

## О некоторых особенностях естественных выходов углеводорода в восточной части Азово-Черноморского бассейна

В.В. Затягалова

ФГБУ «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета»  
123242, г. Москва, Большой Предтеченский пер., д. 7  
E-mail: z-victoria@yandex.ru

В работе анализируются радиолокационные изображения (РЛИ) в восточной части Черного и Азовского моря, полученные с европейского спутника ENVISAT в обзорном в 2011 гг. и детальном в 2003 г. режимах съемки. На основе комплексного анализа спутниковых радиолокационных данных и геолого-геофизической информации с использованием геоинформационной системы (ГИС) установлена связь поверхностных углеводородных проявлений с активностью подводных геологических объектов (грязевых вулканов и диапиров) в мелководных и глубоководных морских районах. Комплексный анализ информации на разных горизонтах морской и геологических сред с учетом морфологических особенностей геологических объектов в глубоководных морских районах позволил объяснить механизм переноса углеводорода на морскую поверхность и сопутствующие формы нефтепроявлений.

**Ключевые слова:** спутниковые радиолокационные изображения, комплексный анализ по горизонтам природных сред, нефтепроявления, грязевые вулканы, диапиры.

### Введение

К наиболее распространенным источникам естественного выхода углеводорода в морских акваториях относятся грязевые вулканы и диапиры. В периоды активизации по жерлам грязевых вулканов в морскую среду поставляются высокоминерализованные пластовые воды, твердые обломки пород, массы сопочной брекции, насыщенной различными газами и нефтью. Холодные сипы (англ. cold seep) также наблюдаются у диапиров. При нарушении геостатического равновесия через ядра прорывания диапира и множественные вертикальные нарушения углеводород поступает в морскую среду, но при этом естественные выходы не сопровождаются потоками грязебрекции.

Как известно, области распространения грязевых вулканов и диапиров часто связаны с крупными нефтяными и газовыми месторождениями. Именно поэтому эти уникальные явления и связанные с ним выделение газов и нефти из глубинных источников являются общепризнанным нефтегазопоисковым критерием и издавна привлекают внимание геологов-нефтяников (Круглякова и др., 2009).

Грязевые вулканы и диапиры являются источником систематического естественного загрязнения окружающей среды. Систематическое поступление минеральных и органических веществ становится причиной образования в данном районе уникальной экосистемы, в которой фоновые значения многих характеристик водной среды являются аномальными по отношению к морским акваториям не подверженным грязевулканической деятельности. Помимо выходов углеводорода, грязевулканические отложения обогащены опасными химическими веществами (ртутью, мышьяком и т.д.) (Миронюк, 2010). Выделение со дна в морскую среду и затем в атмосферу углекислого газа и метана способствует возникновению парникового эффекта (Klerkx, 2002).

Грязевые вулканы и диапиры также относятся к опасным природным явлениям (Миронюк, 2010). При катастрофическом выбросе метана в толщу воды может происходить изменение циркуляции вод и вымирание отдельных видов флоры и фауны морского дна (Ратнер, 2007). В мелководных районах при содержании 5-15% метана в воздухе нередко наблюдаются взрывные реакции и самовозгорание. В более глубоких водах выходы газов, растворяясь в толще воды, обычно не достигают поверхности, но вклад в эмиссию метана на поверхности океан-атмосфера остается весьма значительным (Ратнер, 2007). Потоки

пластовых вод могут спровоцировать подводные обвалы и оползни, что особенно опасно для морских гидротехнических сооружений (Ратнер, 2007; Круглякова и др., 2009).

В акватории Азово-Черноморского бассейна грязевые вулканы и диапиры имеют широкое распространение (Круглякова и др., 2009; Шнюков и др., 2007). В рамках международной программы METRO (Methane and methane hydrates within the Black Sea) были установлены грязевые вулканы и диапиры на континентальном склоне Турции в 2004 г., России и Грузии 2005-2006 гг.

