

ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ УЧАСТКА В РАЙОНЕ ГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ Zohr НА ШЕЛЬФЕ ЕГИПТА В СРЕДИЗЕМНОМ МОРЕ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНЫМ МЕТОДОМ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ДЗЗ

С.П. Левашов^{1,2}, Н.А. Якимчук^{1,2}, И.Н. Корчагин³, Д.Н. Божежа²

¹Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, пер. Лабораторный, 1, Киев 01133, Украина

²Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАН Украины, пер. Лабораторный, 1, Киев 01133, Украина

³Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, просп. Акад. Палладина, 32, Киев 03680, Украина, e-mail: korchagin@karbon.com.ua

Анализируются результаты применения мобильного прямопоискового метода частотно-резонансной обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для оперативной оценки перспектив нефтегазоносности отдельных структур и объектов на шельфе в районе пробуренной скважины в Средиземном море и в пределах четырех крупных поисковых блоков Баренцева моря. Экспериментальные исследования проведены с использованием мобильной технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ, которая является “прямым” методом поисков нефти и газа и работает в рамках “вещественной” парадигмы геофизических исследований. Разработанные на принципах этой парадигмы технологии и методы направлены на поиск конкретного (искомого в каждом конкретном случае) вещества – нефти, газа, газоконденсата, золота, цинка, урана и т. д. В Средиземном море в районе открытого компанией “Эни” крупного газового месторождения Zohr обнаружены и закартированы 3 аномальные зоны типа “залежь нефти и газа”. Исследованиями в районе месторождения установлены три интервала глубин поисков залежей углеводородов (УВ). Три поисковых интервала выделены также в пределах двух других аномалий. Одна из них закартирована на шельфе Кипра. В норвежской части бывшей “серой” зоны Баренцева моря выполнена обработка данных ДЗЗ в пределах четырех поисковых участков. Обнаружены и закартированы 2 аномальные зоны типа “газовая залежь” и 13 аномальных зон типа “газовая + конденсатная залежь”. Аномальные зоны являются, по сути, проекциями на земную поверхность контуров скоплений УВ в разрезе. Эта дополнительная информация может использоваться для приближенной оценки ресурсов УВ в пределах обследованных участков и структур. Начало освоения обследованных лицензионных блоков из обнаруженных аномальных зон позволит в целом существенно ускорить и оптимизировать поисковый процесс. Мобильная технология частотно-резонансной обработки и интерпретации (декодирования) данных ДЗЗ может применяться для оперативной оценки перспектив нефтегазоносности отдельных структур и поисковых площадей в морских и океанических акваториях, включая труднодоступные Арктический и Антарктический регионы.

Ключевые слова: мобильная технология, аномалии типа “залежь”, “нефть”, “газ”, “газоконденсат”, шельф, разломная зона, спутниковые данные, прямые поиски, обработка данных ДЗЗ, интерпретация.

Введение. В конце августа 2015 г. итальянская компания “Эни” объявила об открытии крупного (гигантского) газового месторождения Zohr в Средиземном море [14], что вызвало громадный резонанс в средствах массовой информации и освещается в электронных документах [15–16]. В многочисленных комментариях это событие (открытие) обсуждается и анализируется в различных аспектах – энергетическом, экономическом, политическом и др. В настоящей статье в оценку данного события вносится технологический аспект. Приводятся и анализируются результаты оперативно проведенной оценки перспектив нефтегазоносности относительно крупного участка в районе открытого месторождения с использо-

ванием прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки и декодирования данных ДЗЗ (спутниковых снимков) с целью “прямых” поисков и разведки горючих и рудных полезных ископаемых [3–5].

Проблема применения прямых методов поисков и разведки промышленных скоплений углеводородов (УВ) в настоящее время исключительно актуальна и в силу следующих обстоятельств. Во-первых, коэффициент успешности бурения скважин на сегодня невысокий и, согласно [1], в среднем составляет 30 %. Во-вторых, достаточно резкое и значительное падение цен на нефть вынуждает нефтяные и сервисные компании обращать должное внимание на ускорение и опти-

мизацию поисково-разведочного процесса на нефть и газ.

