

УДК 551.14 +550.83 +553.98

О НОВЫХ ПЕРСПЕКТИВАХ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СТРУКТУР ДНА ЗАПАДНОЙ АНТАРКТИКИ

Соловьёв В.Д.¹, Бахмутов В.Г.¹, Корчагин И.Н.¹, Левашов С.П.^{2,3}, Якимчук Н.А.^{2,3},
Божежа Д.Н.^{2,3}

¹ *Институт геофизики НАН Украины, E-mail: valera@igph.kiev.ua*

² *Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле при ИГН НАНУ*

³ *Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии
E-mail: korchagin@karbon.com.ua*

Реферат. Приведены результаты исследований в 2006–2010 гг. на нефть и газ в районе Антарктического полуострова, где в результате геоэлектрических исследований методами становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) с борта судна на антарктическом шельфе съёмкой методом СКИП была обнаружена аномалия типа «залежь», а зондированием ВЭРЗ в её пределах выделены аномально поляризованные пласты (АПП) типа «залежь углеводородов». По результатам обработки и интерпретации спутниковых данных аномальные зоны типа «залежь нефти» были закартированы на шельфе Антарктического полуострова, в районе УАС Академик Вернадский, а аномальные зоны типа «залежь газогидратов» были обнаружены на континентальной окраине в районе Южных Шетландских островов. Результаты исследований подтверждают высокие перспективы нефтегазоносности структур дна Западной Антарктики. Специальная технология обработки и интерпретация спутниковых данных может использоваться для поисков и разведки скоплений углеводородов в удалённых и труднодоступных районах, включая Антарктический и Арктический регионы.

Ключевые слова: Западная Антарктика, нефть, газогидраты, геофизические данные

Про нові перспективи нафтогазоносності структур дна Західної Антарктики. В.Д. Соловйов, І.М. Корчагін, В.Г. Бахмутов, С.П. Левашов, М.А. Якимчук, Д.М. Божежа.

Реферат. Розглянуто результати досліджень (2006–2010 рр.) на нафту й газ у районі Антарктичного півострова, де внаслідок геоелектричних досліджень методами становлення короткоімпульсного електромагнітного поля (СКИП) і вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ) з борту судна на Антарктичному шельфі було виявлено аномалію типу «поклад», а зондуванням ВЕРЗ у її межах виділені аномально поляризовані пласти (АПП) типу «поклад вуглеводнів». За результатами обробки та інтерпретації супутникових даних аномальні зони типу «поклад нафти» були закартировані на шельфі Антарктичного півострова, в районі УАС Академік Вернадський, а аномальні зони типу «поклад газогідратів» були виявлені на континентальній окраїні у районі Південних Шетландських островів. Результати досліджень підтверджують високі перспективи нафтогазоносності структур дна Західної Антарктики. Спеціальна технологія обробки та інтерпретація супутникових даних може використовуватись для пошуків і розвідки скупчень вуглеводнів у таких віддалених районах, як Антарктичний та Арктичний регіони.

Ключові слова: Західна Антарктика, вуглеводні, геофізичні дані

About new oil and gas prospects of the Antarctic margin. V.D. Solovyov, I.N. Korchagin, V.G. Bakhmutov, S.P. Levashov, N.A. Yakymchuk, D.N. Bozhezha.

Abstract. The results of investigations in 2006-2010 for oil and gas in the Antarctic Peninsular region are given. In 2004 and 2006, the geoelectric research by methods of forming a short-pulsed electromagnetic field (FSPEF) and vertical electric-resonance sounding (VERS) have been conducted from shipboard in this region. The "deposit" type anomaly was mapped by FSPEF survey, and anomalous polarized layers of "hydrocarbon deposit" type were chosen by VERS sounding within this anomaly on Antarctic margin. The anomalous zones of "oil deposit" type were mapped also on Antarctic Peninsular margin in the region of UAS "Academician Vernadsky" and anomalous zones of "gas hydrate deposit" type were revealed at the South Shetland margin. The investigation results confirm the high oil and gas potential of the West Antarctica region. The special technology of satellite data processing and interpretation can be used for the hydrocarbon accumulations prospecting and exploration in remote regions such as Antarctic and Arctic areas.

Key words: Antarctic margin, hydrocarbon deposits, geophysical data

1. Введение

Углеводородный потенциал материковых окраин Антарктики исследуется уже более тридцати лет, но оценки прогнозных ресурсов региона сильно разнятся из-за недостаточной геолого-геофизической изученности глубинного строения шельфа и материковой окраины, а также практического отсутствия данных глубокого бурения. Тем не менее на минеральные богатства Шестого континента претендуют в настоящее время более двух десятков стран мира, ведь, по приблизительным расчётам, углеводородный потенциал шельфовых зон морей Уэдделла и Росса, составляющих лишь часть обширного Антарктического шельфа, превышает 50 миллиардов баррелей нефти, что равно потенциалу месторождений Аляски. Потенциал 10 осадочных бассейнов шельфа и материковой окраины Антарктиды (Иванов, 1985) превышает 200 миллиардов баррелей нефти. На шельфе Антарктического полуострова также проведены масштабные геофизические исследования с целью поисков и картирования скоплений газогидратов – относительно нового источника углеводородов (Tinivella et al, 2002, Yin et al, 2003). Прогнозные оценки возможных запасов этого сырья на материковой окраине вблизи Южных Шетландских островов показали, что Антарктика может считаться районом формирования крупных скоплений газогидратов, не уступающих по своим характеристикам крупнейшим месторождениям мира. С оценкой углеводородного потенциала материковых окраин Антарктики и локализацией наиболее перспективных и выгодных с экономической точки зрения структур для последующих детальных исследований связаны наиболее масштабные геолого-геофизические работы последних лет.

Поэтому новый экспериментальный материал о возможных скоплениях нефти и газа вблизи УАС Академик Вернадский, полученный в антарктических экспедициях НАНЦ, может представлять интерес с точки зрения общей оценки углеводородного потенциала антарктического побережья.

