
УДК 528+550. 837+553.98

С.П. Левашов^{1,2}, **Н.А. Якимчук**^{1,2}, **И.Н. Корчагин**³,
Ю.М. Пищаный¹, **В.Г. Бахмутов**³, **В.Д. Соловьев**³, **Д.Н. Божежа**²

¹ Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, Киев.

² Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАНУ, Киев.

³ Институт геофизики НАНУ им. С.И. Субботина, Киев.

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ СКОПЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ШЕЛЬФЕ И КОНТИНЕНТАЛЬНОМ СКЛОНЕ ЗАПАДНОЙ АНТАРКТИКИ

Представлены новые результаты геоэлектрических исследований углеводородного потенциала материковой окраины Антарктического полуострова, полученные во время проведения сезонных работ 17-й Украинской антарктической экспедиции (март 2012 г). В районе антарктической станции «Академик Вернадский» закартирована серия аномалий типа «залежь нефти» общей площадью около 900 км² и обнаружены три аномальные зоны типа «залежь газогидратов». Полученные данные подтверждают высказанное ранее предположение о возможном существовании в этой части Западной Антарктики новой нефтегазоносной провинции. На материковом склоне Южно-Шетландских островов определены параметры двух аномально поляризованных пластов газогидратов мощностью от 100 до 500 м. Наличие целого ряда спутниковых аномальных зон, за пределами сейсмических BSR-зон, показывает, что возможные запасы газогидратов и свободного газа в районе Южных Шетландских островов значительно превышают подсчитанные ранее. Это позволяет относить изученную площадь к одному из перспективных участков скоплений газогидратов в структурах дна материковой окраины Западной Антарктики.

Введение

Комплексные геолого-геофизические исследования структур земной коры и литосферы Западной Антарктики являются одним из основных направлений Государственной программы исследований Украины в Антарктике на 2011—2020 гг. координируемой Национальным Научным Антарктическим Центром (НАНЦ) Украины. Важное место в программе отведено изучению района Украинской антарктической станции (УАС) «Академик Вернадский», а также геолого-геофизическим исследованиям районов континен-

© С.П. ЛЕВАШОВ, Н.А. ЯКИМЧУК, И.Н. КОРЧАГИН, Ю.М. ПИЩАНЫЙ,
В.Г. БАХМУТОВ, В.Д. СОЛОВЬЕВ, Д.Н. БОЖЕЖА, 2012

тальной окраины Антарктического полуострова, перспективных с точки зрения формирования важнейших видов полезных ископаемых.

Вблизи станции «Академик Вернадский» в 2004 и 2006 гг. был выполнен значительный объём геолого-геофизических исследований геоэлектрическими методами становления короткоимпульсного поля (СКИП), флюксометрической съемки (ФС) и методом вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ). Методы базируются на изучении параметров среды в импульсных неустановившихся геоэлектрических полях, а также исследовании распределения квазистационарного электрического поля Земли и его спектральных характеристик над залежами УВ [3—6 и др.]. Эти исследования выполнялись во время сезонных экспедиций НАНЦ Украины с использованием новейших разработок и технологий, прошедших проверку в различных регионах Украины и мира. В экспедициях была отработана методика проведения в акваториях морей и океанов геоэлектрических измерений с использованием технологии СКИП-ВЭРЗ, а также определены основные принципы их геологической интерпретации. Результаты этих, во многом «пионерских», исследований были подробно рассмотрены в ряде публикаций [7, 8, 17, 19, 20 и др.].

Для повышения оперативности, расширения возможностей и достоверности решения конкретных поисковых задач была разработана новая методика комплексирования методов СКИП и ВЭРЗ с нетрадиционным для классической геофизики методом частотно-резонансной обработки и интерпретации (дешифрирования) данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [9—12, 14 и др.].

Проведенные на отдельных поисковых объектах, участках и площадях (всего более 100) опытные работы показали, что выявленные и закартированные методом частотно-резонансной обработки спутниковых данных аномальные зоны типа «залежь УВ» достаточно уверенно коррелируются с геоэлектрическими аномальными зонами, закартированными съемкой методом СКИП [9, 17, 19, 20].

Рассмотрим результаты применения предложенного комплекса геоэлектрических методов для обнаружения и картирования скоплений углеводородов в структурах дна Западной Антарктики, полученные в сезонных (март 2012 г.) работах 17-й Украинской антарктической экспедиции (УАЭ).

Общая характеристика проведенных геоэлектрических исследований

За время сезонных работ экспедиции с борта судна «Polar Pioneer» были проведены геоэлектрические измерения вдоль профилей общей протяженностью 3955 км. Основной объем измерений методами СКИП и ФС, а также зондирования ВЭРЗ выполнен в районе УАС «Академик Вернадский» и о. Анверс, вблизи Южных Шетландских островов, в проливе Дрейка (рис. 1).

Зондирование методом ВЭРЗ выполнялось до глубины 24300 м с шагом зондирования 10 м, т.е. для каждой точки диаграмма зондирования состояла из 2430 записей. Полученные значения глубин геоэлектрических неоднородностей относились к середине интервала пространственного перемещения судна за время измерения. Геофизическая съемка проводилась в различных режимах, включая:

