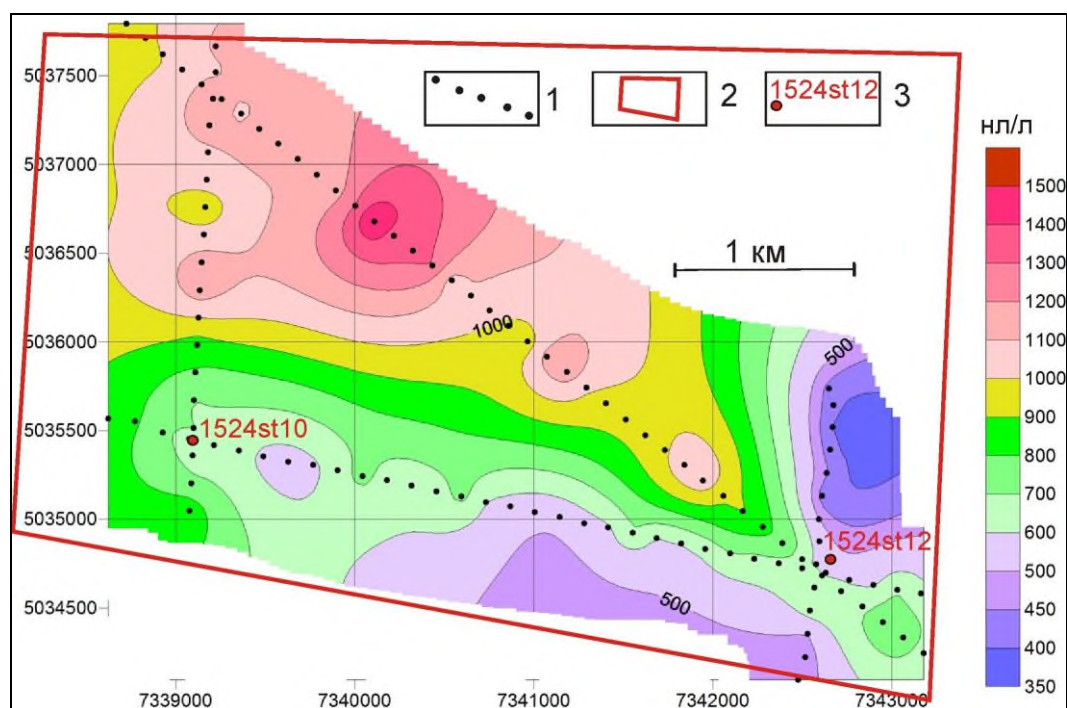


Рис. 3.4 Содержание (нл/л) суммы метана и его гомологов в верхнем слое морской воды на Азовском пункте наблюдений по данным ГГП

Прямоугольная система координат Гаусса-Крюгера, м.

Условные обозначения: 1 – гидрогазогеохимический профиль с точками определений; 2 - границы пункта наблюдений; 3 - станции опробования 2024 г., показавшие наличие грязевых вулканов.

В стороне от выявленных грязевых вулканов на пункте наблюдений зафиксирована газо-флюидная разгрузка очень высокого уровня – с содержанием суммы метана и его гомологов в верхнем слое морской воды до 1500 нл/л. В 2023 г. на этом участке также фиксировались относительно повышенные содержания метана и его гомологов, а в близлежащих станциях присутствовал повышенный биоценоз, характерный для метановой раз-

грузки. Источник данной разгрузки требует заверки. В связи с этим на Азовском грязе-вулканическом поле возможно присутствие нескольких грязевулканических аппаратов.

Таким образом, по сумме данных грязевулканическая активность морской части грязевулканического поля Пекло Азовское в 2024 г. находилась на уровне низкой активности, а газо-флюидная – на очень высоком.

Темрюкский пункт наблюдений

Темрюкское грязевулканическое поле охватывает несколько грязевых вулканов различной активности (Рис. 3.5).

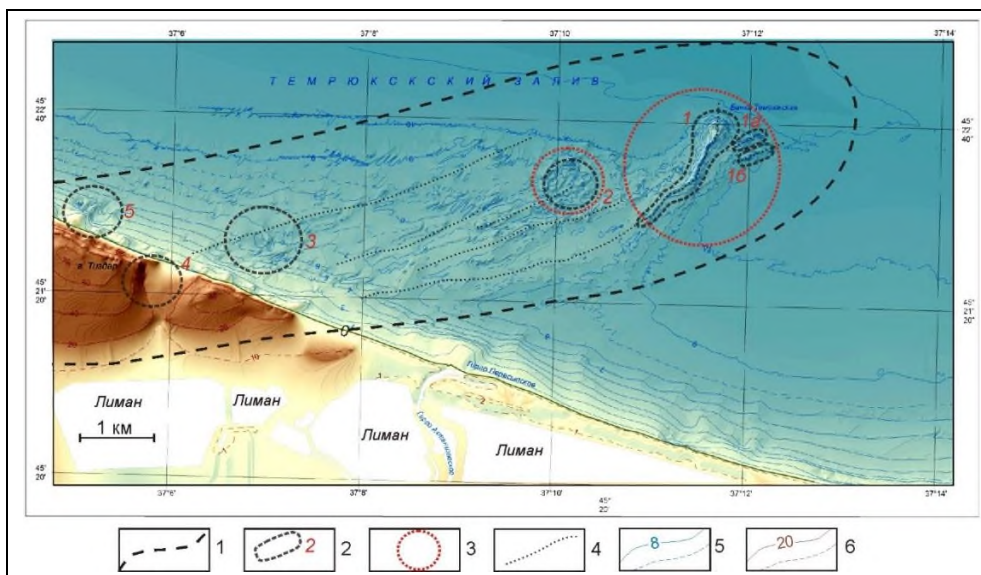


Рис. 3.5 Темрюкское грязевулканическое поле

Условные обозначения: 1 - граница Темрюкского грязевулканического поля; 2 - постройки грязевых вулканов (1 - Темрюкский; 1а, 1б - сателлитные постройки; 2 - пассивная постройка кальдерного типа; 3 - морской Тиздар; 4 - сухопутный Синяя Балка (Тиздар); 5 - предполагаемый по геоморфологическим признакам); 3 - кальдерные ограничения вулканов; 4 - оси кулисных поднятий морского дна; 5 - изобаты основные и вспомогательные, в метрах; 6 - изогипсы основные и вспомогательные, в метрах.

Структурно Темрюкское грязевулканическое поле соответствует северо-восточному замыканию выраженной в рельефе Фонталовской антиклинали. Антиклиналь разбита продольными разломами на ступени и кулисы, дополнительно деформирована поперечными разломами и осложнена кальдерными нарушениями.

Грязевулканическое поле благодаря диапировому росту структуры и обнажению деформируемых коренных пород палеоген-неогенового возраста морфологически хорошо выражено в рельефе морского дна в виде дугообразно изогнутого и кулисно построенного поднятия длиной 10 км и шириной до 3 км. На суше оно продолжается в рельефе в виде кулисных гряд с вершинами 40,7 м и горой Тиздар с сухопутным грязевым вулканом Синяя Балка (Тиздар).

Геоморфологически все выделяемые в пределах Темрюкского грязевого поля вулканы локализуются на самостоятельных кулисных поднятиях. В пределах осевой зоны гребня и основной грязевулканической постройки, а также сателлитных построек, хорошо выражено тектоническое нарушение сплошности геологического разреза с признаками газо-флюидной разгрузки.

При работе на пункте наблюдений визуально фиксировалась газовая разгрузка с полем мутности (Рис. 3.6). По данным ГГП на момент обследования средние показатели метановой разгрузки соответствовали средней активности с максимумами до очень высокой активности с превышением прошлого года (Табл. 3.2). При этом над активными грязевыми вулканами гидрогазогеохимическое поле характеризуется минимумами (Рис. 3.7), что свидетельствует о закупорке грязевулканических каналов. Метановая разгрузка фикс-

сируется по периферии грязевулканических структур, что характерно для стадии покоя грязевых вулканов.



Рис. 3.6 Бурление газов на Темрюкском пункте наблюдений

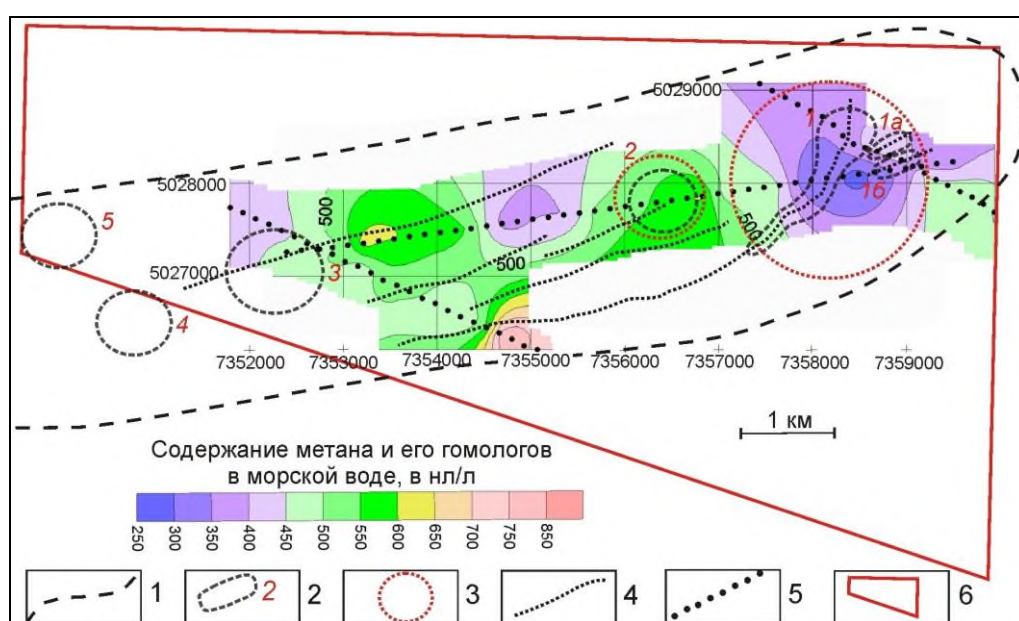


Рис. 3.7 Содержание (нл/л) суммы метана и его гомологов в верхнем слое морской воды на Темрюкском пункте наблюдений по данным ГТГП

Прямоугольная система координат Гаусса-Крюгера, м.

Условные обозначения: 1 - граница Темрюкского грязевулканического поля; 2 - постройки грязевых вулканов (1 - Темрюкский; 1a, 1b - спутниковые постройки; 2 - пассивная постройка кальдерного типа; 3 - морской Тиздар; 4 - сухопутный Синяя Балка (Тиздар); 5 - предполагаемый по геоморфологическим признакам); 3 - кальдерные ограничения; 4 - оси кулисных поднятий морского дна; 5 - гидрогазогеохимический профиль с точками определений; 6 - границы пункта наблюдений.

По данным точечного опробования грунтов следов свежих грязевулканических извержений (грязевулканической брекчии) не зафиксировано. В пределах активных грязевых вулканов развит активный биоценоз со взрослыми особями, а следы грязевулканических брекчий с вынесенными скальными обломками находятся под покровом биоценоза (Рис. 3.8, 3.9). Обломки представлены вынесенными извержениями из нижележащего неоген-палеогенового разреза глинистыми известняками, мергелями и алевролитами. Активный биоценоз представлен бактериальной слизью, полихетами, моллюсками, гидроидами, полипами, мшанками, баянусами и пр. Такое активное развитие биоценоза служит характерной особенностью подводной метановой разгрузки, где пищевая цепь основана на метанотрофных бактериях. По данным многолетних наблюдений наиболее активно данный биоценоз развивается в периоды покоя грязевулканической деятельности. За пределами

грязевулканических аппаратов донные грунты представлены илами с ракушей и ее детритом (Рис. 3.10), поставляемой с участков активного биоценоза.



Рис. 3.8 Грунт с вершины подводного грязевого вулкана Темрюкский, станция 1524st1101
а) биоценоз на поверхности грунта в дночерпателе; б) скальные обломки из грунта.



Рис. 3.9 Грунт с вершины подводного грязевого вулкана Темрюкский, станция 1524st05
а) биоценоз на поверхности грунта; б) скальные обломки из грунта.



Рис. 3.10 Грунт за пределами активных грязевулканических построек, станция 1524st04
а) поверхность грунта в дночерпателе; б) грунтовая колонка, представленная за-
иленной ракушей.

По геохимическим индикаторам грязевулканическая активность находилась на солязово-грифонном уровне, соответствующем прошлогодней активности (Табл. 3.1).

Таким образом, Темрюкский вулкан и Темрюкское грязевулканическое поле в 2024 г. на момент обследования находились на высоком уровне газо-флюидной разгрузки с грязевулканической активностью на низком уровне.

Голубицкий пункт наблюдений охватывает Голубицкое грязевулканическое поле. В его пределах известен один грязевой вулкан – Голубицкий, регулярно извергающийся с периодичностью не реже раз в 6-8 лет с образованием острова. Рельеф дна в пределах грязевулканического поля заметно осложнен и меняется от извержения к извержению в результате деформаций коренного ложа, поступлений грязевулканических масс и их волновой переработки, перераспределения. Вмещающая брахиантиклинальная складка имеет вдавленный замок, образовавшийся за счет многократного кальдерного проседания.

По данным ГГПП средние и максимальные показатели метановой разгрузки по сравнению с 2023 г. заметно увеличились (Табл. 3.2). Средние показатели гидрогазогеохимического поля соответствуют низкой газо-флюидной активности, а максимальные – средней. Максимумы разгрузки на момент обследования приходятся на кальдерное ограждение Голубицкого вулкана (Рис. 3.11). Это свидетельствует о закупорке подводящего канала с постепенным увеличением внутрикамерного давления, которое приводит к последующим извержениям.

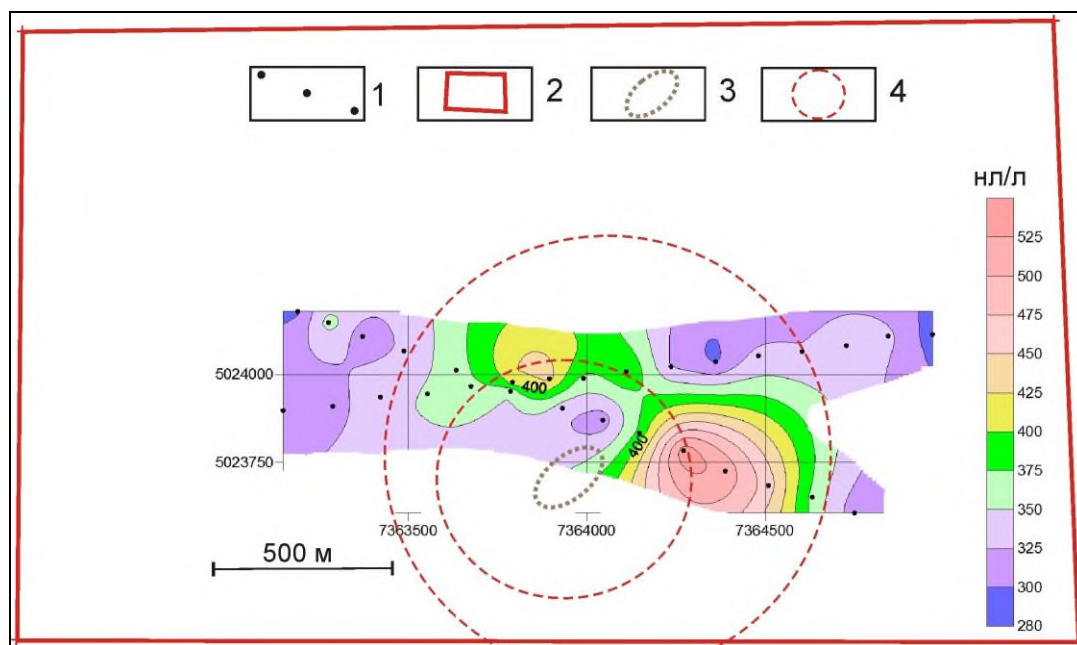


Рис. 3.11 Содержание (мл/л) суммы метана и его гомологов в верхнем слое морской воды на Голубицком пункте наблюдений по данным ГГПП

Прямоугольная система координат Гаусса-Крюгера, м.

Условные обозначения: 1 – гидрогазогеохимический профиль с точками определений; 2 - границы пункта наблюдений; 3 - грязевулканическая постройка; 4 - кальдерные ограничения Голубицкого грязевого вулкана.

По данным точечного опробования 2023 г. свежих следов грязевулканических извержений (грязевулканической брекчии) не обнаружено. На станции 1524st1104 поднята старая грязевулканическая брекчия, так как обнажающиеся скальные обломки имеют обрастание раковинами моллюсков (Рис. 3.12). Время ее образования (извержения) остается не известным. Содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма в ней относительно высокое (Табл. 3.1).



Рис. 3.12 Грязевулканическая брекчия на станции 1524st04

а) поверхность грунта в дночерпателе; б) грунтовая колонка; в) скальные обломки, обросшие раковинами.

Таким образом, по сумме данных, как и прогнозировалось, Голубицкий грязевой вулкан в 2024 г. находился на относительно низком солязово-грифонном уровне активности.

Рассмотрение наиболее изученных грязевых вулканов Азовского моря свидетельствует, что грязевулканическая активность и связанные с ней опасные геологические процессы и явления в 2024 г. по своей активности были, в основном, на сравнительно низком уровне (солязово-грифонная активность) с некоторым ее увеличением на Азовском и Термюкском грязевулканическом поле. Свежих грязевулканических извержений не зафиксировано.

Загазованность донных отложений

Сведения об активности опасных процессов в связи с загазованностью донных отложений в 2024 г. отсутствуют.

Техногенез

Техногенный прессинг на состояние недр ПШЗ Азовского моря и активизацию опасных ЭГП весьма медленно, но неуклонно усиливается. Это связано с все возрастающим инженерно-хозяйственным освоением морского дна и развитием береговой инфраструктуры. В настоящее время актуальным остается вопрос техногенного воздействия Крымско-Таманского транспортного перехода (Крымский мост) на активизацию опасных ЭГП в силу инерционности природных процессов. К настоящему времени определены следующие активизации ЭГП под воздействием Крымского моста:

- вблизи подводной части моста (Керченский пролив и промоина между островом и косой Тузла) увеличилась зернистость донных отложений, что связывается с увеличением гидродинамики под возмущающим влиянием подводных опор моста. На этих участках отмечено возрастание градиента глубин морского дна и скорости (активности) литодинамических процессов;

- отмечены некоторые трансформации поверхности морского дна, связываемые с влиянием инженерных сооружений Крымского моста. В частности, наблюдается усиление литодинамической активности у подводных опор моста за счет их возмущающего влияния на донные течения. Здесь наметилось огрубление гранулометрического состава донных отложений, развитие донной эрозии и активного переноса донных отложений;

- установлено благоприятное влияние опор моста на береговые процессы, сохранность пляжей и демпфирование абразионно-эрозионных процессов. Опоры являются благоприятным субстратом - искусственным рифом - для прикрепления и роста моллюсков и других организмов (мшанки, губки, гидроиды, актинии, баянусы, полихеты и пр.) с последующей цепочкой биоценоза в виде рыб, ракообразных и пр. Подводные обрастания опор моста способствуют повышению поставки ракушки и ее детрита, являющихся основным берегоукрепляющим и пляжеобразующим материалом.

В остальном активность техногенных факторов активизации опасных ЭГП в 2024 г. находилась на среднемноголетнем уровне.

3.2. Черное море

Актуализированный каталог проявлений опасных ЭГП в ПШЗ Черного моря (по состоянию на 01.12.2024) приведен в Приложении Б. По числу зафиксированных и внесенных в каталог опасных ЭГП Черное море значительно превосходит Азовское и Каспийское. Это вызвано значительным перепадом глубин и расчлененностью рельефа морского дна, узостью шельфа, залповой поставкой терригенного материала с горной суши в паводки, а также высокой сейсмогеодинамической активностью региона. Грязевой вулканизм и газо-флюидная (метановая и углеводородная нефтяного ряда) разгрузка по числу проявлений занимают в каталоге первое место, но по воздействию на территории и хозяйственные объекты стоят на последнем месте, т.к. в 2024 г. от них не зафиксировано ущерба. Кроме того, значительная часть грязевых вулканов располагается в глубоководной части моря вне инженерно-хозяйственной инфраструктуры. Широко распространенным типом опасных ЭГП в Черном море выступают литодинамические процессы, в первую очередь абразионные и декливиальные (донная абразия, отступление бровки шельфа, подводные оползни, обвалы, турбидитные потоки), связанные с узостью шельфа и продвижением подводных каньонов к береговой инфраструктуре. Часть из них спровоцирована техногенными факторами.

В региональном плане выделенные группы опасных ЭГП распределены неравномерно. Опасные ЭГП в пределах площади мониторинга наиболее широко развиты в южной части ПШЗ Черного моря, где образуют два участка активного поражения морского дна, представленные вершинными частями подводных каньонов Шахе (Головинский пункт наблюдений) и Мзымта (Адлерский пункт наблюдений).