2. Методика и результаты исследований

В украинских антарктических экспедициях (2004, 2006 гг.) в районе УАС Академик Вернадский, а также в близлежащих акваториях Антарктического полуострова проводились геоэлектрические измерения, включающие методы становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ). Проведенные ранее исследования на многих нефтегазовых месторождениях и перспективных площадях в Украине, Казахстане, России и Болгарии показали, что интерпретация полученных данных позволяет оперативно выявлять и оконтуривать по площади аномалии типа «залезь» (АТЗ), оценивать суммарную мощность аномально поляризованных пластов

(АПП) типа «нефтяной пласт», «газовый пласт», «водонасыщенный пласт» и определять глубины их залегания (Левашов и др., 2004, 2006).

В 2010 г. для ряда месторождений УВ в различных регионах мира была впервые опробована оригинальная технология обработки и дешифрирования спутниковых данных, которая позволяет оперативно обнаруживать и картировать в первом приближении аномальные зоны типа «залежь нефти» и (или) «залежь газа», а также «залежь газовых гидратов», которые в большинстве случаев обусловлены крупными и средними месторождениями УВ. Следует подчеркнуть, что данная технология позволяет получить дополнительные сведения о степени возможных рисков, связанных с проведением разведочных работ на локальных структурах, поскольку она позволяет на качественном уровне оценить пластовое давление нефти и степень насыщенности пород разреза газогидратами. Ниже будут приведены примеры месторождений, где обнаруженные аномальные зоны типа «залежь нефти», «залежь газа», а также «залежь газовых гидратов» имеют различные характерные признаки, обусловленные масштабом скоплений углеводородов и их преобладающим типом.

Во время выполнении сезонных работ в районе УАС Академик Вернадский и в близлежащих акваториях Антарктического полуострова украинскими антарктическими экспедициями отрабатывались методические вопросы проведения геоэлектрических измерений с использованием технологии СКИП-ВЭРЗ с борта судна. Всего за время экспедиции 2006 г. выполнено более 150 кондиционных зондирований ВЭРЗ, для которых были построены вертикальные разрезы фактического материала и геоэлектрические разрезы глубинного строения земной коры до глубин более 30 км. Во время проведения экспедиции 2006 г. удалось также выполнить ограниченный объём исследований побережья Антарктического полуострова вблизи о. Анверс с целью поисков скоплений нефти и газа.

Здесь была впервые закартирована аномалия типа «залежь» (АТЗ), а зондированием ВЭРЗ в пределах этой аномалии (интервал глубин до 3500 м) выделено несколько аномально поляризованных пластов типа «залежь углеводородов» (Левашов и др., 2006). Профили съёмки пересекли шельф Антарктического полуострова, что позволило охарактеризовать структуру земной коры впадины Палмер по данным вертикальных электрорезонансных зондирований (ВЭРЗ). Глубинное строение земной коры вдоль профилей исследовалось этим методом во время IX УАЭ до глубины 6 км, а во время проведения работ XI УАЭ глубинность исследований была увеличена до 32 км, что позволило получить детальную характеристику всех горизонтов земной коры (рис. 1Б).

Важнейшей особенностью построенного глубинного разреза (рис. 1Б) явилось усложнение его структуры за счёт включения многочисленных комплексов эффузивных и кристаллических пород, а также пород переходного слоя «кора-мантия» переменной мощности с увеличением мощности земной коры до 30-31 км вблизи о. Анверс. Следует отметить значительную локальную неоднородность глубинного строения и степени насыщения земной коры разных участков континентального шельфа Антарктического полуострова эффузивными и интрузивными образованиями (Solovyov et al., 2009).

Опыт изучения углеводородного потенциала Антарктики показал, что залежи нефти и газа могут быть приурочены к крупным зонам тектонических разломов и разрывных нарушений, а также рифтогенным структурам в мощных осадочных толщах материковой окраины Антарктиды, где реализуются глубинные условия для генерации и неорганического синтеза широкого спектра углеводородов. На формирование скоплений углеводородов может также влиять наличие в Антарктиде покровного оледенения и подледниковой дренажной сети, благодаря которой может осуществляться движение жидкостей и газов в породах коры к краям ледникового покрова и участкам антарктического шельфа (Иванов, 1985).

Проведенные исследования подтверждают наличие общих благоприятных предпосылок формирования залежей углеводородов в данном секторе материковой окраины Антарктического полуострова. Очевидна необходимость более широкого применения метода ВЭРЗ для детального изучения структуры осадочного чехла и неоднородностей