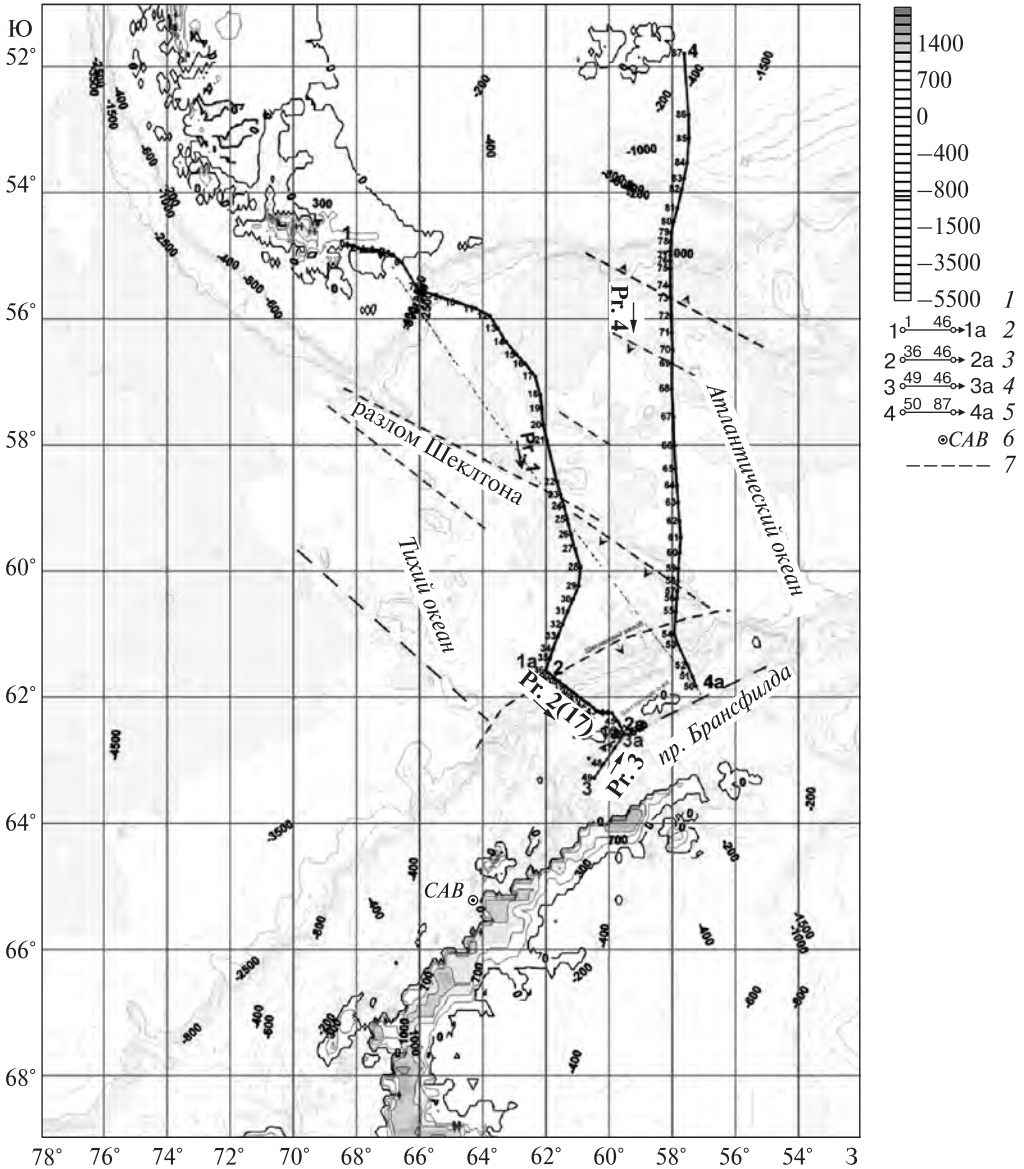


Рис. 1. Расположение профилей вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) в районе пролива Дрейка, Южных Шетландских и Фолклендских островов (17 УАС, 2012г). 1 — шкала глубин и высот (метры); 2—5 — профили зондирования по ходу судна; б — Украинская антарктическая станция «Академик Вернадский»; 7 — тектонические нарушения

1) съёмку методом СКИП вдоль отдельных профилей (276,3 км, 480 точек) в режиме «поиск нефтяных аномалий» и зондирование на 57 пунктах ВЭРЗ в местах выявленных аномалий типа «залежь нефти» в районе УАС «Академик Вернадский»; 2) съёмку по 2 профилям (82,5 км, 80 точек) в режиме «поиск газогидратных аномалий» вблизи о. Анверс и зондирование на 33 пунктах ВЭРЗ в местах выявленных аномалий типа «залежь газогидратов» (район Южных Шетландских островов).

Геоэлектрические исследования углеводородного потенциала шельфа и континентальной окраины Антарктического полуострова

По мере улучшения геолого-геофизической изученности материковых окраин Антарктического полуострова и всей Антарктиды, значение этого региона, как одного из крупных нефтегазоносных бассейнов мира, постоянно повышается, ведь потенциал 10 осадочных бассейнов шельфа и материковой окраины Антарктиды, по некоторым оценкам, превышает 200 миллиардов баррелей нефти [2]. Длительное и многоэтапное формирование структур материковой окраины Антарктического полуострова в условиях региональной тектонической активизации способствовало формированию в этом районе важнейших видов полезных ископаемых. Об этом, в частности, могут свидетельствовать результаты геоэлектрических исследований вблизи о. Анверс (2006 г.): была закартирована геоэлектрическая аномалия типа «залежь», методом ВЭРЗ в интервале до 3500 м впервые выделены аномально поляризованные пласты типа «залежь углеводородов» [8]. Проведенные исследования (2006 г.) подтвердили наличие благоприятных предпосылок формирования залежей углеводородов в данном секторе материковой окраины Антарктического полуострова, хотя ранее никаких данных о возможных залежах углеводородов в этом регионе в открытой литературе опубликовано не было.

Для оперативной оценки перспектив нефтегазоносности участка материковой окраины Антарктического полуострова в районе расположения УАС «Академик Вернадский» была применена технология частотно-резонансной обработки и дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [9–11]. В пределах обследованного участка антарктического шельфа впервые были выявлены и оконтурены четыре относительно крупные аномальные зоны типа «залежь нефти» и несколько мелких. При этом ранее закартированная по данным ВЭРЗ [8] геоэлектрическая аномалия типа «залежь углеводородов» полностью попала в одну из аномальных зон, выделенных по результатам обработки и интерпретации спутниковых данных. Значительные размеры и высокие интенсивности полученных аномальных откликов указывают на возможное наличие в этом районе крупных скоплений с вероятными промышленными притоками углеводородов.

Морские геоэлектрические исследования в этом районе были продолжены во время проведения сезонных работ 17 УАЭ, 2012 г. Были выполнены зондирования методом ВЭРЗ (57 пунктов) вдоль двух профилей (Pr. 1, Pr. 2), пересекающих ранее выявленные аномалии (рис. 2).

Результаты проведенных исследований подтвердили наличие и перспективность всех четырёх крупных аномальных зон типа «нефтяная залежь», закартированных по результатам частотно-резонансной обработки и интерпретации (дешифрирования) данных дистанционного зондирования Земли для этой части антарктического шельфа. Глубина залегания аномально поляризованных пластов типа «нефтяная залежь» (мощностью от 40 до 100 м) колеблется от 400 до 3300 м, при этом наиболее крупные и мощные пласты в пределах аномалии Oil-1 залегают на глубине 1600–1800 м, как это было показано ранее (рис. 2). Детальные работы

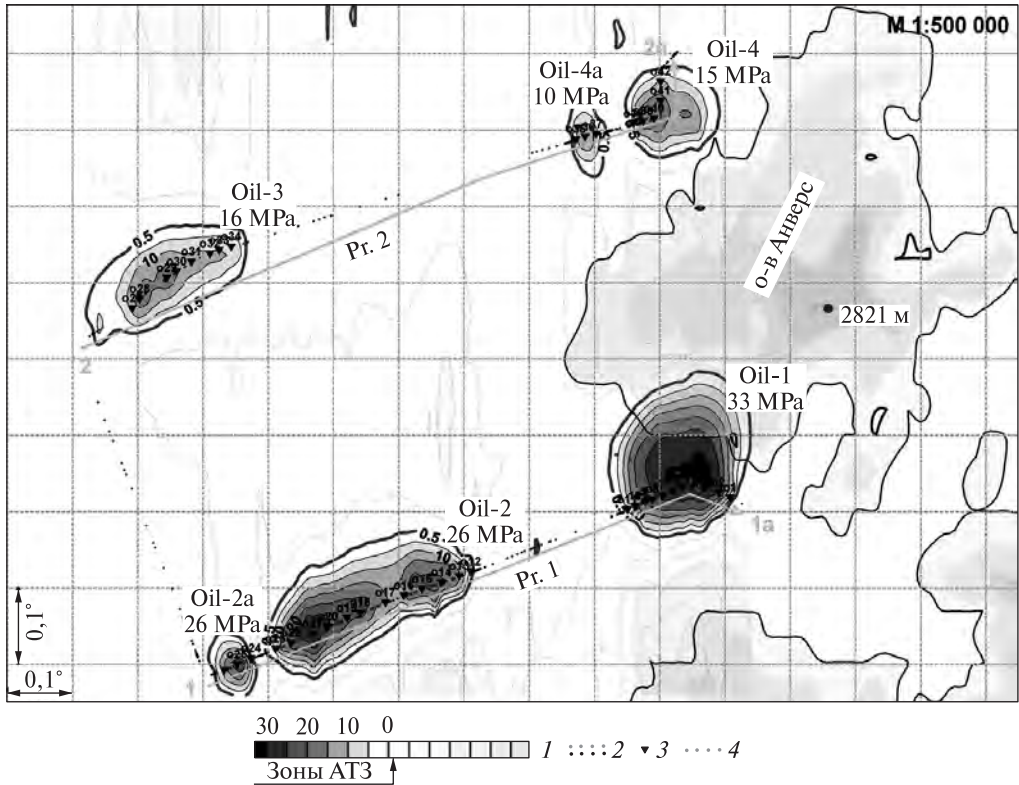


Рис. 2. Карта геоэлектрических аномальных зон типа «нефтяная залежь» на шельфе Антарктического полуострова в районе УАС «Академик Вернадский» (по результатам сезонных работ 17 УАС, 2012 г.): 1 — шкала значений максимального пластового давления в коллекторах; 2 — точки съемки методом СКИП; 3 — пункты ВЭРЗ; 4 — положительные значения съемки методом СКИП по результатам сезонных работ 2006 г.

