

## ОПАСНЫЕ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ФЛЮИДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ И В ПРИЛЕГАЮЩИХ АКВАТОРИЯХ АЗОВСКОГО И ЧЕРНОГО МОРЕЙ

*С.Г. Миронюк<sup>1</sup>, А.Г. Росляков<sup>2</sup>, О.А. Хлебникова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Центр анализа сейсмических данных МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва

<sup>2</sup>Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва

arosl@rambler.ru, mironyuksg@gmail.com, oxana.khlebnikova@gmail.com

**Аннотация.** Выполнен региональный обзор опасных и неблагоприятных флюидогенных процессов и явлений в Азовском (Темрюкский залив, Керченский пролив) и Черном морях (Керченско-Таманский шельф, северо-восточный материковый склон). Дано определение новым терминам: флюидогенный морфолитогенез и флюидогенные формы рельефа. В Азовском мелководном море изучены газосодержащие грунты, определена их кровля в геологическом разрезе с помощью геофизических методов. Высказано суждение о природе редкого события – быстрой деформации дна моря в районе м. Каменный в 2011 г. Выполнена оценка опасности для проектируемых сооружений подводного грязевого вулкана Голубицкий. Изучены особенности вулканоида «Тузлинский» (Керченский пролив). Определено содержание метана в его сопочной брекчии. Дано описание опасных флюидогенных структур Черного моря. Приведены данные о закономерностях распространения газогидратов в изученной области, полученные с помощью грунтовых трубок.

Ключевые слова. Азовское море, Керченский пролив, Черное море, грязевые вулканы, газовые факелы, газонасыщенные грунты, газогидраты, опасные и неблагоприятные флюидогенные процессы

Использование новых методов морских изысканий в последние десятилетия существенно изменили наши представления о масштабах флюидопроявлений в морских бассейнах и опасности их для сооружений. Активно развивается новый раздел динамической геологии – флюидогеодинамика, изучающая «закономерности миграции (движения, перемещения) флюидов в недрах Земли и геологическую роль этой миграции» [1]. В научный оборот введен термин «флюидогенные деформации» [2]. Для обозначения процесса сопряженного образования флюидогенных форм рельефа и коррелятивных пород (осадков) предложен термин – «флюидогенный морфолитогенез», понимая под термином «флюидогенные формы рельефа» – формы рельефа, возникающие на поверхности суши или океанического дна в результате миграции флюидов [3]. Представляется актуальной задача классификации флюидогенных процессов и явлений (преимущественно «холодной» дегазации недр). Собранный к настоящему времени материал позволил нам приступить к их генетической классификации. В верхней части геологического разреза выделено три их вида: флюидодинамические (вулканоиды, диапиры, бугры газового (газогидратного) вспучивания (domes) и воронки газового выброса (rockmarks), локальные деформации пород (осадков), флюидоаккумулятивные (газовые карманы, газовые фронты) и флюидолиты (карбонатные образования). Отдельные флюидогенные формы рельефа сложены коррелятивными образованиями (газонасыщенными, гидратоносными, битумными и т. д.).

Перечисленные выше процессы и явления представляют, в разной степени, угрозу для морских и береговых сооружений и могут быть отнесены к группе неблагоприятных и опасных природных процессов и явлений. Задача оценки их опасности для сооружений – важная среди вопросов морской инженерной геодинамики.

Ниже дано описание некоторых флюидогенных процессов и явлений, выявленных в ходе инженерных изысканий (2009–2015 гг.) для выбора трассы газопровода «Южный поток», транспортного перехода через Керченский пролив и строительства базы берегового обеспечения в порту Темрюк.

Для изучения флюидогенных опасностей были использованы следующие основные методы: многолучевое эхолотирование (МЛЭ) с помощью современных цифровых эхолотов, акустическое высокочастотное профилирование с помощью ГЛБО, позволяющее получить акустическое отображение (сонограммы) морского дна, в т. ч. числе флюидогенных форм рельефа (активные покмарки, грязевые сопки и т. д), а также непрерывное сейсмическое профилирование (НСП) в высокочастотном и низкочастотном (ВЧ НСП, НЧ НСП) вариантах.

Широко использовались фондовые и литературные источники, выполнялись маршрутные наблюдения в береговой зоне.

Азовское море (Темрюкский залив). Флюидопроявлениям в Азовском море и на Таманском п-ве посвящена обширная литература (см. библиогра-

фический список в наших работах [4; 15]. Из новых публикаций, не вошедших в список литературы указанных обзорных статей, следует упомянуть следующие работы [5–8]. Непосредственное отношение к теме настоящей статьи имеет публикация В. И. Ефимова, Э. М. Головачева, Ф. П. Беркова [9]. В работе показано, что на временных разрезах над залежами газа Азовского моря прослеживается сейсмический эффект, связанный с ореолами рассеяния газосодержащих флюидов. Его предложено называть аномалией типа «флюидный прорыв».