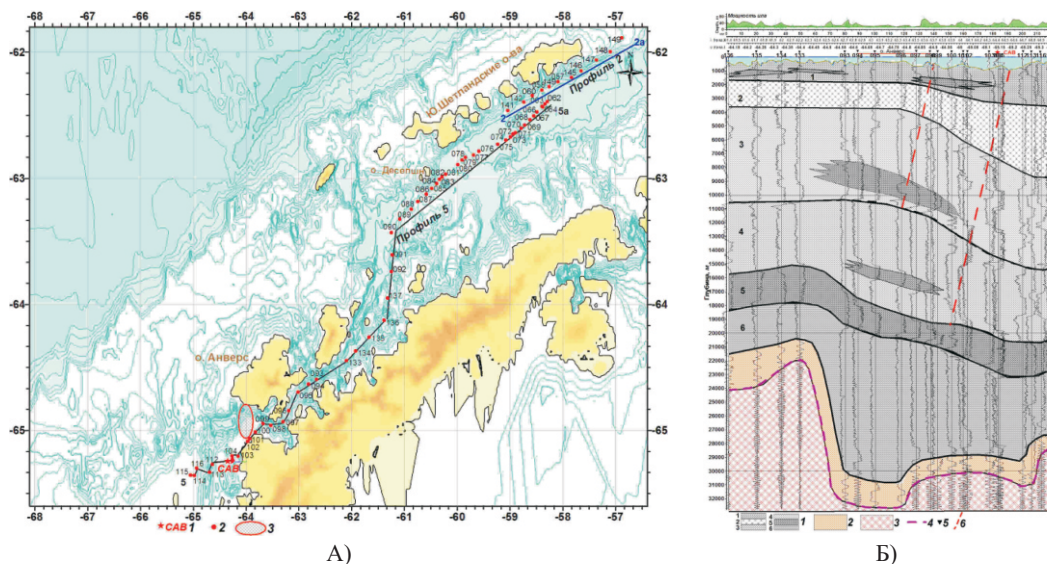


Рис. 1А. Схема движения судна во время 11-й УАЭ (2006 г.) в районе Антарктического п-ова. 1 – УАС Академик Вернадский (о. Галиндез); 2 – пункты ВЭРЗ; 3 – положение аномальной зоны типа «залежь углеводородов».

Рис. 1Б. Графическое представление данных геоэлектрических исследований методом ВЭРЗ и схематическая модель глубинного строения земной коры вдоль части профиля 5 в районе УАС Академик Вернадский. 1 – комплекс эффузивных и кристаллических пород; 2 – породы переходного слоя «кора-мантия»; 3 – породы верхней мантии; 4 – граница Мохо; 5 – пункты ВЭРЗ; 6 – тектонические нарушения. Положение профиля – на рис. 1А.

кристаллического фундамента структур региона, а также выявления и локального картирования скоплений углеводородов.

3. Оценка перспектив нефтегазоносности структур региона по спутниковым данным

Новые возможности картирования залежей полезных ископаемых открываются при использовании специальной методики обработки и дешифрирования (интерпретации) спутниковых данных для поисков и разведки скоплений нефти и газа. Она основана на выделении и обработке резонансных частот электромагнитного поля, характерных для каждого реперного типа углеводорода или интегральных спектров для соединений углеводородов (Ковалев и др., 2009).

С этой целью был исследован участок Антарктического шельфа в районе расположения УАС Академик Вернадский, где в 2006 г. с борта судна была обнаружена аномалия типа «залежь углеводородов» (рис. 2). Результаты обработки и интерпретации спутниковых данных для этого участка показаны на рис. 3. Четыре относительно крупные аномальные зоны типа «залежь нефти» выявлены и околтурены в пределах обследованного сегмента Антарктического шельфа. При этом ранее закартированная профильная геоэлектрическая аномалия типа «залежь углеводородов» полностью попадает в одну из аномальных зон (рис. 3), выделенных по результатам обработки и интерпретации спутниковых данных.

Небольшой фрагмент крупной аномальной зоны обнаружен на восточной границе участка обследования, где она полностью не околтурена. Аномалия небольших размеров закартирована дополнительно практически в центре участка. Таким образом, полученные

результаты интерпретации спутниковых данных позволили отнести ранее выделенную аномалию АТЗ к аномальной зоне типа «залежь нефти». Аномалии типа «залежь газа» на исследованном участке не обнаружены. В целом полученные данные подтверждают высокие перспективы нефтегазоносности этой части Антарктического шельфа.

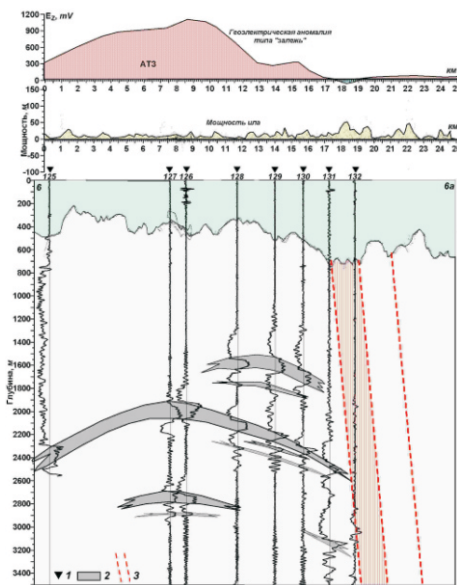


Рис. 2. Результаты зондирования ВЭРЗ над аномальной зоной типа «залежь углеводородов» в регионе Антарктического п-ова. 1 – пункты ВЭРЗ №№ 125–132; 2 – участки АПП типа «залежь углеводородов»; 3 – зона нарушения.

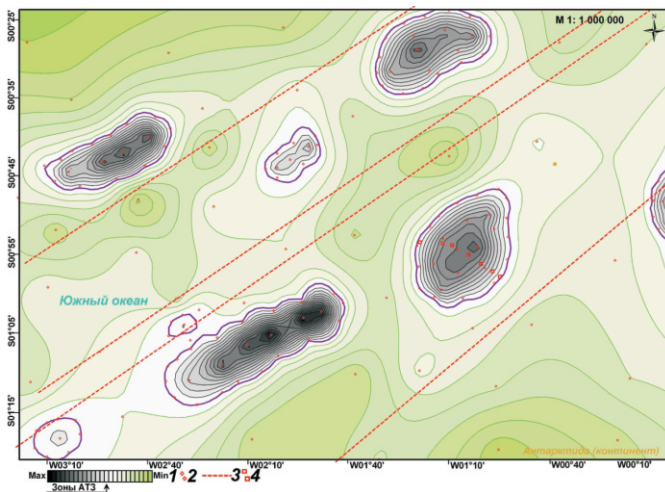


Рис. 3. Карта аномальных зон типа «залежь нефти» в Антарктическом регионе (условные координаты, район антарктической станции Академик Вернадский, Украина), выделенных по результатам специальной обработки и интерпретации спутниковых данных. 1 – шкала интенсивности аномального отклика; 2 – пункты определения значений аномального отклика; 3 – прогнозируемые тектонические нарушения; 4 – пункты регистрации аномалий типа «залежь» геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ с борта судна в 2006 г.