Обширность акватории, на которой распределены очаги подводных выходов углеводорода, малые размеры деформации морского дна, образованные в результате активности грязевых вулканов и диапиров, и к тому же скрытые водной толщей требуют для решения поставленной задачи использовать комплекс средств наблюдения, ключевая роль в которых принадлежит спутниковым радиолокационным данным, позволяющим выявлять на морской поверхности нефтепроявления независимо от освещенности и облачности. Кроме того, для определения и уточнения характеристик выброса органического и минерального вещества (в виде жидких, твердых и газовых компонент) из глубинных недр на морскую поверхность необходимо использовать географическую, гидрометеорологическую, геолого-тектоническую, сейсмическую, гидроакустическую информацию, а также данные подводной телевизионной съемки.

Поиск глубоководных источников нефти по их нефтепроявлениям на морской поверхности с помощью космической радиолокации начал активно проводится с 90-х гг. компанией NPA Group ([www.npagroup.com](http://www.npagroup.com)) и независимо с 2001 г. - компанией InfoTerra ([www.infoterra.com](http://www.infoterra.com)) (MacDonald, 1993). На основе этих исследований была получена информация о большинстве грязевых вулканов и сипов Мирового океана. Кроме того, ученые на примере исследования Мексиканского залива показали принципиальную возможность проведения комплексного анализа спутниковых радиолокационных, гидроакустических и других данных (De Beukelaer et al., 2003).

Целью настоящей работы является проведение комплексного анализа спутниковых радиолокационных данных и результатов геолого-геофизических и гидрометеорологических и др. наблюдений в мелководных и глубоководных районах восточной части Азово-Черноморского бассейна для объяснения форм поверхностных проявлений в период активности подводных источников и механизма переноса нефтепродуктов на морскую поверхность.

Для достижения поставленных целей предложено использовать геоинформационный подход (Затягалова, Иванов, 2007), преимущества которого были показаны, в частности, при исследовании нефтепроявлений в Каспийском море, на северо-восточном шельфе о. Сахалин (Иванов и др., 2007; Zatyagalova et al., 2007; Иванов, Затягалова, 2008).

### **О процессах естественных выходов углеводорода из глубинных недр в мелководных и глубоководных районах и сопутствующих нефтепроявлениях на морской поверхности**

Поверхностные проявления активности подводных геологических объектов *в мелководной части* морского шельфа отличаются от глубоководных и имеют свои особенности. О том, что в мелководной части Темрюкского залива, где глубина моря не превышает 3-5 м, существуют грязевые вулканы известно давно. На протяжении последнего десятилетия в этом районе фиксировались взрывные извержения с образованием в море небольших островов, состоящих из илистой глины с глыбами доломитов, песчаников, алевролитов и аргиллитов (Шнюков, 1999) (рис 1.). Процесс извержения в зависимости от его интенсивности может длиться от 5 часов до нескольких суток (Миронюк, 2010; <http://budetinteresno.narod.ru/vulkan4.htm>). Через некоторое время после своего формирования

грязевулканические острова исчезают с морской поверхности из-за обрушения под действием волнения, течений и др.

В рамках спутникового мониторинга состояния водной среды российского сектора Азово-Черноморского бассейна (Бедрицкий и др., 2009), проводимого ФГБУ “НИЦ “Планета”, на радиолокационном изображении ASAR ИСЗ “ENVISAT” (разрешение 150 м., 30.09.2011 7:43 GMT) (рис. 2) удалось зафиксировать сигнатуры, предположительно связанные с активностью грязевого вулкана. Привлечение карты состояния геологической среды (Материалы научно-технического отчета ГНЦ ФГУГП “Южморгеология”, 2007) подтвердило, что в этом районе располагается грязевой вулкан Голубицкий. Об интенсивности извержения вулкана можно судить по выявленным на РЛИ сигнатурам. Высокая яркость на радиолокационном изображении в окрестности эпицентра извержения вулкана (светлая сигнатура округлой формы) объясняется наличием в морском поверхностном слое грязевого пятна с большим количеством грязевулканического материала и твердых осадочных пород, которые привнесли дополнительную шероховатость для отраженного радиолокационного сигнала. Темные участки на радиолокационном изображении, находящиеся в соприкосновении или непосредственной близости с зоной извержения указывают на наличие пленок органического вещества. Поскольку процесс извержения происходил с низкой интенсивностью, то грязевулканическая деятельность не привела к образованию острова (образование острова также не подтвердилось визуальным наблюдением с берега).

