

И. Н. Корчагин, С. П. Левашов,
член-корреспондент НАН Украины **Н. А. Якимчук, В. Д. Соловьев,**
Д. Н. Божежа

Результаты экспериментальных геоэлектрических и дистанционных исследований при поисках скоплений углеводородов в структурах континентальной окраины Западной Антарктики

Приведены результаты экспериментальной апробации в морских акваториях Антарктического полуострова мобильной технологии поисков скоплений углеводородов (УВ) различного типа. Технология включает нетрадиционные геоэлектрические методы становления короткоимпульсного поля и вертикального электрорезонансного зондирования, а также оригинальный метод обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли. Новая технология позволяет оперативно обнаруживать и картировать аномальные зоны типа залежь нефти и/или типа залежь газа, обусловленные скоплениями УВ различных размеров при различных (в том числе и нулевых) значениях пластового давления флюидов. Выполнен анализ данных геофизических исследований, проведенных в 2006–2010 гг., на УВ в районе Антарктического полуострова, построены глубинные разрезы земной коры структур антарктического шельфа. В районе УАС “Академик Вернадский” по результатам обработки и интерпретации спутниковых данных выявлены аномалии типа залежь. На континентальной окраине Антарктического полуострова в районе Южных Шетландских островов обнаружены аномальные зоны типа залежь газогидратов. Результаты исследований подтверждают высокий углеводородный потенциал структур дна Западной Антарктики.

Углеводородный потенциал материковых окраин Антарктиды исследуется уже более сорока лет, но оценки ресурсов углеводородов (УВ) сильно разнятся из-за недостаточной геолого-геофизической изученности глубинного строения шельфовых зон, а также небольшого количества пробуренных глубоких скважин. Здесь за последние 10–15 лет были также проведены масштабные геофизические исследования с целью поиска и картирования скоплений газогидратов — дополнительного и перспективного источника УВ. Новый экспериментальный материал о возможных скоплениях нефти и газа вблизи Украинской антарктической станции (УАС) “Академик Вернадский” представляет интерес с точки зрения общей оценки углеводородного потенциала антарктического побережья.

Важным направлением повышения эффективности геолого-геофизических исследований при поисках и разведке полезных ископаемых является разработка новых экспресс-технологий “прямых” методов обнаружения и картирования месторождений УВ. К таким новым технологиям относятся дистанционные и геоэлектрические методы становления короткоимпульсного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ), которые стали за последние годы одним из важных эффективных инструментов при поисках и разведке скоплений УВ [1–3].

В 2010 г. для ряда месторождений УВ в различных регионах мира была впервые опробована оригинальная технология обработки и дешифрирования спутниковых данных (космогеофизического прогнозирования), позволяющая оперативно обнаруживать и картировать в первом приближении аномальные зоны (типа залежь нефти и/или залежь газа, а также типа залежь газовых гидратов), обусловленные крупными и средними месторождениями УВ [2]. Новая технология основана на экспериментально доказанных фактах, свидетельствующих о возможности регистрации характеристического электромагнитного поля, вызванного критической массой однородных УВ. Мощность электромагнитного излучения от конкретного вещества, фиксируемая на космических снимках, связана прямо пропорциональной зависимостью с общей величиной его концентрации [4]. Необходимо отметить, что по результатам интерпретации крупномасштабных (1 : 10 000) кондиционных спутниковых данных использование указанной методики во многих случаях позволяет обнаруживать локальные аномальные объекты размером 100–300 м, а также давать предварительную оценку вероятных значений средних пластовых давлений в пределах оконтуренных аномалий. Это имеет особое значение для предварительной оценки получения возможных притоков флюидов для каждого перспективного объекта.

Разработанные нами технологии были использованы для обнаружения скоплений УВ вблизи Антарктического полуострова и на Южно-Шетландской континентальной окраине, где процессы нефтегазонакопления могут быть приурочены к структурно-тектоническим зонам с активными проявлениями геодинамической активности. На участке антарктического шельфа, расположенном недалеко от УАС “Академик Вернадский”, съемкой методом СКИП обнаружена аномалия типа залежь (АТЗ), а зондированием ВЭРЗ в ее пределах выделены аномально поляризованные пласты (АПП) типа залежь углеводородов (рис. 1).