Объектом проведенных исследований является фрагмент лицензионного блока SHOROUK (шельф Египта, Средиземное море) [13], в пределах которого расположена структура Zohr, а также пробурена скважина Zohr 1X NFW – открывательница крупного газового месторождения.

Основные цели исследований следующие: а) оценка перспектив нефтегазоносности принятого для обследования участка в Средиземном море прямопоисковым частотно-резонансным методом обработки и декодирования данных ДЗЗ (спутниковых снимков) [3–5]; б) демонстрация практической возможности и объективной целесообразности (в очередной раз!) применения мобильных технологий “прямых” поисков и разведки скоплений УВ [3–5] в комплексе с традиционно используемыми геофизическими методами (в том числе сейсмическими) при проведении поисково-разведочных работ на шельфе в различных регионах земного шара.

О мобильной прямопоисковой технологии. Разработанная и активно используемая прямопоисковая технология включает частотно-резонансный метод обработки и интерпретации (декодирования) ДЗЗ [3–5], наземную площадную геоэлектрическую съемку методом становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП), метод вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) [2, 5], а также компьютеризованные аппаратные комплексы полевых наблюдений, программное обеспечение регистрации, обработки и интерпретации данных измерений, методику проведения полевых наблюдений. Входящие в технологию оригинальные методы СКИП и ВЭРЗ базируются на изучении геоэлектрических параметров среды в импульсных неустановившихся геоэлектрических полях, а также квазистационарного электрического поля Земли и его спектральных характеристик над залежами УВ.

Технология позволяет оперативно решать широкий комплекс поисковых и разведочных задач: а) выявлять и картировать аномалии типа “залежь” (АТЗ), которые могут быть обусловлены скоплениями УВ в разрезе; б) определять глубины залегания и мощности аномально поляризованных пластов (АПП) типа “нефть”, “газ” и др.; в) проводить в сжатые сроки рекогносцировочное обследование крупных по площади и труднодоступных нефтегазоперспективных территорий; г) выполнять детализационные работы на отдельных аномальных зонах и перспективных объектах с целью выбора мест заложения скважин, оценки прогнозных запасов УВ, принятия решений о направлениях дальнейших геолого-геофизических работ и бурения; д) находить и картировать в пределах шахтных полей зоны повышенного газонасыще-

ния в угольных пластах и вмещающих их породах; е) картировать соляные купола и пласты; ж) изучать надсолевые и подсолевые (подкарнизные) залежи УВ; з) картировать разломные зоны и скопления УВ в нарушенных частях кристаллического фундамента; и) проводить нефтегазопроисковые работы с борта судна в акваториях морей; и др.

Метод частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ технологии активно применяется авторами с 2010 г. [3–5]. Он позволяет оперативно проводить поиски конкретных полезных ископаемых в различных регионах земного шара по характерным для них резонансным частотам в лабораторных условиях. Конкретные значения резонансных частот для разных полезных ископаемых (нефть, газ, уран, золото, вода, цинк и т. д.) определены на их образцах и используются при обработке и дешифрировании данных ДЗЗ.

Для частотно-резонансной обработки используются многозональные снимки, полученные различными спутниками, и в большинстве случаев снимки, которые имеются в открытом доступе. При рекогносцировочном обследовании крупных участков и при обработке данных ДЗЗ в масштабе мельче 1 : 50 000 могут использоваться снимки со спутников Landsat-5 и Landsat-7 с разрешением 30 м/пиксел. При поисках небольших объектов обработка данных ДЗЗ должна проводиться в более крупных масштабах и требует снимков высокого разрешения – 2,5–1 м/пиксел.

В рамках технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ в целом особое место занимает методика оценки максимальных значений пластового давления флюидов в коллекторах [4]. Во-первых, ее применение позволяет существенно сузить площадь поисков залежей УВ, а, следовательно, и участков для заложения поисковых скважин. Во-вторых, по полученным в результате оценкам пластовых давлений флюидов могут быть сформированы предварительные предположения о глубинах залегания залежей УВ. В-третьих, при отсутствии в пределах обнаруженных и закартированных аномальных зон типа “залежь” участков с относительно повышенными значениями пластового давления флюидов такие участки (аномалии) исключаются из перечня объектов, заслуживающих первоочередного детального изучения и разбуривания.