4. Методика и результаты изучения скоплений газогидратов

Дефицит традиционных энергоносителей заставляет проявлять научный и практический интерес к нетрадиционным источникам сырья, в том числе и к залежам газогидратов. В процессе формирования газовых гидратов при низких температурах в условиях повышенного давления молекулы метана преобразуются в кристаллы гидратов с образованием твердого вещества, по консистенции похожего на рыхлый лед. В результате молекулярного уплотнения один кубометр природного метан-гидрата в твердом состоянии содержит от 164 до 180 м³ метана (Шнюков и др., 2007). В первичном виде газогидраты выглядят как грязноватый снег или желтовато-кремовые кристаллы льда, которые на поверхности стремительно испаряются. Природные газогидраты сохраняют стабильность или при очень низких температурах в условиях вечномерзлых пород на суше, или в режиме сочетания низкой температуры и высокого давления, которые присутствуют в части шельфовых зон и придонных частей осадочной толщи глубоководных районов Мирового океана.

Процессы образования газогидратов определяются соответствующими термобарическими параметрами, наличием миграционных путей для достаточного количества газа и воды, химическим составом газов, солёностью поровой воды, присутствием коллекторов и покрышек (Анфилатова, 2008). Для скоплений субмаринных газогидратов характерны глубины от 0,4–2,2 м ниже уровня дна, а подошва зоны гидратообразования (ЗГО) расположена ниже этого уровня на 100–1100 м (Макогон, 2010, Шнюков и др., 2007). Мощность зоны гидратообразования существенным образом зависит от величины теплового потока – при его повышении мощность ЗГО уменьшается (Кутас и др., 1996).

Наиболее надежно наличие такой зоны картируется по данным МОВ-ОГТ, которые четко определяют положение подошвы ЗГО – сейсмической отражающей границы (BSR-Bottom Simulating Reflector), субпараллельной рельефу дна. Её существование определяется инверсией скоростей на разделе газогидраты–подгидратный газ, т.к. в верхнем слое осадков с газогидратами скорость повышается, а в слое с подгидратным газом она резко падает. Перепад скоростей составляет более 300–400 м/с, достигая 1500 м/с в кровле ЗГО (рис. 4). Следует отметить, что зависимость процесса формирования BSR-границы от многих факторов приводит к тому, что на многих континентальных окраинах скопления газогидратов не имеют чётко выраженного раздела на подошве ЗГО (Haacke et al, 2007).

В последние годы многие страны приняли национальные программы по изучению и освоению газогидратных месторождений. Учёные ряда стран (Канады, Великобритании,

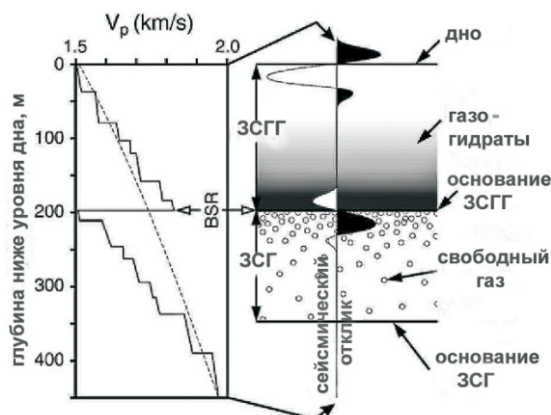


Рис. 4. Принципиальная схема формирования месторождения газогидратов и сопутствующего «свободного газа» с BSR-зоной в морских осадках, ограничивающей снизу зону стабильных газогидратов (ЗСГГ). Ниже раздела BSR расположена зона свободного газа (ЗСГ). Распределение скоростей (V_p) приведено по (Haacke et al, 2007).

США, Германии, Норвегии, Японии, Индии, Китая) ведут активные исследования в области разведки и разработки безопасных методов промышленного извлечения газа из гидратов. Однако на сегодняшний день таких общепринятых и экологически безопасных промышленных технологий не существует.

В настоящее время обнаружено более 230 скоплений газогидратов в придонной части осадочной толщи морского дна в различных районах Мирового океана (Kvenvolden et al, 2001, Макогон, 2010), в Карибском, Чёрном, Каспийском, Охотском, Норвежском, Аравийском, Южно-Китайском, Японском и др. морях (рис. 5). Крупные скопления газогидратов обнаружены в пределах структур морского дна, различающихся глубиной дна, тектоническим положением, геодинамическими характеристиками, мощностью осадков и скоростью седиментации. Исследования показывают, что скопления газогидратов формируются преимущественно за счёт газов глубинного происхождения, а сам процесс имеет дискретный характер и миграционную природу (Матвеева и др., 2004).

К фактически достоверным можно отнести только несколько крупных месторождений, наиболее известное из которых расположено в зоне хребта Блейк (Блейк Ридж) у юго-восточного побережья США (рис. 5), где в виде единого протяженного поля может содержаться до 60 трлн. м³ метана, из которых 65,6% – это метан, а 34,4% – подгидратный газ (Макогон, 2010, Шнюков и др., 2007). Если такое процентное соотношение справедливо для ЗГО других

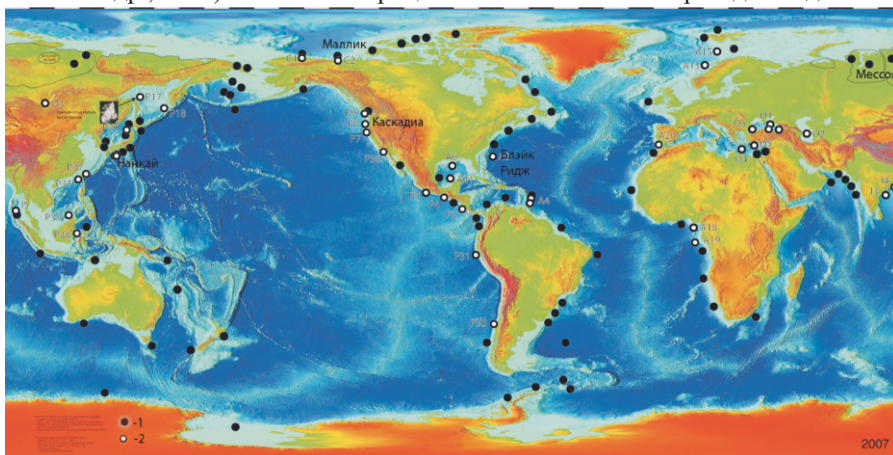


Рис. 5. Схема размещения крупных скоплений и месторождений газогидратов мира, по (Kvenvolden et al, 2001, Макогон, 2010, с дополнениями). 1 – скопления газогидратов, определённые по комплексу геолого-геофизических признаков (BSR-зоны, разрезы скважин); 2 – места извлечения газогидратов.