Наши исследования (НСП) в Темрюкском заливе (глубина моря 5–8 м) показали, что в донных грунтах присутствует газ. Газонасыщенные зоны распространены практически повсеместно в верхней толще разреза и приурочены к текучим илам и глинам от текучей до мягкопластичной консистенции. Верхняя граница распространения газонасыщенных грунтов четко прослеживается на сейсмоакустических разрезах. Залегание кровли газонасыщенных слоев изменяется от 0,95 до 5,00 м от поверхности морского дна. Выявленные слабые газонасыщенные грунты характеризуются низкими прочностными и деформационными свойствами. Кроме того, наличие приповерхностного газа является крайне неблагоприятным фактором для проведения сейсмоакустических исследований. Газ частично или

полностью экранирует акустический сигнал, что соответственно, не позволяет прослеживать нижележащие слои осадков.

Особое внимание в ходе инженерно-геологических изысканий (2012 г.) было уделено изучению грязевулканической деятельности в береговой зоне Темрюкского залива (грязевые вулканы Азовское Пекло, Тиздар, Темрюкский и Голубицкий, входящие в единую грязевулканическую провинцию с вулканами суши). Два первых, расположенных на суше, на безопасном расстоянии (более 20 км) от проектируемого объекта, нас интересовали с точки зрения выявления слабых проявлений грязевулканической деятельности (сальзы, грифоны и др.) для последующего экспертного прогнозирования возможности проявления опасных флюидогенных процессов на участке строительства, расположенного в зоне активного Южно – Азовского разлома.

О возможности такого события свидетельствует случившаяся за один год до начала изысканий (2011 г.) активизация опасного геологического процесса в форме катастрофического флюидогенного поднятия морского дна у м. Каменный со скоростью предположительно около 6 м/сут (согласно опросам местных рыбаков). Максимальная амплитуда поднятия в пределах береговой линии достигала почти 3–5 м (рис. 1).



**Рис. 1.** Флюидогенное поднятие у м. Каменный. Слева-участок выпирания грунта у м. Каменный (стрелка), справа- новообразованный уступ высотой 3,0 м

По геофизическим данным разрез в эпицентре поднятия флюидизирован и нарушен системой разломов. Возникновение поднятия рассматривается как эмбриональная стадия зарождения нового грязевого вулкана [10] или этап активизации крупного подводного вулкана, который, по данным ГНЦ ФГУП «Южморгеология» (2007 г.), находится в 1000–1200 м к северу от описываемого участка. Следует заметить, что аналогичные события, соглас-

но наблюдениям И.Н. Гусакова (ООО «Поиск»), имели место и раньше в 2002 г. на ненарушенном склоне «горы» Зеленского (выброс и воспламенение газа) (Таманский п-ов) и в начале 2019 г. (гор. Крымск) [11].

Два последних из упомянутых выше подводных вулканоидов оценивались нами с позиций опасного их воздействия на проектируемый объект. Особую активность проявляет морской вулкан Голубицкий,

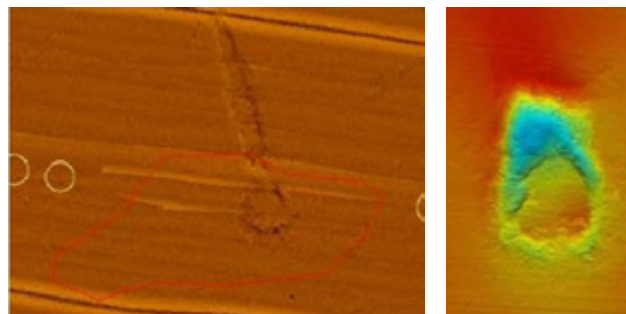
который расположен на расстоянии около 7 км от района изысканий. В течение последних 200 лет эксплозивные (взрывные) извержение разной интенсивности этого вулкана происходят в среднем через 14–15 лет. Извержения вулкана в 1994 и 2002 годах сопровождалось опусканием морского дна в прибрежной полосе в радиусе 500 м на ЮВ от вулканического острова, вызвавшее повреждение ряда легких построек. Обзор литературных источников показал, что радиус зоны действия поражающих факторов при взрывном извержении может достигать 4–5 км и коррелируется с размерами грязевулканических образований. Так как описываемый вулкан характеризуется небольшими размерами (250×350 м), а радиус опасного воздействия на инженерные сооружения таких вулканов составляет около 500 м, был сделан вывод, что грязевой вулкан Голубицкий опасности для проектируемого объекта не представляет.