Оценки максимальных значений пластового давления, в которых достаточно часто строятся аномальные зоны типа “залежь нефти (газа)”, это некоторая комплексная величина, которая зависит от давления газа, находящегося во флюиде или в свободном виде в коллекторе, а также от его количества, т. е. от пористости пород. Поэтому на краях аномальных зон значения этого параметра уменьшаются, хотя глубины на краях могут и увеличиваться. В зонах отсутствия газа давление не оценивается.

Целесообразно отметить, что летом 2015 г. была апробирована и начала применяться усовершенствованная методика оценки значений пластового давления в отдельных интервалах. Суть ее состоит в том, что с учетом значений гидростатического давления анализируется весь интервал разреза, интересующий исследователей в каждом конкретном случае (например, от поверхности до глубины 6 км). В этой ситуации процесс регистрации аномальных откликов не прекращается даже при их отсутствии на определенных интервалах разреза. Проведенные эксперименты показали, что такой методический прием вполне оправдан – аномальные отклики в пределах многих обнаруженных аномальных зон зафиксированы на различных интервалах (сегментах) резонансных частот. Таким образом, усовершенствованная методика оценки значений пластовых давлений дает возможность обнаруживать прогнозируемые залежи УВ в различных горизонтах разреза и приближенно оценивать глубины их залегания.

Поскольку частотно-резонансным методом обработки данных ДЗЗ регистрируются аномальные эффекты (отклики) на резонансных частотах “большого количества” конкретного (искомого) вещества, картируемые этим методом аномалии можно считать проекциями на земную поверхность “прогнозируемых месторождений (скопления) УВ (нефти, газа, конденсата)”.

Мобильная прямопоисковая технология широко апробирована на известных месторождениях нефти и газа, а также на поисковых площадях и блоках в различных регионах земного шара. В публикациях [2–10, 17] описано значительное количество примеров практического применения этой мобильной технологии в различных странах



Рис. 1. Положение лицензионного блока 9 (SHOROUK) на шельфе Египта [13]

и регионах мира (как на суше, так и в морских акваториях).

Следует отметить, что используемые мобильные методы разрабатывались экспериментальным путем. В последнее время авторами проводятся также исследования с целью теоретического обоснования применяемых методов. Некоторые разработки в этом направлении исследований в тезисной форме сформулированы в статье [11].

Исходные материалы. Необходимая для проведения исследований информация (в том числе координаты контура участка, а также скважин в его пределах) заимствованы из информационных материалов на различных сайтах Интернет. Положение лицензионного блока SHOROUK на шельфе Египта показано на рис. 1 [13]. Площадь блока 3765 км². Карта-схема сейсмических профилей, отработанных в пределах блока [13], представлена на рис. 2. Она дает возможность сформировать