Проведенные исследования подтверждают наличие благоприятных предпосылок формирования залежей УВ в указанном секторе материковой окраины Антарктического полуострова.

В результате обработки спутниковых данных впервые выявлены четыре относительно крупные аномальные зоны типа залежь нефти (рис. 2). Ранее закартированная геоэлектрическая аномалия типа залежь углеводородов полностью попадает в одну из этих аномальных зон (см. рис. 1), что указывает на существование вблизи Антарктического полуострова целого ряда объектов, перспективных на залежи нефти. Участок интенсивной аномалии юго-западнее о. Анверс (см. рис. 2) может считаться наиболее перспективным.

Дефицит традиционных энергоносителей вызывает проявлять научный и практический интерес исследователей к нетрадиционным источникам сырья, в том числе и к залежам газогидратов. Метан из газогидратов считается перспективным энергоносителем, однако в настоящее время (и ближайшем будущем) этот газ не может быть реальной альтернативой существующим источникам природного газа из-за отсутствия необходимых технологий добычи и востребованности энергетического рынка. Работы по выявлению залежей газогидратов ведутся уже на протяжении нескольких десятков лет. Наиболее активно исследуются закономерности формирования газогидратных скоплений в структурах дна шельфовых зон Мирового океана. Донные осадки, насыщенные газогидратами, приурочены в основном к шельфовым зонам, материковым склонам внутренних и окраинных морей. Особенно часто они встречаются в районах активной грязевулканической деятельности вблизи зон разломов, выполняющих роль подводящих каналов для глубинных УВ. В настоящее время в мире известно около 230 месторождений газогидратов с потенциалом метана более

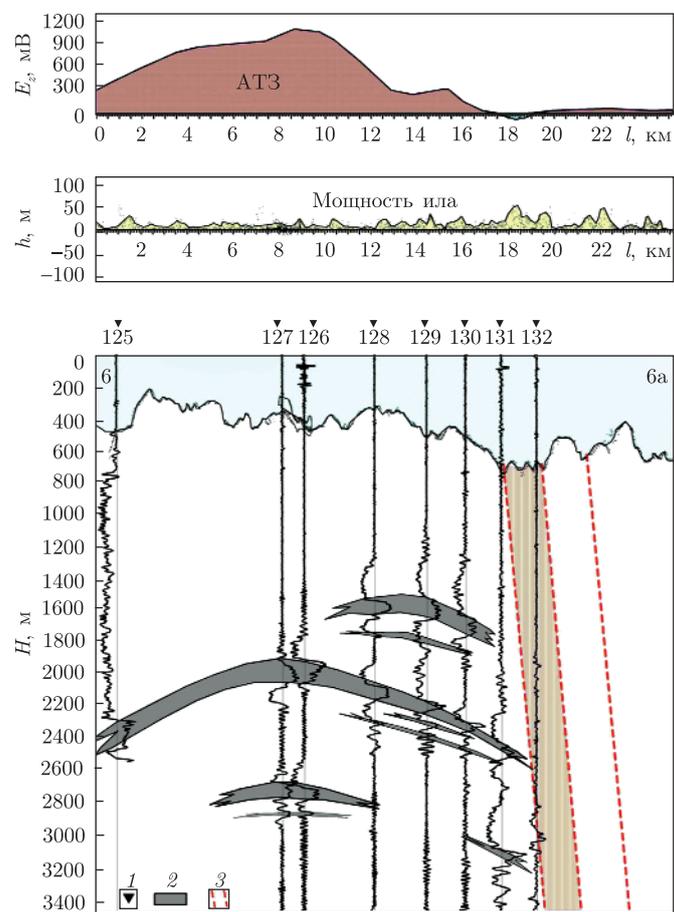


Рис. 1. Результаты зондирования ВЭРЗ над аномальной зоной типа залежь углеводородов в регионе Антарктического п-ова:
 1 — пункты ВЭРЗ; 2 — зоны АПП типа залежь углеводородов; 3 — зона нарушения

