

УДК 550.82.5(262.5)

Е. Ф. Шнюков<sup>1</sup>, В. И. Старостенко<sup>2</sup>, О. М. Русаков<sup>2</sup>, Р. И. Кутас<sup>2</sup>

## ГЛУБИННАЯ ПРИРОДА ГАЗОВЫХ ФАКЕЛОВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Впервые доказано, что в западной части Черного моря практически все известные газовые факелы расположены в районах каньонов палеорек Дуная, Днепра, Днестра, Когильника и Каланчака, которые развивались по ослабленным зонам в земной коре. Показано, что подавляющее количество метана имеет глубинное происхождение. Разломы разного порядка служат каналами его доставки на дно моря.*

В последнее время активизировались целенаправленные геолого-геофизические исследования газовых факелов Черного моря, в первую очередь северо-западного шельфа, поскольку стало очевидным прикладное значение таких работ. В мировой литературе уже собрана достаточная информация, позволяющая однозначно увязывать газовые выделения со скоплениями углеводородов в земной коре. В глобальном масштабе установлена прямая корреляция между количеством газовых проявлений и запасами углеводородов в отдельных продуктивных провинциях [33]. В Черном море газоконденсатные месторождения Дельфин и Комсомольское расположены недалеко от полей интенсивных газовых струй [29]. Такая же зависимость присуща месторождениям нефти и газа на многих акваториях. В проливе Санта Барбара (Калифорния) более половины газовых проявлений сосредоточены только над антиклиналью Саут Элвуд, где сконцентрированы огромные запасы углеводородов, которые добывают с конца 60-х годов прошлого столетия [26]. Мониторинг газовых факелов над этим месторождением с 1973 по 1995 г. зафиксировал уменьшение площади акватории их существования наполовину [35]. Эта динамика вызвана падением давления в продуктивных горизонтах в результате интенсивной добычи нефти и газа. Семьдесят процентов нефтяных и газовых месторождений Южного Каспия, включая гигантские, сопровождаются огромным количеством газовых выделений [27].

Первое научное объяснение выбросов газа на северо-западном шельфе Черного моря принадлежит известному советскому геологу профессору С. П. Попову [15]. Он считал, что газ метан является причиной взрывов и огромных вспышек огня над поверхностью воды в виде одиноких столбов и длинных полос высотой до 500 м и шириной до 30 м. Он их наблюдал между Севастополем и мысом Лукулл во время крымского землетрясения 11 сен-

© Е. Ф. Шнюков<sup>1</sup>, В. И. Старостенко<sup>2</sup>, О. М. Русаков<sup>2</sup>, Р. И. Кутас<sup>2</sup>:

<sup>1</sup> Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины.

<sup>2</sup> Институт геофизики НАН Украины.

тября 1927 г. По его мнению, метан мигрировал из глубины вдоль нарушений земной коры, которые активизировались под действием тектонических сил, вызвавших это катастрофическое событие. По сути дела С. П. Попов почти 80 лет тому назад сформулировал проблему источников газовых выделений в Черном море, пути решения которой наметились только в последнее время.

Эта задержка обусловлена рядом причин. В первую очередь тем, что не проводились целенаправленные исследования, поскольку отсутствовали соответствующие технические средства. В середине 80-х годов прошлого столетия впервые описаны выделения газа метана на шельфе Болгарии [12]. По мнению местных исследователей, они были известны со времен Римской империи. На дне Одесского залива только через 60 лет после публикации С. П. Попова были сделаны случайные находки выходов газа во время обследования акватории подводными аппаратами, проведенного с целью изучения биоресурсов моря. Летом 1985 г. на мидиевой банке к югу от косы Тендра и острова Джарылгач с помощью подводной лаборатории "Бентос-300" на абсолютно ровном дне, где глубина составляет всего 20 м, были обнаружены конические сооружения диаметром 0,5–0,7 м, из вершин которых выделялись пузырьки газа. В 1987 г. с подводного аппарата "Аргус" наблюдали интенсивное выделение газа со дна р. Дунай в его дельте. Через год военные подводники доложили командованию, что они видели на площади сплошной выход газа диаметром 100 м и вокруг него струи газа на разном расстоянии друг от друга. Поскольку все эти наблюдения были сделаны попутно, а с выводами С. П. Попова, судя по всему, никто не был знаком, наличие выходов газа не было оценено должным образом. Более того, о них вспомнили значительно позднее, чтобы привлечь внимание к своему ведомству или самим себе как первооткрывателям [3, 16].

Факт существования газовых струй в Одесском заливе стал достоянием научной общественности в 1989 г. благодаря членам экспедиции 28-го рейса НИС "Профессор Водяницкий" [14] и работам В. Х. Геворкьяна и др. [2]. Во время рейса на эхограммах аппарата "SIMRAD" было зафиксировано около 100 акустических аномалий в виде отдельных факелов и облаков. Они располагались в вершине Дунайского каньона на глубинах 90–250 м в зоне перехода шельфа к материковому склону. Акустические аномалии не достигали поверхности воды и были отождествлены с потоками газа со дна моря. Полоса интенсивного выделения газа субмеридионального простиранья имела ширину 0,1–1,0 км и длину до 5,5 км. После этого поиски газовых выходов в северо-западной части Черного моря стали одной из задач морских научных экспедиций.

К настоящему времени газовые струи открыты в Евпаторийском каньоне, в районах Дунайского, Днепровского и Каланчакского каньонов, на большой акватории в зоне перехода от шельфа к континентальному склону [2, 16, 19, 20, 21, 32]. Однако их реальное количество неизвестно, можно лишь говорить о порядке цифр. Во всяком случае, на 01.01.04 выявлено не меньше 400 групп газовых факелов. На рис. 1 показано расположение полей и групп газовых струй по данным упомянутых авторов.