методом ВЭРЗ показали, что две аномалии (Oil-2 и Oil-4) разделились на две отдельные аномалии, каждая из которых характеризуется своим набором продуктивных пластов и их распределением в разрезе на глубине 600—3200 м (рис. 2, 3).

Из рассмотрения результатов зондирования методом ВЭРЗ вдоль профиля 3—3а (съёмка 2004 г.), расположенного несколько южнее профиля съёмки Pr.1 [19], видно, что аномально поляризованные пласты типа «нефть», залегающие ниже поверхности дна на 100—400 м (рис. 3А), расположены в пределах первого осадочного слоя (илы, песчанистые и глинистые образования), выделяемого по данным ВЭРЗ (рис. 4). Нижележащие АПП залегают в пределах второго осадочного слоя, а также верхней части фундамента. В их формировании значительную роль играет сеть тектонических нарушений, широко развитая вдоль профиля Pr.1 (рис. 3 А). Вдоль этих зон тектонических нарушений, тяготеющих в котловине Палмер к материковой окраине Антарктического полуострова, могла происходить миграция глубинных флюидов вместе с эндогенными углеводородами.

По результатам проведенных исследований были подсчитаны эффективные площади аномальных зон типа «залежь нефти», которые оказались равными: 1) Oil-1 — $20,0 \times 17,5 = 350 \text{ км}^2$; 2) Oil-2 — $30,0 \times 10,0 = 300 \text{ км}^2$; 3) Oil-2а — $3,5 \times 4,5 = 15,75 \text{ км}^2$; 4) Oil-3 — $17,5 \times 7,5 = 131,25 \text{ км}^2$; 5) Oil-4 — $10,0 \times 9,0 = 90 \text{ км}^2$; 6) Oil-4а — $2,0 \times 3,0 = 6,0 \text{ км}^2$.

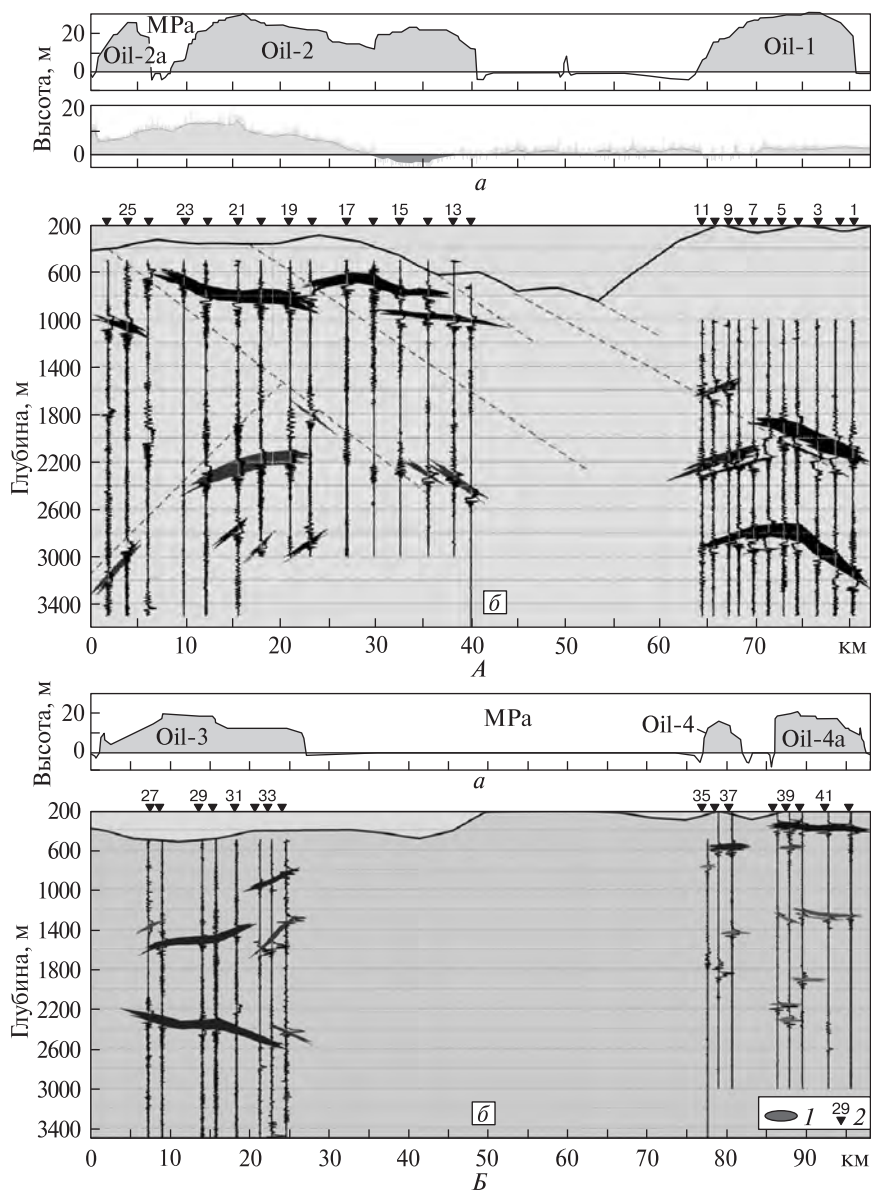


Рис. 3. Вертикальный разрез геоэлектрических аномальных зон типа «нефтяная залежь» (Oil-1 — Oil-4) вдоль профиля 1 (А) и профиля 2 (Б) на шельфе Антарктического полуострова в районе УАС «Академик Вернадский»: а — график значений максимального пластового давления в коллекторах; б — вертикальный геоэлектрический разрез. 1 — зоны аномально поляризованных пластов типа «нефтяная залежь»; 2 — пункты ВЭРЗ

Как было указано ранее, важную роль при оценке перспективности выявленных залежей нефти играет величина пластовых давлений в коллекторах, определённая по спутниковым данным [9, 12]. Рассмотрение графиков значений максимального пластового давления в выявленных коллекторах (рис. 2, 3) показало, что их средние величины в пределах крупных аномальных зон достаточно стабильны. В пределах более крупных зон (Oil-1, Oil-2 и Oil-2a) величина максимального