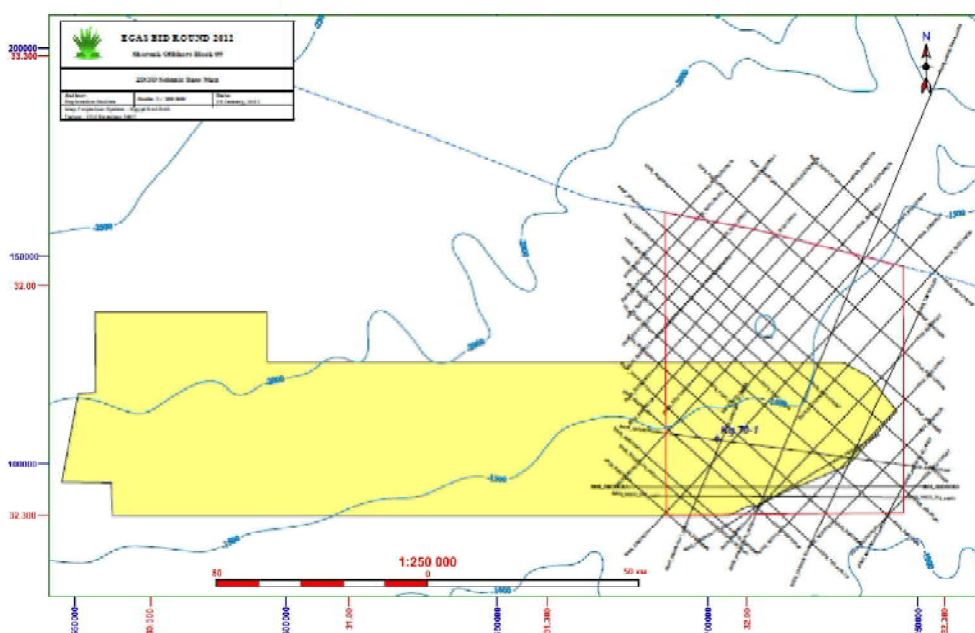


Рис. 2. Карта-схема сейсмических профилей, отработанных в пределах лицензионного блока 9 на шельфе Египта [13]

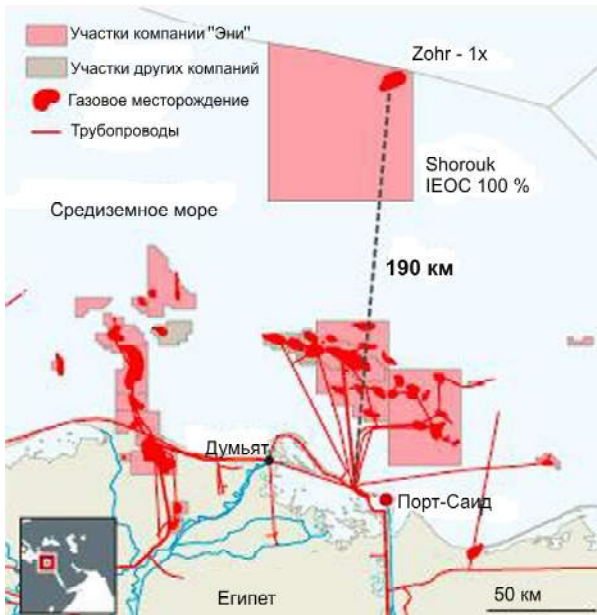


Рис. 3. Положение структуры (месторождения) Zohr в пределах лицензионного блока 9 [15]

представление об объеме проведенных в пределах блока сейсмических исследований. В юго-западной части блока компанией “Шелл” пробурена скважина Kg 70-1 глубиной 6014 м (рис. 2). Координаты лицензионного блока SHOROUK (рис. 1, 2) также приводятся в документе [13]. Приблизительное положение структуры Zohr в пределах участка обследования показано на рис. 3, обнаруженном в документе [14]. Местоположение скважины Zohr 1X NFW установлено по спутниковым снимкам.

Результаты исследований. Для проведения исследований были использованы снимки со спутника Landsat-8, находящиеся в открытых источниках. Для частотно-резонансной обработки был принят фрагмент участка площадью 2200 км², на котором структура Zohr находится в центре снимка (рис. 4). Обработка снимка проводилась в масштабе 1 : 150 000, что позволяет выделять аномальные объекты размерами более 1 км². На снимок с

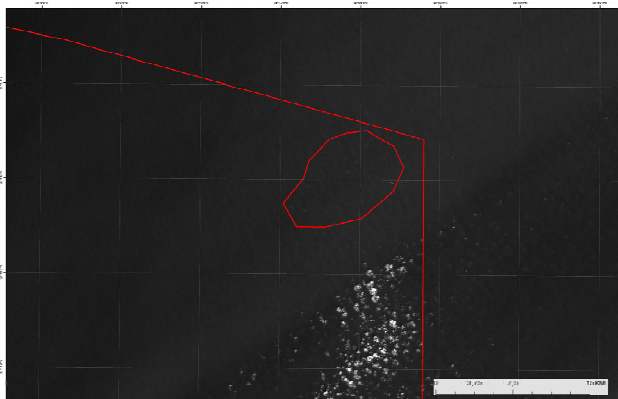


Рис. 4. Спутниковый снимок фрагмента лицензионного блока SHOROUK (шельф Египта), в пределах которого расположена структура Zohr и пробурена скважина Zohr 1X NFW. Масштаб обработки 1 : 150 000

севера и востока попали фрагменты участков, расположенных в пределах других лицензионных блоков, в том числе шельфе Кипра.

Результаты частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ участка расположения структуры Zohr и пробуренной скважины Zohr 1X NFW в графическом виде представлены на рис. 5.