В 2015 г. произошло очередное извержение этого вулкана. При этом, по данным Е. А. Глазырина [10], нарушения инженерной инфраструктуры были зафиксированы в радиусе 625 м от центра извержения, что не меняет нашей оценки опасности данного вулканоида.

Керченский пролив (Азовское море). Флюидогенные образования в Керченском проливе представлены грязевыми вулканами, сопками и газонасыщенными отложениями. В настоящее время в Керченском проливе известны 4 действующих грязевых вулкана, три из которых расположены вблизи берега. Наибольшую опасность представляет действующий грязевой вулкан «Тузлинский», расположенный вблизи линии фарватера. Он, как и другие флюидопроявления, приурочен к зоне активного Керченского субмеридианального глубинного разлома. Вытянутая с юга на север структура этого вулкана представляет собой отчетливо выраженное в рельефе округлое поднятие с перепадом высот около 3 м и линейными размерами около 90×60 м (рис. 2). Под объектом отмечается потеря записи, что в общем случае характерно для газонасыщенной брекчии грязевых вулканов. Геофизическими и гидрографическими исследованиями было установлено, что помимо «Тузлинского» грязевого вулкана, в 2 км к западу от него прослеживается еще три грязевулканические структуры (сопки). Сопки в плане имеют сравнительно небольшие размеры (25×20 м, 15×12 м и 40×35 м) и округлую форму. Высоты их составляют всего 0,5–1,0 м.

Донный прободотбор показал, что конус грязевого вулкана до глубины 1,7 м сложен газонасыщенной грязевулканической брекчией (представлена глинистыми грунтами), разделенной слоями песков

и ракушечника. Для оценки состава и концентраций газов в осадках на глубинах 1, 0 м и 1, 6 м были отобраны образцы грунта. Установлено, что содержание метана в брекчии высокое и составляет 58,9–66, 8 мл/л (значительным содержанием углеводородных газов в грунтах принято считать концентрацию равную 0,1 мл/л и выше). Содержание метана и его гомологов в воде по данным Е. А. Глазырина [12] колеблется от 0,00026 до 0,00029 мл/л. При этом фоновое содержание газа в водной толще на участке составляет 0,00026 мл/л.



**Рис. 2.** Грязевой вулкан «Тузлинский» (слева – мозаика ГЛБО, справа – цифровая модель рельефа по данным МЛЭ)

Газонасыщенные отложения проявляются на сейсмических разрезах чаще всего в виде резкого увеличения амплитуд отражений (яркие пятна), вызванного возрастанием коэффициента отражения. Кроме того, как и в Темрюкском заливе, здесь могут наблюдаться эффекты частичного или полного экранирования газонасыщенными интервалами нижележащей части разреза, повышенный уровень кратных отражений, участки сильно нарушенной и хаотической волновой картины, запаздывание регистрации отражений от нижележащих границ, дифракционные эффекты и т. д. (рис. 3; 4).

Следует отметить, что с большинством выявленных газовых аномалий, в силу их близкповерхностного залегания, не могут быть связаны зоны аномально высокого пластового давления. Поэтому выявленные близкповерхностные амплитудные газовые аномалии не могут быть отнесены к флюидогенным явлениям с высокой степенью опасности.

Очевидно, основной причиной повышенной газонасыщенности отложений верхней части разреза является разложение органического вещества, выносимого в большом количестве палео-Доном и содержащегося в аллювиальных, пойменных и лагунных фациях, выполняющих посткарангатский эрозионный врез. Помимо газопроявлений в четвертичных отложениях имеются таковые и в коренных неогеновых породах. Они приурочены к зонам повышенной трещиноватости (ослабленным зонам).