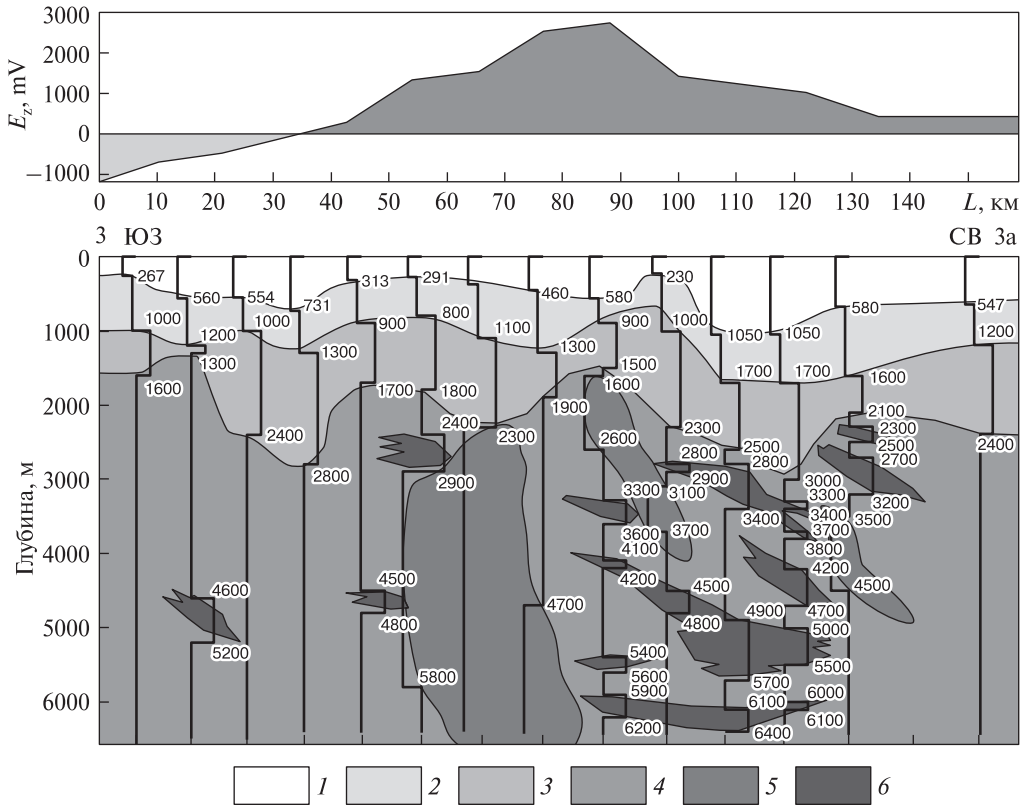


Рис. 4. Вертикальный разрез земной коры вдоль профиля 3—3а (2004 г.) по данным ВЭРЗ: 1 — вода; 2 — донные осадки пониженного геоэлектрического сопротивления; 3 — второй осадочный слой повышенного геоэлектрического сопротивления (обломочный материал, зоны дробления фундамента); 4 — породы фундамента; 5 — зоны повышенной поляризации и геоэлектрического сопротивления в теле фундамента (зоны даек); 6 — зоны пониженного геоэлектрического сопротивления в теле фундамента (зоны дробления)

пластового давления изменяется от 20 до 33 МПа, а для аномальных зон Oil-3, Oil-4 и Oil-4а она не превышает 16 МПа (рис. 2, 3). Предварительные оценки протяжённости отдельных пластов, их количества, положения в разрезе, эффективных площадей аномальных зон типа «залежь нефти», а также величин пластового давления в пределах отдельных выявленных аномалий показывают их достаточную технологическую привлекательность и перспективность. Это подтверждает высказанное ранее предположение о возможном существовании новой нефтегазонамной провинции в этой части Западной Антарктики.

Новые данные о местах скопления газогидратов в районе о. Анверс и результаты работ методом ВЭРЗ на Южно-Шетландской континентальной окраине

Природные газогидраты сохраняют стабильность в режиме сочетания низкой температуры и высокого давления, которые реализуются в осадочных толщах континентальных окраин Мирового океана. Процессы их образования определяются соответствующими термобарическими параметрами, наличием

миграционных путей для достаточного количества газа и воды, химическим составом газов, соленостью поровой воды, присутствием коллекторов и покрышек [1, 13, 15]. Для скоплений газогидратов в структурах окраин характерны глубины от 0,3—0,4 км ниже уровня дна, а подошва зоны гидратообразования (ЗГО) расположена ниже этого уровня на 100—1100 м [13, 15]. Наличие такой зоны в разрезе часто выявляется по данным МОВ-ОГТ, которые четко определяют положение подошвы ЗГО — сейсмической отражающей границы (BSR-Bottom Simulating Reflector), субпараллельной рельефу дна. Ее существование определяется инверсией скоростей на разделе газогидраты — подгидратный газ, где в верхнем слое скорость повышается, а в слое с подгидратным газом она резко падает. Перепад скоростей может составить более 300—400 м/с, достигая 1500 м/с в подошве ЗГО [1, 13, 15 и др.], поскольку амплитуда отражений BSR-зон в значительной мере зависит от степени заполнения осадков газогидратами над границей и газом — под ней. Ниже (на 120—200 м) обычно наблюдается ещё одна граница, которая может быть связана с подошвой зоны свободного газа [1, 13, 15, 16, 18]. Вопрос о реальной мощности ЗГО остаётся дискуссионным, хотя возможность формирования тощ газогидратов мощностью в первые сотни метров доказана результатами бурения скважины на западе Канады, в дельте реки Маккензи [1, 13]. Типичная же мощность разведанных перспективных скоплений не превышает первые десятки метров при гидратонасыщении 30—80 % [13 и др.].

При проведении геоэлектрических исследований методом ВЭРЗ в пределах ранее закартированных спутниковых аномалий типа «залежь газогидратов» удаётся определить параметры аномального пласта и его положение в разрезе, поскольку объектом поиска является определённое вещество (в данном случае газогидраты), а не сопутствующие аномалии и признаки (в данном случае BSR- границы). При поисках газогидратов такой подход обладает рядом преимуществ, поскольку при сейсмических исследованиях эффективность поисков и картирования BSR-зон часто ограничена разрешающей способностью применяемой сейсмической аппаратуры. Дополнительные сложности интерпретации сейсмических данных возникают в районах активных многофазных тектонических преобразований, на тектонически раздробленных структурах, подвергшихся воздействию глубинных флюидов [1, 13, 15, 16, 18]. Зависимость процесса формирования BSR-границы от многих факторов приводит к тому, что на многих континентальных окраинах выявленные скопления газогидратов не имеют четко выраженного раздела на подошве ЗГО [13, 15]. Особенно характерно отсутствие BSR-границы для тех участков материковой окраины, где скопления подгидратного (свободного) газа не выявлены.

Восточнее о. Анверс (район УАС Академик Вернадский) во время проведения сезонных работ 17 УАЭ была проведена геоэлектрическая съёмка в режиме «поиск газогидратных аномалий» вдоль двух профилей (рис. 5) вблизи о. Анверс (район УАС Академик Вернадский).