Обработка (декодирование) подготовленного спутникового снимка (см. рис. 4) на первом этапе исследований проводилась в следующей последовательности. Сначала на резонансных частотах газа были выявлены и закартированы аномальные зоны типа “залежь газа”. На рис. 5 – это внешние контуры обнаруженных аномальных зон. Затем в контурах аномалий регистрировались аномальные отклики на резонансных частотах нефти. Такие отклики были зафиксированы в центральных частях аномальных зон (темные контуры на рис. 5). В пределах данных контуров зарегистрированы аномальные отклики и на резонансных частотах серы, достаточно часто содержащейся в нефти. Следовательно, аномальные отклики на резонансных частотах серы повышают вероятность (достоверность) наличия нефти в разрезе. В самом центре обнаруженных аномалий были зафиксированы аномальные отклики и на резонансных частотах газоконденсата. Все вместе позволяет сделать вывод, что в пределах обнаруженных аномальных зон в разрезе могут быть залежи нефти.

Скважина пробурена на краю аномальной зоны, где аномальные отклики на резонансных частотах нефти и газоконденсата не фиксируются.

На следующем этапе обработки в пределах обнаруженных аномальных зон оценивались значения (интервалы значений) пластового давления флюидов в коллекторах только в одном (верхнем)

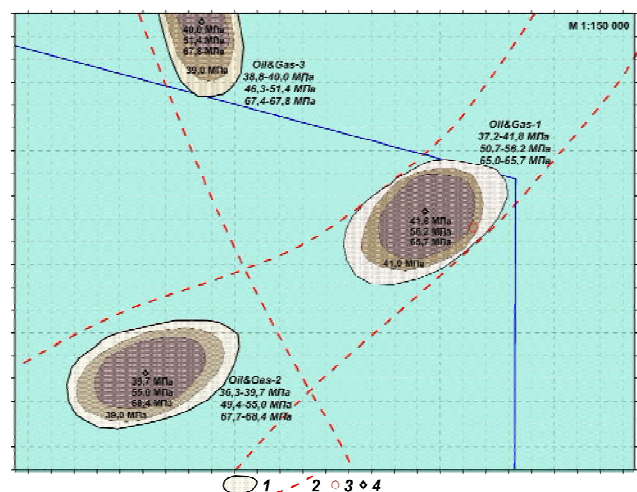


Рис. 5. Карта геоэлектрических аномальных зон типа “залежь УВ” в районе структуры Zohr и пробуренной скважины Zohr 1X NFW (лицензионный блок SHOROUK, шельф Египта): 1 – контуры аномальных зон типа “залежь УВ”; 2 – тектонически ослабленные зоны; 3 – положение скважины Zohr 1X NFW (плавучей буровой платформы); 4 – центральная точка аномальной зоны

интервале (см. рис. 5, вторая строка под идентификатором (названием) аномальной зоны).

Площадь обследования, представленная на рис. 5, равна 2200 км². На ней обнаружено и закартировано три аномальные зоны типа “залежь нефти и газа”. Площади аномальных зон и оценки интервала пластовых давлений в их пределах следующие: Oil&Gas-1 – 105 км², 37,2–41,8 МПа; Oil&Gas-2 – 104 км², 36,3–39,7 МПа; Oil&Gas-3 – 42 км², 38,8–40,0 МПа. Суммарная площадь всех аномалий 251 км², что к площади обследованного участка составляет: $251/2200 = 11,41\%$.

Дополнительная обработка спутникового снимка. В пресс-релизе компании “Эни” [13] имеется информация, что в пределах структуры Zohr выявлено и более глубокое меловое поднятие, которое также предполагается разбурить. В связи с этим, а также с учетом регистрации в центральных частях обнаруженных аномалий аномальных откликов на резонансных частотах нефти и газоконденсата на втором этапе работ дополнительно была проведена оценка пластовых давлений в нижних горизонтах разреза примерно до глубины 7 км. Предыдущие оценки получены до глубины порядка 4,2 км (рис. 5).

В результате проведенной обработки в нижней части разреза дополнительно выделены еще два интервала прогнозируемого нефтегазонасыщения! (см. рис. 5, третья и четвертая строки под идентификаторами аномальных зон; в центральных точках аномальных зон указаны максимальные значения пластового давления во всех трех обнаруженных интервалах нефтегазонасыщения).