месторождений мира, то суммарные запасы метана в донных отложениях Мирового океана и в вечной мерзлоте значительно превосходят прогнозируемые запасы природного газа и могут превысить 150×10^{16} м³. При этом запасы газогидратов в Чёрном море оцениваются, по разным источникам, от 25 до 48 трлн. м³ (Шнюков и др., 2007).

По большинству оценок, в океанах содержится примерно вдвое больше метана, чем во всех других видах горючих ископаемых, обнаруженных на материках и в пределах шельфовой зоны.

Недавно Европейский Союз принял решение о создании специальных фондов по финансированию аналогичных программ, а в 1999 году Конгресс США одобрил специальный акт, касающийся разработки широкомасштабной программы поисков и разработки метангидратных залежей на суше и шельфах страны. На сегодняшний день лидерами в изучении и освоении газогидратов являются Япония, Канада, Корея и Индия. Все эти страны являются крупными импортерами энергоресурсов и поэтому считают разработку газогидратных

месторождений приемлемой альтернативой зарубежным закупкам газа. По утверждению японских геологов, к настоящему времени степень изученности выявленных ресурсов приближается к той стадии, когда их можно переводить в категорию запасов (Анфилатова, 2008). Исследования шельфовой зоны и картирование выявленных скоплений ведутся в Индии с 1996 года, где прогнозные резервы газогидратного газа оцениваются более чем в 55 трлн. м³, а месторождение Кришна-Годовари в Бенгальском заливе считается одним из крупнейших в мире.

Сейчас в исследование этого нового вида топлива активно инвестируют правительства Японии, США и Канады. В результате выявлены обширные месторождения Маллик (в долине реки Маккензи в Канаде) с запасами газа более 110 млрд. м³ и Нанкай (на тихоокеанском шельфе Японии) с запасами до 60 трлн. м³ газа. На них были опробованы первые экспериментальные технологии бурения и добычи газогидратного газа. Постепенно к процессу подключаются и другие страны – потребители энергоресурсов, в частности Норвегия, Чили, Китай, Тайвань и др.

Первым месторождением в России, на котором присутствуют скопления газовых гидратов, стало открытое в 1967 г. и расположенное на северо-востоке Западной Сибири Мессояхское месторождение (рис. 6). Для проверки правильности определения параметров обработки спутниковых данных с целью выделения аномальных зон типа «залежь газогидратов» была проведена обработка материалов зондирования со спутников района расположения Мессояхского месторождения газогидратов и газа, где за последние (до 2004-го) годы добыли более 12 млрд. м³ газа, при этом доля гидратного газа составила 53,5%, а свободного (подгидратного) – 46,5% (Шнюков и др., 2007).

Результаты обработки для четырёх известных месторождений УВ этого района представлены на рис. 6. Аномальные зоны типа «залежь газогидратов» обнаружены только в пределах двух месторождений УВ. Отметим, что в южной части участка обследования в процессе обработки спутниковых данных обнаружены и закартированы аномальные зоны типа «залежь газогидратов» и «залежь газа», а в северной части – аномальные зоны типа «залежь газа» и «залежь нефти». Интенсивность аномальных откликов показывает возможное распределение относительного пластового давления в пределах выявленных месторождений. Накапливаемый опыт обработки и параметризации сигналов отклика от реальных объектов, содержащих разные типы углеводородов (нефть, газ, газогидраты), позволяет проводить более обоснованную первичную интерпретацию спутниковых данных и предварительную оценку перспектив на углеводороды для объектов, расположенных в различных регионах мира.

Приведем пример применения данной технологии для изучения перспектив нефтегазоносности и возможного учёта рисков нефтедобычи для одного из локальных участков Мексиканского залива, где в рамках двухлетней (2009-2010 гг.) программы исследований газогидратов были обнаружены их многочисленные скопления. Благоприятной особенностью геологического строения материковой окраины района является широкое развитие грубозернистых осадков, способствующее повышению концентрации газогидратов на значительных площадях. Поэтому уже в ближайшие годы в Мексиканском заливе планируется их промышленная добыча (Шнюков и др., 2007). Запасы газогидратного газа в Мексиканском заливе могут достигать 600 трлн. м³, однако слишком высокие затраты и риски, связанные с их разработкой, являются причинами переноса сроков будущего освоения этих ресурсов.

На исследуемой площади располагалась буровая платформа «Deepwater Horizon», где весной 2010 г. произошла крупнейшая авария с выбросом в море более 100 000 баррелей нефти в день. Всего в результате аварии в море попало около 5 млн. баррелей нефти, что даёт основание отнести её к крупнейшим экологическим катастрофам нашего времени. Считается, что даже небольшие подвижки пород в районе скопления газогидратов могут привести к быстрой фазовой трансформации водно-метановой смеси и образованию газового пузыря. Именно такое высвобождение большого количества газа, по мнению ряда экспертов, в

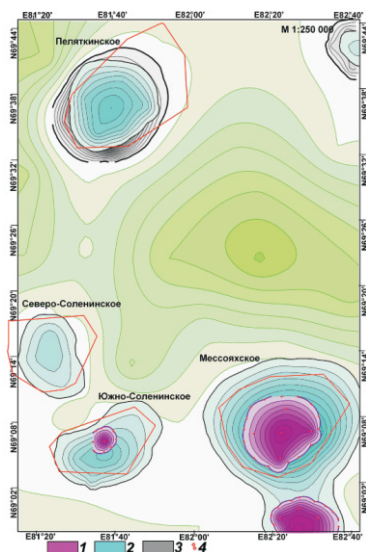


Рис. 6. Карта зон скопления углеводородов, построенная по результатам специальной обработки спутниковых данных в районе газогидратного месторождения «Мессояхское». 1 – зона газогидратных отложений; 2 – зона газовых залежей; 3 – зона залежей нефти; 4 – пункты регистрации аномальных откликов от газогидратной залежи.