Анализ поверхностных проявлений в период активности грязевых вулканов в мелководных районах позволил выявить следующие характерные признаки на РЛИ: наличие светлых сигнатур округлой формы, связанных с образованием на морской поверхности в зависимости от интенсивности извержений грязевых пятен или небольших островов и банок, а также темных сигнатур обусловленных поступлением из недр органических веществ.

*В глубоководных нефтегазоносных районах* на морской поверхности периодически наблюдаются скопления пятен нефти. По опыту использования методов космической радиолокации в различных районах Мирового океана (Иванов и др., 2007; Miranda et al., 2004) следует отметить, что нефтепроявления от подводных источников обнаруживаются на морской поверхности даже при глубинах около 3000 м [[www.fugro.com](http://www.fugro.com)]. Но важным условием для их обнаружения являются скорости ветра 2-3 - 7 м/с (MacDonald et al., 2002).

Среди характерных сигнатур нефтепроявлений на РЛИ были отмечены линейные, кольцевые, радиально-лучевые формы. Имея малую толщину ( $\sim 0,01 - 0,1$  мкм (MacDonald et al., 1998) естественные пленки легко переносятся течениями, в результате чего принимают сложные формы. Однако двойным-тройным формам нефтепроявлений однозначного объяснения не дано. Они могут образоваться по двум причинам: когда из одного очага осуществляются импульсные выбросы углеводорода в морскую среду (Иванов и др., 2007), либо одновременные выбросы из близко расположенных друг от друга очагов.

Для объяснения механизмов формирования двойных-тройных сигнатур нефтепроявлений на морской поверхности в настоящей работе был выполнен комплексный анализ сейсмической, гидроакустической, спутниковой радиолокационной информации и данных подводной телевизионной съемки на различных горизонтах морской и геологической сред. Кроме того, для решения этой задачи использовались материалы описания геологотектонической характеристики района.

В качестве района интереса выбрана восточная часть Черного моря шельфовая зона Грузии, где на спутниковых радиолокационных снимках систематически наблюдалось большое количество естественных нефтепроявлений и проведено достаточно много геолого-геофизических исследований METRO 2004 г., TTR-15 2005 г., MSM 15/2 2010 г. (в том числе, с использованием радиолокационных данных). Все выше перечисленные виды информации по разным горизонтам природных интегрировались в ГИС для последующего комплексного анализа. Первые результаты были получены (Асмус и др. 2011; Затягалова, 2011; Затягалова, 2012).



Рис. 1. Грязевулканический остров, образованный в результате извержения вулкана Голубицкий (июнь 2008 г.)

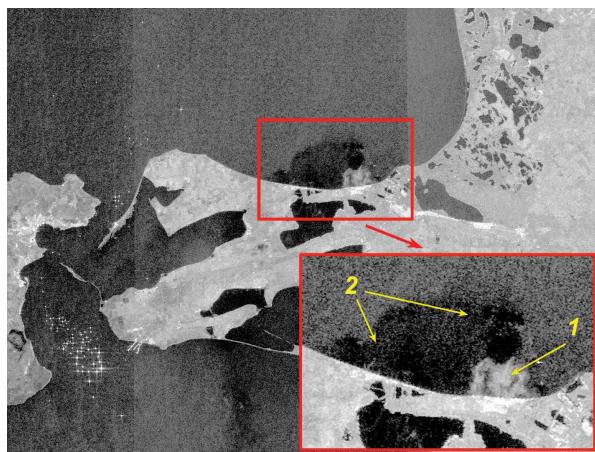


Рис. 2. Спутниковое радиолокационное изображение ASAR ИСЗ “ENVISAT” от 30.09.2011 7:43 UTC (1 – зона твердых осадочных веществ, 2 – органические пленки)



