



УДК 551.24+550.831+553.98

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

Газогидраты в структурах дна континентальных окраин Антарктики (по результатам геофизических исследований)

Систематизированы данные о расположении BSR-зон и возможных скоплениях газогидратов в структурах пассивных континентальных окраин Антарктики. Показана эффективность новой инновационной технологии комплексирования геоэлектрических и дистанционных геофизических методов для изучения скоплений газогидратов и построения детальных глубинных разрезов, содержащих аномально-поляризованные пласты типа залежь газогидратов. Важной особенностью предложенной технологии является возможность ее использования в качестве независимого индикатора обнаружения скоплений газогидратов на участках со слабовыраженными BSR-границами разного генезиса. Подтверждено, что изученный участок вблизи Южных Шетландских островов может считаться одним из перспективных (наряду с участками шельфа западной части моря Росса) районов скопления газогидратов в Антарктике.

Геолого-геофизические работы в районах континентальных окраин Антарктического полуострова, перспективных с точки зрения формирования важнейших видов полезных ископаемых, периодически выполняются украинскими специалистами на протяжении последних 15 лет и являются одним из основных направлений Государственной программы исследований Украины в Антарктике на 2011–2020 гг. Во время проведения сезонных работ (2004, 2006, 2012) был выполнен значительный объем геофизических исследований в Западной Антарктике, в т. ч. методом вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) и методом частотно-резонансной обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [1, 2]. В 2012 г. были получены новые данные о глубинном положении и мощности отдельных пластов газогидратов в структурах материковой окраины Антарктического полуострова, что позволяет говорить о возможности привлечения нового комплекса геофизических методов в качестве индикатора при поисках и картировании газогидратов различного генезиса. Важной особенностью применения этих методов является возможность выделения в породах осадочного чехла границ BSR (Bottom Simulating Reflector), обусловленных именно скоплениями газогидратов.

© С. П. Левашов, Н. А. Якимчук, И. Н. Корчагин, В. Г. Бахмутов, В. Д. Соловьев, Д. Н. Божежа, 2015

Наличие гидратной зоны в разрезе достаточно уверенно определяется по данным МОБ–ОГТ, которые определяют положение сейсмической отражающей BSR-границы, субпараллельной рельефу дна и расположенной в нижней части зоны гидратообразования [3–6].

По результатам сейсмических исследований в структурах материковых окраин Антарктики ранее был выявлен ряд участков, в пределах которых обнаружены BSR-зоны различного генезиса (рис. 1). Участки развития этих зон в пределах материкового склона в зал. Прюдс, море Уэдделла и прол. Дрейка (на континентальной окраине Антарктического полуострова) отнесены к так называемым диагенетическим разделам, представленным в разрезе серией тонких кремнистых слоев вблизи глубинных поверхностей тектонического срыва [7].

Значительный объем сейсмических исследований выполнен в западной части моря Росса, где были выделены не только зоны BSR-отражений, но и дополнительные границы (BSR0), расположенные ниже зоны стабильности газогидратов (рис. 2). Сейсмические характеристики горизонта (между разделами BSR и BSR0) дают основания предполагать наличие в разрезе свободного газа [3].

Наиболее крупными и изученными сейсмическими методами являются скопления газогидратов вблизи Южных Шетландских островов в прол. Дрейка [2–6] (рис. 3).

Масштабными сейсмическими работами, проведенными в 1996–1997 гг. и 2003–2004 гг., здесь была выявлена обширная область существования BSR-зон, соотносимая с формированием скоплений газогидратов [3–6]. Результаты этих исследований указывают на наличие больших скоплений газогидратов (на глубине 1000–4800 м), общее количество которых на изученном участке может составить $(1,6–2,0) \cdot 10^{10} \text{ м}^3$, а объем газа в них — $(1,68–2,8) \cdot 10^{12} \text{ м}^3$ [4–6].

Для участков распространения BSR-зон на континентальной окраине вблизи Южно-Шетландских островов были проинтерпретированы спутниковые данные, что позволило выделить несколько новых аномальных зон типа залежь газогидратов. Основная часть выделенных аномалий пространственно совпадает с положением BSR-зон, ранее определенных по сейсмическим работам [2, 5, 6]. В восточной части участка выявлен ряд дополнительных аномалий в местах, где эти работы не проводились.