Выявленные восточнее о. Анверс аномальные зоны типа «залежь газогидратов» (Gh-1, Gh-2) были изучены методом ВЭРЗ, что позволило определить параметры этих скоплений (рис. 6). Залежь газогидратов Gh-1 сформирована на глубине 1000—1040 м в виде пласта переменной (от 4 до 20 м) мощности. Его длина достигает 4,5 км. Залежь газогидратов Gh-2 сформирована на глубине 1000—1040 м в виде пласта переменной (от 4 до 20 м) мощности и длиной более 4 км. Обе ано-

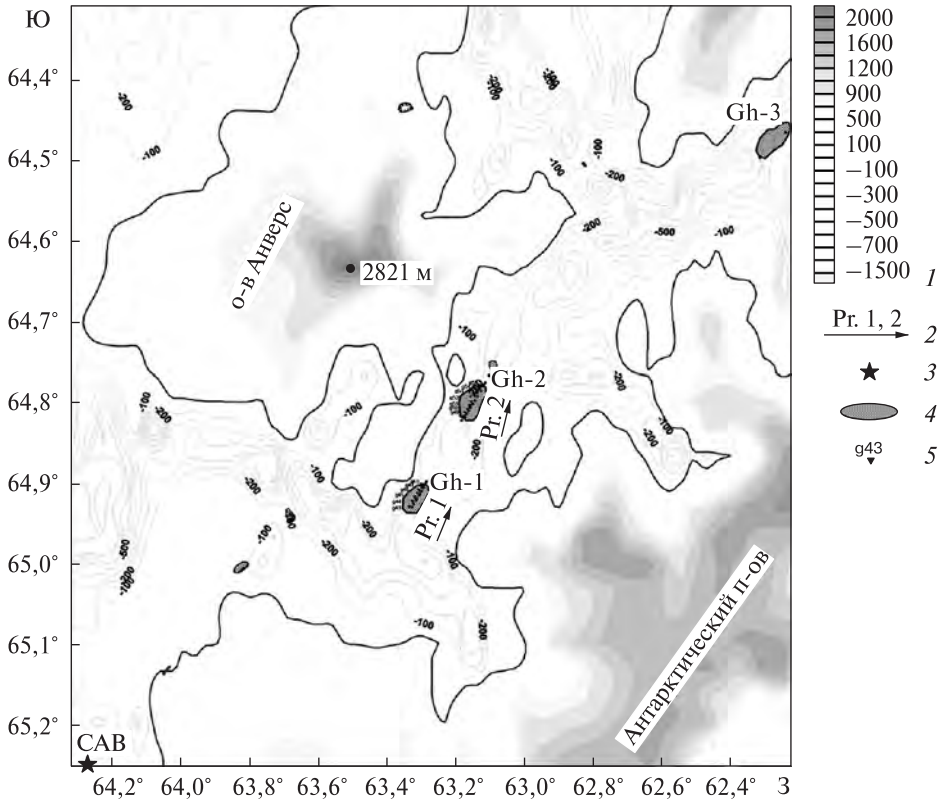


Рис. 5. Контуры геоэлектрических аномальных зон типа «залежь газогидратов» на шельфе Антарктического полуострова в районе УАС «Академик Вернадский» (по результатам сезонных работ 17 УАЭ). 1 — шкала абсолютных отметок глубин и высот (метры); 2 — линии вертикальных геоэлектрических разрезов; 3 — украинская антарктическая станция «Академик Вернадский»; 4 — аномальные зоны типа «залежь газогидратов»; 5 — пункты ВЭРЗ

мальные зоны обнаружены в проливе, где глубина дна не превышает 200 м. Нам не известны какие-либо данные о находках газогидратов или их поисках в этом районе.

Ещё одна аномальная зона типа «залежь газогидратов» (Gh-3) выделена по спутниковым данным севернее аномалии Gh-2. По своим размерам эта аномалия подобна аномалии Gh-1. Зондирования ВЭРЗ на ней не проводились, поэтому положение залежи в разрезе не определено.

Подсчитанные запасы газогидратов (с учётом средней величины гидратонасыщения, равной 6,3 %) для этих трёх аномалий невелики и не превышают $3,0 \times 10^6$ м³ метана (при стандартных температуре и давлении) [16].

В районе Южных Шетландских островов имеются все необходимые термобарические условия для существования газогидратов и формирования их скоплений, что доказано их обнаружением в четырёх разных районах антарктического побережья [1, 16, 18]. Здесь, на Южно-Шетландской континентальной окраине севернее о. Кинг Джордж, масштабными сейсмическими работами была выявлена обширная область существования газогидратов, ограниченная зоной разломов Геро на юго-западе, зоной разломов Шеклтона на северо-востоке, Южно-Шет-

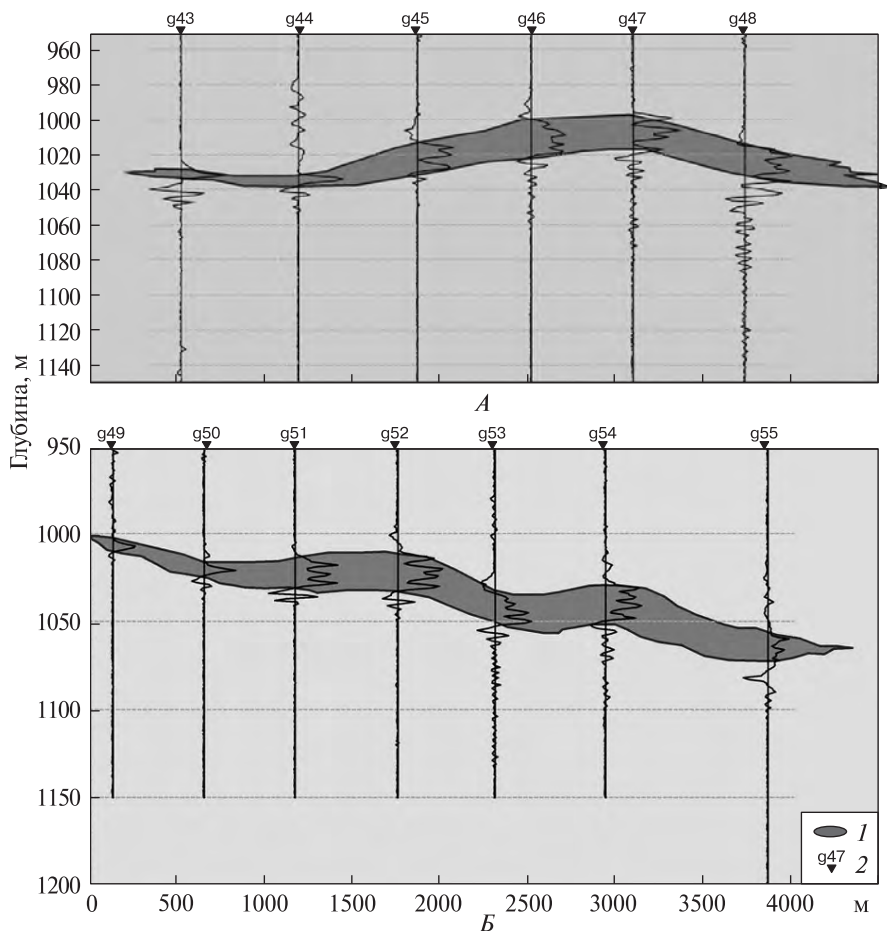


Рис. 6. Вертикальный разрез вдоль геоэлектрических аномальных зон типа «залежь газогидратов» (Gh-1, Gh-2) на шельфе Антарктического полуострова в районе УАС «Академик Вернадский» (по результатам сезонных работ 17 УАС). Профили 1 (А) и профиль 2 (Б). 1 — зона аномально поляризованных пластов типа «залежь газогидратов»; 2 — пункты ВЭРЗ. Положение профилей 1, 2 показано на рис. 5

ландским желобом на юго-востоке и Южным хребтом Скоша на востоке (рис. 1). Геодинамический режим региона определяется сложным взаимодействием длительного формирования разновозрастных континентальных и океанических структур, сопровождающимся современными региональными и локальными процессами рифтогенеза [9, 16, 18].