Рис. 3. Нефтепроявления от г. Печори и села Колхети (стрелочками отмечены поверхностные выходы углеводорода 1 и 2 (из 2-х ядер прорывания диапира). Радиолокационное изображение спутника ASAR ИСЗ “ENVISAT” (15.09.2003 7:32 UTC). © ESA

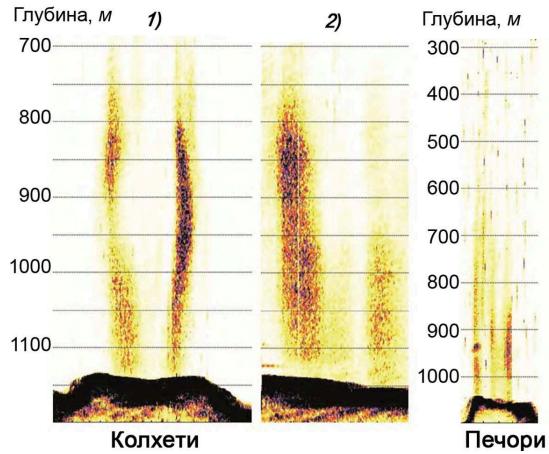


Рис. 4. Газовые факелы в водном столбке из двух ядер прорывания (1, 2) села Колхети и из кратера г. Печори. Адаптировано из (Quarterly Report of NETL, 2010)

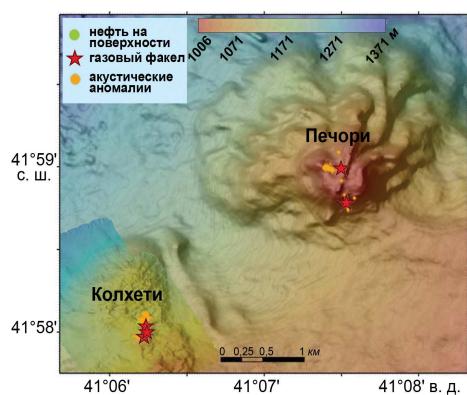


Рис.5. Диапировая гора Печори и сип Колхети на цифровой модели рельефа дна. Адаптировано из (Quarterly Report of NETL, 2010)

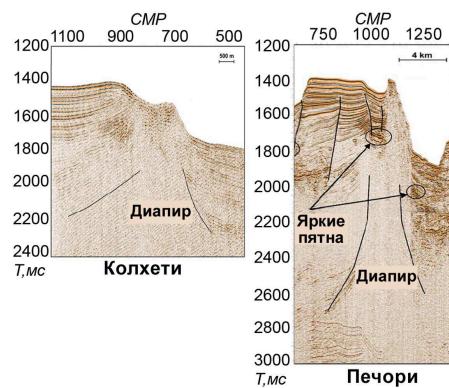


Рис. 6. Сейсмические профили, которые показывают питательные каналы г. Печори и села Колхети (яркие пятна указывают на присутствие газогидратов). CMP- длина профиля в условных единицах. T - время распространения отраженной звуковой волны. Адаптировано из (UNESCO-IOC, 2007)

Первоначально для выявления зон нефтегазонакопления на основе работ (Туголесов, 1985; Morariu, Noual, 2009) была составлена геолого-тектоническая характеристика района, которая позволила район интереса (акваториальное продолжение Рионской впадины) отнести к нефтегазоносной области и определить наличие диапировых антиклинальных структур, образованных глинами майкопской формации. Диапиры являются причиной значительных изменений глубин дна и протекающих эрозионных процессов (Wagner-Friedrichs et al., 2011); прослеживаются вдоль хребтов.