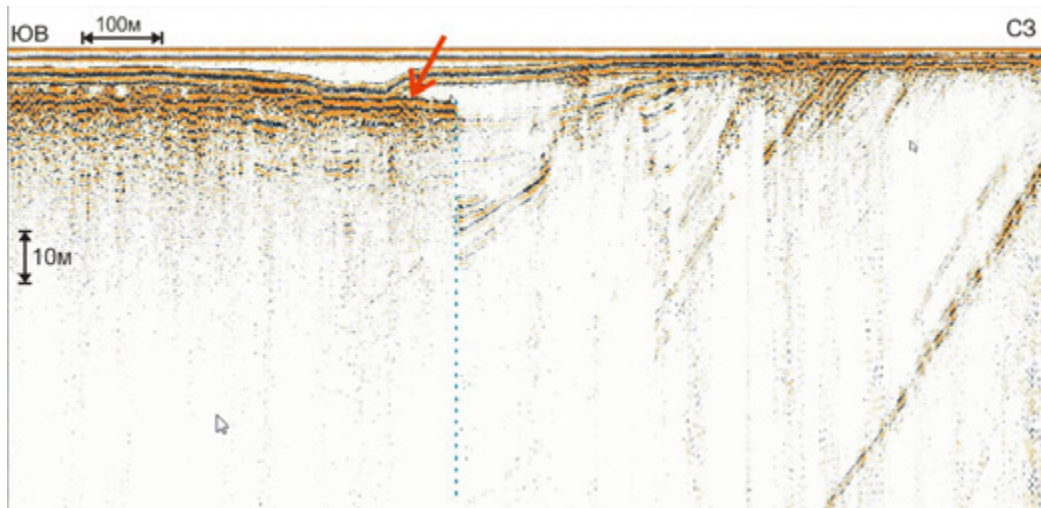


Рис. 3. Экранирование разреза газонасыщенными осадками. Красная стрелка – амплитудная аномалия, синий пунктир – правая граница зоны акустической тени

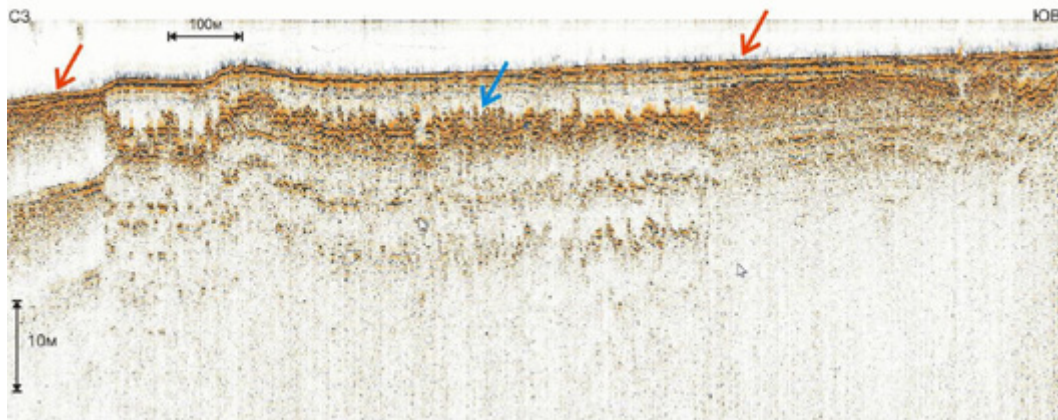


Рис. 4. Газонасыщенные осадки верхней части разреза створа «Тузлинский». Красные стрелки – амплитудные аномалии. Синяя стрелка – вертикальная миграция газа к поверхности

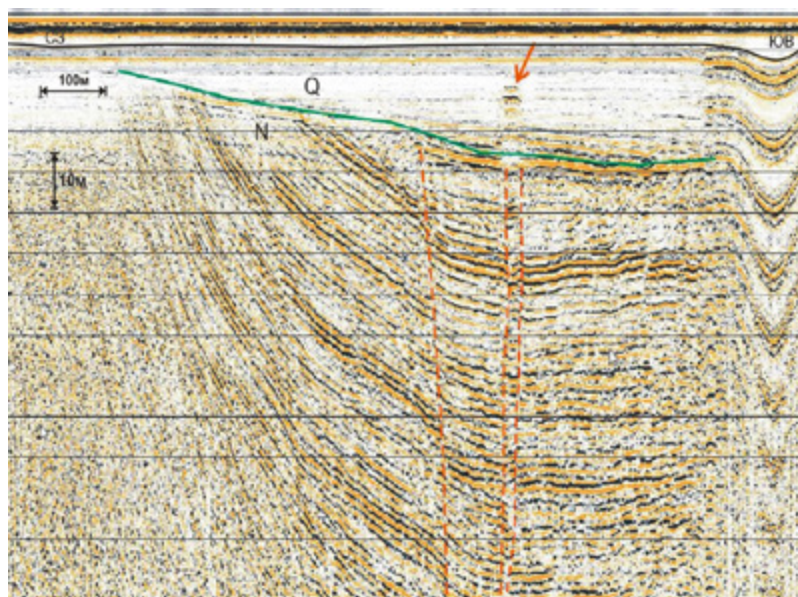


Рис. 5. Малоамплитудные разрывные нарушения в неогеновых породах (красный пунктир) и приуроченная к одному из них газовая аномалия (красная стрелка)