Предполагается, что появление BSR-зон на этом участке материковой окраины в значительной мере контролируется геологическими структурами побережья, а наиболее благоприятные условия их формирования существуют в северо-восточном секторе Южно-Шетландского побережья, где развита сеть многочисленных активных разломов, способствовавших миграции флюидов и газа с больших глубин.

Для оценки общего объема газовых гидратов (на глубинах 1,0—4,8 км) в исследуемом районе авторы использовали следующие параметры: 145 км общей длины BSR-границ, выявленных на сейсмических профилях; 350 м — мощность

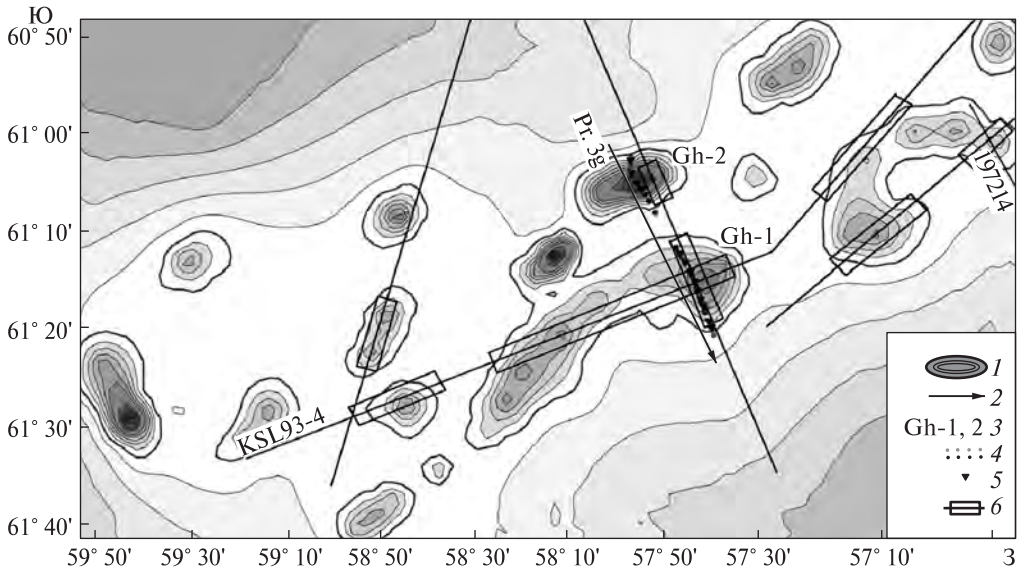


Рис. 7. Карта геоэлектрических аномальных зон типа «залежь газогидратов» на материковом склоне вблизи Южных Шетландских островов (по результатам обработки и дешифрирования данных ДЗЗ и сезонных работ 17 УАЭ): 1 — аномальные зоны типа «залежь газогидратов» по результатам обработки и дешифрирования данных ДЗЗ; 2 — профиль зондирования ВЭРЗ; 3 — аномальные зоны типа «залежь газогидратов», зарегистрированные морской геоэлектрической съемкой; 4 — точки съемки методом СКИП; 5 — пункты ВЭРЗ; 6 — положение сейсмических профилей МОВ-ОГТ [19]. KSL93-4 — сейсмический профиль через аномальную зону Gh-1, по [19]. 197214 — сейсмический профиль, по [20]

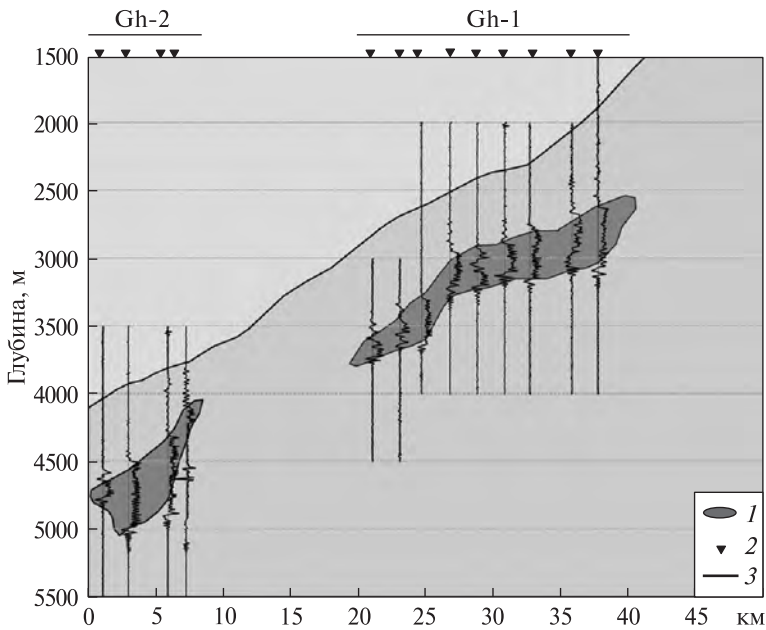


Рис. 8. Вертикальный разрез вдоль геоэлектрических аномальных зон типа «залежь газогидратов» (Gh-1, Gh-2) на материковом склоне вблизи Южных Шетландских островов (по результатам сезонных работ 17 УАЭ): 1 — зоны аномально поляризованных пластов типа «залежь газогидратов»; 2 — пункты ВЭРЗ. Положение аномальных зон показано на рис.7

и 15 км — ширина осадков, содержащих газы гидраты; 6,3 % — средний объем концентрации газогидратов. При предположении, что газы гидраты существуют только там, где наблюдаются BSR-границы, общий объем газовых гидратов в районе оценивается примерно в $4,8 \times 10^{10} \text{ м}^3$ ($7,7 \times 10^{12} \text{ м}^3$ метана, при стандартных температуре и давлении) [16]. По расчётам, выполненным в [18], общее количество газа в газогидратах и свободного газа в районах всех закартированных BSR-границ (с малыми и большими амплитудами) на материковой окраине Южных Шетландских островов составляет порядка $2,36 \times 10^{12} \text{ м}^3$.

Для участков распространения зон BSR на континентальной окраине вблизи Южно-Шетландских островов были обработаны и проинтерпретированы данные ДЗЗ с различными вариантами параметров обработки [20], что позволило выделить несколько новых аномальных зон типа «залежь газогидратов» (рис. 7). Эти результаты показывают, что аномальные зоны располагаются как вблизи зоны разломов Шеклтона (восточная часть участка), так и на значительном расстоянии от него ($57\text{—}59^\circ$ з.д.). Вероятно, существующие локальные разломы, секущие склон Южно-Шетландского жёлоба, играют важную роль в формировании этих обширных полей газогидратов. Наличие на границе с газогидратами небольшого количества скоплений свободного газа с меньшей концентрацией в поровом пространстве могло быть одной из причин, по которой удалось только по спутниковым данным выделить в этом районе новые АПП типа «залежь газогидратов». В таком случае BSR-границы на сейсмических разрезах могут проявляться слабо или совсем отсутствовать.

Во время проведения сезонных работ в 17 УАЭ для части известных аномалий типа «залежь газогидратов», приуроченных к материковому склону Южно-Шетландских островов, были выполнены геоэлектрические зондирования на 33 пунктах ВЭРЗ (рис. 7, 8). По результатам этих исследований были определены параметры двух аномально поляризованных пластов мощностью от 100 до 500 м, залегающих на глубине от 2500 до 5000 м при глубинах дна от 2000 до 4000 м (рис. 8). Разрыв аномальных зон вдоль профиля наблюдений (пкб—20, рис. 8) можно объяснить наличием ранее выявленной по сейсмическим данным [16, 18] зоны разломов, секущей склон жёлоба.