Далее по результатам анализа сейсмической съемки (материалы экспедиции TTR-15) (UNESCO-IOC, 2007) над сводом одной диапиральной структуры на северном склоне хребта Кобулети был отмечен питающий канал диапиральной горы Печори и два ядра прорывания сипа Колхети, по которым происходит миграция газонасыщенного материала к морскому дну (рис. 6).

Цифровая модель рельефа дна (материалы экспедиции MSM15/2 (Quarterly Report of NETL, 2010), построенная по гидроакустическим данным при глубинах моря 1000÷1370 м, на хребте Кобулети в местах расположения подводящих каналов Печори и Колхети выявила положительные формы рельефа - конусообразные поднятия (рис. 5):

- диаметром 2-2,5 км и высотой 75 м для Печори;
- диаметром 1,4 км и высотой 20 м для Колхети.

Полученная, таким образом, информация о конусообразных возвышениях рельефа дна позволила уточнить положение естественных выходов на морском дне.

По данным гидроакустического зондирования вертикального водного столба над хребтом Кобулети были выявлены одновременно функционирующие: газовый факел из кратера г. Печори и два газовых факела сипа Колхети (их отображения на эхограммах были получены за счет отражения эхо-сигнала от раздела сред “газ-морская вода”) (рис. 4). В свою очередь при детальном рассмотрении можно увидеть, что каждый газовый факел состоит из 1-2 струй газовых пузырьков.

Сопоставление эхограммы и сейсмического профиля показало, что ширина газовых факелов соответствует ширине кратеров у г. Печори и сипа Колхети. Однако отмечено уменьшение интенсивности отраженного эхо-сигнала газовых факелов в вертикальном водном столбе от морского дна к морской поверхности. Это свидетельствует о том, что только часть газовых пузырьков доходит до поверхности моря, другая - лопается и растворяется по мере восхождения. Потенциально только крупные пузырьки с диаметром 1 см могут достичь морской поверхности, более мелкие разрушаются на первых 100 метрах (MacDonald et al., 2002).

Данные подводной телевизионной съемки (TTR-15) также подтвердили, что из указанных геологических объектов выходят струи нефтегазовых пузырьков. При этом по мере восхождения под влиянием течений они вертикально отклоняются.

Сопоставление данных подводной телевизионной съемки и гидроакустического зондирования вертикального водного столба позволило объяснить механизм переноса нефтепродуктов из глубинных недр на морскую поверхность. Известно, что существуют три вида естественных выходов нефтегазовых компонент: газовые пузырьки, жидкие капли и пузырьки, заполненные газом с нефтяной оболочкой (Leifer, MacDonald 2003; MacDonald et al., 2002; Reitz et al., 2011). Газовые пузырьки по мере вскрытия быстро разрушаются, насыщая толщу морской воды, органическим веществом. Часть жидких капель, имеющих большую плотность, при соприкосновении с морской водой охлаждаются и опускаются на дно вблизи кратера (именно поэтому вблизи очагов выхода углеводорода подводная телевизионная съемка зарегистрировала скопления темных пятен на дне). Другая часть жидких капель, имеющих меньшую плотность, по мере вскрытия с больших глубин растворяется или перемешивается с водой, либо доходит до морской поверхности в виде эмульсии и нефтяной пленки на поверхности моря наблюдать не будет. Обращает на себя внимание тот факт, что