В двух интервалах в нижней части разреза могут быть обнаружены нефть и газоконденсат.

Комментарии к полученным результатам.

1. В пресс-релизе компании “Эни” [13] приводятся следующие сведения об участке бурения скважины: а) площадь структура Zohr – порядка 100 км²; б) глубина моря в точке бурения скважины – 1450 м; в) глубина скважины Zohr 1X NFW – 4131 м; г) интервал газонасыщения – 630 м в карбонатных породах; д) мощность чистого коллектора – 400 м.

Обратим внимание на то, что в районе структуры Zohr закартирована аномалия Oil&Gas-1 площадью 105 км² (рис. 5); интервал давлений оценен в 37,2–41,8 МПа. С учетом гидростатического принципа интервал глубин поиска здесь можно представить как 3720–4180 м, т. е. мощность горизонта составляет 460 м. Это позволяет уже говорить о неплохой корреляции с данными бурения, если учесть, что все оценки получены по результатам обработки спутникового снимка.

Во втором горизонте нефтегазонасыщения в контуре аномалии Oil&Gas-1 оценки пластового давления изменяются в интервале

50,7–56,2 МПа, а глубины поиска – 5070–5620 м. Мощность этого горизонта равна примерно 550 м. В третьем горизонте давление изменяется в интервале 65,0–65,7 МПа, глубины поиска – 6500–6570 м, мощность горизонта – 70 м.

2. Оценка интервалов давлений – это усовершенствованный режим обработки данных ДЗЗ. Он используется с лета 2015 г. Практическое применение этого режима обработки позволяет обнаруживать и выделять (примерно) интервалы глубин поиска скоплений УВ на разных горизонтах.
3. Важным представляется также обнаружение на обследованной площади еще двух аномалий: Oil&Gas-2 и Oil&Gas-3 (рис. 5). Вторая из них расположена в экономической зоне Кипра и полностью не оконтурена. Предполагаем, что при использовании мобильной прямопоисковой технологии в этом регионе могут быть оперативно обнаружены и закартированы аномальные зоны типа “залежь нефти” и “залежь газа” и на других лицензионных участках.
4. Все три аномальные зоны зафиксированы в непосредственной близости от обнаруженных по результатам обработки данных ДЗЗ тектонически ослабленных зон. При этом аномальные зоны Oil&Gas-1 и Oil&Gas-2 расположены между двумя тектоническими нарушениями северо-восточного простирания, которые прослеживаются и в экономической зоне Кипра.
5. Наличие дополнительных аномалий в окрестности структуры Zohr и их подтверждение дальнейшими работами могут существенно повысить потенциал и привлекательность данной площади (блока 9). Для признания правильности таких перспектив целесообразно сопоставить полученную независимую информацию с результатами ранее проведенных геофизических работ (в первую очередь сейсморазведочных). В случае обнаружения в сейсмических материалах потенциальных ловушек в контурах выявленных аномалий могут быть оперативно выполнены дополнительные исследования в более крупном масштабе.
6. В 2014 г. аналогичного рода исследования были проведены в районе пробуренной скважины “Университетская-1” в Карском море (Арктика, шельф России) [8]. Сопоставление и анализ результатов исследований в Арктике и Средиземном море показали следующее. Обследованная площадь в Карском море практически в 2 раза больше – 4150 км², масштаб обработки спутникового снимка мельче – 1 : 250 000. Здесь обнаружено 6 аномальных зон суммарной площадью 510 км², что по отношению к площади обследованного участка

составляет 12,29 %. Это значение достаточно близко к полученному значению аналогичного параметра в Средиземном море. Отметим также, что площадь самой структуры “Университетская” в Карском море – порядка 1000 км², а аномальные зоны фиксируются только на ее локальных участках.