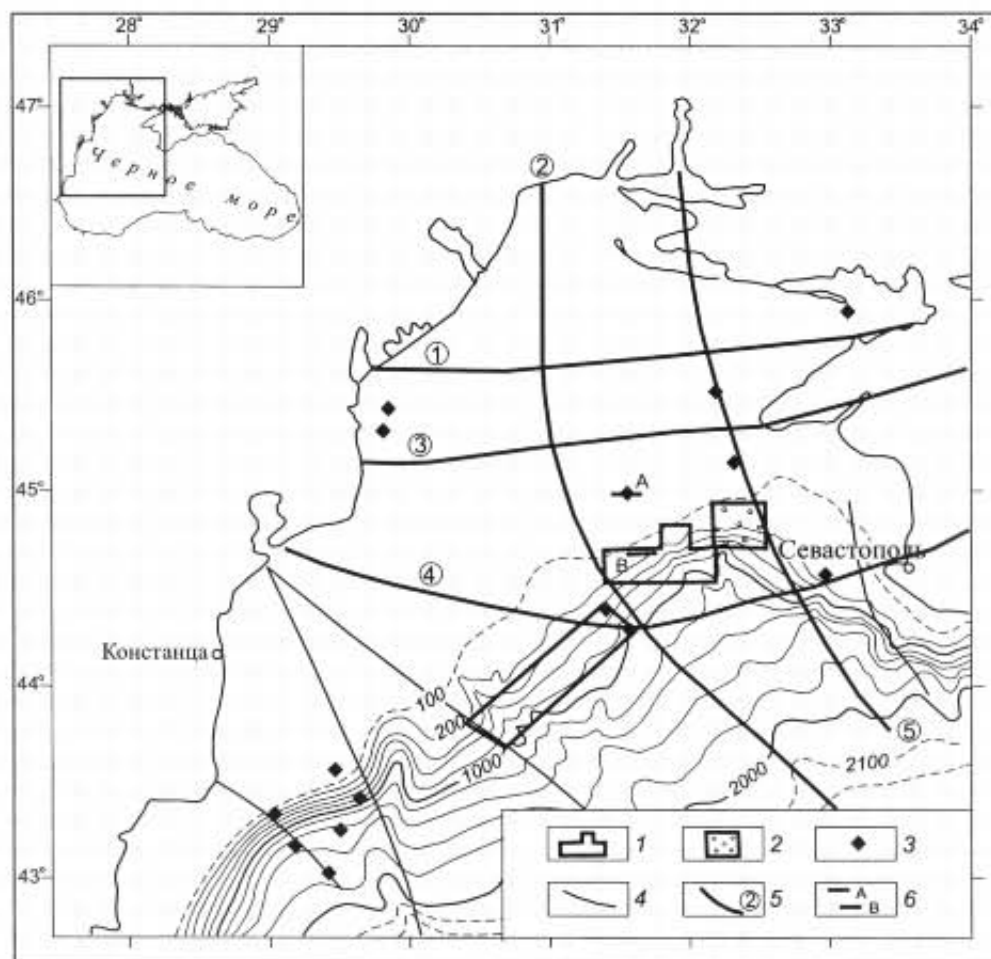


Рис. 1. Разломы и газовые струи западной части Черного моря. Названия разломов приведены в тексте: 1 — поля факелов; 2 — участок детальной съемки газовых факелов; 3 — группы факелов; 4 — разломы; 5 — зоны глубинных разломов; 6 — профили сейсмопрофилирования

Отсутствие достоверной информации о распространении газовых выходов обусловлено главным образом наблюдениями аппаратурой с низкой разрешающей способностью по редкой сети съемок и отсутствием наблюдений в режиме мониторинга. Более реальное представление о том, сколько газовых струй может существовать на дне моря, дает рис. 2. На нем показаны результаты картирования газовых выделений современным высокочувствительным широкоугольным эхолотом по профилям, которые на концах полосы наблюдений перекрывают друг друга [34]. В районе каньонов палеорек Днепра и Каланчака на площади всего 650 км<sup>2</sup> зафиксированы сотни газовых факелов.

В северо-западной части Черного моря геологическое строение участков выходов газа изучалось акустическим и сейсмическим профилированием на трех частотах (30 Гц, 200 Гц и 38 кГц), что дало возможность получить детальную характеристику осадочного чехла до глубины 500 м от дна моря [7]. Для профилирования выбраны два участка: на шельфе и континентальном склоне, где зафиксированы выбросы газа. Расположение профилей показано на рис. 1.