Во время проведения сезонных работ 2012 г. для части спутниковых аномалий типа залежь газогидратов, приуроченных к материковому склону Южно-Шетландских островов, выполнены зондирования на 33 пунктах ВЭРЗ (рис. 4). По результатам этих исследований были определены параметры двух аномально поляризованных пластов мощностью 100–500 м, залегающих на глубине от 2500 до 5000 м при глубинах дна 2000–4000 м. Верхняя кромка пластов отмечается на глубине от 400 до 900 м ниже уровня дна. Параметры выделенных пластов могут быть в значительной степени искажены, поскольку предполагается, что в формировании скопления газогидратов здесь участвует смесь газов с метаном, этаном, пропаном, бутаном, пентаном и другими. Не исключено, что в состав выделенного пласта газогидратов мог частично войти и подгидратный газ, особенно в тех его частях, где мощность выделенной толщи достигает 400–500 м.

Наличие сети крупных и мелких тектонических нарушений чехла осадков с достаточно высокой проницаемостью создает необходимые условия для циркуляции флюидов, внедряющихся под высоким давлением. При региональной реактивации палеоразломов и ослабленных зон происходили неоднократные внедрения растворов, способствовавших накоплению газов и формированию скоплений газогидратов в структурах пассивной континентальной окраины. Подобные результаты получены и для структур дна моря Росса, где глу-

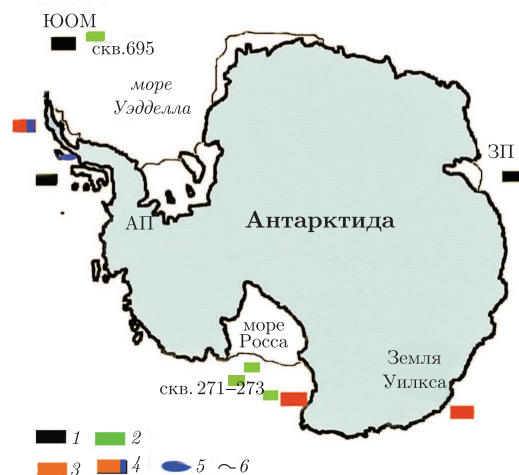


Рис. 1. Схематическая карта расположения участков обнаружения сейсмических BSR-зон и мест выхода метана по данным геолого-геофизических исследований разных лет [3–7].

Условные обозначения: 1 — BSR-зоны, возможно не связанные с газогидратами; 2 — места наличия метана по данным бурения скважин (DSDP 271–273, ODP 695); 3 — скопления газогидратов по сейсмическим данным (BSR-зоны); 4 — скопления газогидратов по материалам сейсмических (BSR-зоны), геоэлектрических (аномалии ВЭРЗ) и дистанционных исследований; 5 — скопления газогидратов по материалам геоэлектрических (аномалии ВЭРЗ) и дистанционных исследований; 6 — границы шельфа.

ЮОМ — Южно-Оркнейский микроконтинент; АП — Антарктический полуостров; ЗП — зал. Прюдс

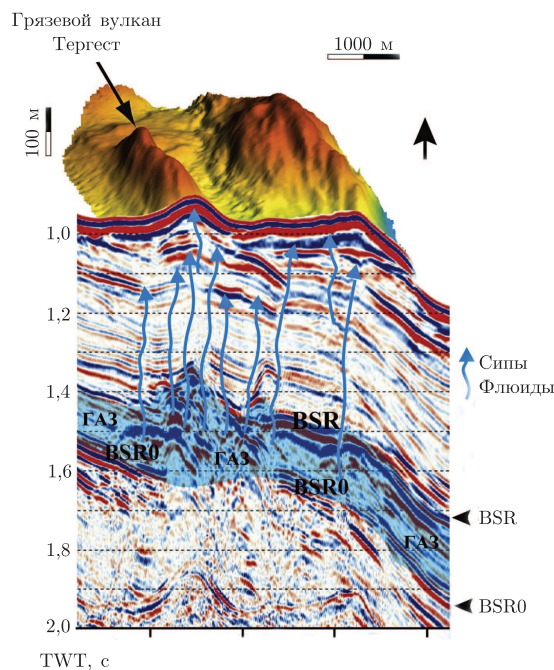


Рис. 2. Схематический разрез вдоль профиля через зону грязевого вулкана Тергест в море Росса, по [4]. Показано положение глубинных границ BSR и BSR0, фиксирующих положение ЗГО в разрезе

Ю. ш.