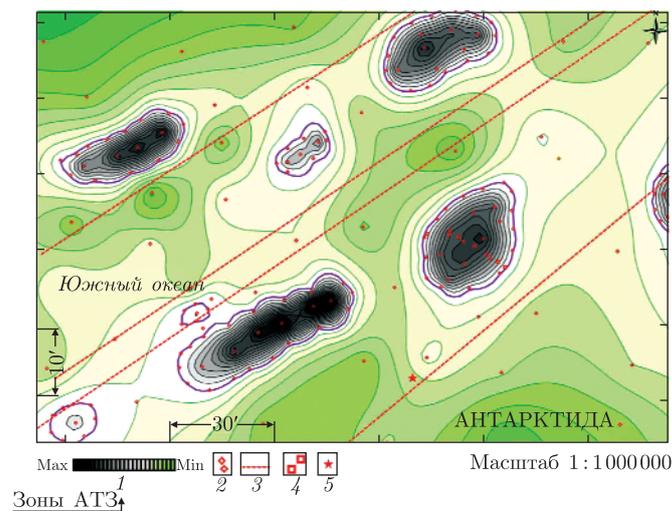


Рис. 2. Карта аномальных зон типа залежь нефти вблизи Антарктического п-ова, выделенных по результатам специальной обработки и интерпретации спутниковых данных:

1 — шкала интенсивности аномального отклика; 2 — пункты определения значений аномального отклика; 3 — прогнозируемые тектонические нарушения; 4 — пункты регистрации аномалий типа залежь методами СКИП и ВЭРЗ; 5 — УАС “Академик Вернадский”

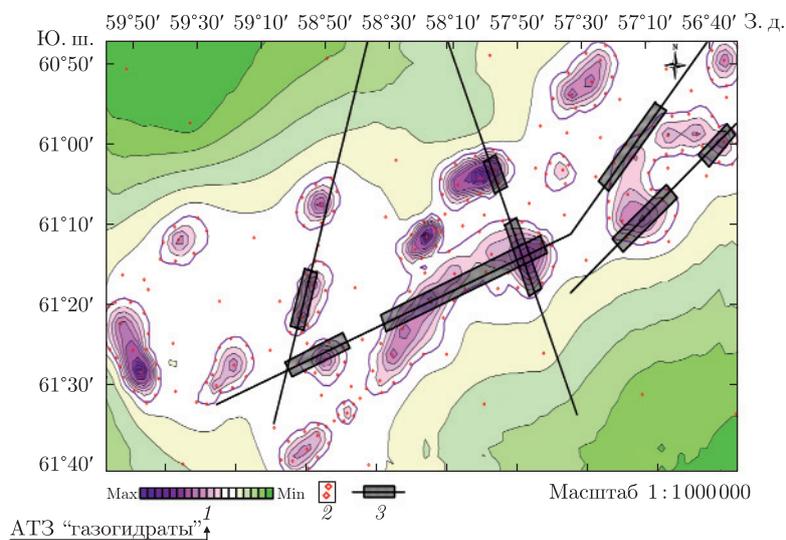


Рис. 3. Карта аномальных зон типа отложения газогидратов, построенная по результатам специальной обработки спутниковых данных (район исследований Южно-Шетландские о-ва):

1 — шкала интенсивности аномального отклика; 2 — пункты определения значений аномального отклика; 3 — положение профилей сейсмической съемки с зонами существования BSR-границ [10, 11]

$1,5 \cdot 10^{16} \text{ м}^3$, хотя только около 10% разведанных месторождений (с гидратонасыщенностью более 20%) могут иметь промышленное значение [5, 6].

Процессы образования газогидратов определяются соответствующими термобарическими параметрами, наличием миграционных путей для достаточного количества газа и воды, химическим составом газов, соленостью поровой воды, присутствием коллекторов и покрышек [5–7]. Мощность зоны гидратообразования (ЗГО) существенным образом зависит от величины теплового потока; при его повышении мощность ЗГО уменьшается [8]. Наиболее надежно наличие такой зоны определяется по данным МОВ–ОГТ, которые четко фиксируют положение подошвы ЗГО сейсмической отражающей границей BSR (Bottom Simulating Reflector), субпараллельной рельефу дна [6–8].