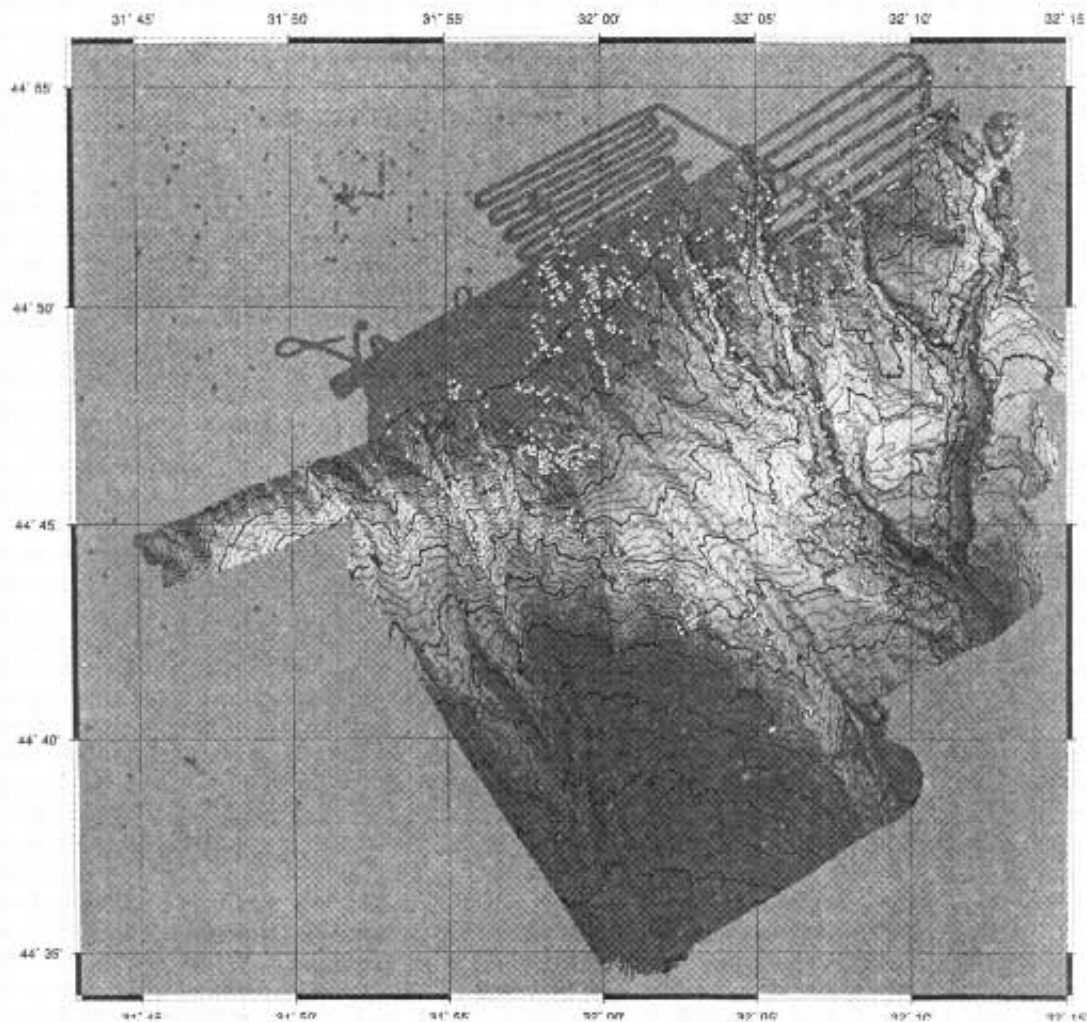


Рис. 2. Газовое поле в районе палеорек Днепра и Каланчака [34]. Положение участка показано на рис. 1

На рис. 3 а показан типичный пример сейсмической записи вдоль одного профиля первого участка, где глубина дна колеблется от 20 до 50 м. На низкочастотной сейсмограмме уверенно выделяются по крайней мере три зоны нарушения сплошности отражающих горизонтов. Они зафиксированы в районе пикетов 2; 4,5 и 7 км. На пикете 8,5 км менее выразительно просматривается четвертая зона. Выделенные нарушения прослеживаются, как минимум, до глубины 550 м от дна моря. Глубже упругие волны не проникали из-за недостаточной мощности датчиков.

Характер залегания осадочных слоев в каждой из отмеченных зон нарушений разный. В первой (ГК 2) отдельные слои смяты и немного приподняты в центре. Вторая зона (ГК 4, 5) характеризуется разрывом сплошности по типу сброса. В третьей зоне нарушений, если ее рассматривать вместе с предыдущей, пикетами 4,5–7 км наблюдается антиклиналь. Во всех нарушенных зонах эхолотом зарегистрированы активные выбросы газа.

Более детальная характеристика верхних прослоев осадков в зонах нарушений, где обнаружены газовые струи, получена с помощью среднечастотного комплекса с искровым излучателем, В качестве примера на рис. 3 б

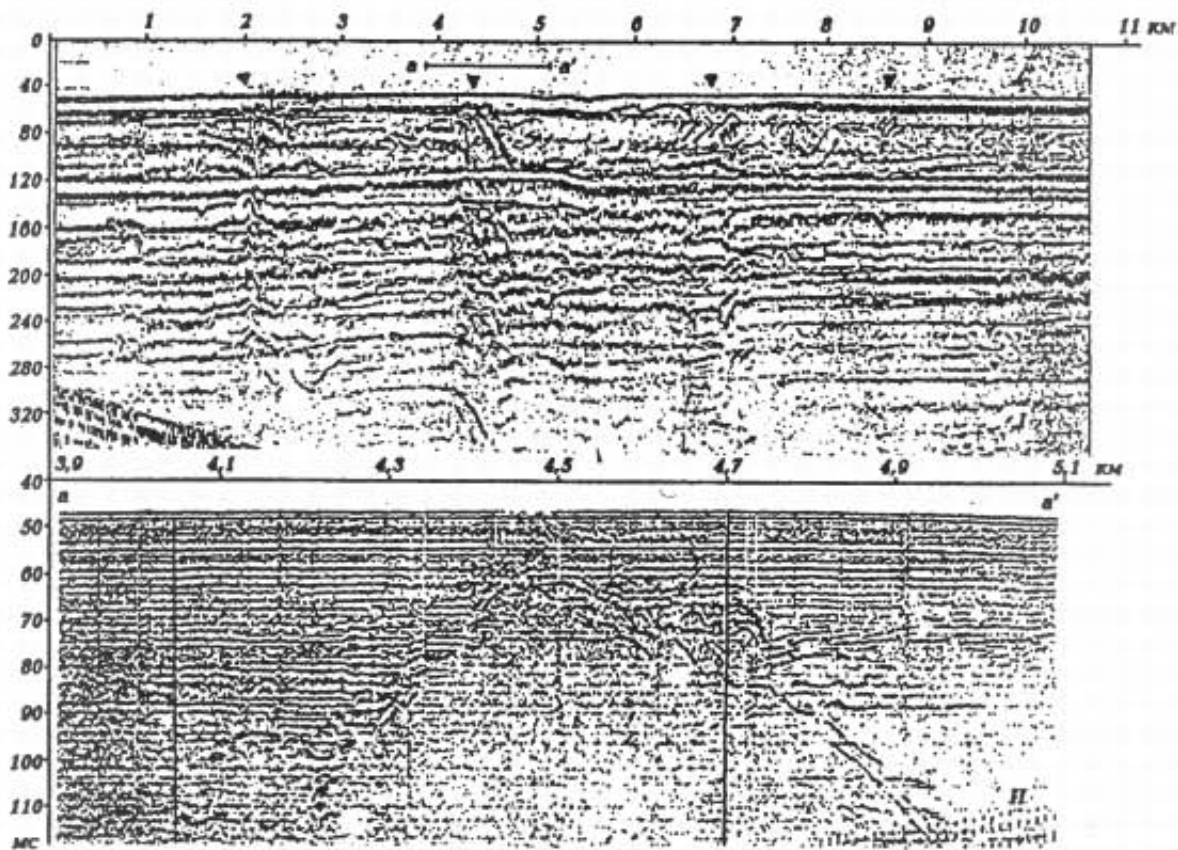


Рис. 3. Сейсмические записи на северо-западном шельфе Черного моря [7]:

*a* — запись пневматической пушкой; *b* — запись искровым акустическим источником на участке *a*–*a'*;  
 ^ — выходы газов. Положение профиля (A) показано на рис. 1

показан участок того же профиля в интервале 3,9–5,1 км (*a*–*a'*). Под незначительным слоем осадков четко видна конусообразная область. Она ограничена зоной структурно неоднородных и смятых осадков, которые интенсивно отражают упругие волны. Внутри этой области находится сравнительно однородная масса осадков с высоким коэффициентом поглощения упругих волн. Такое явление характерно для обогащенных газами илов с пониженной скоростью распространения акустических волн.