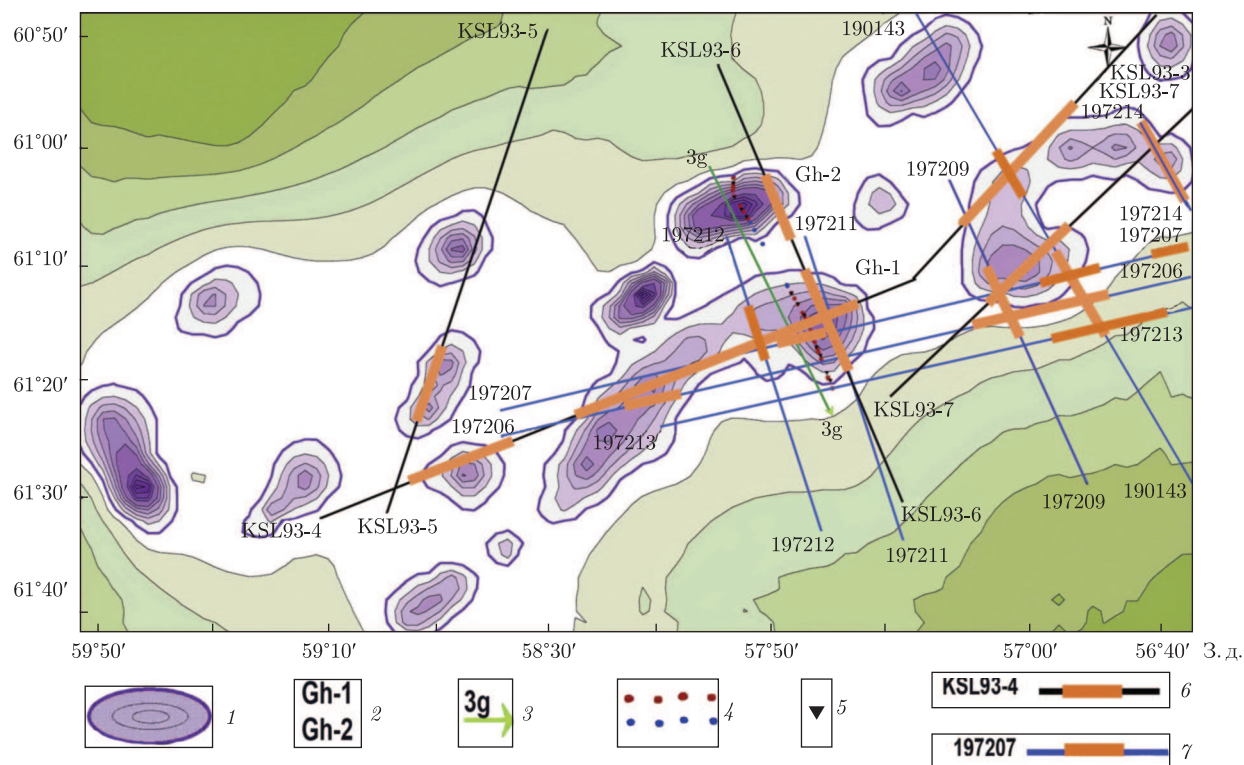


Рис. 3. Карта геоэлектрических аномальных зон типа залежь газогидратов на материковом склоне вблизи Южных Шетландских островов (по результатам обработки и дешифрирования данных ДЗЗ, 2012 г.).