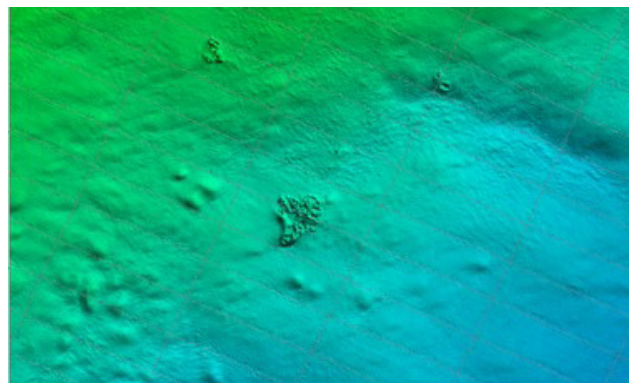
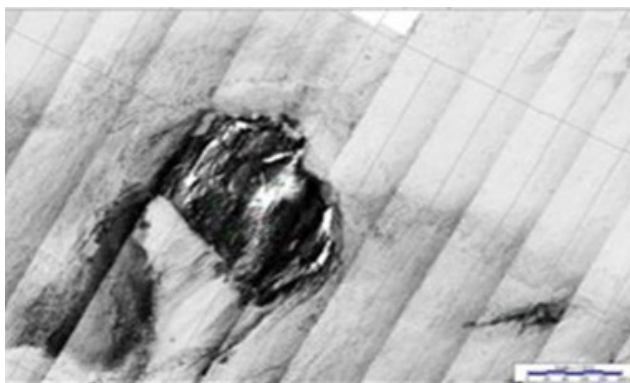
Ослабленные зоны в верхней части коренных пород проявляются в резких изменениях наклона рефлекторов и амплитуд отражений на непротяженных участках, вертикальных смещениях границ, появлении дифрагированных волн (рис.5).

Керченско-Таманский шельф и континентальный склон (Черное море). Прикерченский шельф и континентальный склон стали изучаться относительно недавно [13]. В последние годы здесь (у южного выхода Керченского пролива и в прилегающей части акватории Черного моря) были выявлены грязевые вулканы, сопки, сальзы и другие флюидопроявления, которые рассматриваются как индикаторы нефтегазоносности.

Керченско-Таманский шельф при инженерно-геологическом районировании принято делить на два района: внутренний шельф и внешний. В области континентального склона выделяют районы конусов выноса палео-Дона и палео-Кубани [14]. Районы внешнего шельфа и конусов выноса характеризуются повышенной флюидной активностью [15] и, соответственно, опасностью для проведения

буровых работ и строительства трубопроводов. Следует заметить, что разнообразные флюидопроявления типичны для мощных осадочных толщ аванделта крупных рек. В рассматриваемых районах поверхность коренного склона, включая несколько антиклинальных складок (Геоэко и др.), погребены под гигантскими слившимися конусами выноса рек Кубани и Дона с мощностью четвертичных отложений более 2 км. Осадочные тела конусов нарушены каналами стока, оползнями и флюидогенными деформациями.

В пределах указанных районов, помимо ранее открытых грязевых вулканов ОМГОР, Науменко, Митина (глубина моря 88–700 м) обнаружены несколько активных грязевых вулканов высотой 15–45 м приуроченных к дистальной части конусов выноса (глубина моря 1860–1940 м), а также многочисленные газовые факелы (глубина моря 100–200 м) [13], дома, скопления покмарок и изометричные в плане активные конусовидные грязевые сопки высотой 2–4 м (рис.6).



**Рис. 6.** Слева – активный грязевой вулкан «Нефтяной». Высота 30 м, размеры основания 500×400 м. Справа - грязевая сопка (стрелка) размером 170×210 м, высотой 3,5 м, возникшая на месте группы домов

Интенсивные газопроявления располагаются над грязевыми вулканами, гребнями антиклинальных складок, структурно-тектоническими поднятиями и погребенными долинами палео-Дона и палео-Кубани. В толще воды и осадках в ряде мест зафиксированы аномальные («ураганные») содержания метана. Так вблизи локального поднятия Абиха содержание метана в донных отложениях достигает 0,3 мл/кг. В результате газогеохимической съемки на одном из полигонов, проведенной при региональных работах в 2002 г. ИО РАН в поверхностных водах Анапского шельфа, была обнаружена и закартирована обширная метановая аномалия, однозначно связанная с источником газа на дне (структура Пионерская) (рис.7).