Кроме того, отсутствие АПП на этом участке профиля Pг-3г (рис. 8) подтверждается и результатами сейсмических работ вдоль профиля KSL93-4 [16], положение которого в этом месте совпадает с положением профиля ВЭРЗ. В его центральной части отсутствует BSR-зона. В самой восточной части исследованного участка через аномальную зону проходит сейсмический профиль 197214 [18], пересекающий весь склон Южно-Шетландского жёлоба. На всём его протяжении на глубине около 500 м ниже уровня дна чётко выделяются BSR-зоны, в том числе и в центральной части склона, нарушенной зонами разломов [18]. Таким образом, наличие газогидратов вдоль этого профиля, закартированное по спутниковым данным (рис. 7), подтверждается обнаружением BSR-зон по сейсмическим данным.

Зондирования ВЭРЗ удалось выполнить лишь для двух выявленных по спутниковым данным аномальных зон, где и ранее были обнаружены BSR-зоны [16, 18]. Сравнение данных, полученных разными методами, позволяет утверждать, что глубина аномально поляризованного пласта типа «залежь газогидратов» в зоне

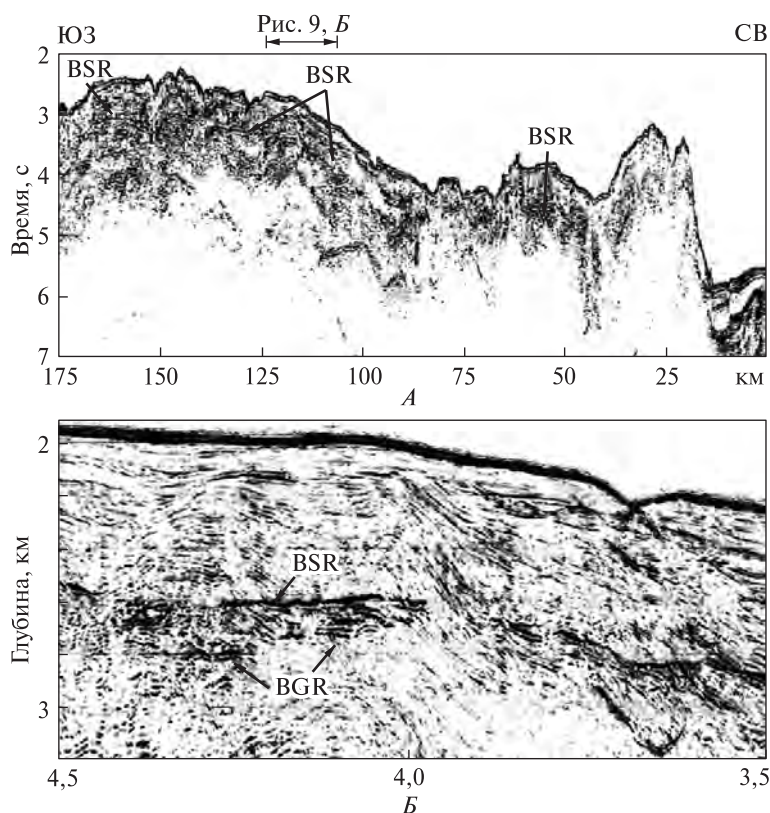


Рис. 9. Сейсмический разрез МОБ-ОГТ вдоль профиля KSL93-4, на котором выделены контрастная BSR-зона (А) и расположенная под ней BGR-зона (Б), соответствующая подошве зоны свободного газа [19]. Положение профиля KSL93-4 показано на рис. 7

Gh-1, ранее выявленной по спутниковым данным (рис. 8) и положение BSR-зоны, определённое в этом же месте по данным сейсмических исследований [16], практически совпадают (рис. 9). Из приведенного рисунка следует, что под отчетливой BSR-зоной выделяется достаточно мощная зона свободного (подгидратного) газа.

Наличие целого ряда «спутниковых» аномальных зон (рис. 7), выходящих за пределы выявленных ранее с помощью сейсмических методов BSR-зон [16, 18], показывает, что реальные запасы газогидратов и свободного (подгидратного) газа могут значительно (на 25—30 %) превысить ранее подсчитанные. Это позволяет относить изученный участок к одному из перспективных скоплений газогидратов Западной Антарктики.

Выводы

1. Представлены новые результаты геоэлектрических исследований углеводородного потенциала материковой окраины Антарктического полуострова, полученные во время проведения сезонных работ 17 УАЭ (март 2012 г.).

По материалам зондирований ВЭРЗ в районе УАС «Академик Вернадский» определены параметры аномальных пластов и их положение в разрезе для четырёх

аномалий типа «залежь нефти». Общая площадь этих аномалий, выявленных ранее по спутниковым данным, составляет около 900 км². Глубина залегания продуктивных пластов типа «нефтяная залежь» (мощностью от 40 до 100 м) колеблется от 400 м до 3300 м, при этом наиболее крупные и мощные пласты в пределах аномалии Oil-1 залегают на глубине 1600–1800 м. В пределах более крупных зон (Oil-1, Oil-2 и Oil-2a) средняя величина максимального пластового давления примерно равна 26 МПа, а для аномальных зон Oil-3, Oil-4 и Oil-4a она составляет 10–16 МПа.

Полученные данные подтверждают высказанное ранее предположение о возможном существовании в этой части Западной Антарктики новой нефтегазональной провинции, реальные перспективы которой ещё предстоит определить.

2. В результате проведенных работ в районе УАС «Академик Вернадский» (восточнее о. Анверс) впервые обнаружены три аномальные зоны типа «залежь газогидратов». По данным ВЭРЗ небольшие скопления газогидратов залегают на глубине 1000–1040 м в виде пластов переменной (от 4 до 20 м) мощности и длиной до 4,5 км. Аномальные зоны обнаружены в проливе, где глубина дна не превышает 200 м.

3. Для двух известных аномалий типа «залежь газогидратов», приуроченных к материковому склону Южно-Шетландских островов, были выполнены геоэлектрические зондирования на 33 пунктах ВЭРЗ. По результатам этих исследований были определены параметры двух аномально поляризованных пластов типа «залежь газогидратов» мощностью от 100 до 500 м, залегающих на глубине от 2500 до 5000 м при глубинах дна от 2000 до 4000 м.

Наличие целого ряда спутниковых аномальных зон, выходящих за пределы BSR-зон, выявленных ранее с помощью сейсмических методов, показывает, что реальные запасы газогидратов и свободного газа в районе Южных Шетландских островов значительно (на 25–30 %) превышают подсчитанные ранее. Это позволяет относить изученный участок к перспективным.

4. Оценки перспектив нефтегазональности методом волнового космогеофизического прогнозирования с использованием новых подходов к обработке и дешифрированию данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) могут быть дополнены результатами традиционных методов поисков скоплений углеводородов, а также и неклассических геофизических технологий. Комплексирование технологии обработки спутниковых данных с методами технологии СКИП-ВЭРЗ дает возможность повысить эффективность решения разнообразных геолого-геофизических задач, снизить материальные затраты, а также оценить реальные риски их выполнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анфилатова Э.А.* Аналитический обзор современных зарубежных данных по проблеме распространения газогидратов в акваториях мира. / Э.А. Анфилатова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2008. — № 3. — Москва. — С. 1–8.
2. *Иванов В.Л.* Геологические предпосылки прогноза нефтегазональности недр Антарктики / В.Л. Иванов // Советская геология. 1985. — № 2. — С. 3–14.
3. *Левашов С.П.* Метод ектрорезонансного зондування та його можливості при проведенні комплексних геолого-геофізичних досліджень / С.П. Левашов, М.А. Якимчук, І.М. Корчагін та [др] // Геоінформатика. — 2003. — № 1. — С. 15–20.