На втором участке — в переходной зоне от шельфа к континентальному склону исследования проводились только с помощью низкочастотного пневматического источника колебаний. Фрагмент сейсмической записи показан на рис. 4. Здесь газовые струи связаны с четко выделенными диапировыми структурами и выраженными рельефе чередующимися прогибами и сопками. Сопки имеют симметричный профиль, их основание на глубине 250–280 м, высота 40–70 м. Понижениями в рельефе дна между сопками выражены синклинальные структуры. На склонах сопки наблюдаются оползни, срывы, ступени и вертикальные разрывы с оперениями, заполненные смятыми и разрушенными иловыми отложениями. Практически вертикальные в интервале глубин, доступных для проникновения упругих волн (550 м), структурные нарушения осадков имеют ширину 1–2 км.

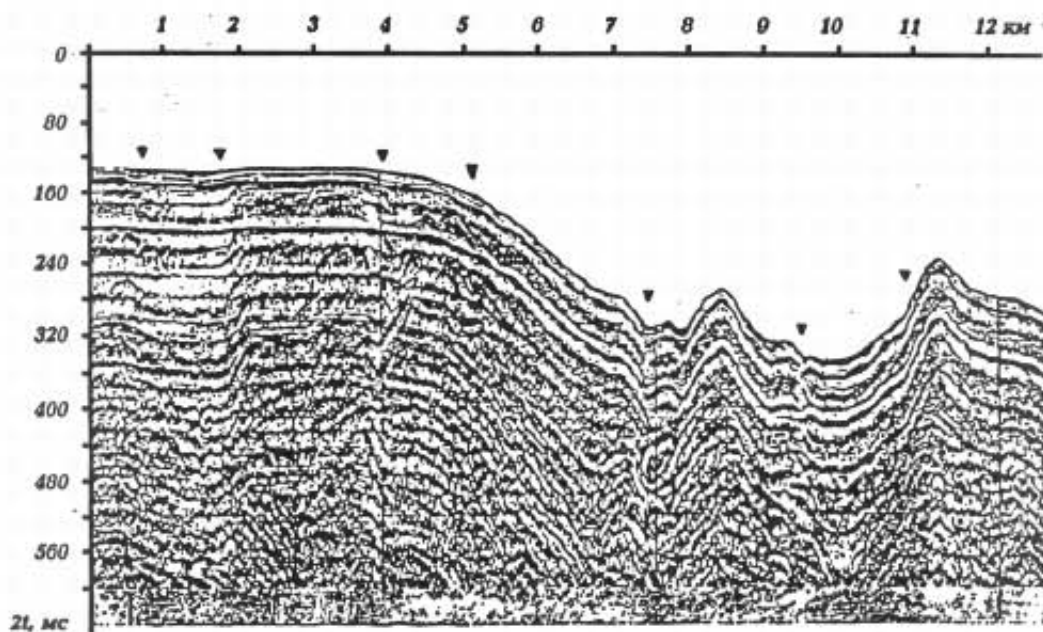


Рис. 4. Сейсмическая запись пневматической пушкой на свале глубин Черного моря [7]:

▲ — выходы газов. Положение профиля (В) показано на рис. 1

Количество и интенсивность газовых струй на втором участке значительно превышают аналогичные показатели первого участка со спокойным рельефом. Независимо от характера рельефа все газовые выделения связаны с нарушениями сплошности осадков, в том числе неотектоническими [23, рис. 49]. На обоих участках зоны нарушений разного масштаба представляют собой вертикальные каналы с горизонтальными оперениями. Ослабленное пространство заполнено разнообразным смятым материалом с разной акустической жесткостью.

Участки газовых выделений характеризуются неоднородным тепловым потоком, плотность которого колеблется от 20 до 120 мВ/м<sup>2</sup> [11, 31]. Максимальные значения локальных аномалий теплового потока наблюдаются у подножья континентального склона (рис. 5). Интенсивные аномалии теплового потока имеют ограниченные размеры. Их ширина редко превышает 5–7 км, что свидетельствует об относительно неглубоком (3–5 км) залегании их источников. Они связаны с выносом тепла потоками газов и флюидов вдоль бортов впадины и по зонам тектонических нарушений.

Повышенные значения плотности теплового потока (55–65 мВ/м<sup>2</sup>) отмечены на акватории между каньонами палеорек Днепра и Каланчака [31, 32], где сконцентрировано большое количество газовых струй. Здесь по активным в настоящее время разломам, выделенным по результатам сейсмического профилирования, прогретые флюиды и газы поднимаются вверх. Из-за ограниченных возможностей сейсмического метода, реальные размеры и структуры разломов, простирающие которых совпадает с простираанием Западнокрымского разлома, установить не удалось.