прошлом привело к разрушению добывающих платформ в Каспийском море. По одной из версий специалистов-нефтяников, причиной гибели платформы «Deerwater Horizon» также стал взрыв гигантского пузыря метана.

Рассмотрение результатов обработки спутниковых данных показало (рис. 7), что непосредственно в районе расположения буровой платформы закартированы аномалии типа «нефтяная залежь» с высоким уровнем пластового давления и «газогидратные отложения» с высокой интенсивностью аномального отклика. Такое сочетание аномальных зон в значительной мере повышает технологические риски при выполнении буровых работ в этом месте. В северо-западной части района показана еще одна аномалия типа «нефтяная залежь» (рис. 7, А) с низким пластовым давлением и аномалией «газогидратные отложения» с очень высокой интенсивностью аномального отклика (рис. 7, Б). Такое сочетание параметров указывает на относительно небольшой потенциал этого месторождения и повышенный уровень опасности при его возможной разработке. Полученные материалы свидетельствуют о широком развитии в изученном районе аномалий типа «газогидратные отложения» с различной, в том числе и очень высокой, интенсивностью аномального отклика (рис. 7, Б).

Поэтому приведенные примеры поиска и оценки углеводородных (газогидратных) скоплений в различных регионах показывают необходимость применения этой технологии, особенно на ранних стадиях исследований, поскольку появляется возможность не только выделить участки, перспективные на различные виды полезных ископаемых, но и в первом приближении оценить возможные риски при их разведке и промышленной разработке. Поэтому при выделении и изучении газогидратоносных толщ на различных участках Антарктического шельфа особенно актуальной задачей является обеспечение экологической безопасности проводимых исследований.

4. Методика и результаты изучения скоплений газогидратов на континентальной окраине Антарктического полуострова (район Южных Шетландских островов)

На обширных участках континентальной окраины Антарктиды для существования

газогидратов и формирования их залежей имеются все необходимые термобарические условия, что доказано их обнаружением в районе Южных Шетландских островов (Tinivella et al, 2002, Yin et al, 2003).

Согласно взглядам многих исследователей, этот район представляет собой часть

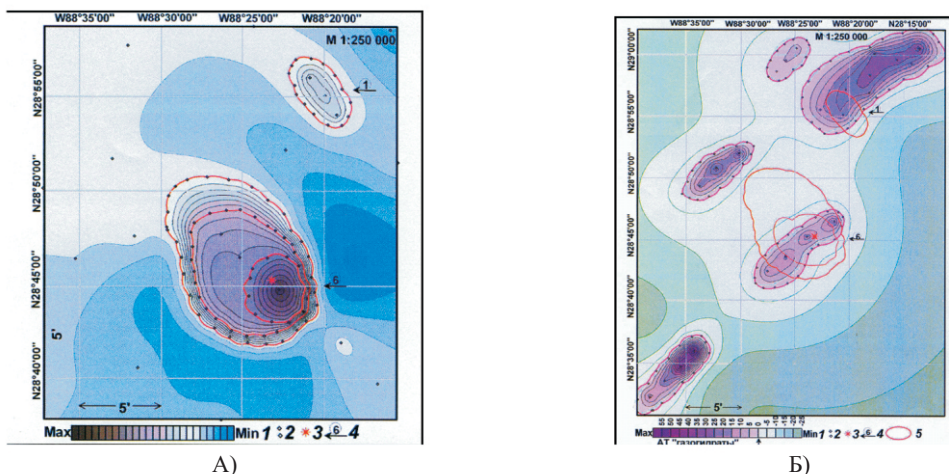


Рис. 7. Карта аномалий типа «нефтяная залежь» (А) и «газогидратные отложения» (Б) в районе аварийной скважины «Deerwater Horizon» в Мексиканском заливе, построенная по результатам обработки спутниковых данных. 1 – шкала относительных значений пластового давления (А), а также интенсивности значений аномального отклика (Б); 2 – точки регистрации аномального отклика; 3 – положение скважины; 4 – относительная величина пластового давления в аномальной зоне; 5 – контуры аномальной зоны (Б) типа «нефтяная залежь».

палеозойско-мезозойской окраины Гондваны, испытавшей длительное погружение под Антарктический полуостров. Зона развития газогидратов в этом районе (рис. 8) ограничена зоной разломов Геро на юго-западе, зоной разломов Шеклтона на северо-востоке, Южно-Шетландским жёлобом на юго-востоке и Южным хребтом Скоша на востоке. Вполне обоснованными являются предположения исследователей о существовании иных процессах тектонического развития структур дна этого региона. Они (Удинцев и др., 2004) считают, что особенности геодинамического режима в данном регионе определяются как сложными процессами тектонического развития разновозрастных структур континентального и океанического типов, так и с активным разломообразованием, связанным с региональными процессами рифтогенеза в море Скотия и проливе Дрейка. Общим же положением можно считать то, что многочисленные тектонические нарушения глубинного заложения способствуют формированию путей миграции газов к поверхности, создавая условия, необходимые для возникновения достаточно устойчивых BSR-границ.