Грязевой вулканизм и газо-флюидная разгрузка на площади мониторинга развиты в северной части на притаманском шельфе, где носят относительно спокойный характер проявлений, в Туапсинском прогибе, вале Шатского и Восточно-Черноморской впадине (Рис. 1.25).

Оползневыми процессами повсеместно поражены отложения континентального склона, подножия континентального склона и бровка шельфа, что связано с углами наклона морского дна.

На крутых склонах континентального склона и бортах каньонов развиты обвально-осыпные процессы.

В тальвегах разветвленной сети каньонов периодически проходят турбидитные потоки, в верхней вогнутой части каньонов преобладают абразионно-эрозионные процессы, а в нижней выположенной – оползневые.

Региональная активность опасных ЭГП в 2024 г. в акватории Черного моря в рамках мониторинговых работ оценивалась на основе трех пунктов наблюдений. Грязевулканическая и газо-флюидная разгрузка – на основе Железнодорожного пункта, опасные литодинамические процессы – на основе Головинского и Адлерского.

Литодинамические процессы

Региональная активность опасных литодинамических процессов в 2024 г. находилась на среднемноголетнем уровне.

Вариации литодинамических процессов вдоль вытянутой полосы шельфа связаны с изменением его ширины, физико-механических свойств коренных пород, современных геодинамических процессов и различным объемом поставки аллювиального материала. Значительное воздействие на характер и направленность литодинамических процессов оказывают техногенные процессы.

На Таманском участке ПШЗ Черного моря, от Керченского пролива до г. Анапа, шельф обладает максимальной шириной, до 50 км, в западной части. Характер литодинамических процессов здесь близок к Керченско-Таманскому участку Азовского моря. Береговой клиф сложен преимущественно слабоустойчивыми четвертичными и неогеновыми

породами и подвержен активным абразионно-гравитационным процессам. Присутствуют косы – Бугазская, Витязевская, которые были сформированы за счет поставки аллювиального материала рекой Кубань, ранее впадавшей в Черное море, и теперь испытывающие дефицит материала с медленной их деградацией.

В пределах притаманского шельфа на литодинамические процессы влияние оказывают геодинамические деформации морского дна (глиняный диапиризм). Наиболее представительными участками их развития являются подводные банки (Мария Магдалина, Аксенова, Вольского, Савенко, Андреева, Чернышева, риф Кишла). Здесь доминируют процессы волновой донной абразии с препарированием выходов коренных пород и формированием прерывистого плаща подводного галечно-валунного перлювия.

Для ПШЗ Сочинского участка устанавливается медленное увеличение активности абразионно-подводных процессов с неуклонным сокращением пляжевой зоны и расширением зоны воздействия береговой абразии. Рост этих опасных литодинамических процессов связывается с уменьшением твердого стока рек за счет антропогенного изъятия аллювиального гравийно-галечникового материала в долинах рек и со строительством бун и портовых сооружений, перенаправляющих вдольбереговой транзит пляжевого материала на глубину, а также с направленностью дифференциальных вертикальных геодинамических движений поверхности земной коры.

На траверзе устьев рек Сочинского и Туапсинского районов при интенсивном выпадении атмосферных осадков происходит активизация опасных ЭГП (разрыв пляжей, донные абразионно-аккумулятивные процессы, миграция литодинамических форм, интенсивные изменения геоморфологии морского дна) за счет залпового выноса в море больших масс аллювия, вплоть до формирования временных островов в аванделътовой части.

В пределах морской волновой зоны прибрежного шельфа под воздействием преимущественно волновой деятельности, на участках размыва, отмечается подмыв линейных подводных сооружений, например, подводного газопровода Джубга-Лазаревское-Сочи (Головинский пункт наблюдений), с опасностью их повреждения.

В обстановке центрального шельфа с развитием процессов аккумуляции волновой и, преимущественно течениями деятельности, отмечается занос или обнажение проложенных по дну инженерных сооружений (канализационные коллекторы, подводные кабели и газопровод). В пределах этой же зоны формируются зоны диагенетической загазованности донных осадков за счет разложения захороненного органического вещества. Загазованность донных осадков провоцирует развитие оползневых процессов на бровке шельфа за счет уменьшения механического сцепления частиц грунта.

На Адлерском и Головинском пунктах наблюдений в 2024 г. продолжено активное развитие опасных ЭГП. Это вызвано региональным характером развития и продвижения на шельф головных частей крупных подводных каньонов Шахе и Мзымта.

Адлерский и Головинский пункты наблюдений выступают наиболее нагруженными участками в плане проявления опасных ЭГП литодинамического типа, что выражено в их расчлененном и сложном рельефе. Здесь активно развиты опасные декливиальные ЭГП (подводные оползневые и обвально-осыпные процессы, мутьевые потоки), а также перехват вдольберегового переноса осадков и транзит их по склону, донная эрозия.

Головинский пункт наблюдений

На Головинском пункте наблюдений вершина каньона Шахе изогнутым клином вдается в шельфовую часть на 8 км. Головная часть каньона ветвится на ряд боковых более мелких соподчиненных врезов. Верхняя кромка головной части каньона на шельфе (абразионно-эрозионная граница) продвинута с глубины 100 м до 20 м.

На выпуклом участке продольного профиля каньона Шахе повсеместно развиты декливиальные шлейфы и конусы выноса. Активно развиты оползневые процессы различной интенсивности – от частых малообъемных оплывин и оползаний, до площадных оползней с выраженными зеркалами скольжения и трещинами отрыва. Широкому развитию оползневых процессов способствует повсеместная загазованность аккумулируемых алевропелитовых осадков.

В 2024 г. на Головинском пункте наблюдений на момент обследования на основе анализа ГЛБО выделено 55 оползней шириной до 118 м (Рис. 3.13). Средняя площадь оползня составила 1288 м², максимальная площадь - 13985 м². Коэффициент линейной пораженности абразионно-эрозионной границы головной части каньона 18,59 %, частотный коэффициент линейной пораженности 6,9 ед./км, коэффициент площадной пораженности 1,59 %, частотный коэффициент площадной пораженности 23,42 ед./км².

По отношению к 2023 г. пораженность оползнями на момент обследования значительно возросла, восполнив минимум 2023 года (Табл. 3.5). Такое возрастание оползневой активности связывается с повышенной поставкой аллювиального материала в паводки 2023 г., прошедшие между наблюдениями 2023 и 2024 годов (Рис. 1.24). Скопившиеся в результате этого на бровке шельфа массы терригенного материала и сформировали большое количество оползней, часть из которых, вероятно, сошла еще в 2023 г. после проведенного обследования 2023 года.

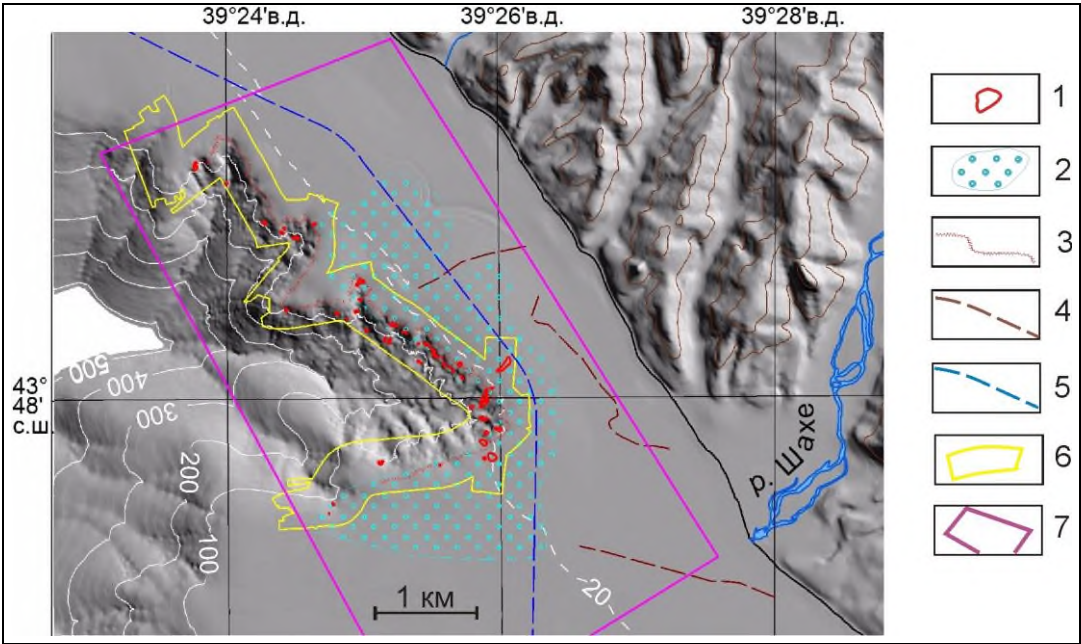


Рис. 3.13 Развитие декливиальных и абразионных процессов на Головинском пункте наблюдений (на светотеневой подложке рельефа)
Условные обозначения: 1 – границы оползней 2024 г.; 2 – площадь загазованности донных осадков по ретроспективным данным НСАП; 3 - абразионно-эрозионная граница каньона 2022 г.; 4 - речные палеовреззы; 5 – подводный газопровод Джубга-Лазаревское-Сочи; 6 - контур площади покрытия ГЛБО; 7 – границы пункта наблюдений.

Таблица 3.5
Статистические параметры подводно-оползневых процессов на Головинском пункте наблюдений по данным ГЛБО

Показатели	Год								Средне-голетнее
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Максимальная ширина оползня, м	220	103	44	100	88	68	67	118	220
Средний размер оползня, м	25	39	20	27	28	30	22	27	27
Коэффициент линейной пораженности, %	11,4	18,3	16,8	17,8	10,4	16,8	10,6	18,6	15,4
Частотный коэффициент пораженности, ед./км	4,5	4,7	8,3	6,5	3,7	5,7	4,8	6,9	5,8
Максимальная площадь оползня, м ²	-	-	-	-	-	2500	4100	14000	14000
Средняя площадь оползня, м ²	-	-	-	-	-	800	1000	1300	1000
Коэффициент площадной пораженности, %	-	-	-	-	-	1,21	1,03	1,59	1,29
Частотный коэффициент площадной пораженности, ед./км ²	-	-	-	-	-	15,1	10,3	23,4	12,2

Таким образом, зафиксированная в 2024 г. повышенная оползневая активность компенсировала до среднемноголетнего уровня наблюдавшийся дефицит 2023 года. Формально уровень развития оползневых процессов на Головинском пункте наблюдений следует оценить, как превысивший среднемноголетний в 1,23 раза по коэффициенту площадной пораженности.

Средняя скорость продвижения абразионно-эрозионной границы в 2024 г. оценивается на среднемноголетнем уровне в 2,6 м/год, где:

- максимальные скорости приурочены к северным флангам вершин каньонов и отвершков, а минимальные к южным, что связывается с поступлением донных осадков от устья р. Шахе с юга и дефицитом поступления осадков с севера;
- в осевой части головы каньона скорость минимальна и даже возможно отступление абразионно-эрозионной границы, что связывается с компенсацией абразионно-эрозионных и декливиальных процессов аккумуляцией осадков от поступления твердого стока р. Шахе и перехвата вдольберегового транзита осадков;
- за пределами активной поставки донных осадков от устья р. Шахе скорость продвижения постепенно возрастает;
- выступающие в море межканьонные мысы и водоразделы обладают низкими скоростями;
- максимальные скорости фиксируются у выдвинутых эрозионных ложбин стока.

Адлерский пункт наблюдений является наиболее проблемным в отношении состояния недр и проявления опасных ЭГП литодинамического типа. Их активность превышает таковую Головинского участка.

Головная часть каньона Мзымты к пункту наблюдений разветвляется на веер более мелких каньонов, которые носят самостоятельные названия. В результате абразионно-эрозионная граница головной части каньона Мзымты широким фронтом почти вплотную придвинута к берегу. Среднее расстояние до берега вдоль пункта наблюдений составляет около 475 м, местами вплотную, как например, у мыса Константиновского. Средняя глубина положения абразионно-эрозионной границы составляет 30 м, с экстремальным продвижением до глубины менее 10 м. Перехват вдольберегового переноса осадков и транзит их по склону на Адлерском участке проявлены в большей степени, чем на Головинском участке в связи с предельным приближением каньона Мзымты к берегу.

Анализ ширины пляжа в зависимости от близости абразионно-эрозионной границы каньона к берегу показывает наличие нескольких закономерностей (Рис. 3.14).

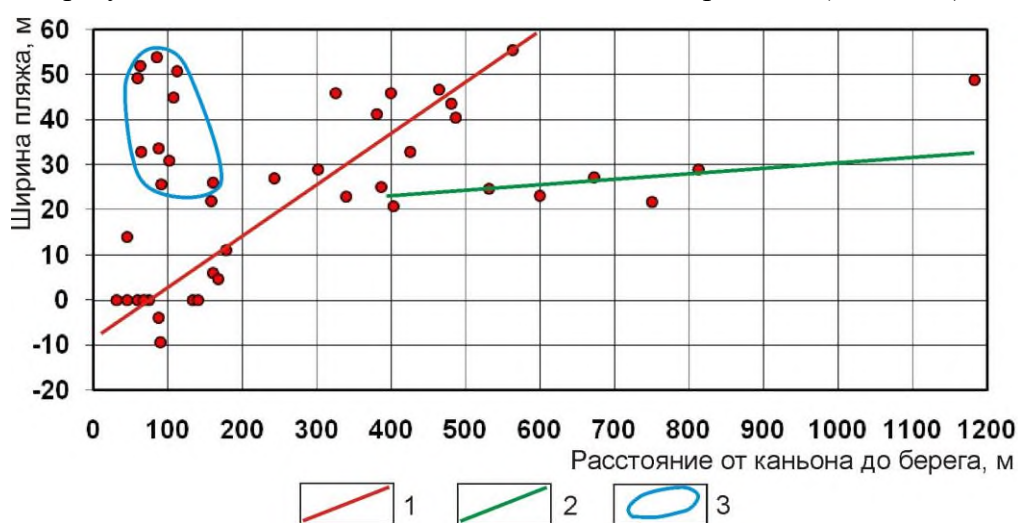


Рис. 3.14 Зависимость ширины пляжа от близости абразионно-эрозионной границы каньона на Адлерском пункте наблюдений

Условные обозначения: 1 - сильная зависимость; 2 - слабая зависимость; 3 - отсутствие зависимости.

При нахождении абразионно-эрозионной границы на удалении более чем в 400-600 м от берега устанавливается относительно слабое влияние каньона (зеленый тренд на рисунке). Это обусловлено слабым перехватом каньоном вдольберегового транзита пляжеобразующего материала. Примером такого участка служит пляжевая зона Имеретинской бухты, расположенной между мысом Константиновский и устьем р. Псоу.

При приближении абразионно-эрозионной границы каньона к берегу на расстояние менее 600 м пляжевая зона начинает испытывать деградацию, зависимость носит прямой характер (красный тренд на рисунке). При приближении границы на расстояние менее 200 м пляжевая зона испытывает уничтожение вплоть до отступления берега, разрушения набережной. Примером может служить мыс Константиновский, где вершина каньона Константиновский имеет предельную форму в виде раструба с охватом мыса с боков (Рис. 3.15). Наличие высоких значений ширины пляжа в этой зависимости обусловлены влиянием поставки пляжеобразующего аллювиального материала рекой Мзымта на участках замеров вблизи ее устья.

Нарушение зависимости ширины пляжа от близости абразионно-эрозионной границы каньона наблюдается у устья р. Мзымта, где уничтожение пляжевой зоны каньоном компенсируется активной поставкой пляжеобразующего аллювиального материала (поле на рисунке, ограниченное голубой линией).

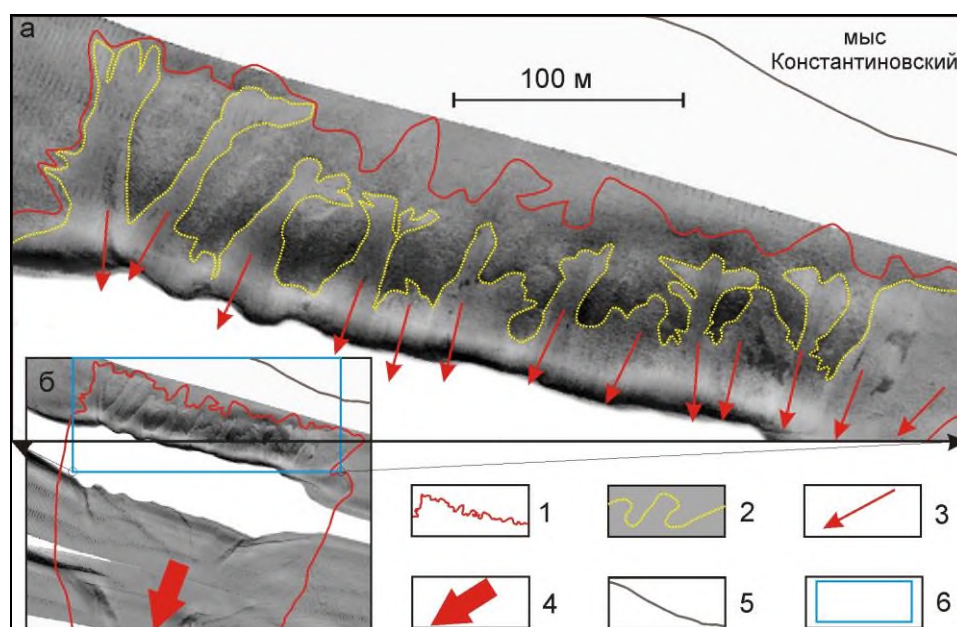


Рис. 3.15 Развитие литодинамических процессов на фронте продвижения (каньон Константиновский)

а) прорисовка гидролокационного изображения; б) общий вид

Условные обозначения: 1 - абразионно-эрозионная граница каньона; 2 - контур декливиальных шлейфов 3 - направление сползания декливия; 4 - транзит донных отложений в каньон; 5 - береговая линия; 6 - контур Рис. 3.15 а.

В 2024 г. на Адлерском пункте наблюдений на момент обследования на основе анализа ГЛБО выделено 146 оползней шириной до 292 м (Рис. 3.16). Средняя площадь оползня составила 1870 м², максимальная - 44657 м². Коэффициент линейной пораженности 28,9 %, частотный коэффициент линейной пораженности 8,02 ед/км, коэффициент площадной пораженности 5,05 %, частотный коэффициент площадной пораженности 27,02 ед./км². Развитию оползневых процессов способствует загазованность аккумулируемых алевропелитовых осадков авандельты, устанавливаемая сейсмоакустическими методами и ранее проведенным опробованием грунтовыми трубками и видеонаблюдениями. В полученных грунтовых колонках оползневые контакты часто приурочены к резкой смене загазованности.

По отношению к 2023 г., как и на Головинском пункте наблюдений, пораженность

оползнями на момент обследования возросла, восполнив минимум 2023 года (Табл. 3.6). Такое возрастание оползневой активности также связывается с повышенной поставкой аллювиального материала в паводки 2023 г., прошедшие между наблюдениями 2023 и 2024 годов. Скопившиеся в результате этого на бровке шельфа массы терригенного материала и сформировали большое количество оползней, часть из которых, вероятно, сошла еще в 2023 г. после проведенного обследования 2023 года.

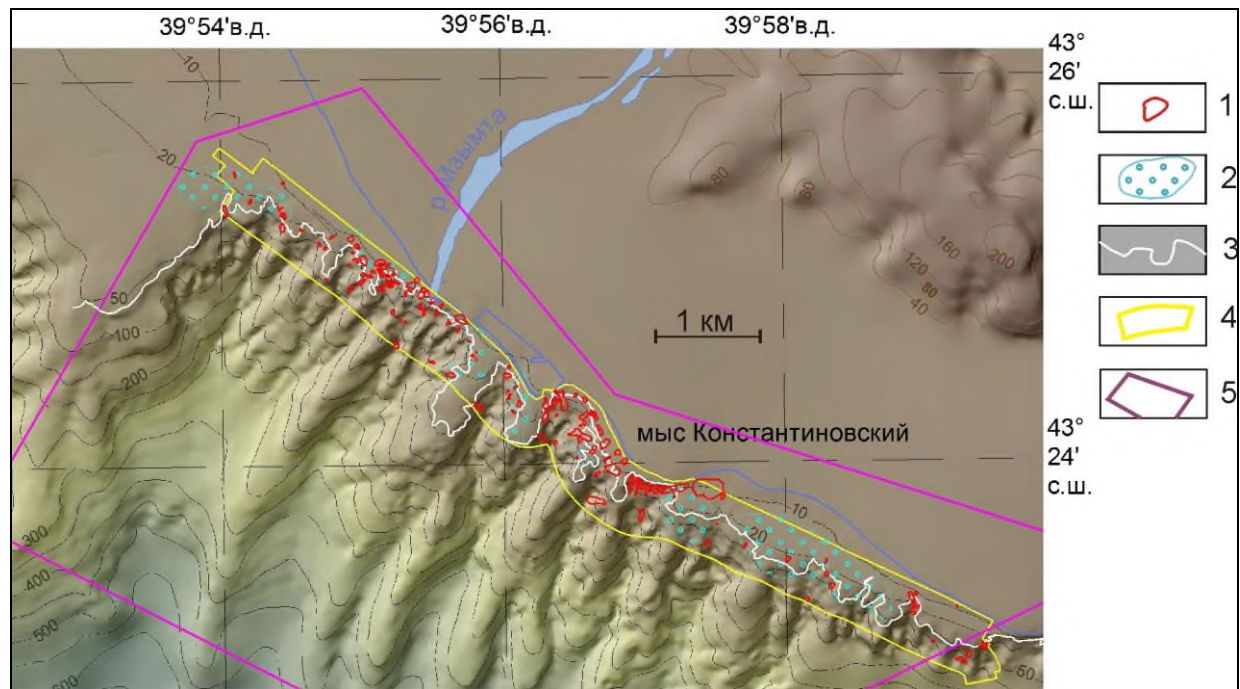


Рис. 3.16 Развитие декливиальных и абразионных процессов на Адлерском пункте наблюдений (на светотеневой подложке рельефа)
Условные обозначения: 1 - границы оползней 2024 г.; 2 - площадь загазованности донных осадков по ретроспективным данным НСАП; 3 – абразионно-эрозионная граница каньона 2023 г.; 4 - контур площади покрытия ГЛБО; 5 – границы пункта наблюдений.