часть пузырьков, перемещаясь в вертикальном направлении с глубин моря, превышающих 1000 м, доходит до морской поверхности и при этом образуется пленка нефтепродукта. Пузырьки с нефтяной оболочкой имеют значительный объем и небольшую массу, они с большой скоростью преодолевают значительные расстояния. Силы поверхностного натяжения нефтяной оболочки предохраняют пузырек от быстрого разрушения. Внутри пузырька находятся капля нефтепродукта, образованная за счет утолщения нижней части нефтяной пленки пузырька во время всплытия. Нефтяная оболочка пузырька защищает нефтяную каплю от непосредственного контакта с водой и доставляет каплю на морскую поверхность в чистом виде. Газ, содержащийся в оболочке пузырька, при достижении морской поверхности высвобождается в атмосферу. Проведенный анализ показывает, что при естественных выходах углеводорода только малая часть органического вещества (в виде нефтяной пленки) попадает на поверхность моря, наибольшим углеводородным загрязнениям подвержены морское дно и нижние слои водного столба в окрестности естественного источника.

Наличие углеводородных компонент подтвердилось отбором колонок грунта с поверхностных донных отложений на возвышенностях, образованных в результате естественных выбросов минерального вещества г. Печори и сипа Колхети. На глубине до 155 см присутствует газогидрат и донные породы насыщенные нефтью.

На завершающем этапе был проведен анализ высокодетального радиолокационного изображения ASAR ИСЗ “ENVISAT” (разрешение 30 м., 15.09.2003 7:32 UTC), который показал наличие нефтепроявлений в виде тройных сигнатур над очагами естественного выхода углеводорода г. Печори и сипа Колхети (рис. 3). Причем отмечено, что каждая сигнатура состоит из нескольких близкорасположенных пятен. Сопоставление спутниковых радиолокационных данных, гидроакустического зондирования вертикального водного столба и сейсмической съемки (пространственное совмещение положительных форм рельефа дна, положения газовых факелов и конфигурации 3-х сигнатур на РЛИ) позволило подтвердить одновременную активность 3-х очагов выхода углеводорода: из диапировой г. Печори и двух ядер прорывания сипа Колхети. Кроме того, многосложная форма отдельных нефтяных пятен объясняется многоструйностью выходов нефтегазовых пузырьков, что также подтверждается данными гидроакустического зондирования водного столба.

Таким образом, многосложная структура нефтяных пятен на РЛИ обусловлена геологическими особенностями подводных источников – выбросы углеводорода из многочисленных вертикальных нарушений диапировой антиклинальной структуры, выраженные *одновременной* активностью трех близко расположенных друг от друга очагов с одно- и двухструйным выходом нефтегазовых пузырьков из каждого.

## Заключение

На основе комплексного анализа спутниковых радиолокационных данных, геолого-геофизической информации с использованием ГИС установлена связь поверхностных углеводородных проявлений с активностью подводных геологических объектов (грязевых вулканов и диапиров) в мелководных и глубоководных районах восточной части Азово-Черноморского бассейна. В частности, в мелководном районе грязевулканическая деятельность сопровождается выбросами минерального и органического вещества, которые на РЛИ отображаются в виде светлого пятна в центре (грязевое пятно) и темного обрамления на периферии (выходы углеводорода). В глубоководном районе углеводород переносится на морскую поверхность пузырьком газа с нефтяной оболочкой, содержащий каплю нефтепродукта (утолщение нижней части оболочки пузырька). При этом только малая часть органического вещества (в виде нефтяной пленки) попадает на поверхность моря. Учиты-

вая, что выходы углеводорода происходят одновременно с нескольких близко расположенных очагов, на морской поверхности они проявляются в виде двойных-тройных сигнатур на радиолокационных изображениях. Для объяснения механизма формирования таких сигнатур был проведен комплексный анализ результатов сейсмической, гидроакустической, подводной телевизионной и спутниковой радиолокационной съемки, на основе которых был описан процесс перемещения углеводорода из глубинных недр на морскую поверхность.

Автор выражает благодарность зав. отделом ФГБУ “НИЦ “Планета” Кровотынцеву В.А. за ценные консультации при подготовке статьи. РЛИ ASAR ИСЗ ENVISAT (15.09.2003 7:32 UTC) высокого разрешения было получено в рамках проекта С1Р.5004 (рук. Лаврова О.Ю.).