Результаты экспериментальных наблюдений, о которых речь шла выше, убедительно свидетельствуют о связи газовых факелов с тектони-

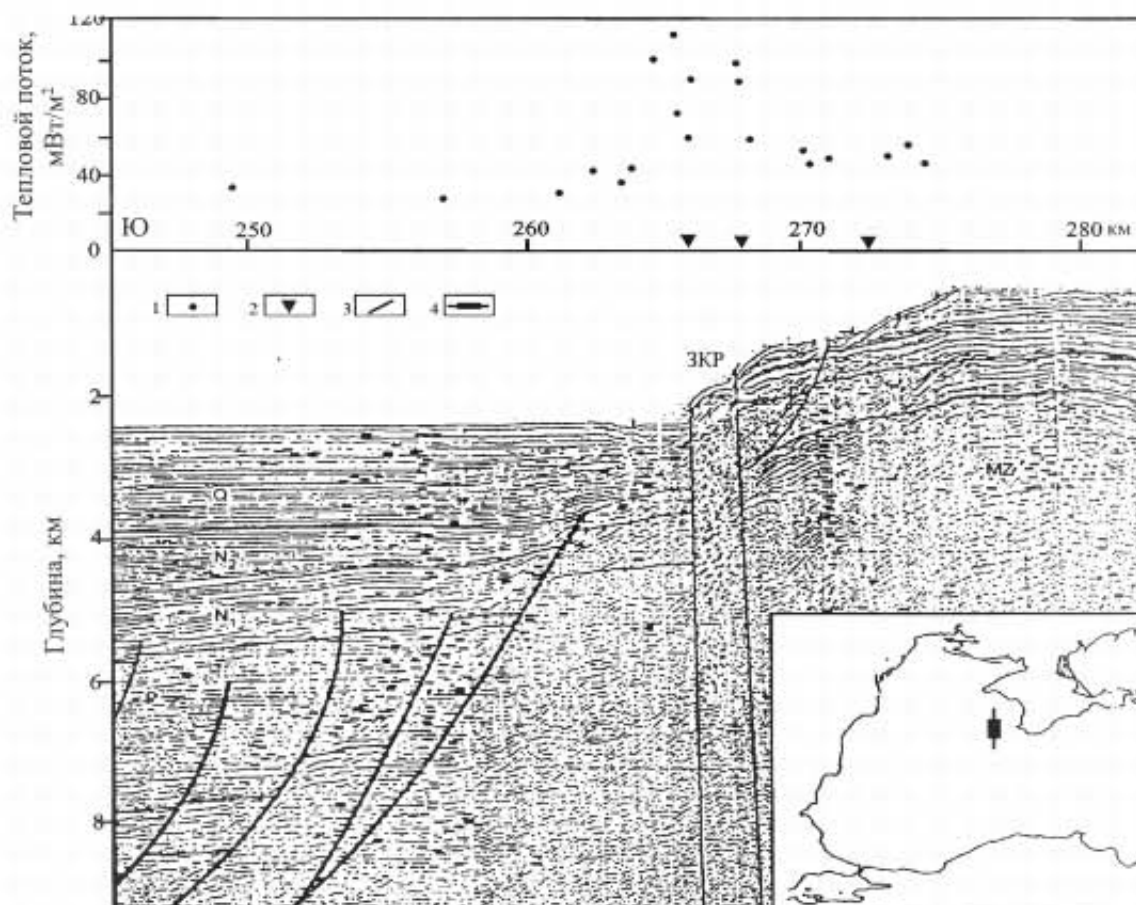


Рис. 5. Тепловой поток, газовые струи и разрез верхов осадочного чехла вдоль профиля через Западнокрымский разлом [29]:

1 — значение теплового потока; 2 — газовые струи; 3 — разломы; 4 — положение профиля; Q — антропоген; N<sub>2</sub> — верхний неоген; N<sub>1</sub> — нижний неоген; P — палеоген; M<sub>2</sub> — мезозой; WK — Западнокрымский разлом

ческими нарушениями сплошности верхних слоев осадочных отложений. От того, на какую глубину проникают эти разрывы, в значительной степени зависит выяснение природы углеводородов и происхождения газовых факелов. Пролить свет на эту проблему позволяет анализ комплексных геофизических исследований и геологической истории акватории.

Сопоставление зон активного выделения газов с расположением тектонических структур северо-западного шельфа показало приуроченность газовых факелов к пространству, заключенному между Одесской и Западнокрымской зонами разломов [19]. Однако перечень разломов разного ранга не ограничивается указанными двумя региональными нарушениями, о чем свидетельствует рис. 1. На нем представлены глубинные разломы, которые выделены в результате комплексной интерпретации геологических и геофизических данных [30]. Их можно разделить на две группы. Первую группу образуют глубинные разломы, разделяющие главные тектонические структуры, вторую — глубинные нарушения в пределах отдельных структур. Из представленных на рис. 1 разломов к первой группе относятся нарушенная зона южной окраины Восточноевропейской платформы (1) и Одесско-

Синопский разлом, ограничивающий с востока Западную котловину Черноморской впадины (2). Вторая группа представлена Северорумынско-Крымским (3), Центральнорумынско-Крымским (4) и Западнокрымским (5) разломами.

Перечисленные тектонические нарушения характеризуются двумя важными особенностями. Во-первых, они сохраняли активность на протяжении длительного времени, по крайней мере, начиная с зарождения Черноморской впадины. Это четко видно в поведении раздела земная кора — верхняя мантия [36] и границ раздела стратиграфических горизонтов осадочной толщи [18]. Изолинии, описывающие залегание кровель меловых, эоценовых и более молодых отложений, вытянуты по простиранию разломов. Непосредственно в зонах разломов наблюдаются структурные нарушения и изменение особенностей залегания осадочных образований. Во-вторых, с разломами связано много проявлений их современной активности: сейсмичности, диапиризма, грязевого вулканизма, выходов флюидов и газов, геотермических аномалий. Активность зон разломов обусловлена глобальными и региональными перемещениями плит и террейнов [4, 9]. Пример такой активной разломной зоны приведен на рис. 5.

Приведенная на рис. 1 информация убедительно свидетельствует о приуроченности полей газовыделений к региональным и активным в настоящее время разломам. Иногда они размещаются между разломами. Детальный анализ ситуации показывает, что в таких случаях истечение газа связано с эшелонированными нарушениями, особенно вдоль континентального склона, а также с второстепенными нарушениями сплошности осадков, каньонами и оползнями.

Как отмечалось выше, первые интенсивные газовые факелы были обнаружены в вершине Дунайского каньона [14]. Открытие впоследствии большого количества газовых струй и полей дало возможность заметить закономерное увеличение их количества по мере приближения к палеодолинам рек Днепр и Каланчак [19]), а также в подводных каньонах и перегибах рельефа (см. рис. 2).