Условные обозначения: 1 — аномальные зоны типа залежь газогидратов по результатам обработки и дешифрирования данных ДЗЗ; 2 — аномальные зоны типа залежь газогидратов, зарегистрированные морской геоэлектрической съемкой; 3 — профиль зондирования ВЭРЗ; 4 — точки съемки методом СКИП (красные — положительные значения, синие — отрицательные); 5 — пункты ВЭРЗ; 6 — положение сейсмических профилей с BSR-зонами [2]; 7 — положение сейсмических профилей с BSR-зонами, по [5, 6]

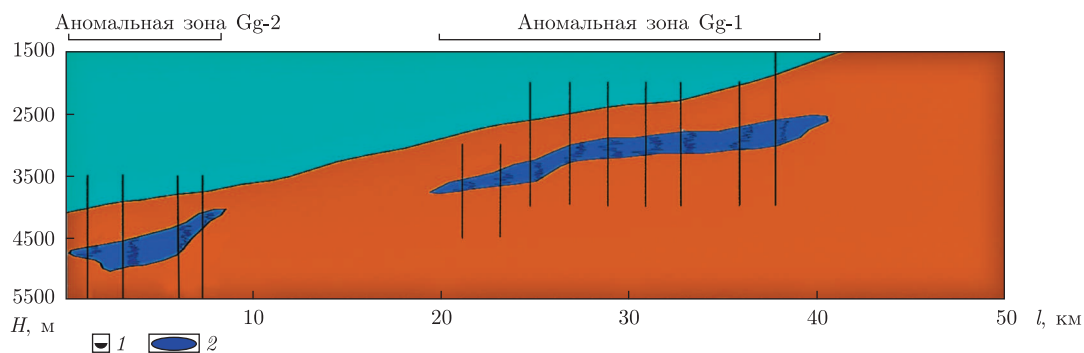


Рис. 4. Вертикальный разрез вдоль геоэлектрических аномальных зон типа залежь газогидратов (Gh-1, Gh-2) на материковом склоне вблизи Южных Шетландских островов.

Условные обозначения: 1 — зоны аномально поляризованных пластов типа залежь газогидратов; 2 — пункты ВЭРЗ.