7. В 2012 г. была проведена обработка данных ДЗЗ лицензионного участка на шельфе Тринидада и Тобаго, в пределах которого проводились сейсмические исследования 3D. В дальнейшем на этом участке были пробурены три сухие скважины. К сожалению, при выборе мест заложения они не попали в контуры обнаруженных аномальных зон, так как материалы обработки спутниковых снимков не учитывались. Материалы исследований на шельфе Тринидада и Тобаго детально проанализированы в статье [10]. В работе [8] можно найти некоторые компилятивные результаты бурения на шельфе в различных регионах мира.
8. В настоящее время технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ активно используется в Украине для оценки перспектив нефтегазоносности поисковых блоков и участков с целью принятия потенциальным инвестором решения о целесообразности оформления лицензионного соглашения на их геолого-геофизическое изучение и разработку или же решения об участии в изучении или разработке лицензионных участков, находящихся в распределенном фонде.

Ниже для сопоставления представлены результаты такого рода исследований, выполненных в пределах четырех участков проведения сейсмических исследований 3D в норвежской части бывшей “серой” зоны Баренцева моря. Материалы исследований могут быть использованы (дополнительно) компаниями, заинтересованными в изучении и разработке этих участков.

Оперативное обследование поисковых участков и блоков до проведения лицензионных раундов (тендеров) дает потенциальным инвесторам возможность отказаться от участия в изучении и разработке бесперспективных и малоперспективных на обнаружение промышленных (коммерческих) скоплений УВ участков. Такого рода оценочные работы могут быть оперативно проведены с использованием технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ в пределах любого поискового участка в различных регионах земного шара.

К полученным результатам целесообразно также добавить следующие комментарии в краткой (тезисной) форме.

1. Исследования в пределах обследованного участка носят рекогносцировочный характер,

обработка данных ДЗЗ проводилась здесь в ускоренном режиме. Основная цель работ – демонстрация потенциальных возможностей супероперативной прямопоисковой технологии.

2. Материалы проведенных ранее геолого-геофизических исследований в районе работ у авторов отсутствовали и в процессе обработки не использовались.
3. Получен значительный объем новой и независимой информации о перспективах нефтегазоносности обследованного участка, в частности:
 - а) можно говорить, что площадь обнаруженной зоны Oil&Gas-1 достаточно хорошо коррелирует с площадью разбуренной структуры Zohr;
 - б) прогнозный интервал поисков залежей УВ в разрезе вполне удовлетворительно соотносится с мощностью коллектора, установленной в скважине Zohr 1X NFW;
 - в) дополнительно к аномальной зоне Oil&Gas-1 над структурой Zohr обнаружены и частично закартированы еще две аномальные зоны – Oil&Gas-2 и Oil&Gas-3;
 - г) дополнительно прогнозируется также еще два перспективных интервала в нижней части разреза; причем можно говорить о значительной мощности второго интервала;
 - д) прогнозируется обнаружение в нижней части разреза нефтяных и газоконденсатных залежей.
4. Результаты обработки данных ДЗЗ могут быть использованы при дальнейшей разведке открытого месторождения и бурении разведочных (оценочных) и эксплуатационных скважин.
5. Спутниковые снимки участков расположения обнаруженных аномальных зон могут быть обработаны в более крупном масштабе. Это позволит уточнить и детализировать контуры обнаруженных аномалий. При обработке в крупном (детализационном) масштабе спутниковых снимков участков, расположенных в пределах обнаруженных аномалий, точность и достоверность полученной новой информации будут повышены.
6. При обработке спутниковых снимков в крупном масштабе в пределах обнаруженных аномалий может быть проведено вертикальное сканирование разреза. Это позволит оценить глубины и мощности АПП типа “газ”, “нефть”, “вода”. В интервалах расположения АПП типа “газ”, “нефть”, “газоконденсат” могут быть получены оценки максимальных значений пластового давления в отдельных продуктивных горизонтах (коллекторах).

7. Обнаруженные аномальные зоны могут также быть детализированы дополнительными исследованиями с борта судна с использованием прямопоисковых геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ.
8. Обработка и дешифрирование данных ДЗЗ могут быть оперативно (в сжатые сроки) проведены как в пределах необследованной части блока 9, так и на площади всех расположенных рядом лицензионных блоков. Это существенно ускорит и оптимизирует разведочный процесс.
9. Аномальная зона Oil&Gas-3 расположена в пределах поискового блока 11 на шельфе Кипра (рис. 5). Оператором этого блока является французская компания “Тотал”.