4. *Левашов С.П.* Технология прямых поисков та розвідки покладів вуглеводнів геоелектричними методами: результати, можливості та перспективи / С.П. Левашов, М.А. Якимчук, І.М. Корчагін // Геолог України. — 2003. — № 3—4. — С. 60—70.
5. *Левашов С.П.* Экспресс-технология «прямых» поисков и разведки скопленных углеводородов геоэлектрическими методами: результаты практического применения в 2001—2005 гг. / С.П. Левашов, М.А. Якимчук, І.М. Корчагін // Геоінформатика. — 2006. — № 1. — С. 31—43.
6. *Левашов С.П.* Поиск и разведка скопленных нефти и газа геоэлектрическими методами / С.П. Левашов, М.А. Якимчук, І.М. Корчагін та [др.] // Газовая промышленность. 2007. — № 4. — С. 22—28.
7. *Левашов С.П.,* Песчаный Ю.М. Картографические материалы результатов геоэлектрических работ в районе Антарктического полуострова. / С.П. Левашов, Ю.М. Песчаный. // Материалы IX Укр. Антарктической экспедиции. К., 2004.
8. *Левашов С.П.* Геоэлектрические исследования во время проведения сезонных работ 11-ой Украинской антарктической экспедиции / С.П. Левашов, В.Г. Бахмутов, І.М. Корчагін та [др.] // Геоінформатика. — 2006. — № 2. — С. 24—33.
9. *Левашов С.П.* Практические результаты применения оперативных дистанционных и мобильных геоэлектрических методов для нефтегазопроисковых работ / С.П. Левашов, М.А. Якимчук, І.М. Корчагін // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2012. — №1. — С. 66—87.
10. *Левашов С.П.* Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков / С.П. Левашов, М.А. Якимчук, І.М. Корчагін // Геоінформатика. — 2010. — № 3. — С. 22—43.
11. *Левашов С.П.* Оперативное решение практических задач приповерхностной геофизики: от применения неклассических геоэлектрических методов до новой парадигмы геофизических исследований / С.П. Левашов, М.А. Якимчук, І.М. Корчагін // Геоінформатика. — 2011. — № 1. — С. 22—31.
12. *Левашов С.П.* Оценка относительных значений пластового давления флюидов в коллекторах: результаты проведенных экспериментов и перспективы практического применения / С.П. Левашов, М.А. Якимчук, І.М. Корчагін // Геоінформатика. — 2011. — № 2. — С. 19—35.
13. *Макогон Ю.Ф.* Газогидраты. История изучения и перспективы освоения. / Ю.Ф. Макогон // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. К. — 2010. — № 2 (20). — С. 5—21.
14. *Методические* аспекты применения технологии обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли при проведении поисковых работ на нефть и газ в акваториях [С.П. Левашов, М.А. Якимчук, І.М. Корчагін и [др.]] // Геоінформатика. — 2012. — № 1. — С. 5—16.
15. *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.
16. *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
17. *Levashov S.P., et al.* Drake Passage and Bransfield Strait — new geophysical data and modelling of the crustal structure, in Antarctica: /A Keystone in a Changing World — Online Proceedings of the 10th ISAES X, edited by A. K. Cooper and C. R. Raymond et al /, 2007, USGS Open-File Report 2007—1047.
18. *Lodolo E., Camerlenghi A., Madrussani G., Tinivella U. and G. Rossi.* Assessment of gas hydrate and free gas distribution on the South Shetland Margin (Antarctica) based on multichannel seismic reflection data // *Geophys. J. Int.* 2002. V148. P.103—119.
19. *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.
20. *Solovyov V. D., Bakhmutov V. G., Korchagin I. N., Levashov S. P., Yakymchuk N. A., and Bozhezha D. N.* Gas Hydrates Accumulations on the South Shetland Continental Margin: New Detection Possibilities. Hindawi Publishing Corporation. *Journal of Geological Research*. Volume 2011, Article ID 514082, 8 pages. doi:10.1155/2011/514082.

Статья поступила 10.07.2012

*С.П. Левашов, М.О. Якимчук, І.М. Корчагін,
Ю.М. Піщаний, В.Г. Бахмутов, В.Д. Соловійов, Д.Н. Божжежа*

**НОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ГЕОФІЗИЧНОГО КАРТУВАННЯ
СКУПЧЕНЬ ВУГЛЕВОДНІВ НА ШЕЛЬФІ Й КОНТИНЕНТАЛЬНОМУ
СХІЛІ ЗАХІДНОЇ АНТАРКТИКИ**

Представлені нові результати геоелектричних досліджень вуглеводневого потенціалу структур материкової окраїни Антарктичного півострова, отримані під час проведення сезонних робіт 17 Української антарктичної експедиції (березень 2012 р.). В районі антарктичної станції «Академік Вернадський» закартовано серію аномалій типу «поклад нафти» загальною площею близько 900 км² і виявлено три аномальні зони типу «поклад газогідратів». Отримані дані підтверджують висловлене раніше припущення про можливе існування в цій частині Західної Антарктики нової нафтогазоносною провінції. На материковому схилі Південно-Шетландських островів визначені параметри двох аномально поляризованих пластів газогідратів потужністю від 100 до 500 м. Наявність кількох додаткових супутникових аномальних зон, за межами сейсмічних BSR-зон, показує, що можливі запаси газогідратів і вільного газу в районі Південних Шетландських островів значно перевищують підраховані раніше. Це дозволяє відносити вивчену площу до одного з перспективних скупчень газогідратів в структурах дна материкової окраїни Західної Антарктики.

*S.P. Levashov, N.A. Yakimchuk, I. N. Korchagin,
Yu. M. Pishchalnyi, V. G. Bakhmutov, V.D. Soloviev, D. N. Bozhezha*

**NEW RESULTS OF GEOPHYSICAL MAPPING HYDROCARBON
ACCUMULATIONS ON THE SHELF AND CONTINENTAL SLOPE
OF WESTERN ANTARCTICA**

New results of geoelectric studies of hydrocarbon potential of the continental margin of the Antarctic Peninsula structures that obtained during the season of works by 17 Ukrainian Antarctic Expedition (March 2012) are given. The geoelectric researches by methods of forming a short-pulsed electromagnetic field (FSPEF) and vertical electric-resonance sounding (VERS) have been conducted from RV «Polar Pioneer» in this region. Anomalies of «oil pool» type within a total area of about 900 km² and three anomalous zones of «deposit of gas hydrates» type were found and mapped in the area of UAS «Akademic Vernadsky». These data confirm the assumption about the possible new oil province existence in this part of West Antarctica region. Parameters of two anomalously polarized «gas hydrate» reservoir with average thickness 100—500 m were defined. The presence of a number of satellite anomalous zones beyond the seismic BSR-zones shows that the actual reserves of gas hydrates and free gas in the South Shetland Island margin structures are much higher than previously calculated. These data allow including the study area to one of the most promising areas of gas hydrate accumulations of the continental margin of West Antarctica bottom structures.