На рис. 6 изображена схема расположения палеорек и их каньонов западной части Черного моря [23] и полей газовыделений. При построении контуров палеорек использованы результаты сейсмопрофилирования, которые позволили выделить 19 фрагментов древних русел Дуная, Днепра, Днестра, Каланчака и Когильника [1]. По характеру сейсмических записей и структуры осадочной толщи русла палеорек различаются. Древняя долина Днестра заполнена акустически однородными отложениями, а долины Каланчака и Когильника — расслоенной толщей. В долине палео-Днепра зафиксированы два типа осадочной толщи, что указывает на существование двух отдельных русел, соизмеримых по размерам и глубинам. Почти все газовые факелы приурочены к вершинам каньонов палеорек Дуная, Днепра, Днестра, Когильника и Каланчака. На тамано-керченском шельфе все струйные выделения газа (около 110) также пространственно совпадают с подводными каньонами [22]. Поскольку заложение палеорек и их каньонов происходило по зонам активизации глубинных разломов, этот факт не оставляет



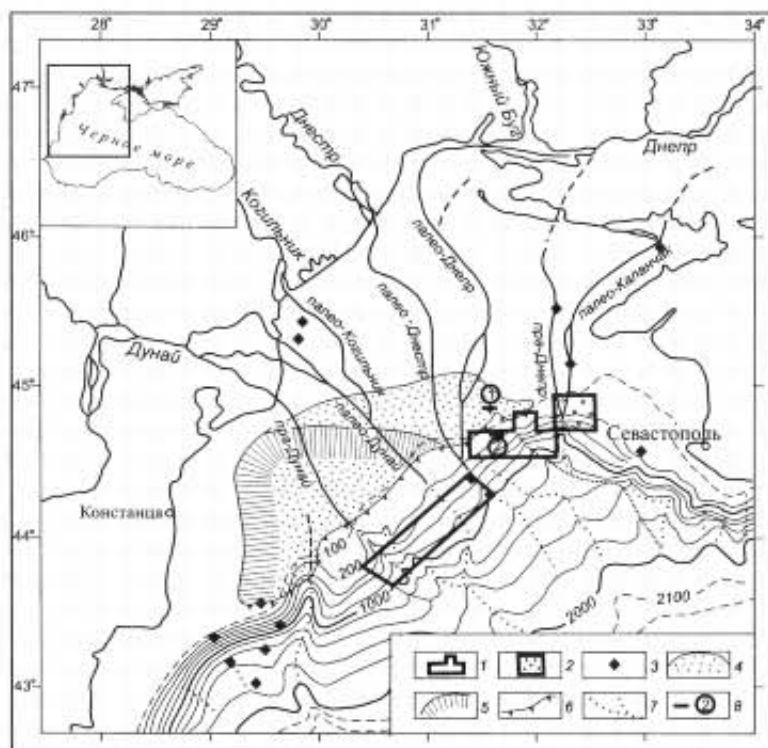


Рис. 6. Палеореки и газовые факелы западной части Черного моря:

1 — поля факелов; 2 — участок детальной съемки газовых факелов; 3 — группы факелов; 4 — осадки конусов выносов антропогенного возраста; 5 — неоген-палеогеновый континентальный склон; 6 — современная бровка шельфа; 7 — авандельта и подводные конусы выноса палеорек; 8 — профили сейсмопрофилирования; контуры палеорек по данным [23]; 4–7 заимствовано из [18]

сомнений в том, что крупные тектонические нарушения играют решающую роль в создании каналов миграции газо-флюидных потоков и формировании газовых струй.

Связь газовыделений с глубинными активными разломами свидетельствует о глубинном происхождении метана, хотя до сих пор не существует единой точки зрения на эту проблему. Конкурируют две гипотезы — биологическая и геологическая. Согласно первой, метан газовыделений образуется путем разложения органического вещества донных отложений [6]. Первыми сомнение относительно универсальности такого механизма происхождения метана высказали В. Х. Геворкьян с соавторами [2], увязав выделения газов с Одесским разломом. Огромные масштабы газовыделений на протяжении четвертичного периода и отсутствие приуроченности газовых факелов к местам вероятной аккумуляции органического материала не позволили поддержать биологическую гипотезу генезиса метана также Е. Ф. Шнюкову и др. [19]. В последнее время опубликованы анализы химического и изотопного составов газов газогидратов, которые дают возможность более доказательно оценить возможности образования метана разными механизмами.

В прогибе Сорокина, ось которого совпадает с глубинным разломом, в метане насыщенные углеводороды преобладают над ненасыщенными и зафиксирована аномально высокая концентрация полициклических аромати-

ческих углеводородов [17]. Эти результаты указывают на то, что газ метан имеет преимущественно глубинное происхождение. В верхние слои он поступает путем фильтрации и/или струйной миграции. Содержание и вертикальное распределение газов в кернах осадков кратера вулкана Двуреченского также убедительно свидетельствует о вертикальной миграции метана из глубинных горизонтов земной коры [25]. Анализ состава газа из осадков, отобранных в зоне разлома на континентальном склоне в северо-западной части Черного моря, и низкое содержание органического вещества (медианное значение 1,5%) в глинах грязевых вулканов привели к такому же выводу о происхождении метана Р. П. Круглякову и др. [28]. Состав газа (процентное содержание гомологов метана, концентрация углекислого газа и азота) в устьях разведочных скважин, пробуренных в зонах глубинных разломов вблизи периферийной части газовых месторождений, и в пробах грунта бухт Тарханкутского полуострова идентичен, что однозначно исключает биогенное происхождение метана в донных осадках [24]. Биогенный механизм образования газовых факелов принципиально возможен, но фактически сводится к минимуму, поскольку уже на стадии седиментогенеза и диагенеза морские осадки подвержены воздействию локализованных потоков глубинных углеводородных флюидов [5]. Западночерноморская региональная магнитная аномалия, связанная с Одесско-Синопским разломом, обусловлена магнетитом, который образовался под воздействием углеводородов на минералы железа в осадочном чехле мощностью до 16 км по схеме  $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow \alpha Fe$  [8]. В пользу глубинного происхождения метана свидетельствует локализация газовых месторождений на северо-западном шельфе в узлах пересечения Одесско-Синопского разлома с разломами северо-восточного простирания (Голицынское, Южноголицынское, Штормовое, Крымское и Архангельское). Находки 7 газовых факелов в зонах нарушений кристаллических пород Ломоносовского подводного массива однозначно свидетельствуют о геологическом происхождении газов [23].