Таблица 3.6
Статистические параметры подводно-оползневых процессов на Адлерском пункте наблюдений по данным ГЛБО

Параметры оползня	Год											Среднего- летнего
	2012	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Максимальная ширина оползня, м	125	76	93	144	140	46	131	126	128	85	292	292
Средняя ширина оползня, м	59	37	38	54	31	20	31	27	39	28	36	33
Коэффициент линейной пораженности, %	23,3	13,3	12,3	18,9	19,5	20,7	21,8	21,97	35,5	18,9	28,9	22,2
Частотный коэффициент пораженности, ед./км	3,9	3,6	3,3	3,5	6,2	10,2	7,0	8,0	8,5	6,8	8,0	6,7
Максимальная площадь оползня, м ²	-	-	-	-	-	-	-	-	7650	8400	44657	44657
Средняя площадь оползня, м ²	-	-	-	-	-	-	-	-	1230	1220	1870	1480
Коэффициент площадной пораженности, %	-	-	-	-	-	-	-	-	4,6	3,2	5,1	4,1
Частотный коэффициент площадной пораженности, ед./км ²	-	-	-	-	-	-	-	-	32,6	26,1	27,0	28,0-

Таким образом, зафиксированная в 2024 г. оползневая активность находилась на близком к среднемуголетнему уровню с небольшим превышением, компенсировав дефи-

цит 2023 года.

Положение абразионно-эрозионной границы за период наблюдений с 2008 по 2024 год показывает возвратно-поступательный характер ее продвижения со средней скоростью в 2,2 м/год. Это связано с отступанием абразионно-эрозионной границы от берега при накоплении донных осадков за счет поставки аллювиального материала с бассейна денудации, и периодическим возобновлением ее наступления при эвакуации накопившейся массы осадков вниз по каньону. Меньшая скорость продвижения каньона Мзымты (2,2 м/год) по сравнению с каньоном Шахе (2,6 м/год) при заметно большем развитии на его фронте декливиальных процессов объясняется значительным демпфирующим влиянием поставки аллювиального материала рекой Мзымты в зону абразии.

Исходя из морфологических особенностей и наблюдений, наибольшая активность опасных ЭГП на Адлерском пункте наблюдений свойственна каньонам Кальмар, Новый, Константиновский западный, Константиновский, а также вершинной части каньонов Мзымтинский за счет накопления и схода избыточного объема авандельтового материала.

Грязевой вулканизм и газо-флюидная разгрузка

Грязевулканическая активность и газо-флюидная разгрузка на площади мониторинга в Черном море проявлена на Керченско-Таманском шельфе, составляя часть Керченско-Таманской грязевулканической области. Грязевые вулканы открыты также в глубоководной части: в Туапсинском прогибе, вале Шатского, в Восточно-Черноморской впадине. Но эти вулканы не охвачены мониторингом в силу их труднодоступности, удаленности от инженерной инфраструктуры, нахождения на лицензионных площадях.

Оценка грязевулканической активности и газо-флюидной разгрузки выполняется на основе мониторинга только Железнодорожного пункта наблюдений на Керченско-Таманском шельфе, что явно недостаточно. Требуется расширение площади Железнодорожного пункта наблюдений с охватом соседних банок (Аксенова северо-западная, Андреева, Чернышева), проведение детализационных обследований выявленных проявлений (вулкан банки Аксенова, гидрогазогеохимические аномалии и геохимические аномалии в донных осадках), а также работы на участках предполагаемого грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки, выделяемых по геофизическим данным южнее Керченского пролива.

В отличие от ПШЗ Азовского моря, грязевой вулканизм в пределах Керченско-Таманского шельфа отличается меньшей активностью, здесь преобладает газо-флюидная разгрузка нефтяного ряда. За весь период мониторинга здесь не зарегистрированы активные грязевулканические извержения. Грязевулканическая деятельность находится на пассивной, сальзово-грифонной стадии развития, а большинство проявлений грязевого вулканизма носит предполагаемый характер и требует подтверждения и оценки активности.

Кроме того, данная площадь в отношении рассматриваемых опасных ЭГП обладает меньшей изученностью и менее длительным рядом наблюдений.

Вследствие этого, произвести достоверную оценку изменений состояния недр под действием грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки на современном этапе изученности пока не представляется возможным. Для оценки изменения состояния недр требуется продолжить выделение центров активности, проводить их детализацию и мониторинг с накоплением рядов наблюдений.

Железнодорожный пункт наблюдений

Региональная активность грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки оценена на основе ГГП, опробования и накопленных рядов наблюдений за геохимическими индикаторами грязевулканической и газо-флюидной активности.

По данным лабораторного анализа грунтов на геохимические индикаторы грязевулканической и газо-флюидной активности значительная часть проб показала, как и ранее, высокие показатели разгрузки нефтяного ряда (нефтепродукты, ПАУ, фенолы, ртуть) на уровне очень высокого загрязнения на отдельных участках, сравнимого с 2023 г. (Табл. 3.7, Рис. 3.17). При этом опробование проводилось на участках ранее выявленных аномальных концентраций геохимических индикаторов и выявленного в 2023 г. грязевого

вулкана.

Таблица 3.7

Максимальное содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки в грунтах на Железнодорожном пункте наблюдений в различные годы

Год	НП*	Фенолы	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	ПАУ**	Mn
2011	48	0,01	0,90	9,0	20,0	17,0	54	9,4	1,4	0,017	44,0	-	600
2012	44	0,01	1,50	13,0	27,0	11,0	37	7,4	1,2	0,038	19,0	46,2	469
2013	79	0,01	0,60	11,0	17,0	9,0	13	4,1	1,5	0,030	23,0	5,0	516
2014	243	0,28	1,60	11,0	23,0	10,0	41	5,2	1,1	0,017	22,0	221,8	456
2015	41	0,01	1,20	13,0	13,0	21,0	46	7,7	0,2	0,045	13,0	52,4	464
2016	78	0,01	1,60	36,0	12,0	13,0	87	7,5	1,0	0,013	16,0	45,0	1215
2017	1229	0,07	2,40	21,0	24,0	9,0	51	16,2	1,0	0,025	72,0	124,8	1275
2018	1536	0,03	5,20	5,0	15,0	8,0	162	13,5	<1,0	0,136	15,0	350,0	1435
2019	3204	0,65	4,70	12,0	33,0	28,0	81	114,3	1,0	0,058	25,0	894,0	569
2020	8991	0,55	5,39	12,9	43,0	31,0	115	<2,0	<1,0	0,109	22,7	666,0	2773
2021	16274	1,53	21,56	6,2	12,4	14,0	167	3,1	<1,0	0,077	15,2	1454,0	4156
2022	2300	0,08	1,28	4,0	9,8	5,2	368	2,2	<1,0	0,029	13,6	426,0	442
2023	11000	1,07	29,37	17,1	48,6	60,6	110	3,4	<1,0	0,089	19,2	1023,0	3531
2024	11050	1,69	4,65	30,8	65,6	40,6	111,3	15,6	<1,0	0,025	21,5	2224	778

НП* – нефтепродукты
 ПАУ** – полиароматические углеводороды (бенз(а)пирен, флуорантен, хризен)
 Примечание: содержание НП, фенолы, Mn, Cu, Ni, Co, Zn, Pb, As, Cd, Hg в мг/кг, ПАУ в мкг/кг, Fe – в масс. %

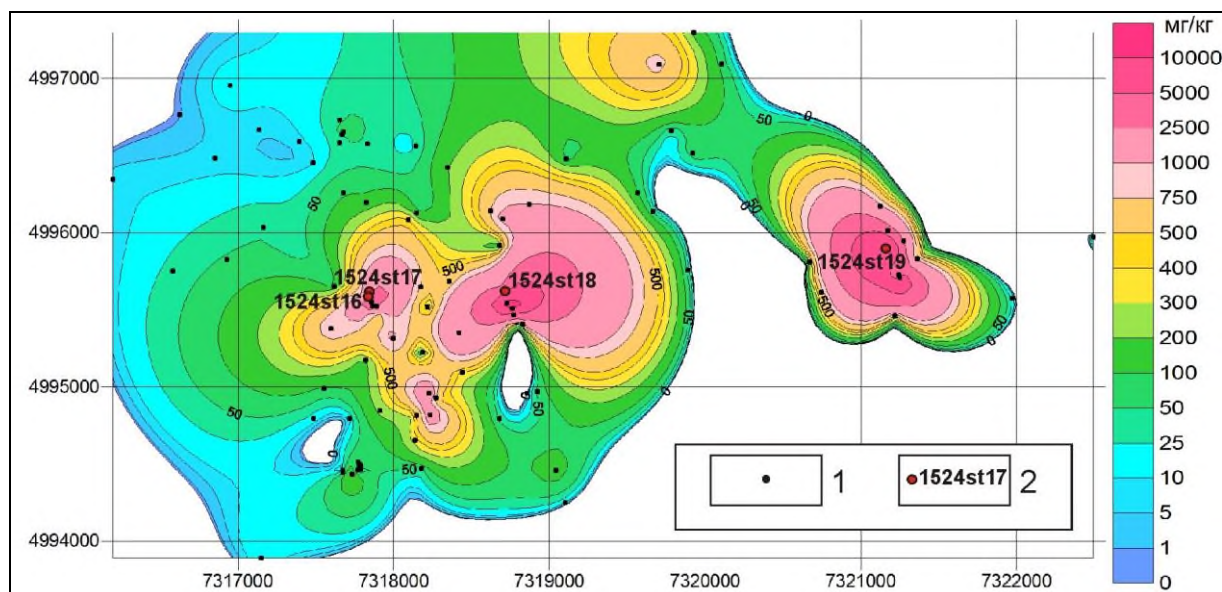


Рис. 3.17 Содержание нефтепродуктов (мг/кг) в грунтах Железнодорожного пункта наблюдений по данным опробования за различные годы

Прямоугольная система координат Гаусса-Крюгера, м.

Условные обозначения: 1 – ретроспективные станции опробования; 2 – станции опробования 2024 года и их номер.

Опробованием 2024 г. на участке выявленного в 2023 г. грязевого вулкана грязевой брекчии не обнаружено. Возможно, по причине попадания за пределы ее локального распространения. На участке подняты коренные глины с перлювием и биогенные грунты (Рис. 3.18). Обломки перлювия интенсивно покрыты трубками полихет, что свойственно метановым разгрузкам.

Отсутствие в пробах грязевулканической брекчии показало более низкие содержания геохимических индикаторов грязевого вулканизма по сравнению с 2023 г. (Табл. 3.8). Тем не менее, данные содержания указывают на присутствие газо-флюидной разгрузки нефтяного ряда.

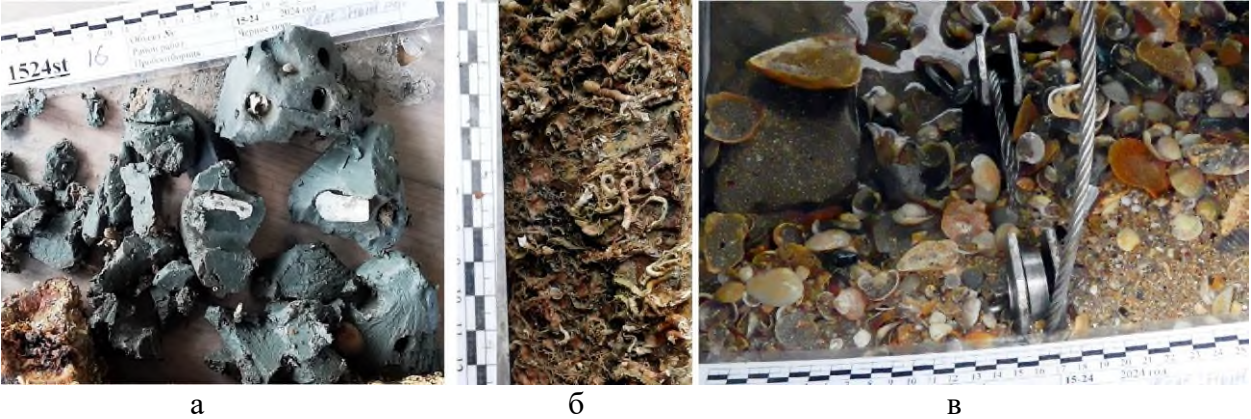


Рис. 3.18. Полученный грунт на участке грязевого вулкана
а) обломки коренной глины, станция 1524st16; б) обрастание трубками полихет перлювия, станция 1524st16; в) ракуша с обломками коренных пород, станция 1524st17.

Таблица 3.8

Содержание геохимических индикаторов грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки в грунтах на участке выявленного грязевого вулкана

Год	НП*	Фенолы	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	ПАУ**	Mn
2023	11000	1,07	4,06	17,1	39,5	31,1	109,8	2,7	<1,0	0,033	19,2	265	511
2024	2100	0,69	4,37	27,3	65,6	40,6	92,4	10,7	<1,0	0,025	20,1	178	697

НП* – нефтепродукты
ПАУ** – полиароматические углеводороды (бенз(а)пирен, флуорантен, хризен)
Примечание: содержание НП, фенолы, Mn, Cu, Ni, Co, Zn, Pb, As, Cd, Hg в мг/кг, ПАУ в мкг/кг, Fe – в масс. %

По данным ГГГП показатели метановой разгрузки по сравнению с 2015-2023 гг. оставалась на относительно низком уровне (Табл. 3.9).

Таблица 3.9

Гидрогазогеохимический ряд наблюдений за содержанием метана и его гомологов в верхнем слое воды на Железнорогском пункте наблюдений по данным ГГГП

Год	Среднее	Минимальное	Максимальное
2015	270,6	262,8	277,8
2016	261,9	184,9	642,5
2017	223,2	174,6	326,3
2018	262,6	186,0	541,0
2019	210,0	174,6	278,4
2020	302,6	170,1	503,6
2021	305,4	218,7	464,0
2022	352,7	296,3	404,6
2023	277,8	268,5	290,2
2024	297,1	241,0	354,2

Гидрогазогеохимическое поле характеризуется несколько более высоким градиентом по сравнению с 2023 г. Выявленных локальных аномалий (каналов) разгрузки не зафиксировано. Максимальные концентрации метана и его гомологов в морской воде зафиксированы за пределами очагов нефтяной разгрузки на морском дне по данным опробования грунтов (Рис. 3.19).

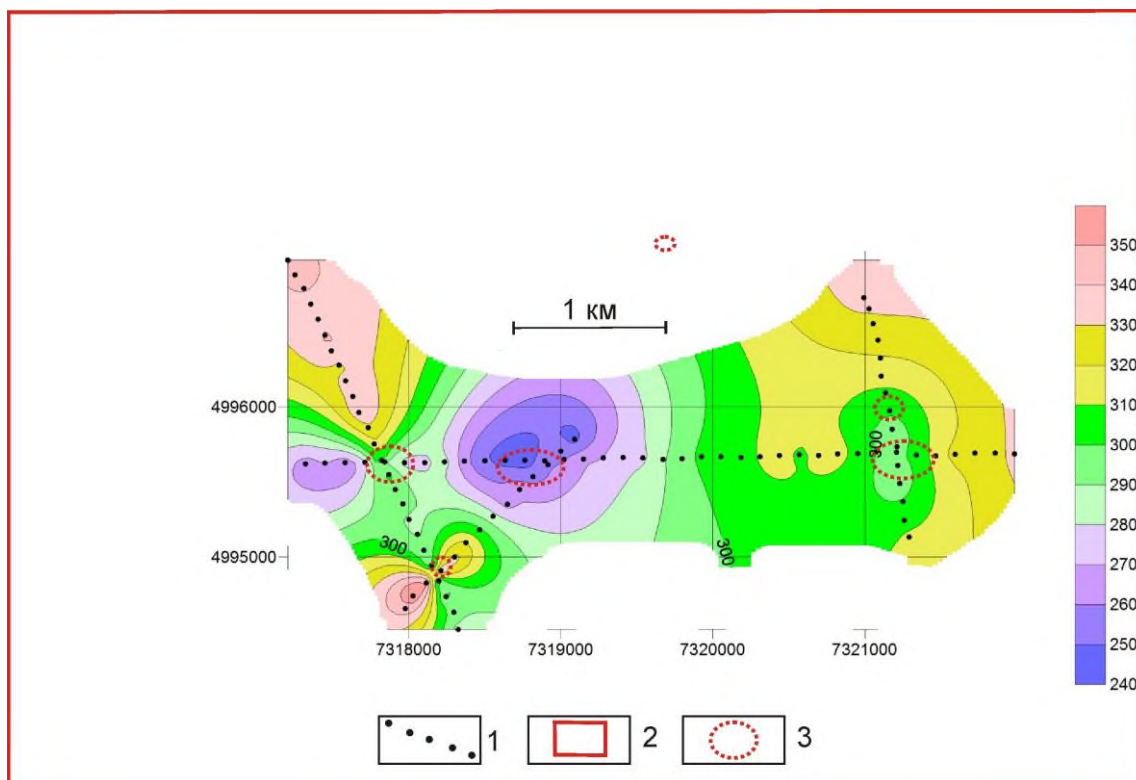


Рис. 3.19 Содержание (нл/л) суммы метана и его гомологов в морской воде на Железнодорожном пункте наблюдений

Прямоугольная система координат Гаусса-Крюгера, м.

Условные обозначения: 1 – гидрогазогеохимический профиль с точками определений; 2 - граница пункта наблюдений; 3 - эпицентры нефтяной разгрузки на морском дне по данным опробования грунтов.

Таким образом, по сумме данных ГГГП и опробования, активность газо-флюидной разгрузки на Железнодорожном пункте наблюдений находилась на среднем уровне с поставкой нефти и ПАУ на уровне очень высокого загрязнения на отдельных участках морского дна. Грязевулканическая активность находилась на сравнительно низком - солязово-грифонном - уровне. Грязевой вулканизм и газо-флюидная разгрузка континентального склона и котловины Черного моря не оцениваются по причине отсутствия данных, а результаты оценки на основе Железнодорожного участка на данную территорию не могут экстраполироваться по причине другой структурно-тектонической и геодинамической приуроченности.

Загазованность донных отложений

Сведения об активности опасных процессов в связи с загазованностью донных отложений в 2024 г. отсутствуют.

Газогидраты

Сведения об активности опасных ЭГП в связи с газогидратами в 2024 г. отсутствуют.

Техногенез

Техногенное воздействие на возможную активизацию опасных ЭГП в виде

нарушения вдольберегового транзита донных осадков, изменений рельефа дна отмечается у юго-западной оконечности Таманского полуострова. Техногенное воздействие выражено в виде активных дноуглубительных работ по созданию подходных судоходных каналов при расширении порта Тамань и дампингом в виде нарушений поверхности и рельефа морского дна.

Пляжи Имеретинской низменности к востоку от Имеретинского порта испытывают деградацию в силу дефицита формирующего их материала, который отеснен от берега портовым сооружением и перехватывается головными частями подводных каньонов. В настоящее время на Адлерском участке абразионное воздействие на берег частично демпфировано затратными берегоукрепительными работами, которые, впрочем, также испытывают разрушение.

В целом техногенное воздействие остается на уровне 2020-2023 гг. с медленным инерционным возрастанием за счет строительства новых гидротехнических сооружений (портов, подходных каналов, канализационных выпусков и пр.).

3.3. Каспийское море

Актуализированный каталог проявлений опасных ЭГП в ПШЗ Каспийского моря (по состоянию на 01.12.2024) приведен в Приложении В. По числу зафиксированных и внесенных в каталог опасных ЭГП Каспийское море значительно уступает Азовскому и Черному.