Данные многоканальных сейсмических исследований на континентальной окраине Антарктиды в районе Южных Шетландских островов свидетельствуют, что BSR-отражающие границы распространены там достаточно широко, указывая на наличие в регионе больших объёмов газовых гидратов. За последние годы на четырёх участках материковой окраины Южно-Шетландских островов, расположенных преимущественно в северо-восточной части побережья, проведены детальные геофизические работы, что позволило в первом приближении оценить возможный объём газогидратов в этом районе. Для такой оценки использовались следующие параметры: 145 км общей длины BSR-границ, выявленных на сейсмических профилях; 350 м – мощность и 15 км – ширина осадков, содержащих газовые гидраты; 6,3% – средний объём концентрации газогидратов. При предположении, что газовые гидраты существуют только там, где наблюдаются BSR-границы, общий объём газовых гидратов в этом районе оценивается (Tinivella et al, 2002, Yin et al, 2003) примерно в $4,8 \times 10^{10} \text{ м}^3$

В.Д. Соловьёв. О НОВЫХ ПЕРСПЕКТИВАХ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СТРУКТУР ДНА ЗАПАДНОЙ...

($7,7 \times 10^{12} \text{ м}^3$ метана, при стандартных температуре и давлении).

Для участков распространения зон BSR по участку континентальной окраины вблизи Южно-Шетландских островов были также проинтерпретированы спутниковые данные с различными вариантами параметров обработки, что позволило выделить и закартировать несколько аномальных зон типа «залежь газогидратов» (рис. 10). На этом рисунке контуры выделенных аномальных зон совмещены со схемой отработанных сейсмических профилей и

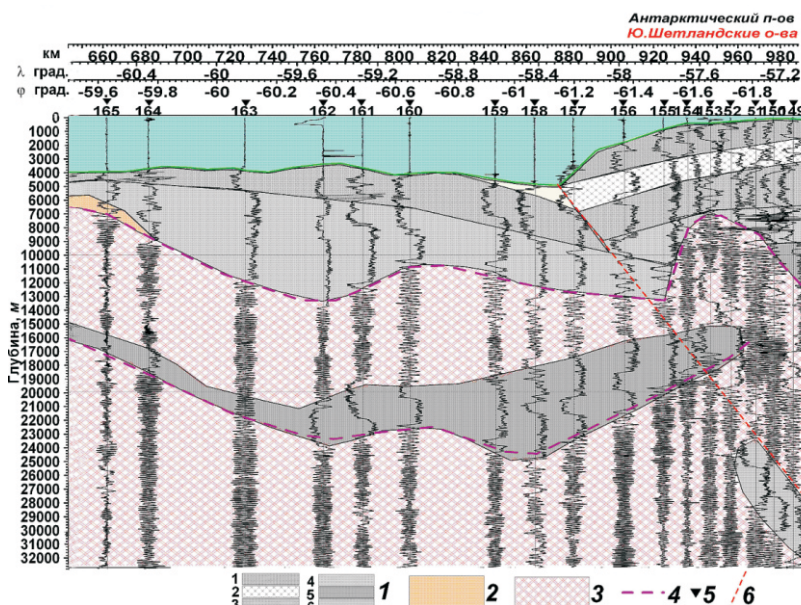


Рис. 8. Геоэлектрический разрез вдоль профиля через пролив Дрейка и Южно-Шетландский желоб по данным СКИП и ВЭРЗ. 1 – комплекс эффузивных и кристаллических пород; 2 – породы переходного слоя «кора-мантия»; 3 – породы верхней мантии; 4 – граница Мохо; 5 – пункты ВЭРЗ; 6 – тектонические нарушения.

выделенных по сейсмическим данным зонами существования BSR-границ.

Выделенные и закартированные аномальные зоны типа «залежь газогидратов» удовлетворительно коррелируют с зонами BSR, установленными по сейсмическим данным (Tinivella et al, 2002, Yin et al, 2003). По результатам обработки и дешифрирования спутниковых данных аномальные зоны другого типа («залежь газа» и «залежь нефти») в пределах обследованного участка не обнаружены.

Можно сделать вывод, что полученные ранее результаты использования специальной методики обработки и дешифрирования (интерпретации) спутниковых данных для поисков и разведки скоплений нефти и газа, основанные на выделении и обработке резонансных частот электромагнитного поля, дали основание для проведения подобных исследований в Антарктическом регионе, а представленные материалы свидетельствуют о высоком углеводородном потенциале структур дна материковых окраин Западной Антарктики.

6. Выводы

Результаты применения технологии СКИП-ВЭРЗ в сезонных работах украинских антарктических экспедиций ещё раз подтвердили высокую оперативность, мобильность и эффективность отдельных методов технологии при решении разнообразных геолого-

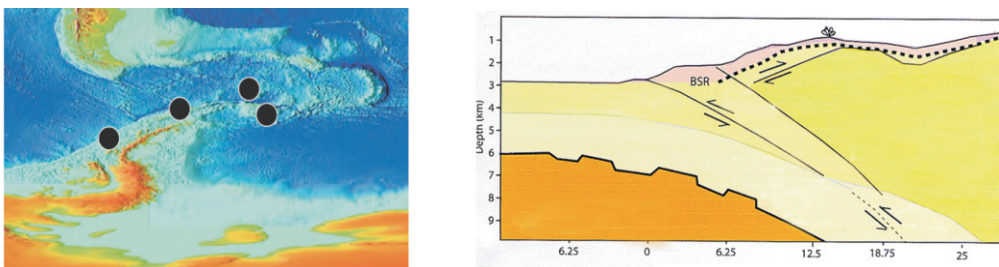


Рис. 9. Схематическая карта размещения скоплений газогидратов (Kvenvolden et al, 2001, Макогон, 2010) в районе Антарктического полуострова (А) и схема формирования газогидратов с BSR-границами в пределах зон субдукции на материковых окраинах (Б), по (Trehu, 2006).

геофизических задач.

В акваториях Антарктического полуострова впервые закартирована аномалия типа «залежь» и выделены АПП типа «залежь углеводородов». Это свидетельствует не только о принципиальной, но и о практической возможности применения технологии СКИП-ВЭРЗ при поисках и разведке скоплений УВ и в акваториях Чёрного и Азовского морей.