## Литература

1. Асмус В.В., Андреева З.В., Затягалова В.В., Кровотынцев В.А., Круглякова Р.П. Комплексные исследования нефтяных проявлений в восточной части Черного моря на основе спутниковых и судовых измерений. // Сборник тез. докл. VIII международной конференции “Геленджик-2011: Актуальные проблемы развития ТЭК регионов России и пути их решения”. 6-8 июня 2011 г. Геленджик. С. 8-12.
2. Бедрицкий А.И., Асмус В.В., Кровотынцев В.А. и др. Космический мониторинг загрязнения российского сектора Азово-Черноморского бассейна в 2008г. // Метеорология и гидрология. 2009. №3 С.5-19
3. Затягалова В.В. О роли космической радиолокации и геоинформационных систем в комплексном исследовании нефтепроявлений восточной части Черного моря // Сборник научных статей по итогам «66-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК». 5 апреля 2011 г. в печати.
4. Затягалова В.В. Комплексный анализ естественных выходов углеводорода в восточной части Азово-Черноморского бассейна на основе спутниковых наблюдений и данных геолого-геофизических исследований. //Метеорология и гидрология. 2012. №3 С.56-70.
5. Затягалова В.В., Иванов А.Ю. Мониторинг нефтяных загрязнений в море с помощью ГИС-технологии 2007 г. (<http://www.gisa.ru/35856.html>).
6. Иванов А.Ю., Голубов Б.Н., Затягалова В.В. О нефтегазоносности и разгрузке подземных флюидов в южной части Каспийского моря по данным космической радиолокации // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 2. С. 62–81.
7. Иванов А.Ю, Затягалова В.В. Радиолокационный мониторинг мест установки и транспортировки морской платформы // Oil & Gas Journal Russia. 2008. № 3. С. 61–70.
8. Круглякова Р.П., Круглякова М.В., Шевцова Н.Т. Геолого-геохимическая характеристика естественных проявлений углеводорода в Черном море // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2009. № 1. С. 37-51.
9. Материалы научно-технического отчета “Осуществление государственного мониторинга состояния геологической среды на шельфе Азово-Черноморского бассейна “ ГНЦ ФГУПП “Южморгеология”. 2007.
10. Миронюк С.Г. Грязевые вулканы Азово-Черноморского бассейна и прилегающей территории и оценка их опасности для зданий и сооружений // Геориск. 2010. №3. С. 20-28
11. Ратнер С.В. Изучение грязевого вулканизма в Черном море для обеспечения безопасности навигации и нефтегазовой инфраструктуры // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2007. № 10. С. 6-10.
12. Туголесов Д.А., Горшков А.С., Хахалев Е.М. и др. Тектоника мезакайнозойских отложений Черноморской впадины. М.: Недра. 1985. 215 с.
13. Шнюков Е.Ф. Пасынков А.А., Любичкий А.А., Богданов Ю.А. Новые проявления газового и грязевого вулканизма в Черном море // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2007. № 2. С. 107-110.
14. Шнюков Е. Ф. Грязевой вулканизм в Черном море // Геологический журнал. Киев. 1999. №2 С.38-46.