Концентрация метана в воде здесь достигает 0,0026 мл/л, что на порядок больше содержания метана в водной толще Керченского пролива. На временных разрезах МОГТ в ряде случаев видны

субвертикальные зоны с характерной волновой картиной, уходящие на большую глубину, которые можно интерпретировать как свидетельство миграции флюидов по ослабленным (трещинным) зонам в осадочном чехле (рис.8). В придонной части разреза и на поверхности дна они проявляются в форме аномальных полей метана, депрессий, скоплений брекчии и т. д. Такие участки, в разрезе которых часто присутствуют газогидраты, несомненно опасны для морских сооружений [16].

Практически все скопления газогидратов в изученном регионе грунтовыми трубками обнаружены в пределах подножия континентального склона (1600–2100 м) в газонасыщенных грязевой брекчии, оползневых образованиях, в древних дельтовых отложениях палео-Кубани и палео-Дона. Газогидраты приурочены к грязевым вулканам, сопкам, диапирам, флюидогенным структурам

проседания, разрывным нарушениям, трещинам, т.е. к участкам фокусированной интенсивной разгрузки флюидов. Газогидраты в сопочной брекчии обнаружены в пределах позднеплейстоценового

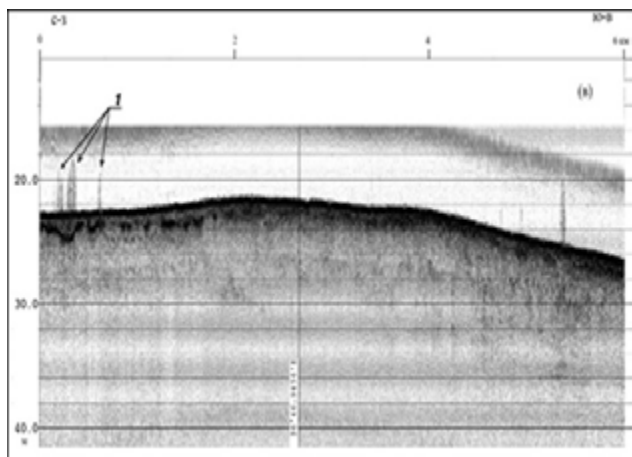


Рис. 7. Газовые факелы (стрелки) в районе газовой аномалии

конуса палео-Дона (глубина моря 1700–1800 м). Здесь они на отдельных участках залегают практически с поверхности. Гидратонасыщенность грунтов достигает 75 %.

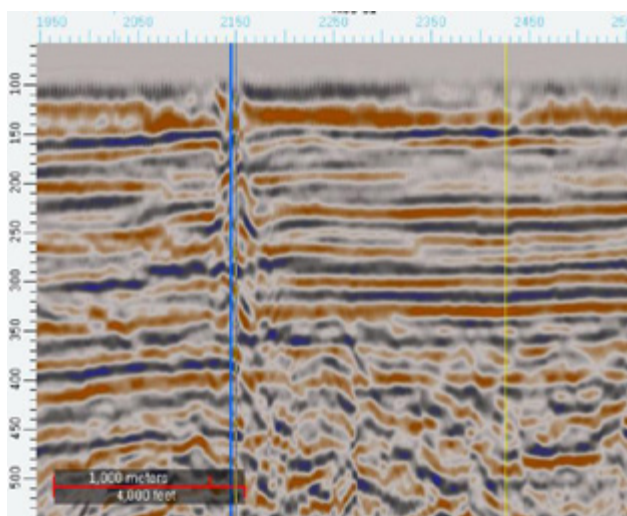


Рис. 8. Субвертикальные зоны миграции флюидов на Анапском шельфе

### Заключение

С помощью комплекса геофизических методов и пробоотбора изучены особенности флюидогенного морфолитогенеза в Азовском и Черном морях. Установлено практически повсеместное распространение газонасыщенных грунтов в придонной части геологического разреза. Показано, что газогидратоносные образования приурочены в основном к локальным газодинамическим структурам. Предпринята попытка установить радиус зоны действия поражающих факторов при взрывном извержении вулкановидов. Есть основание заключить, что радиус опасной зоны

и размеры грязевулканических структур взаимосвязаны. К числу наиболее опасных участков, в том числе для строительства морских скважин, следует отнести площади развития бугров газового вспучивания. Идентификация их без использования сейсмического профилирования часто затруднена. В ходе морских изысканий в грязевулканических провинциях следует учитывать вероятность возникновения на площадках (трассах) строительства опасного флюидогенного процесса – чрезвычайно быстрых деформаций донной поверхности и возникновение новых грязевулканических структур.