Приведенные факты убедительно указывают на глубинную природу углеводородов, но это не означает, что единственным источником метановых выделений на дне Черного моря является дегазация глубинных горизонтов. Небольшие выходы газа на ограниченных участках могут быть результатом разложения четвертичного органического вещества при активном участии метанобразующих бактерий [20, 28].

Механизм миграции газовых струй в зонах глубинных разломов может быть следующим [30]. Газы генерируются в глубинных горизонтах, включая верхнюю мантию. Затем они мигрируют вверх по разломам разного масштаба, в первую очередь трансформальным. Газы концентрируются в локальных структурах в виде конусов и линз, как это явствует из приведенных выше сейсмических наблюдений. Когда давление газа превышает нагрузку вышележащих пород, происходит нарушение сплошности осадков и выброс газов. При отсутствии ослабленных зон газы вынуждены мигрировать по проницаемым осадочным слоям к местам разгрузки на участках развития оползней, подводных террас и особенно каньонов, которые вскрывают осадочную толщу на глубину нескольких сотен метров.

Решающим условием образования газовых факелов по этому механизму является тектоническая активность региона в геологическом масштабе времени, формирующая пути миграции газа, роль которых играют разломы. В Черноморском бассейне тектоническая активность поддерживается за счет опускания его центральной части на протяжении последних 80–70 млн лет [17] и регионального взаимодействия тектонических плит.

Приведенный в статье материал позволяет выделить наиболее перспективные, на наш взгляд, площади для поисков газовых месторождений. К ним, безусловно, относится акватория распространения каньонов палеорек Дуная, Днепра, Днестра, Когильника и Каланчака, где сосредоточена основная масса газовых факелов. Здесь мощность только антропогенных дельтовых осадков достигает 3 км [18]. На современном этапе развития Черноморской впадины наиболее благоприятные термодинамические условия для образования и сохранения углеводородов существуют в постэоценовых отложениях [10]. Если принять во внимание, что запасы газа в отложениях конуса выноса Нила оцениваются, как минимум, в 80 триллионов кубических метров [3], а Черное и Средиземное моря сингенетичны, то поисково-разведочные работы в первую очередь следует направить на оценку углеводородного потенциала дельтовых осадков украинских рек.

1. Буртний П. А., Волошин Л. Н., Коболев В. П. и др. Сейсмоакустические исследования древней речной сети северо-западной части Черного моря // Геофиз. журн. — 1998. — № 3. — С. 103–109.

2. Геворкьян В. Х., Бураков В. И., Исагулова Ю. К. и др. Газовыделяющие постройки на дне северо-западной части Черного моря / ДАН УССР. — 1991. — № 4. — С. 80–85.

3. Геворкьян В. Х. Альтернативные ресурсы энергетического сырья Украины — газогидраты углеводородных газов Черного моря. // Геология и полезные ископаемые Черного моря. — К., 1999. — С. 117–125.

4. Герасимов М. Е. Глубинное строение и эволюция южной окраины Восточно-Европейской платформы по сейсмостратиграфическим данным в связи с нефтегазоносностью / Автореф. дисс. доктора геол.-мин. наук. — М., 1994. — 75 с.

5. Дмитриевский А. Н., Валяев Б. М. Флюидогеодинамические и генетические аспекты гидратоносности разреза осадков дна Мирового океана // Геодинамика и нефтегазоносные структуры Черноморско-Каспийского региона. — 2002. — С. 58–59.

6. Иванов М. В., Поликарпов Г. Г., Леин А. Ю. и др. Биохимия цикла углеводородов в районе метановых газовойделений Черного моря // Докл. АН СССР. — 1991. — 320, № 5. — С. 1235–1240.

7. Корчин В. А., Буртний П. А., Коболев П. А. и др. Сейсмоакустические исследования газовыделяющих структур дна северо-западной части Черного моря // Геофиз. журн. — 1998. — № 5. — С. 110–117.

8. Кравченко С. Н., Орлюк М. И., Русаков О. М. Новый подход к интерпретации региональной Западно-Черноморской магнитной аномалии // Геофиз. журн. — 2003. — № 2. — С. 135–144.

9. Кутас Р. И., Палій С. І. Теплове поле Західно-Черноморської западини та деякі особливості її тектонічного розвитку // Доп. НАНУ. — 2002. — № 7. — С. 120–124.

10. Кутас Р. И. Анализ термомеханических моделей эволюции Черноморского осадочного бассейна. // Геофиз. журн. — 2003. — № 2. — С. 36–47.

11. Кутас Р. И., Коболев В. П., Цвященко В. А. Результаты определения теплового потока в северо-западном секторе Черноморского бассейна // Геофиз. журн. — 1999. — 21, № 2. — С. 38–51.