В пределах ПШЗ Каспийского моря изученность ЭГП недостаточная и актуализированный каталог проявлений опасных ЭГП по состоянию на 01.12.2024 г. носит явно неполный характер, что связано с незначительным объемом и видами наблюдений. Кроме того, значительная площадь акватории Каспийского моря залицензирована, а данные производственного (локального) мониторинга состояния природной среды, проводимые нефтегазовыми компаниями, носят закрытый характер. Здесь преимущественно выделены площадные участки развития опасных ЭГП без определения точной привязки отдельных концентрированных проявлений и оконтуривания из-за отсутствия данных.

Литодинамические процессы

Региональная активность опасных литодинамических процессов в 2024 г. находилась на фоновом среднемноголетнем уровне. Сведения о ее активизации отсутствуют.

Грязевой вулканизм и газо-флюидная разгрузка

В российском секторе Каспийского моря грязевой вулканизм и связанная с ним газо-флюидная разгрузка не проявлены.

Загазованность донных отложений

Проявление загазованности донных отложений в виде метановых сипов развито преимущественно в Северном Каспии. Грифонная активность наблюдается и регистрируется на радиолокационных космоснимках ежегодно.

На ретроспективных сейсмоакустических разрезах присутствуют следы газо-флюидных прорывов («газо-флюидные столбы») и участки аномально высокого внутрипластового газового давления под флюидоупорами.

В целом степень изученности газо-флюидной разгрузки в связи с загазованностью грунтового массива в ПШЗ Каспийского моря явно недостаточная. По состоянию на 01.12.2024 здесь выделены преимущественно площадные участки развития газо-флюидной разгрузки и загазованности грунтов без оконтуривания участков аномально высокого пластового давления, как по площади, так и по глубине из-за отсутствия данных. Данные с точной привязкой отдельных концентрированных проявлений разгрузки встречаются редко.

Данные опробования грунтов единичными станциями на Каспийском пункте наблюдений не показали значимых содержаний геохимических индикаторов газо-флюидной разгрузки (Табл. 3.10). Относительно более высокие содержания индикаторов выявлены на станциях 1524st21 и 1524st24, которые расположены в пределах геохимических аномалий углеводородных газов (метан и его легкие гомологи) в грунтах, выделенных по результатам опробования донных отложений по программе геологосъемочных работ масштаба 1:200000 листа К-38-VI (Шейков А.А., 2017). Самые низкие содержания индикаторов выявлены на станции 1524st22, находящейся на максимальном удалении от выявленных аномалий.

Таблица 3.10

Содержания геохимических индикаторов газо-флюидной разгрузки в грунтах на Каспийском пункте наблюдений

Станция	НП*	Фенолы	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb	ПАУ**	Mn
1524st21	24	<0,01	2,45	10,4	34,3	18,1	48,1	2,4	<1	0,030	14,1	11,6	615,1
1524st22	7	<0,01	0,98	6,7	13,4	7,4	21,7	2,0	<1	0,045	11,8	3,8	219,5
1524st23	11	<0,01	1,37	6,4	22,3	9,6	27,1	<2,0	<1	<0,025	10,1	10,0	314,2
1524st24	17	<0,01	1,88	8,1	23,7	11,6	35	3,4	<1	<0,025	16,8	12,5	407,0
1524st25	13	<0,01	1,85	5,5	24,8	13,4	32,6	2,5	<1	0,051	12,1	11,5	453,0
НП* – нефтепродукты ПАУ** – полиароматические углеводороды (бенз(а)пирен, флуорантен, хризен) Примечание: содержание НП, фенолы, Mn, Cu, Ni, Co, Zn, Pb, As, Cd, Hg в мг/кг, ПАУ в мкг/кг, Fe – в масс. %													

Визуально на станциях 1524st21 и 1524st24 устанавливаются признаки загазованности грунтов (Рис. 3.20). На ст. 1524st21 грунты однородные, присутствуют частые газовые поры размером до 2 мм в диаметре. На ст. 1524st24 в нижней части грунтовой колонки присутствуют вертикальные трещины разваливания, характерные для загазованных грунтов. Грунты ст. 1524st22, показавшие самые низкие содержания индикаторов газо-флюидной разгрузки, тонкослоистые, без признаков загазованности.

По экспертной оценке, активность газо-флюидной разгрузки находилась на средне-многолетнем фоновом уровне, так как сведения о ее активизации отсутствуют.

Газогидраты

Сведения о наличии и об активности опасных ЭГП в связи с газогидратами в 2024 г. отсутствуют.

Техногенез

Техногенное воздействие на возможную активизацию опасных литодинамических процессов выражено в виде активных дноуглубительных работ по поддержанию ВКМСК, подходных каналов к портам и дампинге с нарушением поверхности и рельефа морского дна. Здесь возможно нарушение вдольберегового транзита донных осадков, образование оплывин грунта и малообъемных оползней.

В целом техногенное воздействие остается на уровне 2020-2023 гг.

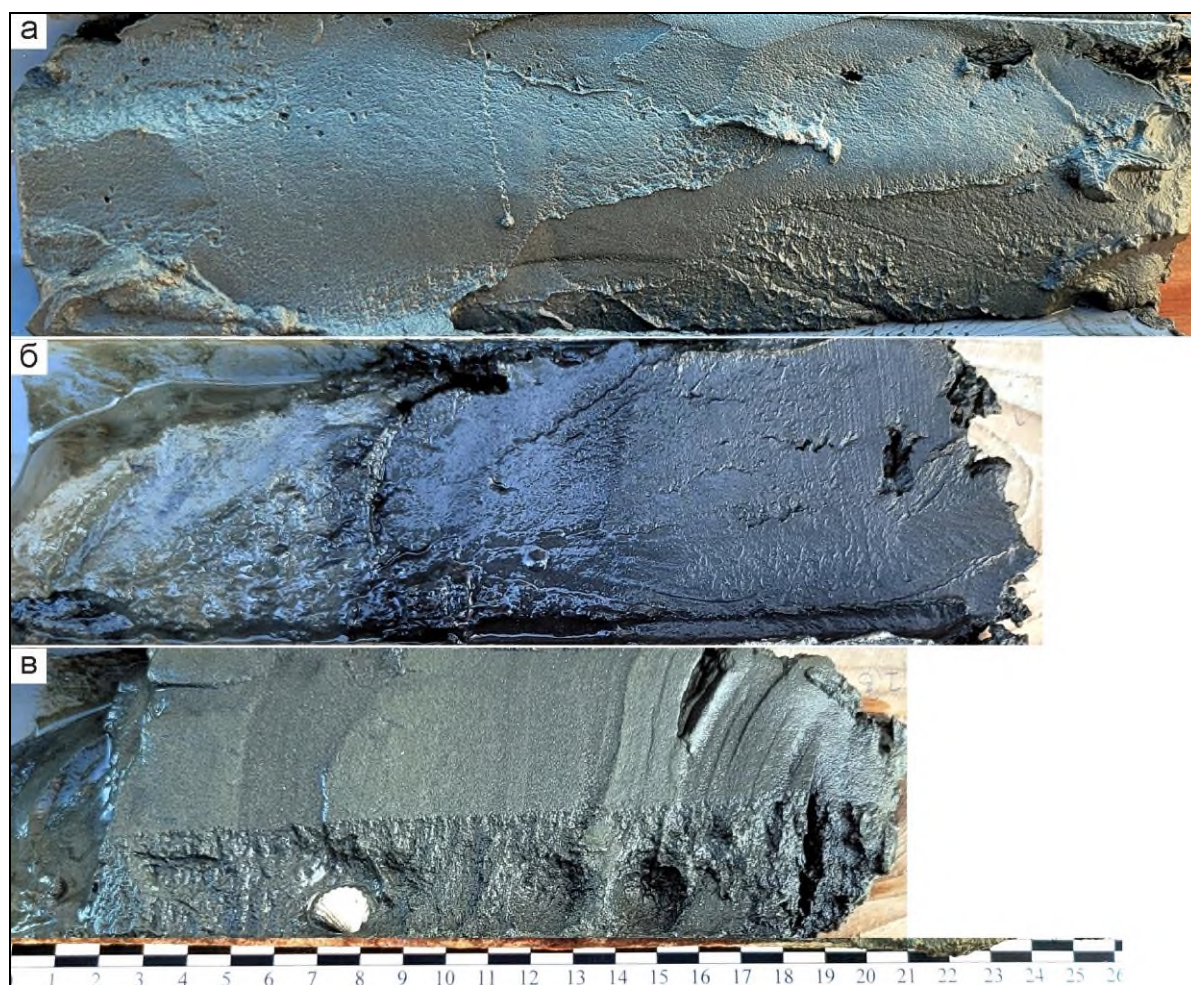


Рис. 3.20. Грунтовые колонки с Каспийского пункта наблюдений
а) станция 1524st21; б) станция 1524st24; в) станция 1524st22

4. ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ЭГП НА 2025 ГОД И ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРОГНОЗА ОПАСНЫХ ЭГП ЗА 2024 ГОД

4.1. Прогноз развития опасных ЭГП на 2025 год

4.1.1. Азовское море

Опасные ЭГП, связанные с литодинамическими процессами

Донные абразионно-эрозионные процессы, нарушение вдольберегового переноса пляжеобразующих наносов, опасные ЭГП гравитационного типа и др. в 2024 г. оставались на среднемноголетнем уровне и в 2025 г. прогнозируются на среднемноголетнем уровне.

Продолжится на хроническом уровне проявление таких широко развитых аккумулятивных литодинамических процессов, как заносимость морских каналов, фарватеров и подходных путей к портам, устьям судоходных рек (Дон, Кубань).

Динской и Таманский заливы продолжают испытывать очень медленное, на уровне вековых событий, обмеление и отделение пересыпями с некоторым прогрессированием этого процесса под воздействием ограждающего влияния Крымского моста.

Прогнозируется продолжение медленной среднемноголетней деградации и расчленения некоторых Азовских кос (коса Ейская) или остановки роста вблизи крупных населенных пунктов за счет антропогенного нарушения естественной литодинамики и уменьшения поставки раковинного материала (косы Глафировская, Долгая, Тузла, Чушка, Ясенская, Бирючий Остров, Обиточная, Бердянская, Белосарайская, Кривая, Беглицкая и др.).

Некоторые изменения в направленности и динамике ЭГП и, соответственно, связанных с ними геологических опасностей, будут проявляться в пределах полосы Керченско-Таманского транспортного перехода в связи с влиянием возведенных сооружений на процессы литодинамики. Эти процессы носят весьма медленный характер из-за своей инерционности. В частности, по сравнению со среднемноголетней активностью (до возведения Крымского моста) абразионно-эрозионные процессы будут находиться на более активном уровне в фарватерной части под Крымским мостом и в промоине между косой Тузла и островом Тузла. На участках ограждающего влияния Крымского моста (Керченский залив между мысом Ак-Бурун и мостом, Динской и Таманский заливы) будет происходить медленное обмеление, зарастание водной растительностью, отложение заторфованных и обогащенных органическим веществом грунтов, отделение пересыпями с некоторым возрастанием этого процесса.

Обозначенные опасные ЭГП обладают сравнительно низкой динамикой, достаточно медленные, инерционные и их негативное воздействие растянуто во времени на многие десятки лет. Тем не менее, они требуют учета при планировании хозяйственной деятельности и реализации превентивных мер.

Опасные ЭГП, связанные с грязевулканической деятельностью и газо-флюидной разгрузкой

Необходимо отметить, что принципы и критерии прогноза грязевулканической активности по настоящее время остаются не разработанными или слабо верифицированными и данный прогноз носит вероятностный характер.

Для прогноза грязевулканической деятельности и газо-флюидной разгрузки использованы дополненные результатами 2024 года геохимические ряды наблюдений (Табл. 3.1, 3.2, 3.7, 3.9) построены графики изменений геохимических индикаторов по накопленным рядам наблюдений (Рис. 4.1).

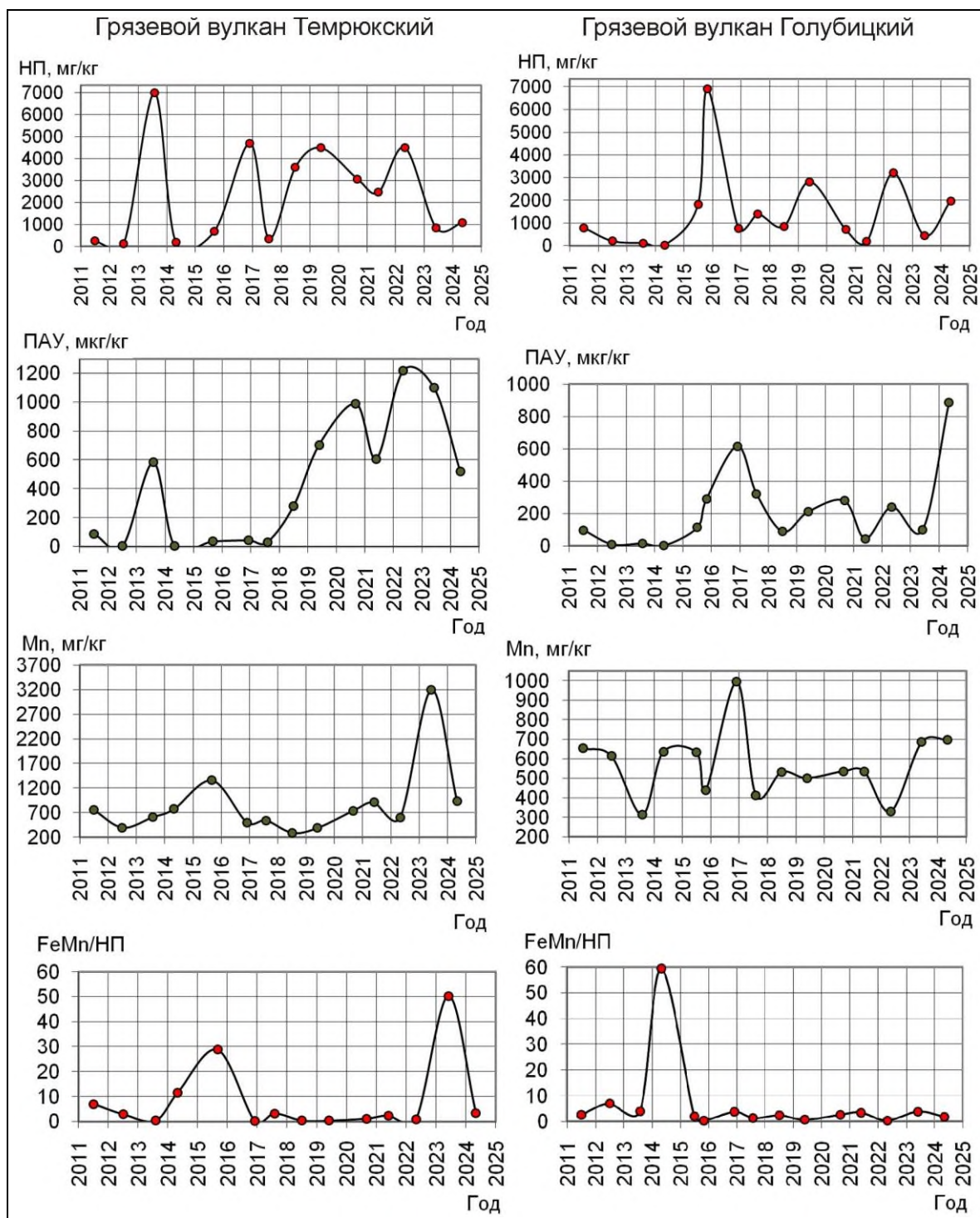


Рис. 4.1. Индикаторные изменения концентраций химических компонентов и их отношений в донных отложениях на грязевых вулканах Темрюкский и Голубицкий

Азовское грязевулканическое поле

В настоящее время по Азовскому грязевулканическому полю отсутствует ряд наблюдений, который мог бы быть положен в основу прогноза. Грязевулканическая активность морской части грязевулканического поля Пекло Азовское в 2024 г. находилась на уровне низкой активности, а газо-флюидная – на очень высоком. В частности, грязевые вулканы Пекло Азовское морской и Пекло Азовское морской 2 находились на низкой грязевулканической и газовой-флюидной активности. Высокая газо-флюидная разгрузка выявлена методом ГГП в стороне от этих вулканов. В 2025 году предполагается сохранение низкой грязевулканической активности на обоих грязевых вулканах. Некоторое увеличение газо-флюидной разгрузки возможно на грязевом вулкане Пекло Азовское морской 2. В целом же активность газовой-флюидной разгрузки на Азовском пункте наблюдений

предполагается на более низком уровне, со снижением до высокого.

Данный прогноз носит сугубо вероятностный характер.

Темрюкское грязевулканическое поле

Активность данного поля связывается практически с одним активным грязевым вулканом – Темрюкским. В 2024 г. на момент обследования Темрюкский вулкан по данным опробования грунтов находился на низком уровне грязевулканической активности. Основной грязевулканический канал был закупорен с газо-флюидной разгрузкой по периферии структуры на среднем уровне. Минимальный период между активизациями данного вулкана 3-7 лет с его последней активностью в 2022 году. Учитывая это можно высказать предположение, что с 2025 по 2029 г. следует ожидать активизацию его грязевулканической деятельности с сопутствующей газо-флюидной разгрузкой среднего уровня.

Голубицкое грязевулканическое поле

Активность данного поля связывается с одним активным грязевым вулканом – Голубицким. В 2024 г. по данным ГГП средние и максимальные показатели метановой разгрузки здесь заметно увеличились. Средние показатели гидрогазогеохимического поля соответствовали низкой газо-флюидной активности, а максимальные - средней. Максимумы разгрузки на момент обследования приходились на кальдерное ограничение Голубицкого вулкана, что свидетельствует о закупорке подводящего канала с постепенным увеличением внутрикамерного давления, которое приводит к последующим извержениям. Собственно грязевулканическая активность Голубицкого грязевого вулкана в 2024 г. находилась на относительно низком соляно-грифонном уровне активности. Минимальный период между активизациями данного вулкана составляет 3-7 лет. Последний раз вулкан активно извергался в 2015 г. В соответствии с этим и накопленным рядом наблюдений (Рис. 4.1), повышенным содержанием марганца и ПАУ, в 2025 году возможна активизация грязевулканической активности вулкана до высокого уровня с соответствующей высокой газо-флюидной разгрузкой.

Прогноз активности других выделяемых здесь грязевых вулканов не подкреплён рядом наблюдений. Тем не менее, их активность прогнозируется на уровне пассивной газо-флюидной среднесулетней.

Опасные ЭГП, связанные с загазованностью донных отложений

Опасные ЭГП, связанные с загазованностью донных отложений, в 2025 г. прогнозируются на прежнем среднесулетней уровне. Это связано со стабильностью и очень медленной инерционностью данного опасного процесса.

Техногенные факторы активизации опасных ЭГП

Прогноз техногенных факторов активизации опасных ЭГП на 2025 г. будет определяться интенсивностью инженерно-хозяйственного освоения морского дна Азовского моря, проведением морского строительства.

4.1.2. Черное море

Опасные ЭГП, связанные с литодинамическими процессами

Для Черного моря опасные литодинамические процессы (донная эрозия и абразия, нарушение вдольберегового переноса пляжеобразующих наносов, подводные обвалы и оползневые явления, продвижение подводных каньонов, отступление бровки шельфа, турбидитные потоки, заиливание морских каналов и др.) прогнозируются на среднесулетней уровне.

Изменение характера литодинамических процессов с постепенной активизацией опасных ЭГП возможно на притаманском шельфе, в районе строительства портовой зоны Тамань. Это связано с проведением здесь дноуглубительных работ по строительству протяженных морских подходов к портовым терминалам и строительством прича-

лов, способных нарушить стационарный характер литодинамических процессов, в том числе вдольбереговой транзит пляжевого материала. Степень техногенного воздействия здесь будет возрастать в связи с прокладкой новых подходных каналов. Аналогично возрастет объем дампинга.

Постройка в Геленджикской бухте нового порта-марины (район грузового порта) будет оказывать воздействие на сложившуюся динамику литодинамических процессов за счет ухудшения водообмена с открытым морем с возможными негативными последствиями - эвтрофикацией и заносимостью северо-западной части бухты, примыкающей к марине.

Наиболее проблемным остается Сочинский участок, где от пос. Магри до р. Псоу будет сохраняться деградация рекреационной пляжевой зоны до периодического разрушения набережной в районе Олимпийских объектов под влиянием наступающих головных частей крупных подводных каньонов Шахе и Мзымта. Эти участки обладают широким и активным проявлением опасных литодинамических процессов: интенсивная аккумуляция донных осадков с потерей гравитационной устойчивости и срывом их вниз по склону, перехват вдольберегового переноса осадков и транзит их по склону, абразионные, оползневые, обвальнo-осыпные процессы, мутьевые потоки, донная эрозия и др. Учитывая масштаб этих каньонных систем и характер вертикальных движений поверхности земной коры (поднятие горной части и опускание морской), негативное воздействие литодинамических процессов будет медленно возрастать. Прогнозируется постепенное очень медленное увеличение скорости протекающих литодинамических процессов гравитационного типа (декливиальных) в длительной перспективе и продвижение подводных каньонов.