Положение аномальных зон показано на рис. 3

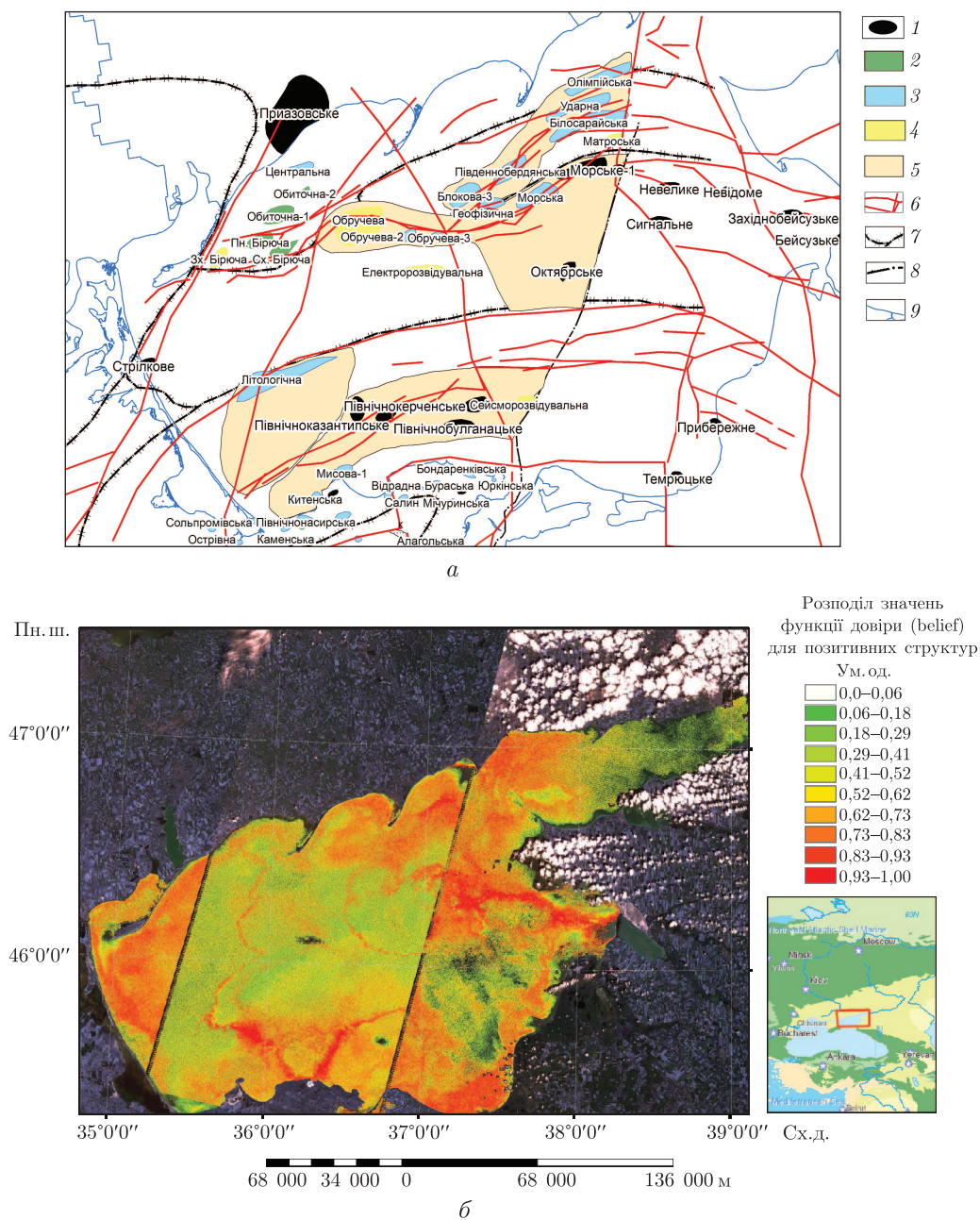


Рис. 2. Азовське море.

а: Карта родовищ та нафтогазоперспективних структур з нафтогазоперспективними ділянками, виявленими за комплексною методикою: 1 — газові та нафтогазові родовища; 2 — структури, що підготовлені до буріння; 3 — структури, що виявлені геофізичними методами; 4 — структури, що перебувають у бурінні; 5 — нафтогазоперспективні ділянки, визначені за комплексною методикою (О. В. Седлєрова, 2010 р.); 6 — глибинні розломи, згідно з геофізичними даними; 7 — границі тектонічних елементів; 8 — міждержавна економічна границя; 9 — берегова лінія.

б: Розподіли функції довіри схожості з позитивними структурами для акваторії Азовського моря на основі математичної теорії свідчень Демпстера–Шейфера