На обширных участках континентальной окраины Антарктиды для существования газогидратов и формирования их залежей имеются все необходимые термобарические условия [6, 10, 11]. Особенности геодинамического режима в данном регионе определяются как сложным взаимодействием разновозрастных структур континентального и океанического типов, так и активным разломообразованием, связанным с региональными процессами рифтогенеза и взаимодействием структур в зоне крупного разлома Шеклтона [12]. По аналогии с другими окраинными зонами можно ожидать активное формирование выходов метана в узлах пересечений разновозрастных и разнонаправленных разрывных нарушений материковой окраины. Газогидраты района исследований сосредоточены преимущественно в аккреционной осадочной призме, а в пределах шельфа и глубоководного Южно-Шетландского желоба BSR-зоны не были выявлены [10, 11]. Если газовые гидраты существуют только там, где наблюдаются BSR-границы, то объем свободного газа под зонами стабильности газогидратов в этом районе может составить около $5 \cdot 10^{10} \text{ м}^3$, а объем метана — $(2,3–7,7) \cdot 10^{12} \text{ м}^3$ (при стандартных температуре, давлении и концентрации газогидратов, не превышающей по ориентировочным оценкам 6–9%) [10, 11].

Для 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) годы добыча газа составила более 12 млрд м^3 , при этом доля гидратного газа — 53,5%, а свободного (подгидратного) — 46,5% [6].

Для участков распространения BSR-зон на континентальной окраине вблизи Южно-Шетландских островов по спутниковым данным были выделены аномальные зоны типа залежь газогидратов (рис. 3), которые удовлетворительно коррелируют с BSR-зонами [10, 11]. Аномальные зоны другого типа (залежь газа и залежь нефти) в пределах обследованного участка не обнаружены. Такое распределение аномалий может быть вызвано тем, что свободный газ под BSR-зонами имеет концентрацию, недостаточную для его картирования по спутниковым данным, а также тем, что газогидраты являются достаточно прочным флюидоупором свободных газов, препятствующим их миграции в осадочную толщу в указанных зонах.

Часть “спутниковых” аномалий выделена за пределами профилей съемки или частично совпадает с ранее выделенными зонами существования слабых BSR-границ (см. рис. 3). Эти результаты подтверждают предположения о том, что Антарктика может считаться районом формирования крупных скоплений газогидратов с расчетными запасами, сравнимыми с запасами известных месторождений газогидратов хр. Блейк и жел. Нансей [11].

Использование предложенных технологий, особенно на ранних стадиях исследований, дает возможность не только выделить перспективные участки, но и оценить возможные

риски при их разведке и промышленной разработке, что является особенно актуальной задачей для обеспечения экологической безопасности проводимых исследований газогидратоносных толщ в структурах шельфовых зон материковых окраин.

Таким образом, результаты выполненных геофизических исследований, изложенных в настоящем сообщении, позволяют сделать следующие выводы:

В структурах материковой окраины Антарктического полуострова впервые выявлена аномалия типа залежь и выделены (методом ВЭРЗ) АПП типа залежь углеводородов.

Комплексирующие технологии обработки спутниковых данных методами СКИП–ВЭРЗ дает возможность повысить эффективность решения разнообразных геолого-геофизических задач, а также оценить реальные риски выполнения последующих поисковых и буровых работ. В результате интерпретации региональных спутниковых данных в районе Антарктического полуострова обнаружены и закартированы аномальные зоны типа залежь нефти и залежь газогидратов.

Результаты применения новых методов обнаружения и картирования месторождений УВ подтверждают высокий нефтегазовый потенциал структур материковой окраины в районе Антарктического полуострова и необходимость его дальнейшего изучения для обеспечения экологической безопасности при освоении изученных акваторий.

1. Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н. и др. Поиск и разведка скоплений нефти и газа геоэлектрическими методами // Газ. пром-сть. – 2007. – № 4. – С. 22–28.
2. Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н. Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков // Геоинформатика. – 2010. – № 3. – С. 22–43.
3. Левашов С. П., Базматов В. Г., Корчагин И. Н. и др. Геоэлектрические исследования во время проведения сезонных работ 11-й Украинской антарктической экспедиции // Там само. – 2006. – № 2. – С. 24–33.
4. Ростовцев В. В., Лайнвебер В. В., Ростовцев В. Н. К большой нефти России // Геоматика. – 2011. – № 1. – С. 60–62.
5. Макогон Ю. Ф. Газогидраты. История изучения и перспективы освоения // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2010. – № 2. – С. 5–21.
6. Шнюков Е. Ф., Гожик П. Ф., Краюшкин В. А. В трех шагах от субмаринной добычи газогидратов // Там же. – 2007. – № 2. – С. 32–51.
7. Анфилатова Э. А. Аналитический обзор современных зарубежных данных по проблеме распространения газогидратов в акваториях мира // Нефтегаз. геология. Теория и практика. – 2008. – № 3. – С. 1–8.
8. Кутас Р. И., Коболев В. П., Цвященко В. А. и др. Геотермические аспекты образования газогидратов в Черноморской впадине // Геофиз. журн. – 1996. – 18, № 3. – С. 20–28.
9. Naacke R. Ross., Westbrook G. K., Hyndman Roy D. Gas hydrate, fluid flow and free gas: Formation of the bottom-simulating reflector // EPSL. – 2007. – 261, No 2. – P. 407–420.
10. Jin Y. K., Lee M. W., Kim Y. et al. Gas hydrate volume estimations on the South Shetland continental margin, Antarctic Peninsula // Antarct. Sci. – 2003. – 15, No 2. – P. 271–282.
11. Tinivella U., Accaino F., Camerlenghi A. Gas hydrate and free gas distribution from inversion of seismic data on the South Shetland margin (Antarctica) // Mar. Geophys. Res. – 2002. – 23. – P. 109–123.
12. Удинцев Г. Б., Шенке Г. В. Очерки геодинамики Западной Антарктики. – Москва: ГЕОС, 2004. – 132 с.

*Институт геофизики им. С. И. Субботина
НАН Украины, Киев*

*Институт прикладных проблем экологии,
геофизики и геохимии, Киев*

*Центр менеджмента и маркетинга в области
наук о Земле Института геологических наук
НАН Украины, Киев*

Поступило в редакцию 13.01.2012

І. М. Корчагін, С. П. Левашов,
член-кореспондент НАН України **М. А. Якимчук, В. Д. Соловйов,**
Д. М. Божежа

Результати експериментальних геоелектричних та дистанційних досліджень при пошуках скопчень вуглеводнів у структурах континентальної окраїни Західної Антарктики

Наведено результати експериментальної апробації в морських акваторіях Антарктичного півострова мобільної технології пошуків скопчень вуглеводнів (ВВ) різного типу. Технологія включає нетрадиційні геоелектричні методи становлення короткоімпульсного поля та вертикального електрорезонансного зондування, а також оригінальний метод обробки та інтерпретації даних дистанційного зондування Землі. Нова технологія дозволяє оперативно виявляти й картувати аномальні зони типу поклад нафти і/або типу поклад газу, які зумовлені скопченнями ВВ різних розмірів при різних (у тому числі і нульових) значеннях пластового тиску флюїдів. Виконано аналіз даних геофізичних досліджень, проведених у 2006–2010 рр., на ВВ в районі Антарктичного півострова, побудовано глибинні розрізи земної кори структур антарктичного шельфу. В районі УАС “Академік Вернадський” за результатами обробки та інтерпретації супутникових даних виявлено аномалії типу поклад, на континентальній окраїні Південно-Шетландських островів — аномальні зони типу поклад газогідратів. Результати досліджень підтверджують високий вуглеводневий потенціал структур дна Західної Антарктики.

I. N. Korchagin, S. P. Levashov,
Corresponding Member of the NAS of Ukraine **N. A. Yakymchuk, V. D. Solovyev,**
D. N. Bozhezha

Results of experimental geoelectric and remote investigations during the hydrocarbon accumulation searching in the structure of continental margins of West Antarctica

The results of experimental testing of a mobile technology of “direct” searching for hydrocarbon accumulations of various types in the offshore of the Antarctic Peninsula are given. The technology includes the unconventional geoelectrical methods of formation of short-pulsed fields and vertical electric-resonance sounding and an original method of processing and interpretation of remote sensing data. The technology allows one to detect and to map operatively the anomalous zones of the “oil pool” and (or) “gas pool” type, which are caused by hydrocarbon accumulations of different sizes for different (including zero) values of reservoir pressure of fluids. The results of investigations in 2006–2010 for oil and gas in the Antarctic Peninsular region are given. The anomalous zones of the “oil deposit” type were mapped also on the Antarctic Peninsula offshore in the region of UAS “Academician Vernadsky”. Anomalous zones of the “gas hydrate deposit” type were revealed on the South Shetland margin. The results confirm the high oil and gas potential of the West Antarctica region.