Исходя из эволюции формы вершинных частей каньонов при приближении к берегу к предельной, максимальные скорости продвижения будут продолжать постепенно смещаться от осевой их части к боковым (фланговым) с расширением фронта роста. Осевые части каньонов зачастую при этом будут оставаться относительно стабильными и даже могут периодически отступать за счет поступления терригенного материала с суши и перехвата вдольберегового транзита донных осадков. Лишь у клиновидных в плане каньонов максимальные среднесуточные скорости продвижения будут сохраняться более высокими в осевой части.

На Головинском пункте наблюдений в 2025 г. прогнозируется сохранение активности опасных литодинамических процессов на уровне среднесуточных, в том числе среднегодовой скорости продвижения каньона Шахе с выявленными закономерностями и развития подводных оползней. Максимальному поражению оползневыми процессами по-прежнему будет подвергаться правая сторона головной части каньона.

На Адлерском пункте наблюдений в 2025 г. прогнозируется сохранение активности опасных литодинамических процессов на уровне среднесуточных, в том числе среднегодовой скорости продвижения каньона Мзымты с выявленными закономерностями вдоль его фронта и развития подводных оползней. Исходя из морфологических особенностей и наблюдений, наибольшая активность опасных ЭГП будет свойственна каньонам Кальмар, Новый, Константиновский западный, Константиновский. Прогнозируется высокая активность абразионных и декливиальных процессов в вершинной части каньона Мзымтинский за счет накопления и схода избыточного объема авандельтового материала. В долгосрочной перспективе (десятилетия) можно прогнозировать медленное увеличение активности опасных ЭГП (донной абразии, подводно-оползневых и подводно-обвальных, мутьевых потоков, отступление шельфа, продвижение каньонов) если будет сохраняться блокирующее влияние порта Имеретинский.

На участках активного поступления и вдольберегового перераспределения аллювиального материала, на траверзе авандельт р. Мзымта и р. Псоу, по-прежнему, наиболее интенсивно будут проявлены подводно-оползневые процессы и формирование мутьевых потоков, абразионные процессы и продвижение каньонов будут демпфированы поставкой аллювиального материала. На участках блокирования поступления

аллювиального материала и его вдольберегового транзита - между Имеретинским портом и мысом Константиновский - наиболее интенсивно будут проявлены абразионные и подводно-обвальные процессы, продвижение каньонов, уничтожение пляжевой зоны.

Опасные ЭГП, связанные с грязевулканической деятельностью и газо-флюидной разгрузкой

В связи со слабой изученностью грязевулканической активности и газо-флюидной разгрузки в пределах ПШЗ Черного моря и малым рядом наблюдений, произвести прогноз активности опасных ЭГП затруднительно. Большинство проявлений грязевулканической активности и газо-флюидной разгрузки выделяются предположительно, их местоположения уточняются и требуют заверки и детализации.

По сумме данных ГГП и опробования, активность газо-флюидной разгрузки на Железнодорожном пункте наблюдений в 2024 г. находилась на среднем уровне с поставкой нефти и ПАУ на уровне очень высокого загрязнения грунтов на отдельных участках морского дна. Грязевулканическая активность находилась на сравнительно низком - сальзово-грифонном - уровне.

В 2025 г. на Железнодорожном пункте наблюдений прогнозируется сохранение газо-флюидной разгрузки на среднем уровне. Прогноз грязевулканической активности выявленного грязевого вулкана не может быть выполнен на сколь-либо достоверном уровне. Ожидается, что она будет находиться на сравнительно низком - сальзово-грифонном - уровне.

О прогнозе грязевулканической активности на шельфе южнее Керченского пролива и в глубоководной части говорить не приходится, так как здесь грязевые вулканы не охвачены наблюдениями или только предполагаются по геофизическим данным. Для этого необходимо проведение заверочно-детализационных работ на предполагаемых вулканах для их верификации, определения их морфологии, структуры и активности. Глубоководные вулканы находятся в других структурно-тектонических условиях и на них, соответственно, распространение результатов наблюдений по Керченско-Таманской грязевулканической области неправомерно. Для их оценки и прогноза требуется выполнение дорогостоящих морских работ в глубоководной части, что в настоящее время не актуально по причине их удаленности от инженерной инфраструктуры.

Опасные ЭГП, связанные с загазованностью донных отложений

Опасные ЭГП, связанные с загазованностью донных отложений, в 2025 г. прогнозируются на прежнем среднемноголетнем уровне. Это связано со стабильностью и очень медленной инерционностью данного опасного процесса.

Опасные ЭГП, связанные с газогидратами

Данные об активности опасных ЭГП, связанных с газогидратами, отсутствуют. Предполагается, что развитие опасных ЭГП, связанных с газогидратами, в 2025 г. будет происходить на среднемноголетнем уровне.

Техногенные факторы активизации опасных ЭГП

Прогноз техногенных факторов активизации опасных ЭГП на 2025 г. будет определяться интенсивностью инженерно-хозяйственного освоения морского дна Черного моря, проведением морского строительства.

4.1.3. Каспийское море

Опасные ЭГП, связанные с литодинамическими процессами

В целом, прогноз региональной активности опасных ЭГП, связанных с литодинамическими процессами, на 2025 г. не может быть выполнен полноценно в силу крайней недостаточности видов и объемов наблюдений. Характер и перечень опасных ЭГП в пределах мелководной части Каспийского моря близок к таковым Азовского моря. Отличи-

тельной чертой служит изменение их активности в зависимости от многолетних вариаций уровня Каспийского моря. Материковый склон и котловинная (Дербентская впадина) не охвачены мониторинговыми наблюдениями, но по характеру развития опасных ЭГП они должны заметно уступать таковым для Черного моря.

Донная эрозия и абразия, нарушение вдольберегового переноса пляжеобразующих наносов, заиливание морских каналов и прочее в 2025 г. прогнозируются на среднемноголетнем уровне наблюдений.

В пределах авандельта Волги, Сулака и Самура продолжатся на среднемноголетнем уровне опасные аккумулятивные литодинамические процессы с формированием отмелей и заиливанием морских судоходных каналов, препятствующих судоходству. Повышенное содержание органического вещества в отлагающихся донных осадках продолжит формировать обширные зоны диагенетической загазованности в авандельтах крупных рек и полузамкнутых Аграханском и Кизлярском заливах с опасностью выбросов метана, особенно при бурении скважин.

В пределах Северного Каспия процессы экзарации морского дна будут определяться ледовым режимом 2025 г.

Опасные ЭГП, связанные с грязевулканической деятельностью и газо-флюидной разгрузкой

В российском секторе Каспийского моря грязевой вулканизм и связанная с ним газо-флюидная разгрузка не выявлены и, соответственно, их проявление не прогнозируется.

Опасные ЭГП, связанные с загазованностью донных отложений

В 2025 г. предполагается сохранение активности проявлений опасных ЭГП, связанных с загазованностью донных отложений, в виде метановых сипов на среднемноголетнем фоновом уровне. Вместе с тем, прогноз активности метанового сипинга в настоящее время остается не подкрепленным по причине недостатка данных и отсутствия специализированных газо-геохимических наблюдений по финансовым ограничениям.

Опасные ЭГП, связанные с газогидратами

Сведения о проявлении в российском секторе Каспийского моря опасных ЭГП, связанных с газогидратами, отсутствуют. Соответственно, их прогнозирование не может быть выполнено.

Техногенные факторы активизации опасных ЭГП

Прогноз техногенных факторов активизации опасных ЭГП на 2025 г. будет определяться интенсивностью инженерно-хозяйственного освоения морского дна Каспийского моря, проведением морского строительства.

4.2. Достоверность прогноза опасных экзогенных геологических процессов

4.2.1. Азовское море

Прогноз и оценка его достоверности выполнялись по трем пунктам наблюдений (Азовский, Темрюкский, Голубицкий) в отношении грязевулканической и газо-флюидной активности. Прогноз для Азовского пункта наблюдений на 2024 г. выполнялся впервые и только для его западной площади, т.к. расширение пункта наблюдений к востоку произведено в 2024 году. Соответственно прогноз на 2024 г. для восточной части Азовского пункта наблюдений не выполнялся.

В 2024 г. по данным наблюдений и проработки СМИ грязевулканическая активность на Азовском (западная половина), Темрюкском и Голубицком пунктах наблюдений оценивается, соответственно, как низкая, низкая и низкая. А прогнозировалась, соответственно, на низкой, низкой и низкой степени активности. Оправдываемость прогнозов ак-

тивности грязевого вулканизма в ПШЗ Азовского моря оценивается как хорошая (Табл. 4.1).

Таблица 4.1

Оценка оправдываемости прогноза грязевулканической активности в ПШЗ Азовского моря

Пункт наблюдений	I	II	III
Азовский (западная половина)	1	1	3
Темрюкский	1	1	3
Голубицкий	1	1	3
Примечание: I – прогнозируемая активность опасных ЭГП (4 – очень высокая, 3 – высокая, 2 – средняя, 1 – низкая); II – наблюдавшаяся активность опасных ЭГП (4 – очень высокая, 3 – высокая, 2 – средняя, 1 – низкая); III – оправдываемость прогноза (1 – прогноз не оправдался, 2 – прогноз оправдался удовлетворительно, 3 – прогноз оправдался хорошо)			

Активность газо-флюидной разгрузки на Азовском (западная половина), Темрюкском и Голубицком пунктах наблюдений в 2024 г. оценивается, соответственно, на низком, высоком и среднем уровне. А прогнозировалась на, соответственно, низкой, низкой(?) и низкой степени активности. При этом для Темрюкского пункта наблюдений на основании высоких содержаний марганца и значений показателя $(Fe \times Mn)/HPI$ в грунтах высказывалось предположение о возможной активизации. Результаты оценки 2024 года для Темрюкского пункта наблюдений подтвердили вероятность прогностического значения содержаний марганца и показателя $(Fe \times Mn)/HPI$. Соответственно, оправдываемость прогнозов активности грязевого вулканизма в ПШЗ Азовского моря оценивается как удовлетворительная и хорошая (Табл. 4.2).

Таблица 4.2

Оценка оправдываемости прогноза газо-флюидной активности в ПШЗ Азовского моря

Пункт наблюдений	I	II	III
Азовский (западная половина)	1	1	3
Темрюкский	1 (2-3 на основе геохимических показателей)	3	2
Голубицкий	1	2	2
Примечание: I – прогнозируемая активность опасных ЭГП (4 – очень высокая, 3 – высокая, 2 – средняя, 1 – низкая); II – наблюдавшаяся активность опасных ЭГП (4 – очень высокая, 3 – высокая, 2 – средняя, 1 – низкая); III – оправдываемость прогноза (1 – прогноз не оправдался, 2 – прогноз оправдался удовлетворительно, 3 – прогноз оправдался хорошо)			

Таким образом, оправдываемость прогнозов активности грязевого вулканизма и газо-флюидной разгрузки в ПШЗ Азовского моря в целом оценивается как хорошая.

4.2.2. Черное море

Прогноз и оценка его достоверности выполнялись по трем пунктам наблюдений:

- в отношении грязевулканической и газо-флюидной активности – на Железнодорожном пункте;
- в отношении литодинамических (абразионно-эрозионных, декливиальных) процессов – на Головинском и Адлерском.

В 2024 г. в пределах Железнодорожного пункта наблюдений по данным ГГП и опробования уровень грязевулканической и газо-флюидной активности оценивается, соответственно, как низкий и средний. А прогнозировался как средний и средний, соответственно.

Оправдываемость прогноза грязевулканической активности – удовлетворительная, а газо-флюидной активности хорошая (Табл. 4.3).

Таблица 4.3

Оценка оправдываемости прогноза грязевулканической и газо-флюидной активности в ПШЗ Черного моря

Пункт наблюдений	I	II	III
Железнодорожный (грязевой вулканизм/газо-флюидная разгрузка)	2/2	1/2	2/3
Примечание: I – прогнозируемая активность опасных ЭГП (4 – очень высокая, 3 – высокая, 2 – средняя, 1 – низкая); II – наблюдавшаяся активность опасных ЭГП (4 – очень высокая, 3 – высокая, 2 – средняя, 1 – низкая); III – оправдываемость прогноза (1 – прогноз не оправдался, 2 – прогноз оправдался удовлетворительно, 3 – прогноз оправдался хорошо).			

Более низкая степень оправдываемости прогноза грязевулканической активности вызвана отсутствием геохимического ряда наблюдений для выявленного в 2023 г. нового грязевого вулкана и его слабой геологической изученностью.

В 2024 г. активность опасных ЭГП на Головинском пункте наблюдений оценивается, как превысившая среднемноголетнюю в среднем в 1,23 раза, компенсировав, таким образом, пониженную активность 2023 года при прогнозе на среднемноголетнем уровне активности. На Адлерском пункте наблюдений активность опасных ЭГП оценивается как близкая к среднемноголетней при прогнозе на среднемноголетнем уровне активности. Таким образом, по результатам мониторинга в ПШЗ Черного моря оправдываемость прогноза активности опасных литодинамических процессов на основе пунктов наблюдений оценивается как хорошая и удовлетворительная (Табл. 4.4).

Таблица 4.4

Оценка оправдываемости прогноза литодинамической активности в ПШЗ Черного моря

Пункт наблюдений	I	II	III
Головинский	3	4	2
Адлерский	3	3	3
Примечание: I – прогнозируемая активность опасных ЭГП (4 – очень высокая, 3 – высокая, 2 – средняя, 1 – низкая); II – наблюдавшаяся активность опасных ЭГП (4 – очень высокая, 3 – высокая, 2 – средняя, 1 – низкая); III – оправдываемость прогноза (1 – прогноз не оправдался, 2 – прогноз оправдался удовлетворительно, 3 – прогноз оправдался хорошо).			

По результатам оценки достоверность прогноза активности опасных ЭГП в ПШЗ Черного моря преимущественно хорошая, реже удовлетворительная.

4.2.3. Каспийское море

В ПШЗ Каспийского моря прогноз и оценка опасных ЭГП выполняется на основе одного пункта наблюдений за газо-флюидной разгрузкой, связанной с загазованностью грунтов. В связи с тем, что Каспийский пункт наблюдений введен впервые, для него отсутствует ряд наблюдений и прогноз 2023 года. На основании мониторинга средств массовой информации, интернет-ресурса и выполненных работ на Каспийском пункте наблюдений предполагается, что активность газо-флюидной разгрузки в 2024 г. находилась на среднемноголетнем низком уровне, так как сведения о ее активизации отсутствуют. Прогноз 2023 г. оправдался хорошо (Табл. 4.5).

Таблица 4.5

Оценка оправдываемости прогноза газо-флюидной активности в ПШЗ Каспийского моря

Пункт наблюдений	I	II	III
Каспийский	1	1	3
Примечание: I – прогнозируемая активность опасных ЭГП (4 – очень высокая, 3 – высокая, 2 – средняя, 1 – низкая); II – наблюдавшаяся активность опасных ЭГП (4 – очень высокая, 3 – высокая, 2 – средняя, 1 – низкая); III – оправдываемость прогноза (1 – прогноз не оправдался, 2 – прогноз оправдался удовлетворительно, 3 – прогноз оправдался хорошо).			

Оценка региональной активности опасных ЭП в 2024 г. не может быть выполнена полноценно вследствие слабой изученности и недостаточности данных. Заиливание морских судоходных каналов и продвижение авандельт, подводные абразионные и оползневые процессы в 2024 г. оцениваются на среднемноголетнем низком уровне, так как сведения об их активизации отсутствуют.

5. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ, ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ УЩЕРБА

5.1. Азовское море

Литодинамические процессы

В 2024 г. литодинамические процессы оказывали воздействие на инженерно-технические сооружения, рекреационную зону Азовского побережья и шельф на средне-многолетнем хроническом уровне.

За счет перераспределения донных осадков в мелководном море происходит постоянные заиливание и занос фарватеров, подходных каналов, акватории портов, формирование мелей. В результате здесь приходится регулярно выполнять дорогостоящие дноуглубительные работы, происходят посадки на мель судов с причинением экономического ущерба перевозчику. При этом на подходные каналы дополнительное воздействие оказывает обратный перемыв грунтов дампинга с близ расположенных отвалов.

Так, например, в 2024 г. дноуглубление в Таганрогском подходном канале планировалось в объеме 400 тыс. м³ с объемом финансирования в 156 млн рублей. В морском порту Темрюк планируемый объем дноуглубления в 2024 г. составлял 50,6 тыс. м³. Анализ имеющейся информации по дноуглублению показывает стабильно высокий объем работ (Табл. 5.1), что характеризует степень воздействия опасных литодинамических процессов аккумуляционного типа на инженерно-технические сооружения в Азовском море.

Таблица 5.1

Объемы дноуглубительных работ, выполненных Азово-Черноморским бассейновым филиалом ФГУП «РОСМОРПОРТ»

Год	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Объем выполненных дноуглубительных работ, тыс. м ³	331,3	651,1	730	393,9	264,4	474,1	441,1	439,3	475	550,8

Рекомендации по снижению ущерба от опасных аккумулярующих процессов:

- постоянный мониторинг батиметрии проблемных участков;
- регулярное производство дноуглубительных работ;
- для планирования периодичности батиметрического мониторинга и дноуглубления выполнение литодинамических исследований с целью определения количественных величин аккумуляции;
- осуществление дампинга на значительное расстояние от дноуглубления, откуда литодинамические процессы (течения) не будут возвращать взмучиваемый волновой деятельностью алевропелитовый материал в участки дноуглубления.

Из абразионно-эрозионных литодинамических процессов следует отметить опасные размыв и отступление береговой линии с ущербом береговой инфраструктуре и инженерно-техническим сооружениям. Примером служит высокая скорость отступления на ряде интервалов берега, деградация Ейской косы, абразия юго-западного берега косы и о. Тузла (Крымский мост).

Рекомендации по снижению ущерба от абразионно-эрозионных литодинамических процессов:

- выполнение литодинамических исследований с целью определения количественных показателей абразионно-эрозионных процессов и разработки демпфирующих мероприятий;
- ликвидация объектов, препятствующих вдольбереговому транзиту пляжевого материала;
- берегоукрепительные работы;
- создание искусственных рифов для воспроизводства берегоукрепительного

раковинного материала;

- проектирование участков дампинга так, чтобы литодинамические потоки направляли размываемый материал на участки его дефицита, для демпфирования опасных абразионно-эрозионных процессов;

- территориальное планирование, проектирование и строительство инженерно-технических сооружений с учетом направленности и скорости абразионно-эрозионных процессов.

Из оползневых процессов следует упомянуть продвижение береговых оползней в акваторию Азовского моря у абразионно-оползневых берегов, что ограничивает рекреационное использование прибрежно-морской зоны.

Рекомендация по снижению ущерба от оползневых процессов:

- территориальное планирование, проектирование, строительство и рекреационное использование побережья на участках абразионно-оползневых берегов производить с учетом их инженерно-геологических особенностей.

Грязевулканическая деятельность и газо-флюидная разгрузка

В 2024 г. в связи с низкой активностью не отмечено воздействий грязевулканической деятельности на населенные пункты и инженерно-технические сооружения.

Наиболее высокий риск опасного воздействия на населенные пункты и инженерно-технические сооружения устанавливается для Голубицкого и Тузлинского грязевых вулканов в связи с попаданием в радиус потенциально опасного воздействия.

Под воздействие Голубицкого вулкана попадает часть поселка Голубицкий, что проявилось в 2015 г. В результате кальдерных проседаний были повреждены подземные коммуникации (водопровод), лопнули и сместились фундаменты домов и строений, объекты благоустройства (деформация дорожных и пешеходных покрытий).

Под потенциальное воздействие вулкана Тузла попадает подводный газопровод Керченско-Таманского транспортного перехода, который находится в пятисотметровом радиусе опасного воздействия.

Рекомендации по снижению ущерба от опасного воздействия грязевулканической деятельности и газо-флюидной разгрузки:

- при разработке территориального планирования и инженерных изысканий в области развития грязевого вулканизма предусматривать исследования на предмет выявления и картирования подводных грязевых вулканов и газо-флюидной разгрузки;

- проектирование и строительство инженерно-технических сооружений за пределами потенциально опасного воздействия грязевулканических структур и газо-флюидной разгрузки;

- проектирование, строительство и эксплуатация инженерно-технических сооружений в зоне потенциально опасного воздействия грязевулканических структур с учетом возможных вертикальных смещений амплитудой не менее 0,5 м, максимум до 2 м;

- безопасная эксплуатация инженерно-технических сооружений в пределах выделенных грязевулканических структур и потенциального проявления сопряженных с грязевулканическими структурами опасных геологических процессов возможна только при учёте их вероятного воздействия и организации объектового мониторинга.

Загазованность донных отложений

В 2024 г. не отмечено воздействия загазованности донных отложений на морские инженерно-технические сооружения.