12. *Мандев П.* Геология и геохимия на нефти и газа // С.—1975.— 32 с.
13. *Мельников А. А., Рачевский Б. С.* Научно-техническая конференция в Египте // Газовая промышленность.— 2000.— № 4.— С. 74–75.
14. *Поликарпов Г. Г., Егоров В. М., Нежданов А. И. и др.* Явление активного газо-выделения из поднятий на свале глубин западной части Черного моря // Докл. АН УССР, Сер. Б.— № 4.— С. 13–15.
15. *Попов С. П.* Грязевые вулканы // Природа.— 1928.— № 6.— С. 541–554.
16. *Рязанов А. К.* Газ и газовые вулканы на шельфе Черного моря // Докл. АН УССР.— 1996.— № 4.— С. 90–94.
17. *Стадницкая А. Н., Беленькая И. Ю.* Состав и происхождение углеводородных газов и их влияние на диагеническое карбонатообразование (прогиб Сорокина, СВ часть Черного моря) // Геология Черного и Азовского морей.— Киев, 2000.— С. 155–163.
18. *Туголесов Д. А., Горшков А. С., Мейснер Л. Б. и др.* Тектоника мезокайнозойских отложений Черноморской впадины.— М., 1985.— 215 с.
19. *Шнюков Е. Ф., Пасынков А. А., Клещенко С. А. и др.* Газовые факелы на дне Черного моря // Киев, 1999.— 134 с.
20. *Шнюков Е. Ф., Кутный В. А.* Карбонатные постройки как производные газовых факелов на дне Черного моря // Геофиз. журн.— 2003.— № 2.— С. 90–99.
21. *Шнюков Е. Ф., Клещенко С. А., Артемов Ю. Г.* Новое поле газовых факелов в западной части Черного моря // Геофиз. журн.— 2003.— № 2.— С. 153–160.
22. *Шнюков Е. Ф., Пасынков А. А., Клещенко С. А.* Газовые факелы на Керченско-Таманском взморье // Геофиз. журн.— 2003.— № 2.— С. 161–170.
23. *Шнюков Е. Ф., Зиборов А. П.* Минеральные богатства Черного моря // Киев, 2004.— 279 с.
24. *Юровский Ю. Г.* Промытность коллекторов и гидрогазохимические исследования субаквальных площадей. // Геодинамика и нефтегазоносные системы Черноморско-Каспийского региона.— С.— 2001.— С. 193–196.
25. *Blinova V., Bohrmann G. Ivanov M.* Hydrocarbon gases in mud volcano deposits from the Sorokin Trough (N E Black Sea) // Geophys. Res. Abst.— 2003.— 5.— P. 12571.
26. *Clark J. F., Leifer I., Washburn L., Luyendyk B.* Compositional changes in natural gas bubble plumes: observations from the Coal Oil Point marine hydrocarbon seep field // Geo-marine Letters.— 2004.— 23.— P. 187–193.
27. *Guliev I.* South Caspian depression — an intensive area of hydrocarbon fluid formation and migration // Abstracts book. VII International conference on gas in marine sediments and natural marine hydrocarbon seepage in the World Ocean with applications to the Caspian Sea.— Baku, 2002.— P. 66–69.
28. *Kruglyakova R. P., Byakov Y. A., Kruglyakova M. V. et al.* Natural oil and gas seeps of the Black Sea floor // Geo-marine Letters.— 2004.— 23.— P. 193–201.
29. *Kutas R. I., Rusakov O. M., Kobolev V. P.* Gas seeps in northwestern Black Sea: geological and geophysical studies // Russian Geology and Geophysics.— 2002.— 43.— P. 664–670.
30. *Kutas R. I., Paliy S. I., Rusakov O. M.* Deep faults, heat flow and gas leakage in the northern Black // Sea Geo-Mar. Lett.— 2004.— 24.— P. 163–168.
31. *Kutas R., Poort J., Klerkx J., Kravchuk O., Bevzyuk M.* Geothermal conditions in zones of gas escape and mud volcanism in northern Black Sea // Geophys. J.— 2005.— 27, № 1.— P. 128–135.
32. *Ludman T., Wang H. K., Konerding P. et al.* Heat flow and quantity of methane deduced from a gas field in the vicinity of the Dnieper Canyon, northwestern Black Sea // Geo-Mar. Lett.— 2004.— 24.— P. 182–193.
33. *Macgregor D. S.* Relationships between seepage, tectonics and subsurface petroleum reserves // Marine and Petroleum Geology.— 1993.— № 10.— P. 606–619.
34. *Naudts L., Greinert J., Artemev Ju., De Batist M.* Seismic and hydro-acoustic evidence for subsurface control of methane seepage in the Dnieper paleodelta, Black Sea // Informal conference.— GEOMAR.— Kiel.— Germany.— 6 February.— 2004.— P. 6.

35. Quigley D. C., Hornafius J. S., Luendyk B. P. et al. Decrease in natural hydrocarbon seepage near Coal Oil Point, California, associated with off shore oil production // *Geology*.— 1999.— № 11.— P. 1047–1050.

36. Starostenko V., Buryanov V., Makarenko I. et al. Topography of the crust-mantle boundary beneath the Black Sea // *Tectonophysics*.— 381.— P. 211–233.

Вперше доведено, що в західній частині Чорного моря практично всі відомі газові факели розташовані в районах каньйонів палеорічок Дунаю, Дніпра, Дністра, Когильника і Каланчака, які розвивалися по ослаблених зонах в земній корі. Показано, що переважна кількість метану є глибинного походження. Розломи різного порядку правлять за канали його доставки на дно моря.

For the first time it is proved that in the western Black Sea practically all known gas plumes are situated in the area of the of the paleorivers canyons of Danube, Dnieper, Dnestr, Kogilnik. Kalanchak, associating with weakness zone in the Earth's crust. It is proved the most part of methan is hypogene. Faults of different ranks serve as pathways for gas migration to the sea floor.

УДК 553.98.04:551.351] (262.5+262.54)

Н. И. Евдошук<sup>1</sup>

## НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА

*В статье рассмотрены основные современные представления о геотектоническом развитии и геологическом строении бассейна. Приведены общие, необходимые и достаточные критерии для прогнозирования перспектив нефтегазоносности, а также качественная оценка фонда структур.*

Теоретический спор между сторонниками двух научных концепций (фиксистской и мобилистской) в течение многих лет вызывает особенно острые дискуссии при решении задач нефтегазовой геологии на региональном уровне. Азово-Черноморская нефтегазоносная территория оказалась в центре спора сторонников этих концепций.

При этом противоречия в понимании глубинного строения, исходящие из разногласий общетеоретического плана, негативно влияют на эффективность проведения поисково-разведочных работ на нефть и газ Азово-Черноморского бассейна.

Выполненные к концу 90-х годов прошлого столетия научные, в т. ч. геофизические исследования, а также материалы глубокого бурения Миро-

© Н. И. Евдошук<sup>1</sup>:

<sup>1</sup> Минтопэнерго Украины.