### Список литературы

1. Геологический словарь. Т.3. Р-Я. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. 440 с.
2. Мейснер Л. Б., Туголесов Д. А. Флюидогенные деформации в осадочном выполнении Черноморской впадины // Разведка и охрана недр. 1997. №7. С. 18–21.
3. Миронюк С. Г., Иванова А. А., Хлебникова О. А. Флюидогенные формы рельефа как индикаторы нефтегазоносности недр шельфа // Труды VII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2018)». Том 2. Тверь: Изд-во ООО ПолиПРЕСС, 2019. С. 120–125.
4. Миронюк С.Г. Грязевые вулканы Азово-Черноморского бассейна и прилегающей территории и оценка их опасности для зданий и сооружений // Геориск, №3 2010. С. 14–22.
5. Кармазин В.П. Геохимические особенности продуктов извержения морского грязевого вулкана Голубицкий (Темрюкский залив, Азовское море) // Минерал. ресурсы Украины. 2006. №3. С. 25–27.
6. Пасынков А.А., Тихоненков Э.П., Смагин Ю. В. Газовые факелы на дне Азовского моря // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2009. №1. С.77–79.
7. Рязанцев Г.Б., Мнацаканян В.Г., Мысливец В.И., Шпилова Л.М. Условия образования газов в донных илах Азовского моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2014. № 3. С.86–92.
8. Гарькуша Д. Н., Федоров Ю. А., Тамбиева Н. С. Закономерности распределения и генезис метана в воде Азовского моря // Экология. Экономика. Информатика. Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального

- природопользования. Сборник материалов III Всероссийской конференции. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ. 2016. С.132–143.
9. *Ефимов В. И., Головачев Э. М., Берков Ф. П.* Сейсмические эффекты, обусловленные миграцией углеводородов из газовых месторождений Азовского моря// Прикл. геофиз. 1992. №127. С. 29–33.
  10. *Глазырин Е. А.* К прогнозированию извержений грязевых вулканов и оценке опасности грязевулканической деятельности на Керченско-Таманском шельфе//Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»). Материалы Международной научной конференции (г. Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 г.). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН. 2019. С. 37–39.
  11. *Гусаков И. Н.* Новые сведения о проявлении грязевулканической деятельности на Северо-Западном Кавказе// Геология и полезные ископаемые Мирового океана. №4 (38). 2014. С. 118–122.
  12. *Глазырин Е. А.* Новые сведения по грязевому вулканизму Керченского пролива// Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. V. М.: ГЕОС. 2015. С. 66–70.
  13. Газово-грязевой вулканизм Керченско-Таманского сектора Черного моря. Киев: ОМГОР, 2011. 136 с.
  14. *Хлебникова О.А., Иванова А.А., Никишин А.М., Росляков А.Г., Старовойтов А.В.* Анализ гравитационных отложений материкового склона и его подножия в северо-восточной части Черного моря // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2018. № 6. С. 29–36.
  15. *Шнюков Е.Ф., Пасынков А.А., Любицкий А.А. и др.* Грязевые вулканы на прикерченском участке шельфа и материкового склона Черного моря// Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010. №3. С. 28–36.
  16. *Миронюк С. Г., Отто В. П.* Газонасыщенные морские грунты и естественные газовыделения углеводородов: закономерности распространения и опасность для инженерных сооружений //Геориск. 2014. № 2. С. 8–18.

## HAZARDOUS FLUIDOGENIC PROCESSES AND PHENOMENA IN THE KERCH STRAIT AND IN ADJUSTING AQUATORIES OF THE AZOV AND BLACK SEA

**S.G. Mironyuk<sup>1</sup>, A.G. Roslyakov<sup>2</sup>, O.A. Khlebnikova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University Seismic Data Analysis Center LLC, Moscow

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow

mironyuksg@gmail.ru, arosl@rambler.ru, oxana.khlebnikova@gmail.com

**Abstract.** Regional overview of the fluid geohazards in the Azov (Temryuk Bay, Kerch Strait) and the Black sea (Kerch-Taman shelf, the North-Eastern continental slope) completed. The new terms: «fluidogenic morpholithogenesis» and «fluidogenic forms» of relief the definition is given. In the shallow Azov sea gassy soils were studied. Using the geophysical methods superface of stratum gassy soils in the geological section has been determined. Over the nature of a rare event – the rapid deformation of the sea bottom in the area of Kamenny in 2011 a judgment was made. Hazard assessment for the proposed construction of an underwater volcano mud volcano Golubitsky performed. Peculiarities vulcanoid “Tuzlanski” (Kerch Strait) studied. The content of methane in its hill breccia was determined. The description of the dangerous fluidogenic structures of the Black sea given. The data on the regularities of gas hydrate distribution in the studied area obtained with the help of corer are presented.