Рекомендации по снижению ущерба от загазованности донных отложений согласно регламентам документам разрабатываются на основании материалов инженерных изысканий под конкретное строительство и эксплуатацию морских сооружений.

5.2. Черное море

Литодинамические процессы

В 2024 г. литодинамические процессы оказывали воздействие на инженерно-технические сооружения и рекреационную зону Черноморского побережья, шельф с некоторым превышением среднесезонного уровня развития декливиальных процессов. В значительной степени информация о негативном воздействии ОГП отсутствует по различным причинам (отсутствие оперативных обследований, закрытый характер информации на объектном мониторинге и пр.). В частности, отсутствует информация об активизации и воздействии опасных литодинамических процессов на населенные пункты и инженерно-технические сооружения на траверзе авандельтовых частей рек Сочинского и Туапсинского района при залповом выносе в море больших масс терригенного материала в результате интенсивного выпадения атмосферных осадков.

Подводные инженерно-технические сооружения (подводные газопроводы Джубга-Лазаревское-Сочи, Голубой поток, Южный поток, кабели и др.) обследуются объектным мониторингом с упором на участке головной части каньона Шахе. Результаты объектного мониторинга и сведения об опасном воздействии на эти сооружения закрыты. Тем не менее, эти мероприятия систематически требуют затратных мер.

В обстановке центрального и прибрежного шельфа с развитием процессов аккумуляции волновой и, преимущественно, течениявой деятельности, известны явления корразии, заноса или подмыва с провисанием проложенных по дну инженерных сооружений (канализационные коллекторы, подводные кабели и газопроводы) с опасностью их повреждения. Так, в частности, в 2024 г. осуществлялась реконструкция поврежденного абразионными процессами подводного трубопровода глубоководного выпуска канализационных очистных сооружений г. Геленджик (Рис. 5.1). Общая стоимость работ оценивается в 2 757 342 руб.

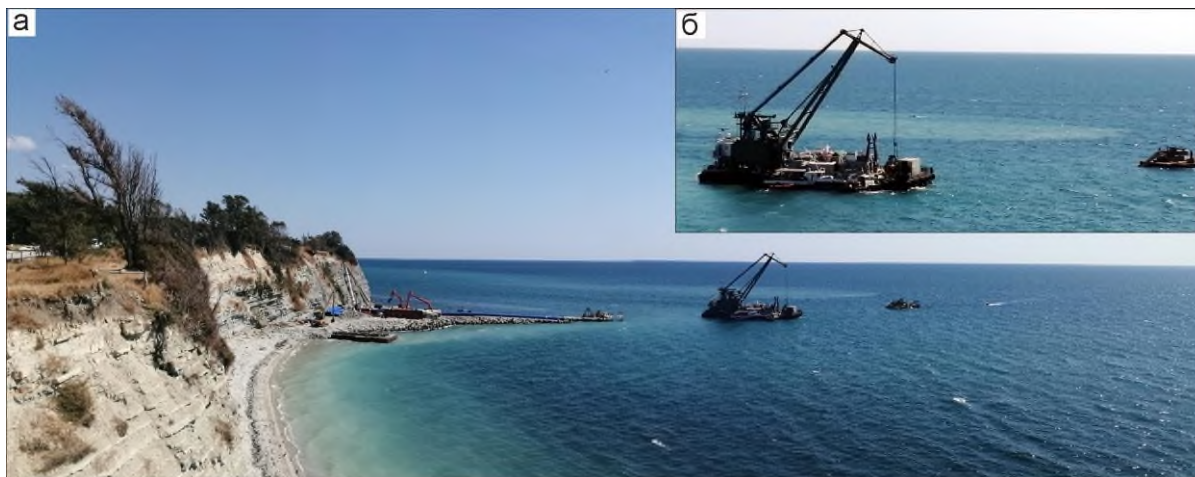


Рис. 5.1. Ремонтные работы на подводном выпускном коллекторе с очистных сооружений
а) общий вид участка; б) деталь с полем мутности от выброса из поврежденного коллектора.

В настоящее время и в перспективе наиболее проблемной служит береговая зона Имеретинской низменности с объектами ФТ «Сириус» (Адлерский пункт наблюдений) в связи с наступлением и активным абразионно-эрозионным воздействием головной части каньона Мзымты. Близость головной части каньона Мзымты к береговой линии и форма его ложа обуславливает фокусировку штормовых волн с резким увеличением высоты волн на данном участке. Это определяет повышенную интенсивность лито- и морфодинамических процессов с разрушением набережной и объектов ее благоустройства.

В 2024 г. на интервале набережной от порта Имеретинский до бухты Имеретинской осуществлялись очередные ремонтные работы в связи с ее разрушением под воздействием

каньона (Рис. 5.2).

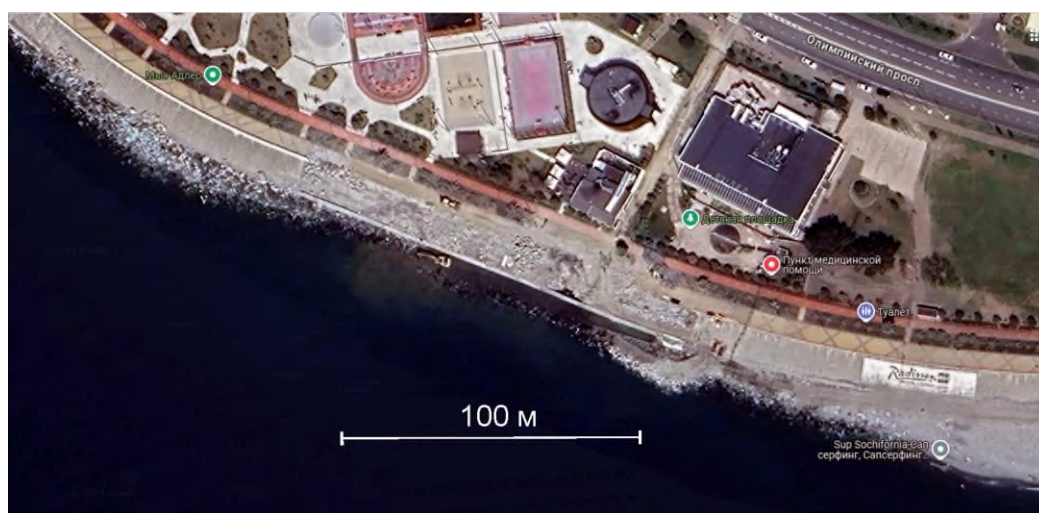


Рис. 5.2. Ремонтные работы по восстановлению набережной на участке ФТ «Сириус» (мыс Константиновский, космоснимок с ресурса <https://yandex.ru/maps/>)

Ремонтно-восстановительные и берегоукрепляющие работы на данном участке осложняются изменениями геоморфологии морского дна под воздействием подводного каньона. Сформированные в результате продвижения к берегу вершин подводного каньона уклоны морского дна способствуют прогрессирующему широкому и активному развитию опасных декливиальных процессов. В результате этих процессов отсыпаемый для укрепления берегов и восстановления пляжа гравийно-галечный материал, берегоукрепляющие скальные глыбы и бетонные блоки волногасящих искусственных рифов постоянно сползают и транзитом уходят в каньон, а донные отложения поражены оползневыми процессами (Рис. 5.3).

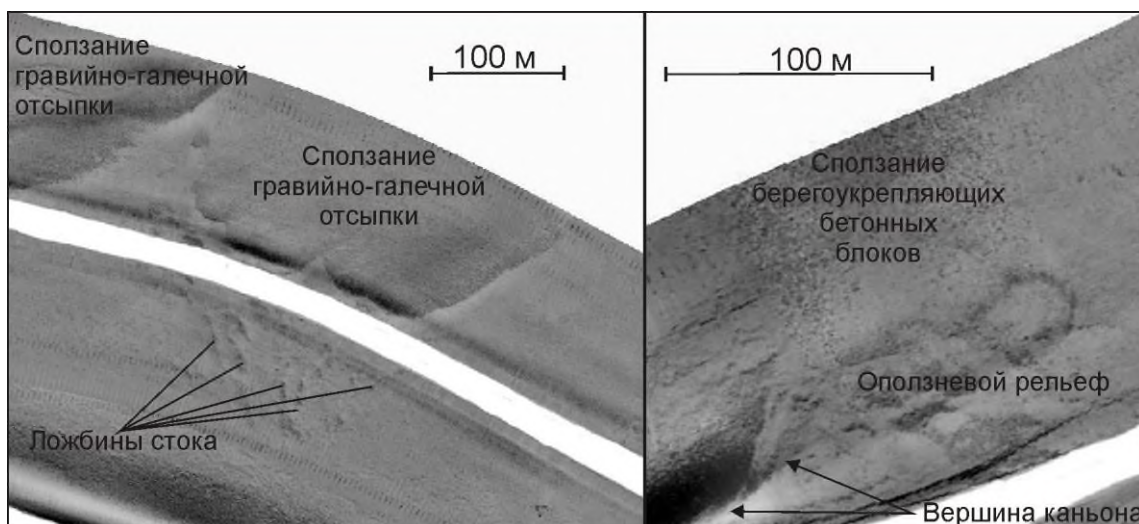


Рис. 5.3. Воздействие декливиальных процессов на прибрежную часть ФТ «Сириус» (гидролокационные изображения морского дна)

Данные процессы требуют систематических и все возрастающих затрат для проведения обследования береговой и прибрежной зоны, проектирования, строительства и поддержания в рабочем состоянии берегозащитных инженерных сооружений. Определяющим фактором постоянного причинения ущерба береговой инфраструктуре Имеретинской низменности и проведения вынужденных компенсационных мероприятий (ремонт, отсыпка пляжа и донного материала, берегоукрепление) послужило игнорирование рекомендаций на этапе планирования и строительства.

Заносимость портов и подходных каналов аккумулятивными литодинамическими процессами на Черном море по сравнению с Азовским менее развита. Тем не менее, здесь

также периодически выполняются ремонтные дноуглубительные работы. В частности, в период 2024-2033 гг. планируется выполнение ремонтных дноуглубительных работ на акватории морского порта Туапсе с общим объемом дноуглубления в 1 376 798 м³.

Рекомендации по снижению ущерба:

- выполнение литодинамических исследований с целью определения количественных показателей абразионно-эрозионных, декливиальных и др. опасных ЭГП и разработки демпфирующих мероприятий на участках, планируемого строительства;
- ликвидация объектов, препятствующих вдольбереговому транзиту пляжевого материала;
- берегоукрепительные работы;
- территориальное планирование, проектирование и строительство инженерно-технических сооружений с учетом направленности и скорости абразионно-эрозионных процессов и декливиальных процессов.

Грязевулканическая деятельность и газо-флюидная разгрузка

Выявленные активные грязевые вулканы и пункты газо-флюидной разгрузки находятся за пределами влияния на населенные пункты и инженерно-технические сооружения. Грязевой вулкан ЮТП в акватории порта Тамань находится на пассивной (затухающей сальзово-грифонной) стадии развития с потенциальным радиусом воздействия в 0,5 км. Тем не менее, наличие признаков грязевулканической и газо-флюидной деятельности в геологическом разрезе и на и морском дне в акватории порта Тамань заставляет нести собственника дополнительные затраты при проведении инженерных изысканий для учета его влияния и выявления других опасных проявлений.

Наличие в глинистом разрезе коренного ложа морского дна литифицированных производных газо-флюидной разгрузки и грязевого вулканизма (метаногенные карбонатные образования), как скальных препятствий в глинистом грунтовой массиве, значительно затрудняют и удорожают дноуглубительные работы в акватории порта Тамань.

Рекомендации по снижению ущерба от опасного воздействия грязевулканической деятельности и газо-флюидной разгрузки изложены выше в разделе Азовского моря.

Загазованность донных отложений

В 2024 г. не отмечено воздействия загазованности донных отложений на морские инженерно-технические сооружения.

Рекомендации по снижению ущерба от загазованности донных отложений согласно регламентным документам разрабатываются на основании материалов инженерных изысканий под конкретное строительство и эксплуатацию морских сооружений.

Газогидраты

В 2024 г. отсутствует информация о воздействиях связанных с газогидратами опасных ЭГП на морские инженерно-технические сооружения.

Рекомендации по снижению ущерба от газогидратов согласно регламентным документам разрабатываются на основании материалов инженерных изысканий под конкретное строительство и эксплуатацию морских сооружений.

5.3. Каспийское море

Экзогенные геологические процессы в пределах дна акватории

Из ЭГП, воздействующих на инженерно-технические сооружения, в Каспийском море следует выделить абразионно-аккумулятивные литодинамические процессы. За счет поступления аллювиального материала и перераспределения донных осадков в мелководной части моря происходит хроническое заиливание и занос фарватеров, подходных каналов (Волго-Каспийский морской судоходный канал), формирование мелей.

Анализ имеющейся информации по дноуглублению показывает стабильно возрастающий объем работ (Табл. 5.2), что характеризует степень воздействия опасных литодинамических процессов аккумуляционного типа на инженерно-технические сооружения в Каспийском море. Только в 2023 г. на дноуглубление ВКМСК выделено 2 млрд. руб. Данное прогрессивное увеличение объемов дноуглубительных работ коррелирует с понижением уровня Каспийского моря, приводящее к обмелению морских судоходных каналов и акватории портов.

Таблица 5.2

Объёмы дноуглубительных работ, выполненных Астраханским филиалом ФГУП
«РОСМОРПОРТ»

Год	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Объем выполненных дноуглубительных работ, тыс. м ³	487	769	1600	4080	5600	4500	2698	2842	3309	4210	5035	10000

Рекомендации по снижению ущерба от опасных аккумулярующих процессов:

- мониторинг батиметрии проблемных участков;
- регулярное производство дноуглубительных работ;
- литодинамические исследования с целью определения количественных величин аккумуляции.

Для уменьшения заносимости Волго-Каспийского морского судоходного канала рекомендуется:

- устройство защитных дамб обвалования с использованием вынимаемых грунтов; при таком варианте защиты предложено проводить укрепление верха дамбы высшими водными растениями типа рогоза и тростника (подобный вариант защиты морского побережья используется в Голландии);
- устройство локальных переуглублений на дне канала;
- устройство специальных «карманов-ловушек» в забровочной части канала;
- создание дамб обвалования с использованием геосинтетиков (геотуб), в которые запечатывается грунт при днорботах. Этот вариант наиболее экологичен, но и более затратен;
- использование геотехнологии типа «томболо» (специальным образом формируемые подводные защитные дамбы).

Загазованность донных отложений

В 2024 г. сведения о воздействии загазованности донных отложений (метановые выбросы, метановые сипы) на населенные пункты и инженерно-технические сооружения отсутствуют. Все зафиксированные ранее случаи воздействия газовой разгрузки на инженерно-технические сооружения связаны с пенетрацией и разбуриванием интервалов интенсивной загазованности грунтов со сверхупругим пластовым давлением.

Рекомендации по снижению возможного ущерба от газовых прорывов включают стандартные требования по выявлению таких участков на этапе инженерно-геологических изысканий, а при бурении на таких участках – применение соответствующих технологий, препятствующим газовым выбросам.

Сочетание негативного влияния опасного свободного мелкозалегающего газа и динамических нагрузок необходимо учитывать при расчетах несущей способности свайных фундаментов морских нефтегазопромысловых сооружений и опорных колонн самоподъемных плавучих буровых платформ.

Газогидраты

Сведения об активности опасных ЭГП в связи с газогидратами в 2024 г. отсутствуют.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные работы позволили охарактеризовать и оценить широкий спектр опасных ЭГП, их динамику, а также получить важные практические сведения о состоянии недр ПШЗ Азовского, Чёрного и Каспийского морей в 2024 году. На основе полученной информации выполнен прогноз активности опасных ЭГП на 2025 год.

Экзогенные геологические процессы в пределах дна акватории (литодинамические процессы: донная эрозия и абразия, нарушение вдольберегового переноса пляжеобразующих наносов, подводные обвалы-осыпные и оползневые явления, продвижение подводных каньонов, отступление бровки шельфа, мутьевые потоки, заиливание морских каналов и др.) в 2024 году проявлялись на среднемноголетнем уровне с некоторым повышением активности декливиальных процессов на Сочинском участке детализации.

В Азовском море развиты абразионно-эрозионные и аккумулятивные литодинамические процессы. В результате перераспределения взмучиваемой волновой деятельностью пелитовой фракции и поступления преимущественно алевропелитового аллювиального материала, происходит хроническое заиливание и занос судоходных морских каналов, фарватеров и акваторий морских портов. Наиболее актуальным участком для мониторинга опасных литодинамических процессов следует считать Керченский пролив, в связи с его интенсивным использованием как транспортного коридора и влиянием Крымского моста. Оползневые процессы практически не развиты, за исключением узких участков, примыкающих к оползневым берегам.

ПШЗ Чёрного моря обладает наиболее разнообразными и активно проявленными опасными литодинамическими процессами, такими как абразия и эрозия морского дна с продвижением подводных каньонов, подводные оползни, обвалы, мутьевые потоки и прочие. К участкам их максимального проявления относятся Головинский и Адлерский пункты наблюдений, где шельф подвергается абрадирующему влиянию головных частей крупных подводных каньонов Шахе и Мзымта. Опасные ЭГП находятся здесь на стабильно высоком уровне.

На Головинском и Адлерском пунктах наблюдений уточнена среднемноголетняя пораженность бровки шельфа оползневыми процессами. При этом пораженность Адлерского пункта наблюдений превосходит Головинский в 2-3 раза. В 2024 г. впервые появилась возможность определить среднегодовую площадную пораженность оползнями бровки шельфа в головных частях продвижения подводных каньонов на примере данных пунктов наблюдений:

– на Головинском пункте наблюдений на выделено 55 оползней шириной до 118 м. Средняя площадь оползня составила 1288 м², максимальная площадь - 13985 м². Коэффициент линейной пораженности абразионно-эрозионной границы головной части каньона 18,59 %, частотный коэффициент линейной пораженности 6,9 ед/км, коэффициент площадной пораженности 1,59 %, частотный коэффициент площадной пораженности 23,42 ед./км²;

– на Адлерском пункте наблюдений выделено 146 оползней шириной до 292 м. Средняя площадь оползня составила 1870 м², максимальная – 44657 м². Коэффициент линейной пораженности 28,9 %, частотный коэффициент линейной пораженности 8,02 ед/км, коэффициент площадной пораженности 5,05 %, частотный коэффициент площадной пораженности 27,02 ед./км².

В 2025 году прогнозируется активность опасных литодинамических процессов на Головинском и Адлерском пунктах наблюдений на уровне среднемноголетних.

Опасные ЭГП в пределах ПШЗ Каспийского моря (заиливание морских судоходных каналов и продвижение авандельт, подводные абразионные процессы) в 2024 году оцениваются на среднемноголетнем уровне с постепенным возрастанием за счет понижения уровня моря.

Прогноз опасных ЭГП, выполненный в 2023 г. оправдался преимущественно на хорошем уровне.

Грязевулканическая деятельность и газо-флюидная разгрузка

Грязевулканическая активность в 2024 г. оставалась на низком - сальзово-грифонном - уровне, а газо-флюидная разгрузка повысилась на Азовском море.

На Азовском пункте наблюдений за счет его расширения пункта наблюдений доказано существование еще как минимум одного центра грязевулканической активности с газо-флюидной разгрузкой нефтяного ряда.

На Железнодорожном пункте наблюдений грязевулканическая активность находилась на сравнительно низком - сальзово-грифонном - уровне, а активность газо-флюидной разгрузки - на среднем уровне с поставкой нефти и ПАУ на уровне очень высокого загрязнения.

В ПШЗ Каспийского моря газо-флюидная разгрузка связана с диагенетической загазованностью осадков и оставалась на фоновом уровне. Загазованность создает высокие внутрислоевые давления и опасные газовые выбросы с интервалов разреза уже в первые десятки метров, что представляет опасность при бурении и пенетрации грунтов.

Прогноз 2023 года оправдался преимущественно на хорошем уровне.

В 2025 г. в Азовском море прогнозируется некоторое возрастание грязевулканической и газо-флюидной активности.

В Черном море на Железнодорожном пункте наблюдений ожидается сохранение грязевулканической активности на сравнительно низком - сальзово-грифонном - уровне, а газо-флюидной активности на среднем уровне (активная сальзово-грифонная деятельность).

Техногенные факторы активизации ЭГП в ПШЗ Азовского, Чёрного и Каспийского морей постепенно усиливают своё влияние, что связано с освоением шельфа, особенно на участках активного прибрежного строительства и дноуглубления. Продолжается влияние гидротехнических сооружений (портовые сооружения и подходные каналы к ним, буны) на характер вдольбереговой транспортировки наносов с нарушением естественной литодинамики береговой зоны. Особое внимание в этом отношении следует уделить Керченско-Таманскому транспортному коридору в связи с воздействием Крымского моста на литодинамические процессы. Так техногенное блокирование вдольберегового переноса пляжевого материала Имеретинским портом способствует дальнейшей деградации береговой зоны ФТ «Сириус» (Имеретинской низменности) к востоку от него и продвижению каньона Мзымта к береговой инфраструктуре. Изъятие косового материала и блокирование вдольберегового транспорта наносов способствует деградации азовских кос вблизи крупных населенных пунктов.