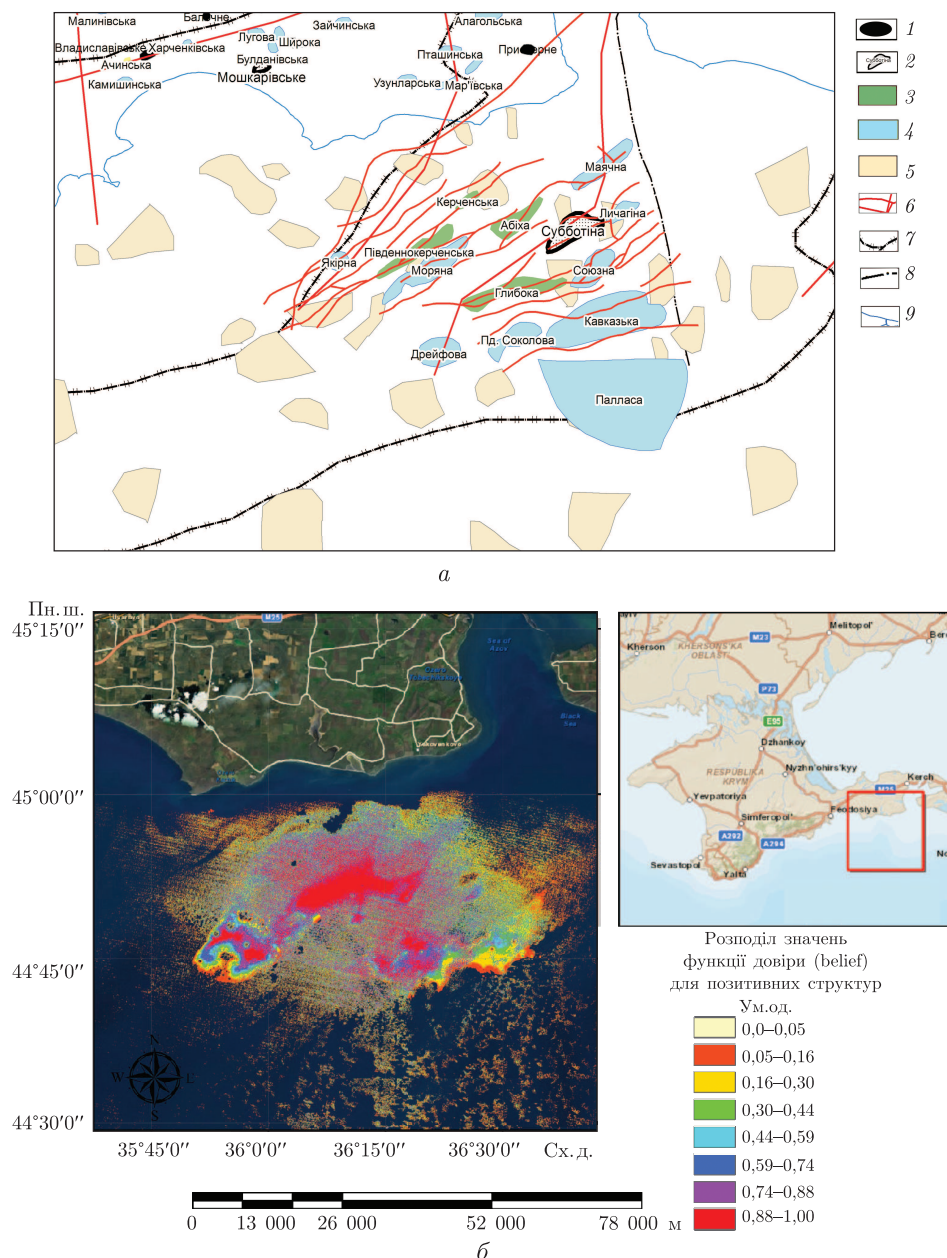


Рис. 3. Прикерченський шельф Чорного моря.

а: Карта родовищ та нафтогазоперспективних структур з нафтогазоперспективними ділянками, виявленими за комплексною методикою: 1 — газові та нафтогазові родовища суходолу; 2 — нафтогазове родовище Субботіна; 3 — структури, що підготовлені до буріння; 4 — структури, що виявлені геофізичними методами; 5 — нафтогазоперспективні ділянки, що визначені за комплексною методикою (О.В. Седлєрова, 2011 р.); 6 — глибинні розломи, згідно з геофізичними даними; 7 — границі тектонічних елементів; 8 — міждержавна економічна границя; 9 — берегова лінія.

б: Розподіли функції довіри схожості з позитивними структурами прикерченського шельфу Чорного моря на основі математичної теорії свідчень Демпстера–Шейфера

бина формирования поднимающихся флюидов также значительно превышает глубину зон BSR-отражений. Общими для этих структур континентальной окраины Антарктики, как и для других подобных структур Мирового океана, является достаточно тесная пространственная, а возможно и генетическая, связь грязевых вулканов с выявленными участками BSR-отражений и местами формирования скоплений газогидратов.

Таким образом, согласно результатам проведенных исследований, показана эффективность новой инновационной технологии для обнаружения скоплений газогидратов и построения детальных глубинных характеристик разрезов, содержащих аномально поляризованные пласты типа залежь газогидратов. Полученные данные можно использовать в качестве дополнительного и независимого индикатора обнаружения скоплений газогидратов на участках с BSR-границами разного генезиса. Дистанционный метод может применяться и при поисках газогидратов в условиях отсутствия сейсмических данных о BSR-границах, что подтверждено его эффективностью при проведении рекогносцировочных работ на углеводороды в отдаленных районах Антарктики.