Представленная технология обработки и дешифрирования спутниковых данных позволяет оперативно обнаруживать и картировать в первом приближении аномальные зоны типа «залежь нефти» и (или) «залежь газа», а также «залежь газовых гидратов», которые в большинстве случаев обусловлены крупными и средними месторождениями УВ. Важным преимуществом предложенной технологии является возможность обнаружения скоплений газогидратов в районах со слабо выраженными BSR-границами, а также получение на качественном уровне сведений о пластовом давлении в продуктивном горизонте углеводородов.

Результаты применения в Антарктическом регионе специального метода обработки и интерпретации спутниковых данных с целью поисков скоплений УВ подтверждают высокий нефтегазовый потенциал этого региона. Эта технология может найти широкое применение при рекогносцировочных обследованиях труднодоступных и удалённых регионов, в том числе и Антарктического шельфа.

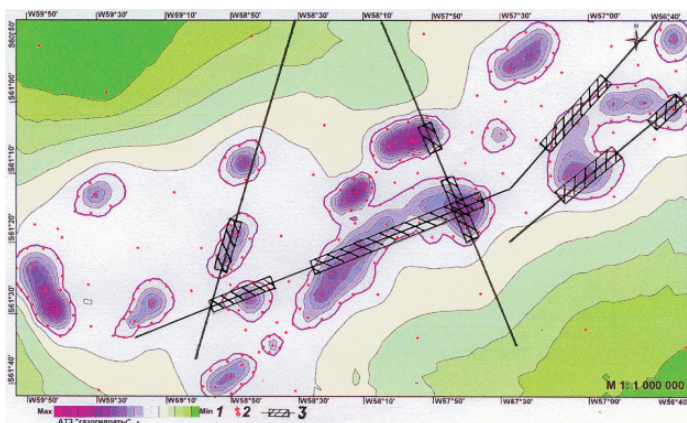


Рис. 10. Карта аномальных зон типа «отложения газогидратов», построенная по результатам специальной обработки спутниковых данных (район Южно-Шетландских островов). 1 – шкала интенсивности аномального отклика; 2 – пункты определения значений аномального отклика; 3 – положение профилей сейсмической съёмки с зонами существования BSR-границ (Tinivella et al, 2002, Yin et al, 2003).

Литература

Анфилатова Э.А. – 2008. Аналитический обзор современных зарубежных данных по проблеме распространения газогидратов в акваториях мира. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – №3. – Москва. – С. 1–8.

Иванов В.Л. Геологические предпосылки прогноза нефтегазоносности недр Антарктики // Советская геология. – 1985. – №2. – С. 3–14.

Ковалев Н.И., Гох В.А., Солдатова С.В., Лямцева И.В. Использование дистанционного геологического комплекса «Поиск» для обнаружения и оконтуривания углеводородных месторождений. // Геоинформатика. – 2009. – № 3. – С. 83–88.

Кутас Р.И., Коболев В.П., Цвященко В.А., Кравчук О.П., Бевзюк М.И. Геотермические аспекты образования газогидратов в Черноморской впадине // Геофизический журнал. – 1996. – Т. 18, №3. – С. 20–28.

Левашов С.П., Песчаный Ю.М. Картографические материалы результатов геоэлектрических работ в районе Антарктического полуострова. Материалы IX Украинской Антарктической экспедиции. Киев-2004.

Левашов С.П., Бахмутов В.Г., Корчагин И.Н., Пищаный Ю.М., Якимчук Н.А. Геоэлектрические исследования во время проведения сезонных работ 11-й Украинской антарктической экспедиции // Геоинформатика. – 2006. – № 2. – С. 24–33.

Макогон Ю.Ф. – 2010. Газогидраты. История изучения и перспективы освоения. // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – №2(20). – Киев. – С. 5–21.

Матвеева Т.В., Соловьёв В.А. Геологический контроль скоплений газовых гидратов на хребте Блейк-Аутер, Северная Атлантика // Геология и геофизика. – 2004. – Т. 43, № 7. – С. 662–671.

Удинцев Г.Б., Шенке Г.В. Очерки геодинамики Западной Антарктики. – Москва: ГЕОС, 2004. – 132с.

Шнюков Е.Ф., Гожик П.Ф., Краюшкин В.А. – 2007. В трех шагах от субмаринной добычи газогидратов. // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – №2. – Киев. – С. 32–51.

Haacke R. Ross., Westbrook G.K., Hyndman Roy D. [2007] Gas hydrate, fluid flow and free gas: Formation of the bottom-simulating reflector. EPSL, 261, 2, P. 407–420.

Jin Y.K., Lee M.W., Kim Y., Nam S.H. and Kim K.J. [2003] Gas hydrate volume estimations on the South Shetland continental margin, Antarctic Peninsula. Antarctic Science, 15, 2, 271–282. DOI: 10.1017/S0954102003001275

Kvenvolden K.A. and Lorenson T.D. The global occurrence of natural gas hydrate, in Natural Gas Hydrates, Occurrence, Distribution, and Detection. Geophysical Monograph, C.K. Paull and W.P. Dillon, Eds., vol. 124, pp. 3–18, American Geophysical Union, Washington, DC, USA, 2001.

Solovyov V.D., Bakhmutov V.G., Korchagin I.N., Levashov S.P. Crustal structure of Palmer Deep (West Coast of the Antarctic Peninsula) by geophysical data // Ukrainian Antarctic Journal. – 2009. – №8. – 85–93.

Tinivella U., Accaino F. and Camerlenghi A. [2002] Gas hydrate and free gas distribution from inversion of seismic data on the South Shetland margin (Antarctica). Marine Geophysical Researches, 23, 109–123.

Trehu Anne M., Ruppel Carolin, Holland Melanie, Dickens G.R. et al. [2006] Gas Hydrates in marine sediments. Oceanography, 19, N4, P. 124–142.