В целом спектр и степень проявления опасных ЭГП в ПШЗ Азовского, Чёрного морей высокие, весьма значительно превышающие таковые в ПШЗ Каспийского моря. В сочетании с высокой плотностью населения, локализацией инженерно-технической инфраструктуры в узкой береговой зоне они определяют высокую степень возможного ущерба от их активизации.

Следует отметить, что мониторинг состояния недр ПШЗ во многом продолжает находиться еще в состоянии изучения объекта, апробации новых методов и отработки методики, получения новых сведений об подводных ЭГП и связанных с ними ОГП с постановкой выявленных участков активного проявления ОГП для режимных наблюдений. Главным вопросом, отрицательно сказывающимся на эффективности мониторинга, служит неуклонное снижение финансирования, что влечет за собой сокращение плотности сети наблюдений и физических объемов работ, отказ от более эффективных методов выявления, оценки и мониторинга опасных ЭГП. Это снижает качество и представительность мониторинга.

Одной из актуальных задач развития мониторинга состояния недр ПШЗ следует считать расширение сети, объемов и периодичности наблюдений, внедрение более эффективных методов наблюдений для повышения качества, достоверности и представительности регламентной продукции.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

**Актуализированный каталог проявлений опасных ЭГП в ПШЗ Азовского моря
(по состоянию на 01.12.2024)**

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП	Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная		
1	46.19826	38.03277	Грязевой вулканизм	Потухший погребенный грязевой вулкан Хахалева с признаками слабой газо-флюидной разгрузки
2	45.89658	36.65692	Метановая раз- грузка, грязевой вулканизм	Участок активной метановой раз- грузки (метановые сипы) с призна- ками грязевого вулканизма
3	45.37657	37.19305	Грязевой вулканизм	Грязевулканическая сопка активного грязевого вулкана Темрюкский, на его северо-восточном окончании с радиусом опасного воздействия 0,5 км. Темрюкское грязевулканиче- ское поле
4	45.37157	37.18944	Грязевой вулканизм	Центр активного линейного вулкана Темрюкский с радиусом активного воздействия до 1 км Темрюкского грязевулканического поля
5	45.37574	37.19777	Грязевой вулканизм	Активная спутниковая постройка размером 470×175 м грязевого вул- кана Темрюкский Темрюкского гря- зевулканического поля
6	45.37352	37.19833	Грязевой вулканизм	Активная спутниковая постройка размером 475×200 м грязевого вул- кана Темрюкский Темрюкского гря- зевулканического поля
7	45.36935	37.16666	Грязевой вулканизм	Пассивная грязевулканическая по- стройка кальдерного типа диаметром до 750 м с сальзово-грифонной ак- тивностью Темрюкского грязевулка- нического поля
8	45.36213	37.11389	Грязевой вулканизм	Активный грязевой вулкан Тиздар Темрюкского грязевулканического поля с предполагаемым радиусом опасного воздействия 0,5 км
9	45.36546	37.08583	Грязевой вулканизм	Предполагаемый по геоморфологи- ческим признакам грязевой вулкан Темрюкского грязевулканического поля
10	45.43504	36.94216	Грязевой вулканизм	Активный грязевой вулкан Пекло Азовское морской с предполагаемым радиусом опасного воздействия 0,5 км
11	45.42995	36.98798	Грязевой вулканизм	Активный грязевой вулкан Пекло Азовское 2 морской с нефтяной раз- грузкой и предполагаемым радиусом опасного воздействия 0,5 км

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП	Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная		
12	45.44632	36.95482	Газо-флюидная раз- грузка	Активная метановая разгрузка (ме- тановый сип) на Азовском пункте наблюдений с содержанием метана и его гомологов в верхнем слое воды до 1500 нл/л
13	45.33463	37.26305	Грязевой вулканизм	Активный грязевой вулкан Голубиц- кий с радиусом опасного воздей- ствия 0,65 км
14	45.20157	36.51027	Грязевой вулканизм	Активный грязевой вулкан Тузлин- ский с радиусом опасного воздей- ствия 0,45 км
15	45.20934	36.52110	Грязевой вулканизм	Пассивный грязевой вулкан Тузлин- ский с радиусом потенциально опас- ного воздействия 0,4 км
16	45.20157	36.47722	Грязевой вулканизм	Грязевой вулкан в виде округлого в плане возвышения с вершиной на глубине 9,1 м, с превышением 0,5 м и диаметром порядка 50 м. По дан- ным инженерно-геологических изысканий ООО «Фертоинг», требу- ет подтверждения и доизучения
17	45.20295	36.48610	Грязевой вулканизм	Грязевой вулкан в виде округлого в плане возвышения с вершиной на глубине 9,2 м, с превышением 0,3 м и диаметром порядка 70 м. По дан- ным инженерно-геологических изысканий ООО «Фертоинг»
18	45.19907	36.48472	Грязевой вулканизм	Грязевой вулкан в виде округлого в плане возвышения с вершиной на глубине 9,1 м, с превышением 0,7 м и диаметром порядка 40 м. По дан- ным инженерно-геологических изысканий ООО «Фертоинг»
19	45.45991	36.86721	Грязевой вулканизм	Предполагаемый грязевой вулкан мыса Каменный морской с предпола- гаемым радиусом потенциально опасного воздействия 0,5 км
20	45.34601	36.69971	Грязевой вулканизм	Активный грязевой вулкан Блевака с предполагаемым радиусом опасного воздействия 0,5 км относительно центра
21	47.11995	38.96748	Аккумулятивный	Заиливание подходного канала порта Таганрог на всем его протяжении (19 км)
22	47.07439	39.09582	Аккумулятивный	Заиливание Азово-Донского (Ро- стовского) морского канала на всем его протяжении (22 км)
23	46.73521	38.26359	Аккумулятивный	Заиливание подходного канала порта Ейск на всем его протяжении (2 км)

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭП	Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная		
24	45.34658	37.34722	Аккумулятивный	Заиливание подходного канала в устье р. Кубань на всем его протяжении (4 км)
25	45.31268	36.51916	Аккумулятивный	Заиливание Еникальского морского канала (Керченский пролив) на всем его протяжении (35 км)
26	45.33712	36.49999	Аккумулятивный	Заиливание Керченского подходного канала на всем его протяжении (5 км)
27	47.05683	37.54198	Аккумулятивный	Заиливание подходного канала порта Азовсталь на всем его протяжении (9 км)
28	46.96983	37.47698	Аккумулятивный	Заиливание подходного канала порта Мариуполь на всем его протяжении (17 км)
29	46.68702	36.69487	Аккумулятивный	Заиливание подходного канала порта Бердянск на всем его протяжении (21 км)
30	46.12349	34.82957	Аккумулятивный	Заиливание подходного канала порта Геничевск на всем его протяжении (2,25 км)
31	45.26018	36.55027	Абразионно-аккумулятивный	Абразия юго-западной береговой линии косы и острова Тузла (11 км)
32	46.74994	38.30692	Абразионно-эрозионный, обусловленный техногенным фактором	Деградация косы Ейская на протяжении 2,3 км
33	47.137435	38.35982	Оползневой	Продвижение берегового оползня шириной 50 м в акваторию Азовского моря на 10 м. Село Весело-Вознесенка Неклиновского района Ростовской обл.
34	45.43705	36.51231	Оползневой	Продвижение берегового оползня шириной 105 м в акваторию Азовского моря на 15 м. В 2,63 км юго-восточнее мыса Тархан
35	45.45128	36,85106	Оползневой	Продвижение берегового оползня шириной 210 м в акваторию Азовского моря на 40 м. В 400 м западнее мыса Каменный
36	45.43679	36.89931	Оползневой	Продвижение берегового оползня шириной 155 м в акваторию Азовского моря на 25 м. В 1,95 км западнее мыса Пеклы

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП	Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная		
37	45.21524	36.63254	Оползневой	Продвижение берегового оползня шириной 45 м в акваторию Азовского моря на 15 м. В 1,5 км восточнее косы Тузла

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

**Актуализированный каталог проявлений опасных ЭГП в ПШЗ Черного моря
(по состоянию на 01.12.2024)**

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП	Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная		
1	45.07990	36.68028	Грязевой вулканизм, метановый сип	Грязевой вулкан банки Аксенова сальзово-грифонной активности с преимущественно метановой разгрузкой (сипы) и с предполагаемым радиусом потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
2	45.13379	36.65416	Грязевой вулканизм	Пассивный грязевой вулкан ЮТП с радиусом потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
3	44.97601	36.57778	Грязевой вулканизм	Предполагаемый грязевой вулкан с предполагаемым радиусом потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
4	45.07962	36.76111	Грязевой вулканизм	Предполагаемый грязевой вулкан с предполагаемым радиусом потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
5	45.07934	36.77583	Грязевой вулканизм	Предполагаемый грязевой вулкан с предполагаемым радиусом потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
6	44.04942	36.54456	Грязевой вулканизм	Грязевой вулкан
7	44.11993	38.11229	Грязевой вулканизм	Грязевой вулкан
8	43.93905	36.77808	Грязевой вулканизм	Вулкан Волохина. Размеры основания вулкана 800×800 м, высота 25 м. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,8 км относительно центра
9	44.21184	37.88086	Грязевой вулканизм, газо-флюидная разгрузка	Вулкан Гидрограф. Размеры основания вулкана 350×350 м, высота около 20 м. Ураганное содержание метана (6 см ³ /кг) и его гомологов в грунте. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
10	43.68794	36.41336	Грязевой вулканизм	Вулкан Гном. Диаметр сопки 200 м, высота по профилю 8 м, глубина моря от 2140 до 2150 м. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП	Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная		
11	44.01905	36.68946	Грязевой вулканизм, газо-флюидная разгрузка	Вулкан Долговского. Размеры вулкана в плане 700×600 м, а высота 45 м, глубина моря от 1935 до 1980 м. Поверхность его платообразная. У вулкана 4 вершины, высота главной 15 м и поперечник 150 м. По периферии расположены 3 вершины высотой от 5 до 10 м. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 1 км относительно центра
12	44.07433	36.56113	Грязевой вулканизм	Вулкан Иркутский. Размеры вулкана в плане 400×400 м, высота 25 м. Глубина моря от 1880 до 1905 м. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
13	44.15323	37.72503	Грязевой вулканизм, газо-флюидная разгрузка	Вулкан Манганари-1. Размеры вулкана в плане 1000×600 м, высота 60 м. Возле него полукольцом наметилась компенсационная впадина глубиной от 5 до 10 м. Глубина моря 1755 м. Выход нефти и аномальное содержание метана в грунте. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 1 км относительно центра
14	44.15629	37.72808	Грязевой вулканизм	Вулкан Манганари-2. Размеры вулкана в плане 300×250 м и высотой 10 м. Глубина моря 1780 м. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
15	44.29712	37.35196	Грязевой вулканизм, газо-флюидная разгрузка	Вулкан Нефтяной. Диаметр постройки 1000 м. У вулкана две вершины, расстояние между ними 120 м. Выходы нефти. Глубина моря от 1930 до 1960 м. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
16	44.02628	36.79419	Грязевой вулканизм, газо-флюидная разгрузка	Вулкан Панаева. Размеры вулкана в плане 400×400 м, высота 30 м. Глубина моря от 1980 до 2010 м. Аномальное содержание метана ($680 \times 10^{-3} \text{ см}^3/\text{кг}$) и его гомологов в грунте. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП	Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная		
17	44.26296	37.94558	Грязевой вулканизм, газо-флюидная разгрузка	Вулкан Периклиналь. Размеры вулкана в плане 550×500 м, высота 2 м. Глубина моря от 1785 до 1810 м. Ураганное содержание метана (14,7 см ³ /кг) и его гомологов, нефти, ПАУ в грунте. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
18	44.19157	38.10809	Грязевой вулканизм	Вулкан ПитерГаз. Размеры вулкана 500×500 м, высота 50 м. Глубина моря от 1655 до 1705 м. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
19	43.99544	36.67446	Грязевой вулканизм	Вулкан Платформенный. Размеры вулкана 350×300 м, высота 25 м. Глубина моря от 1975 до 2000 м. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
20	44.01933	36.54335	Грязевой вулканизм, газо-флюидная разгрузка	Вулкан Удодова. Размеры вулкана в плане 750×750 м, высота 20 м. Глубина моря от 1990 до 2010 м. Аномальное содержание метана (2,9 см ³ /кг) и его гомологов в грунте. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 1 км относительно центра
21	44.24395	37.45558	Грязевой вулканизм, газо-флюидная разгрузка	Вулкан Эколог. Размеры вулкана 500×400 м, высота 25 м. Имеет две вершины, расстояние между ними 150 м. Глубина моря от 1860 до 1885 м. Аномальное содержание метана (36 см ³ /кг) и его гомологов в грунте. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
22	43.67074	39.16355	Грязевой вулканизм	Грязевой вулкан. Предполагаемый радиус потенциальноопасного воздействия 0,5 км относительно центра
23	43.66835	39.16929	Грязевой вулканизм	Грязевой вулкан. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
24	43.66001	39.17205	Грязевой вулканизм	Грязевой вулкан. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
25	43.61229	39.32435	Грязевой вулканизм	Грязевой вулкан. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП	Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная		
26	45.07062	36.68554	Грязевой вулканизм	Грязевой вулкан - сопка диаметром 250 м и превышением до 4 м. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра. Разгрузка нефтяного ряда на Железнорогском пункте наблюдений по данным опробования грунтов (аномалии НП, фенолов, ПАУ, Hg и др.), грязевулканическая брекчия
27	43,30554	39,26131	Грязевой вулканизм	Грязевой вулкан. Предполагаемый радиус потенциально опасного воздействия 0,5 км относительно центра
28	45.06531	36.68994	Газо-флюидная разгрузка нефтяного ряда	Разгрузка нефтяного ряда на Железнорогском пункте наблюдений по данным опробования грунтов (аномалии НП, фенолов, ПАУ, Hg и др.)
29	45.07133	36.69821	Газо-флюидная разгрузка нефтяного ряда	Разгрузка нефтяного ряда на Железнорогском пункте наблюдений по данным опробования грунтов (аномалии НП, фенолов, ПАУ, Hg и др.)
30	45.07596	36.72723	Газо-флюидная разгрузка нефтяного ряда	Разгрузка нефтяного ряда на Железнорогском пункте наблюдений по данным опробования грунтов (аномалии НП, фенолов, ПАУ, Hg и др.)
31	45.07194	36.72866	Газо-флюидная разгрузка нефтяного ряда	Разгрузка нефтяного ряда на Железнорогском пункте наблюдений по данным опробования грунтов (аномалии НП, фенолов, ПАУ, Hg и др.)
32	45.08548	36.70844	Газо-флюидная разгрузка нефтяного ряда	Разгрузка нефтяного ряда на Железнорогском пункте наблюдений по данным опробования грунтов (аномалии НП, фенолов, ПАУ, Hg и др.)
33	44.93869	36.76754	Газо-флюидная разгрузка нефтяного ряда	Разгрузка нефтяного ряда по слайдам на космоснимках
34	45.03562	36.95783	Газо-флюидная разгрузка нефтяного ряда	Разгрузка нефтяного ряда по слайдам на космоснимках
35	45.05942	36.57362	Газо-флюидная разгрузка нефтяного ряда	Разгрузка нефтяного ряда по слайдам на космоснимках
36	45.04925	37.08503	Газо-флюидная разгрузка нефтяного ряда	Разгрузка нефтяного ряда по слайдам на космоснимках
37	44.96231	36.55953	Метановая разгрузка	Метановый сипинг
38	44.96414	36.75241	Метановая разгрузка	Метановый сипинг над структурой Пионерская с концентрацией метана в поверхностном слое воды до 2,6 мкл/л

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП	Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная		
39	45.11502	36.76995	Оползень	Продвижение берегового оползня шириной 195 м в акваторию Черного моря на 30 м. В 2,25 км восточнее мыса Железный Рог
40	44.44349	36.96352	Оползень	Оползень размером 27×13 км на континентальном склоне (конусе выноса палеоДона)
41	44.22229	37.20303	Оползень	Оползень размером 24×11 км на континентальном склоне (конусе выноса палеоДона)
42	43.42720	39.11456	Оползень	Чешуйчатый многоярусный оползень размером 43×25 км, площадью 984 км ² . Высота гряд до 30 м, ширина до 3 км, длина до 10 км
43	43.04300	39.34747	Оползень	Чешуйчатый многоярусный оползень размером 70×27 км, площадью 1400 км ² . Высота гряд до 30 м, ширина до 2,5 км, длина до 7 км
44	43.15421	39.74238	Оползень	Чешуйчатый многоярусный оползень размером 18×4,5 км, площадью 72 км ²
45	43.79824	39.43172	Абразионно-декливиальные процессы, в т.ч.: номера с 44.1 по 44.55	Головинский участок - продвижение головной части каньона Шахе. Полоса акватории вдоль берега на протяжении 5 км. Средняя скорость продвижения каньона (абразии шельфа) 2,6 м/год. В полосе обследования выделено 55 оползней шириной до 118 м, средняя площадь оползня 1288 м ² , максимальная площадь 13985 м ² . Коэффициент линейной пораженности 18,59 %, частотный коэффициент линейной пораженности 6,9 ед/км, коэффициент площадной пораженности 1,59 %, частотный коэффициент площадной пораженности 23,42 ед./км ² . В том числе:
45.1	43.820909	39.395268	Подводный оползень	Площадь 47 м ²
45.2	43.819397	39.399011	Подводный оползень	Площадь 823 м ²
45.3	43.815888	39.403639	Подводный оползень	Площадь 1956 м ²
45.4	43.815006	39.405759	Подводный оползень	Площадь 406 м ²
45.5	43.815385	39.406036	Подводный оползень	Площадь 4773 м ²
45.6	43.814558	39.407162	Подводный оползень	Площадь 2544 м ²

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП		Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная			
45.7	43.814519	39.407662	Подводный зень	опол-	Площадь 875 м ²
45.8	43.808064	39.406326	Подводный зень	опол-	Площадь 1672 м ²
45.9	43.815781	39.409745	Подводный зень	опол-	Площадь 161 м ²
45.10	43.807821	39.412479	Подводный зень	опол-	Площадь 2976 м ²
45.11	43.807334	39.413754	Подводный зень	опол-	Площадь 41 м ²
45.12	43.807981	39.414813	Подводный зень	опол-	Площадь 672 м ²
45.13	43.809048	39.415264	Подводный зень	опол-	Площадь 3081 м ²
45.14	43.810609	39.415296	Подводный зень	опол-	Площадь 226 м ²
45.15	43.806292	39.416046	Подводный зень	опол-	Площадь 488 м ²
45.16	43.805499	39.418271	Подводный зень	опол-	Площадь 2136 м ²
45.17	43.80535	39.418834	Подводный зень	опол-	Площадь 231 м ²
45.18	43.806819	39.419065	Подводный зень	опол-	Площадь 995 м ²
45.19	43.806803	39.419319	Подводный зень	опол-	Площадь 159 м ²
45.20	43.806707	39.419648	Подводный зень	опол-	Площадь 109 м ²
45.21	43.806183	39.420507	Подводный зень	опол-	Площадь 810 м ²
45.22	43.806097	39.420867	Подводный зень	опол-	Площадь 44 м ²
45.23	43.805118	39.422362	Подводный зень	опол-	Площадь 456 м ²
45.24	43.803575	39.422321	Подводный зень	опол-	Площадь 491 м ²
45.25	43.803407	39.422666	Подводный зень	опол-	Площадь 102 м ²
45.26	43.805162	39.423136	Подводный зень	опол-	Площадь 137 м ²
45.27	43.804958	39.423478	Подводный зень	опол-	Площадь 401 м ²
45.28	43.804627	39.423938	Подводный зень	опол-	Площадь 681 м ²
45.29	43.804532	39.424172	Подводный зень	опол-	Площадь 397 м ²
45.30	43.804278	39.424246	Подводный зень	опол-	Площадь 210 м ²