Полученные независимые данные подтверждают перспективность участка материковой окраины вблизи Южных Шетландских островов (наряду с морем Росса) на скопления газогидратов в Антарктике. В ходе проведения работ выделены общие элементы, характеризующие образование газогидратов в осадочных толщах моря Росса и прол. Дрейка (связь с активной грязевулканической деятельностью; наличие сети тектонических нарушений, контролирующих положение и мощность газогидратов; наличие участков, где наблюдаются BSR-зоны, осложненные BSR0-отражениями).

Приведенные данные могут указывать на общность региональных факторов формирования газогидратов в результате поступления глубинных углеводородов в структуры континентальных окраин Антарктики.

1. Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н. и др. Методические аспекты применения технологии обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли при проведении поисковых работ на нефть и газ в акваториях // Геоинформатика. – 2012. – № 1. – С. 5–16.
2. Solovyov V. D., Bakhmutov V. G., Korchagin I. N. et al. Gas Hydrates Accumulations on the South Shetland Continental Margin: New Detection Possibilities // J. Geol. Res. – 2011. – P. 97–115.
3. Geletti R., Busetti M. A double bottom simulating reflector in the western Ross Sea, Antarctica // J. Geophys. Res. – 2011. – **116**. – B04101.
4. Jin Y. K., Lee M. W., Kim Y. et al. Gas hydrate volume estimations on the South Shetland continental margin, Antarctic Peninsula // Antarctic Sci. – 2003. – **15**, No 2. – P. 271–282.
5. Loreto M. F., Tinivella U., Accaino F. et al. Offshore Antarctic Peninsula Gas Hydrate Reservoir Characterization by Geophysical Data Analysis // Energy. – 2011. – **4**. – P. 39–56.
6. Tinivella U., Accaino F., Camerlenghi A. Gas hydrate and free gas distribution from inversion of seismic data on the South Shetland margin (Antarctica) // Marine Geophys. Res. – 2002. – **23**. – P. 109–123.
7. Kvenvolden K. A., Lorenson T. D. The global occurrence of natural gas hydrate // Natural Gas Hydrates, Occurrence, Distribution / Ed. C. K. Paull, W. P. Dillon. – Vol. 124. – Washington: DC, USA, 2001. – P. 3–18.

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

*Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле
Института геологических наук НАН Украины, Киев
Институт геофизики им. С. И. Субботина
НАН Украины, Киев*

Поступило в редакцию 27.11.2014

С. П. Левашов, член-кореспондент НАН України М. А. Якимчук,
І. М. Корчагін, В. Г. Бахмутов, В. Д. Соловійов, Д. М. Божежа

Газогідрати в структурах дна континентальних окраїн Антарктики (за даними геофізичних досліджень)

Систематизовано дані про розташування BSR-зон та можливих скопчень газогідратів у структурах пасивних континентальних окраїн Антарктики. Показано ефективність нової інноваційної технології комплексування геоелектричних і дистанційних геофізичних методів для вивчення скопчень газогідратів та побудови детальних глибинних розрізів, що містять аномально-поляризовані пласти типу поклад газогідратів. Важливою особливістю запропонованої технології є можливість її використання як незалежного індикатора виявлення скопчень газогідратів на ділянках із слабовираженими BSR-зонами різного генезису. Підтверджено, що досліджена ділянка поблизу Південних Шетландських островів може вважатися одним із перспективних (разом з ділянками шельфу західної частини моря Росса) районів скопчень газогідратів у Антарктиці.

S. P. Levashov, Corresponding Member of the NAS of Ukraine N. A. Yakimchuk,
I. N. Korchagin, V. G. Bakhmutov, V. D. Solovyov, D. N. Bozhezha

Gas hydrates of the Antarctic continental margin bottom structures (by geophysical data)

New data on the location of BSR-zones and possible accumulations of gas hydrates in the structures of passive continental margins of the Antarctica are summarized. The efficiency of the new innovative technology of geoelectric and remote geophysical methods used for the study of gas hydrate accumulations and for the building of deep cuts with abnormally polarized layers of the deposit of gas hydrates is shown. An important feature of this technology is that the results obtained can be used as an independent indicator for detecting the gas hydrates in the areas with low amplitude BSR-boundaries of different geneeses. It is shown that the region near the South Shetland Islands can be assigned to one of the most promising (with the shelf in the western part of the Ross Sea) areas of gas hydrate accumulations in the Antarctica.