**Keywords:** Azov Sea, Kerch Strait, Black Sea, mud volcanoes, gas flares, gas-saturated soils, gas hydrates, hazardous fluidogenic processes.

### References

1. Geological dictionary. V.3. Rr St. Petersburg: Publishing House VSEGEI, 2012. 440 p. (In Russian)/
2. Meisner L. B., Tugolesov D. A. Fluidogenic deformations in the sedimentary discharge of the Black Sea depression // *Razvedka i okhrana neдр.* 1997. №7. P. 18–21 (In Russian).
3. Mironyuk S. G., Ivanova A. A., Khlebnikova O. A. Fluidogenic landforms as indicators of the oil and gas potential of the shelf's subsoil // *Trudy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Morskiye issledovaniya i obrazovaniye (MARESEDU-2018)».* Tom 2. Tver': Izd-vo OOO PoliPRESS, 2019. P. 120–125 (In Russian).
4. Mironyuk S.G. Mud volcanoes of the Azov-Black Sea basin and the adjacent territory and assessment of their danger to buildings and structures // *Georisk*, №3 2010. P. 14–22 (In Russian).
5. Karmazin V.P. Geochemical features of the products of the eruption of the sea mud volcano Golubitsky (Temryuk Bay, Sea of Azov) // *Mineral. resursi Ukraini.* 2006. №3. P. 25–27 (In Russian).
6. Pasyukov, A.A., Tikhonenkov, E.P., Smagin, Yu.V. Gas torches at the bottom of the Sea of Azov // *Geologiya i poleznyye iskopayemye Mirovogo okeana.* 2009. №1. P.77–79 (In Russian).
7. Ryazantsev GB, Mnatsakanyan VG, Myslyvets V.I., Shipilova L.M. Conditions of gas formation in the bottom of the Azov Sea // *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya.* 2014. № 3. P.86–92 (In Russian).
8. Garkusha, D.N., Fedorov, Yu.A., Tambiyeva, N.S. Patterns of Distribution and Genesis of Methane in the Water of the Sea of Azov // *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Azovskoye more, Kerchenskiy proliv i predprolivnyye zony v Chernom more: problemy upravleniya pribrezhnymi territoriyami dlya obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya. Sbornik materialov III Vserossiyskoy konferentsii. Rostov-na-Donu: Izd-vo YUFU.* 2016. P.132–143 (In Russian).
9. Efimov, V.I., Golovachev, EM, Berkov, F.P., Seismic Effects Caused by the Migration of Hydrocarbons from the Gas Fields of the Sea of Azov // *Prikl. geofiz.* 1992. №127. P. 29–33 (In Russian).
10. Glazyrin E. A. On forecasting eruptions of mud volcanoes and assessing the danger of mud volcanic activity on the Kerch-Taman shelf // *Zakonomernosti formirovaniya i vozdeystviya morskikh, atmosferynykh opasnykh yavleniy i katastrof na pribrezhnuyu zonu RF v usloviyakh global'nykh klimaticheskikh i industrial'nykh vyzovov («Opasnyye yavleniya»). Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (g. Rostov-na-Donu, 13–23 iyunya 2019 g.). Rostov n/D: Izd-vo YUNTS RAN.* 2019. S. 37–39 (In Russian).
11. Gusakov I.N. New information about the manifestation of mud volcanic activity in the North-West Caucasus // *Geology and minerals of the World Ocean.* №4 (38). 2014. P. 118–122 (In Russian).
12. Glazyrin E.A. New information on mud volcanism of the Kerch Strait // *Geologiya morey i okeanov: Materialy XXI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (Shkoly) po morskoy geologii.* T. V. M.: GEOS. 2015. P. 66–70 (In Russian).
13. Gas-mud volcanism of the Kerch-Taman sector of the Black Sea. Kiev: OMGOR, 2011. 136 p. (In Russian).
14. Khlebnikova, O.A., Ivanova, A.A., Nikishin, A.M., Roslyakov, A.G., and Starovoytov, A.V. (2019). An analysis of gravitational deposits on the continental slope and at its base in the northeastern black sea // *Moscow University Geology Bulletin,* 74(1):27–34 (In English).
15. Shnyukov EF, Pasyukov A.A., Lyubitsky A.A. et al. Mud volcanoes on the Kerch site of the shelf and continental slope of the Black Sea // *Geologiya i poleznyye iskopayemye Mirovogo okeana.* 2010. №3. P. 28–36 (In Russian).
16. Mironyuk S. G., Otto V. P. Gas-saturated sea soils and natural gas emission of hydrocarbons: patterns of distribution and danger to engineering structures // *Georisk.* 2014. № 2. P. 8–18 (In Russian).