15. *De Beukelaer S.M., MacDonald I.R., Guinasso N.L., and Murray J.A.* Distinct side-scan sonar, RADARSAT SAR, and acoustic profiler signatures of gas and oil seeps on the Gulf of Mexico slope// Geo-Marine Letters. 2003. V. 23. P. 177-186.
16. Deep-water Cold Seeps, Sedimentary Environments And Ecosystems of The Black And Tyrrhenian Seas And The Gulf of Cadiz // UNESCO-IOC Technical Series. 2007. № 72. P.99 .
17. *Klerkx J.* Contribution of high-intensity gas seeps in the Black Sea to methane emission to the atmosphere. The CRIMEA project. NewsLetter & Information Service of the E.G.S. 2002. Issue № 01.
18. *Leifer I., MacDonald I.R.* Dynamics of the gas flux from shallow gas hydrate deposits: interaction between oily hydrate bubbles and the oceanic environment// Earth and Planetary Science Letters. 2003. V.210. P.411-424
19. *MacDonald I.R., Guinasso N.L. Jr., Ackleson S.G. et al.* Natural oil slicks in the Gulf of Mexico visible from space//J. Geophys. Res. 1993 №98 (C9). P. 16351-16364.
20. *MacDonald I. R., Leifer I., Sassen R. et al.* Transfer of hydrocarbons from natural seeps to the water column and atmosphere// Geofluids. 2002. № 2. P. 95-107.
21. *MacDonald I.R.* Natural oil spills // Sci. American, 1998. 279 (50). P. 51–66.
22. *Miranda F.P., Marmol A.M.Q , Pedroso E.C. et al.* Analysis of RADARSAT-1 data for offshore monitoring activities in the Cantarell Complex, Gulf of Mexico, using the unsupervised semivariogram textural classifier (USTC)// Can. J. Remote Sensing. 2004. V. 30. № 3. P. 424–436.
23. *Morariu D., Noual V.* Cretaceus play – new exploration potential in the eastern Georgia // Neftegasovaa geologia. Teoria i praktika. 2009. № 4. [http://www.ngtp.ru/4/22\\_2009.pdf](http://www.ngtp.ru/4/22_2009.pdf)
24. *Reitz A. et al.* Sources of fluids and gases expelled at cold seeps offshore Georgia, eastern Black Sea // Geochimica et cosmochimica acta. 2011. № 75 (11). P. 3250–3268.
25. Remote Sensing and Sea-Truth Measurements of Methane Flux to the Atmosphere (HYFLUX project)// Quarterly Report of National Energy Technology Laboratory USA. 2010. № 72. P.10. [http://www.netl.doe.gov/technologies/oil-gas/publications/Hydrates/2010Reports/NT0005638\\_QPROct-Dec2010.pdf](http://www.netl.doe.gov/technologies/oil-gas/publications/Hydrates/2010Reports/NT0005638_QPROct-Dec2010.pdf)
26. *Wagner-Friedrichs M. et al.* Gas seepage and gas/fluid migration associated with the canyon-ridge system offshore Batumi (Georgia, south-eastern Black Sea) inferred from multichannel seismic data // Int. J. Earth Sci. 2011(in press).
27. *Zatyagalova V., Ivanov A., Golubov B.* Application of ENVISAT SAR imagery for mapping and estimation of natural oil seeps in the South Caspian Sea // Proceedings of the ENVISAT Symposium (ESA SP-636). Montreaux. Switzerland. 23-27 April 2007.

## **On some specifics natural hydrocarbon seeps in the eastern part of the Azov and Black Sea basins**

**V. V. Zatyagalova**

*Scientific Research Center of Space Hydrometeorology “Planeta”  
(SRC “Planeta”)  
Moscow, Russia, 123242, Bolshoy Predtechensky st. 7  
E-mail: z-victoria@yandex.ru*

In this paper the radar images (SAR images) of the eastern part of the Azov and Black Seas received from ENVISAT (European Space Agency, ESA) in image mode and wide swath mode in 2003 and 2011 are analyzed. On the basis of the complex analysis of remote sensing data, geological and geo-physical information using geographic information system (GIS) is established close relationship between natural oil slicks and the activity of underwater geological objects (mud volcanoes and diapirs) in shallow and deep water areas. Complex data analysis on different environmental horizontal layers of the marine and geological environments with the account of the morphological features of geological objects in the deep-water marine areas has allowed to explain the mechanism of hydrocarbons transfer on the sea surface and related forms of natural oil slicks.

**Keyword:** SAR images, complex data analyses on different environmental horizontal layers, natural oil slicks, mud volcanoes, diapirs