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП		Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная			
45.31	43.803952	39.424554	Подводный зень	опол-	Площадь 70 м ²
45.32	43.80386	39.425261	Подводный зень	опол-	Площадь 410 м ²
45.33	43.803247	39.425485	Подводный зень	опол-	Площадь 176 м ²
45.34	43.803024	39.426186	Подводный зень	опол-	Площадь 333 м ²
45.35	43.802704	39.426591	Подводный зень	опол-	Площадь 2996 м ²
45.36	43.803305	39.427372	Подводный зень	опол-	Площадь 555 м ²
45.37	43.802096	39.427642	Подводный зень	опол-	Площадь 418 м ²
45.38	43.799478	39.428693	Подводный зень	опол-	Площадь 545 м ²
45.39	43.79947	39.428882	Подводный зень	опол-	Площадь 345 м ²
45.40	43.801009	39.430629	Подводный зень	опол-	Площадь 229 м ²
45.41	43.800365	39.430339	Подводный зень	опол-	Площадь 2126 м ²
45.42	43.799813	39.430296	Подводный зень	опол-	Площадь 2396 м ²
45.43	43.798446	39.430254	Подводный зень	опол-	Площадь 13985 м ²
45.44	43.797174	39.430601	Подводный зень	опол-	Площадь 831 м ²
45.45	43.796332	39.430237	Подводный зень	опол-	Площадь 2993 м ²
45.46	43.801173	39.431308	Подводный зень	опол-	Площадь 3867 м ²
45.47	43.803241	39.432877	Подводный зень	опол-	Площадь 459 м ²
45.48	43.797523	39.432069	Подводный зень	опол-	Площадь 398 м ²
45.49	43.79503	39.431283	Подводный зень	опол-	Площадь 759 м ²
45.50	43.794919	39.430367	Подводный зень	опол-	Площадь 872 м ²
45.51	43.793218	39.426686	Подводный зень	опол-	Площадь 838 м ²
45.52	43.794601	39.417969	Подводный зень	опол-	Площадь 1896 м ²
45.53	43.794489	39.417676	Подводный зень	опол-	Площадь 529 м ²
45.54	43.790843	39.411979	Подводный зень	опол-	Площадь 4526 м ²

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП	Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная		
45.55	43.789987	39.411462	Подводный опол- зень	Площадь 164 м ²
46	43.73631	39.32936	Абразионно- декливиальные процессы	Каньон Шахе. Врезанный участок длиной 32 км на глубинах от 50 до 1725 м с абразионно-эрозионным углублением каньона и транзитом обломочного материала, прохождением турбидитов
47	43.39660	39.31877	Оползневые, а также аккумулятивные и, эрозионные процессы	Каньон Шахе. Выположенный участок длиной 53 км на глубинах от 1725 до 2075 м с отложением транспортируемого материала и широким развитием оползневого перемещения. Периодическое прохождение мутьевых потоков с русловой эрозией
48	43.34840	38.73926	Аккумулятивные процессы, редкие эрозионные	Конус выноса каньона Шахе длиной 50 км и шириной 15 км на глубинах от 2075 до 2130 м. Аккумуляция преимущественно алевропелитовых осадков с периодическим развитием эрозионных русловых процессов
49	43.40435	39.94145	Абразионно-декливиальные процессы, в т.ч. номера с 48.1 по 48.146	Адлерский участок продвижения каньона Мзымты. Полоса акватории длиной 9 км вдоль берега. Средняя скорость продвижения каньона (абразии шельфа) 2,2 м/год. Выделено 146 оползней шириной до 292 м, средняя площадь оползня 1870 м ² , максимальная 44657 м ² . Коэффициент линейной пораженности 28,9 %, частотный коэффициент линейной пораженности 8,02 ед/км, коэффициент площадной пораженности 5,05 %, частотный коэффициент площадной пораженности 27,02 ед./ м ² . В том числе:
49.1	43.382478	39.986561	Подводный опол- зень	Площадь 615 м ²
49.2	43.382757	39.985955	Подводный опол- зень	Площадь 1328 м ²
49.3	43.383124	39.987104	Подводный опол- зень	Площадь 2344 м ²
49.4	43.383746	39.988745	Подводный опол- зень	Площадь 1133 м ²
49.5	43.383968	39.989169	Подводный опол- зень	Площадь 473 м ²
49.6	43.384031	39.988794	Подводный опол- зень	Площадь 243 м ²
49.7	43.384257	39.982795	Подводный опол- зень	Площадь 352 м ²

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП		Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная			
49.8	43.386867	39.980512	Подводный зень	опол-	Площадь 2007 м ²
49.9	43.387274	39.985722	Подводный зень	опол-	Площадь 164 м ²
49.10	43.387276	39.981029	Подводный зень	опол-	Площадь 869 м ²
49.11	43.387415	39.980593	Подводный зень	опол-	Площадь 861 м ²
49.12	43.388017	39.968034	Подводный зень	опол-	Площадь 1079 м ²
49.13	43.388129	39.980334	Подводный зень	опол-	Площадь 3326 м ²
49.14	43.38841	39.980847	Подводный зень	опол-	Площадь 582 м ²
49.15	43.389174	39.970854	Подводный зень	опол-	Площадь 2020 м ²
49.16	43.390164	39.970274	Подводный зень	опол-	Площадь 1057 м ²
49.17	43.391178	39.970179	Подводный зень	опол-	Площадь 232 м ²
49.18	43.391399	39.970266	Подводный зень	опол-	Площадь 191 м ²
49.19	43.391517	39.965689	Подводный зень	опол-	Площадь 1624 м ²
49.20	43.392742	39.960633	Подводный зень	опол-	Площадь 579 м ²
49.21	43.392919	39.956158	Подводный зень	опол-	Площадь 2022 м ²
49.22	43.394644	39.957289	Подводный зень	опол-	Площадь 142 м ²
49.23	43.395423	39.948357	Подводный зень	опол-	Площадь 3695 м ²
49.24	43.396726	39.942929	Подводный зень	опол-	Площадь 9280 м ²
49.25	43.396991	39.952305	Подводный зень	опол-	Площадь 365 м ²
49.26	43.396983	39.958083	Подводный зень	опол-	Площадь 1543 м ²
49.27	43.397631	39.951581	Подводный зень	опол-	Площадь 6711 м ²
49.28	43.397568	39.950169	Подводный зень	опол-	Площадь 1983 м ²
49.29	43.397746	39.949575	Подводный зень	опол-	Площадь 834 м ²
49.30	43.397804	39.953165	Подводный зень	опол-	Площадь 5965 м ²
49.31	43.397887	39.948474	Подводный зень	опол-	Площадь 1359 м ²

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП		Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная			
49.32	43.397704	39.949122	Подводный зень	опол-	Площадь 2902 м ²
49.33	43.397879	39.947965	Подводный зень	опол-	Площадь 2325 м ²
49.34	43.397708	39.956328	Подводный зень	опол-	Площадь 44657 м ²
49.35	43.398283	39.947312	Подводный зень	опол-	Площадь 4994 м ²
49.36	43.399062	39.943243	Подводный зень	опол-	Площадь 1199 м ²
49.37	43.399411	39.945057	Подводный зень	опол-	Площадь 10158 м ²
49.38	43.400096	39.946426	Подводный зень	опол-	Площадь 2241 м ²
49.39	43.400448	39.940783	Подводный зень	опол-	Площадь 329 м ²
49.40	43.400336	39.944327	Подводный зень	опол-	Площадь 1051 м ²
49.41	43.400949	39.942607	Подводный зень	опол-	Площадь 1172 м ²
49.42	43.400848	39.945632	Подводный зень	опол-	Площадь 2355 м ²
49.43	43.401291	39.942868	Подводный зень	опол-	Площадь 1269 м ²
49.44	43.401802	39.938221	Подводный зень	опол-	Площадь 902 м ²
49.45	43.401632	39.944099	Подводный зень	опол-	Площадь 5485 м ²
49.46	43.40203	39.941135	Подводный зень	опол-	Площадь 1323 м ²
49.47	43.402232	39.936716	Подводный зень	опол-	Площадь 3789 м ²
49.48	43.402413	39.94127	Подводный зень	опол-	Площадь 9861 м ²
49.49	43.402802	39.943563	Подводный зень	опол-	Площадь 2419 м ²
49.50	43.403227	39.941263	Подводный зень	опол-	Площадь 228 м ²
49.51	43.403458	39.941706	Подводный зень	опол-	Площадь 910 м ²
49.52	43.403873	39.943109	Подводный зень	опол-	Площадь 757 м ²
49.53	43.40413	39.942621	Подводный зень	опол-	Площадь 132 м ²
49.54	43.404159	39.938433	Подводный зень	опол-	Площадь 360 м ²
49.55	43.404057	39.941667	Подводный зень	опол-	Площадь 3322 м ²

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП		Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная			
49.56	43.404212	39.942906	Подводный зень	опол-	Площадь 900 м ²
49.57	43.404304	39.942477	Подводный зень	опол-	Площадь 622 м ²
49.58	43.404494	39.933298	Подводный зень	опол-	Площадь 736 м ²
49.59	43.404852	39.929521	Подводный зень	опол-	Площадь 833 м ²
49.60	43.405064	39.928848	Подводный зень	опол-	Площадь 949 м ²
49.61	43.404969	39.937177	Подводный зень	опол-	Площадь 3381 м ²
49.62	43.405147	39.933956	Подводный зень	опол-	Площадь 1564 м ²
49.63	43.405452	39.938316	Подводный зень	опол-	Площадь 209 м ²
49.64	43.405062	39.938012	Подводный зень	опол-	Площадь 2844 м ²
49.65	43.405421	39.938618	Подводный зень	опол-	Площадь 749 м ²
49.66	43.405546	39.937136	Подводный зень	опол-	Площадь 570 м ²
49.67	43.405459	39.941783	Подводный зень	опол-	Площадь 1386 м ²
49.68	43.405691	39.932782	Подводный зень	опол-	Площадь 399 м ²
49.69	43.405956	39.93289	Подводный зень	опол-	Площадь 250 м ²
49.70	43.406036	39.939272	Подводный зень	опол-	Площадь 220 м ²
49.71	43.405293	39.939229	Подводный зень	опол-	Площадь 8784 м ²
49.72	43.406312	39.932678	Подводный зень	опол-	Площадь 227 м ²
49.73	43.406139	39.938373	Подводный зень	опол-	Площадь 635 м ²
49.74	43.406629	39.933593	Подводный зень	опол-	Площадь 383 м ²
49.75	43.407607	39.932593	Подводный зень	опол-	Площадь 2547 м ²
49.76	43.407725	39.925914	Подводный зень	опол-	Площадь 2780 м ²
49.77	43.408379	39.932799	Подводный зень	опол-	Площадь 747 м ²
49.78	43.408842	39.923724	Подводный зень	опол-	Площадь 734 м ²
49.79	43.409032	39.928927	Подводный зень	опол-	Площадь 123 м ²

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП		Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная			
49.80	43.4093	39.928681	Подводный зень	опол-	Площадь 41 м ²
49.81	43.409378	39.928502	Подводный зень	опол-	Площадь 182 м ²
49.82	43.409649	39.928982	Подводный зень	опол-	Площадь 106 м ²
49.83	43.410367	39.91951	Подводный зень	опол-	Площадь 2516 м ²
49.84	43.4106	39.928133	Подводный зень	опол-	Площадь 280 м ²
49.85	43.411566	39.926819	Подводный зень	опол-	Площадь 770 м ²
49.86	43.412169	39.925758	Подводный зень	опол-	Площадь 677 м ²
49.87	43.412349	39.920607	Подводный зень	опол-	Площадь 189 м ²
49.88	43.412468	39.920045	Подводный зень	опол-	Площадь 116 м ²
49.89	43.412595	39.919877	Подводный зень	опол-	Площадь 156 м ²
49.90	43.41252	39.927176	Подводный зень	опол-	Площадь 7021 м ²
49.91	43.413101	39.924249	Подводный зень	опол-	Площадь 697 м ²
49.92	43.413229	39.919084	Подводный зень	опол-	Площадь 1087 м ²
49.93	43.413214	39.922837	Подводный зень	опол-	Площадь 1039 м ²
49.94	43.413707	39.924896	Подводный зень	опол-	Площадь 821 м ²
49.95	43.413621	39.922349	Подводный зень	опол-	Площадь 1489 м ²
49.96	43.413967	39.923706	Подводный зень	опол-	Площадь 813 м ²
49.97	43.414712	39.923173	Подводный зень	опол-	Площадь 2220 м ²
49.98	43.414648	39.922472	Подводный зень	опол-	Площадь 3167 м ²
49.99	43.414744	39.920635	Подводный зень	опол-	Площадь 807 м ²
49.100	43.415068	39.922759	Подводный зень	опол-	Площадь 1436 м ²
49.101	43.415242	39.917623	Подводный зень	опол-	Площадь 889 м ²
49.102	43.415255	39.914128	Подводный зень	опол-	Площадь 1295 м ²
49.103	43.415201	39.917987	Подводный зень	опол-	Площадь 598 м ²

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП		Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная			
49.104	43.415422	39.918954	Подводный зень	опол-	Площадь 544 м ²
49.105	43.415419	39.921325	Подводный зень	опол-	Площадь 4216 м ²
49.106	43.415602	39.918553	Подводный зень	опол-	Площадь 1073 м ²
49.107	43.415683	39.91971	Подводный зень	опол-	Площадь 536 м ²
49.108	43.415815	39.919084	Подводный зень	опол-	Площадь 398 м ²
49.109	43.415789	39.919315	Подводный зень	опол-	Площадь 464 м ²
49.110	43.415892	39.918485	Подводный зень	опол-	Площадь 552 м ²
49.111	43.416041	39.91125	Подводный зень	опол-	Площадь 397 м ²
49.112	43.415774	39.915347	Подводный зень	опол-	Площадь 2160 м ²
49.113	43.415913	39.921996	Подводный зень	опол-	Площадь 1854 м ²
49.114	43.416282	39.916525	Подводный зень	опол-	Площадь 409 м ²
49.115	43.416339	39.918467	Подводный зень	опол-	Площадь 967 м ²
49.116	43.416422	39.915766	Подводный зень	опол-	Площадь 1596 м ²
49.117	43.416454	39.917698	Подводный зень	опол-	Площадь 927 м ²
49.118	43.41651	39.919242	Подводный зень	опол-	Площадь 821 м ²
49.119	43.416701	39.916791	Подводный зень	опол-	Площадь 720 м ²
49.120	43.416804	39.91764	Подводный зень	опол-	Площадь 972 м ²
49.121	43.417305	39.914051	Подводный зень	опол-	Площадь 239 м ²
49.122	43.417138	39.918179	Подводный зень	опол-	Площадь 2859 м ²
49.123	43.417511	39.917606	Подводный зень	опол-	Площадь 3692 м ²
49.124	43.417706	39.914801	Подводный зень	опол-	Площадь 1138 м ²
49.125	43.417691	39.915683	Подводный зень	опол-	Площадь 4688 м ²
49.126	43.418382	39.914392	Подводный зень	опол-	Площадь 403 м ²
49.127	43.418748	39.915163	Подводный зень	опол-	Площадь 189 м ²

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП		Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная			
49.128	43.418936	39.914851	Подводный зень	опол-	Площадь 1191 м ²
49.129	43.41905	39.910483	Подводный зень	опол-	Площадь 486 м ²
49.130	43.419224	39.910328	Подводный зень	опол-	Площадь 103 м ²
49.131	43.419703	39.911921	Подводный зень	опол-	Площадь 468 м ²
49.132	43.41955	39.914206	Подводный зень	опол-	Площадь 2401 м ²
49.133	43.420357	39.90831	Подводный зень	опол-	Площадь 404 м ²
49.134	43.420565	39.906056	Подводный зень	опол-	Площадь 3150 м ²
49.135	43.421569	39.90631	Подводный зень	опол-	Площадь 1037 м ²
49.136	43.421717	39.906025	Подводный зень	опол-	Площадь 740 м ²
49.137	43.422052	39.905776	Подводный зень	опол-	Площадь 134 м ²
49.138	43.422242	39.905925	Подводный зень	опол-	Площадь 214 м ²
49.139	43.422337	39.905564	Подводный зень	опол-	Площадь 155 м ²
49.140	43.422079	39.899372	Подводный зень	опол-	Площадь 2496 м ²
49.141	43.422859	39.902293	Подводный зень	опол-	Площадь 902 м ²
49.142	43.424425	39.906202	Подводный зень	опол-	Площадь 572 м ²
49.143	43.425206	39.90048	Подводный зень	опол-	Площадь 691 м ²
49.144	43.418789	39.911119	Подводный зень	опол-	Площадь 562 м ²
49.145	43.403978	39.937095	Подводный зень	опол-	Площадь 4487 м ²
49.146	43.405859	39.940699	Подводный зень	опол-	Площадь 947 м ²
50	43.32761	39.86427	Абразионно- декливиальные процессы		Каньон Мзымтинский - врезанный участок западного ответвления каньона Мзымты длиной 25 км на глубинах до 1500 м с абразионно-эрозионным углублением каньона и транзитом обломочного материала, прохождением турбидитов

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП	Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная		
51	43.31741	39.89277	Абразионно-декливиальные процессы	Каньон Константиновский - врезанный участок центрального ответвления каньона Мзымты длиной 21 км на глубинах до 1500 м с абразионно-эрозионным углублением каньона и транзитом обломочного материала, прохождением турбидитов
52	43.29841	39.97998	Абразионно-декливиальные процессы	Каньон Пслух - врезанный участок восточного ответвления каньона Мзымты. Врезанный участок длиной 23 км на глубинах до 1475 м с абразионно-эрозионным углублением каньона и транзитом обломочного материала, прохождением турбидитов
53	43.02330	39.67968	Оползневые, а также аккумулятивные и эрозионные процессы	Каньон Мзымты. Выположенный участок длиной 70 км на глубинах от 1500 до 2030 м с отложением транспортируемого материала и широким развитием оползневого перемещения. Высота крупных оползневых тел (гряд) составляет от 10 до 30 м, ширина от 0,5 до 1,5 км, протяженность до 5 км. Периодическое прохождение мутьевых потоков с русловой эрозией
54	42.71059	39.08628	Аккумулятивные процессы, редкие эрозионные	Конус выноса каньона Мзымты длиной 55 км и шириной 28 км на глубинах от 2030 до 2100 м. Аккумуляция преимущественно алевропелитовых осадков с периодическим развитием эрозионных русловых процессов
55	43.10071	39.84668	Оползневые, а также аккумулятивные и, эрозионные процессы	Российский участок каньона Псоу с абхазского сектора. Выположенный участок длиной 16 км на глубинах от 1575 до 1800 м с отложением транспортируемого материала и широким развитием оползневого перемещения. Периодическое прохождение мутьевых потоков с русловой эрозией
56	42.98530	39.77368	Оползневые, а также аккумулятивные и, эрозионные процессы	Российский участок каньона Бзыбь. Выположенный участок длиной 15 км на глубинах от 1750 до 1900 м с отложением транспортируемого материала и широким развитием оползневого перемещения. Периодическое прохождение мутьевых потоков с русловой эрозией
57	45.12519	36.64238	Аккумулятивный	Заиливание подходных каналов к терминалам порта Тамань на всем их протяжении (19 м)

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП	Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная		
58	43.70797	39.57561	Абразионно-эрозионный, обусловленный техногенным фактором	Участки активного сокращения береговых отложений общей протяженностью 5 км от пос. Головинка до пос. Лоо Сочинского района за счет техногенного нарушения вдольберегового транзита пляжеобразующего материала
59	43.39880	39.95201	Абразионно-эрозионный, обусловленный техногенным фактором	Участок сокращения береговых отложений протяженностью 5 км от устья р. Мзымта до пос. Веселое Сочинского района за счет техногенного нарушения вдольберегового транзита пляжеобразующего материала и продвижения подводных каньонов

ПРИЛОЖЕНИЕ В

**Актуализированный каталог проявлений опасных ЭГП в ПШЗ Каспийского моря
(по состоянию на 01.12.2024)**

Номер п/п	Координаты, ГСК2011		Тип ЭГП	Характеристика
	Широта северная	Долгота восточная		
1	44.44752	47.54376	Диагенетическая за- газованность грун- тов и метановые вы- бросы	Площадной характер развития в Кизляр- ском заливе и акватории вокруг острова Тюлений в радиусе до 50 км. Спорадиче- ские разгрузки диагенетических скопле- ний метана из верхней части геологиче- ского разреза с выбросами при бурении скважин. На дне распространены частые метановые сипы
2	44.46829	48.63393	Диагенетическая за- газованность грун- тов	Участки скоплений газа в грунтовом массиве вблизи поверхности дна с ано- мально высоким давлением по опублико- ванным данным
3	44.53586	48.69813	Диагенетическая за- газованность грун- тов	Участки скоплений газа в грунтовом массиве вблизи поверхности дна с ано- мально высоким давлением по опублико- ванным данным
4	44.45987	48.99405	Диагенетическая за- газованность грун- тов	Участки скоплений газа в грунтовом массиве вблизи поверхности дна с ано- мально высоким давлением по опублико- ванным данным
5	44.67508	49.04052	Диагенетическая за- газованность грун- тов	Участки скоплений газа в грунтовом массиве вблизи поверхности дна с ано- мально высоким давлением по опублико- ванным данным
6	44.65454	47.69509	Метановая разгрузка	Метановый сипинг по опубликованным данным
7	44.74402	48.58335	Метановая разгрузка	Метановый сипинг по опубликованным данным
8	44.41937	48.68183	Метановая разгрузка	Метановый сипинг по опубликованным данным
9	44.21834	48.98492	Метановая разгрузка	Метановый сипинг по опубликованным данным
10	45.36671	47.78013	Аккумулятивный	Заносимость Волго-Каспийского морско- го судоходного канала на всем его про- тяжении (102 км)