Поисковые блоки в Баренцевом море. В 2014 г. в норвежской части бывшей “серой” зоны Баренцева моря в пределах четырех участков проведены сейсмические исследования 3D. В том же году авторами была выполнена оценка перспектив нефтегазоносности этих участков с использованием частотно-резонансного метода обработки и интерпретации данных ДЗЗ. Материалы исследований, опубликованные в статье [6], представлены в демонстрационном формате – обнаруженные и зартированные аномальные зоны типа “залежь УВ” показаны без привязки к конкретным структурным элементам участка обследования.

С учетом полученных результатов на участках бурения скважин “Университетская-1” в Карском море [8, 9, 17] и Zohr 1X NFW – в Средиземном материале исследований в Баренцевом море также могут представлять существенный интерес для нефтяных компаний, намеревающихся приобрести в этом регионе лицензионные участки для геолого-геофизического изучения и разработки. В связи с изложенным ниже результаты исследований в норвежской части бывшей “серой” зоны даны с привязкой к структурно-тектоническим элементам района (рис. 6) [12]. Четыре участка проведения сейсмических работ в пределах этих тектонических структур в графическом виде показаны в статьях [6, 17].

В количественной форме параметры обследованных блоков характеризуются следующими значениями: а) *район бассейна Tiddlybanken (участок 1)* – общая площадь территории снимка 8875 км² (рис. 7, а), площадь участка проведения сейсмических работ 3315 км², масштаб обработки снимка 1 : 300 000; б) *район поднятия Федынского (участок 2)* – соответственно 14 410 км² (рис. 7, б), 3950 км², 1 : 400 000; в) *район бассейна Nordkapp (участок 3)* – 3793 км² (рис. 7, в), 1111 км², 1 : 200 000; г) *район плиты Bjarmeland (участок 4)* – 12 664 км² (рис. 7, г), 5580 км², 1 : 400 000.

Общая площадь обработки данных ДЗЗ (площадь всей акватории на четырех снимках участ-

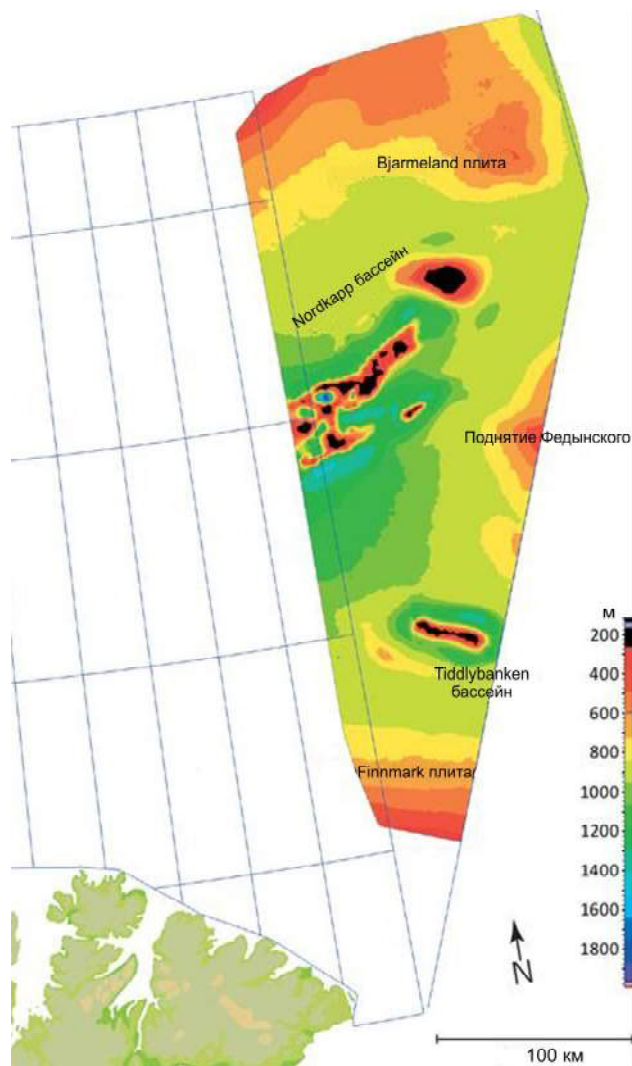
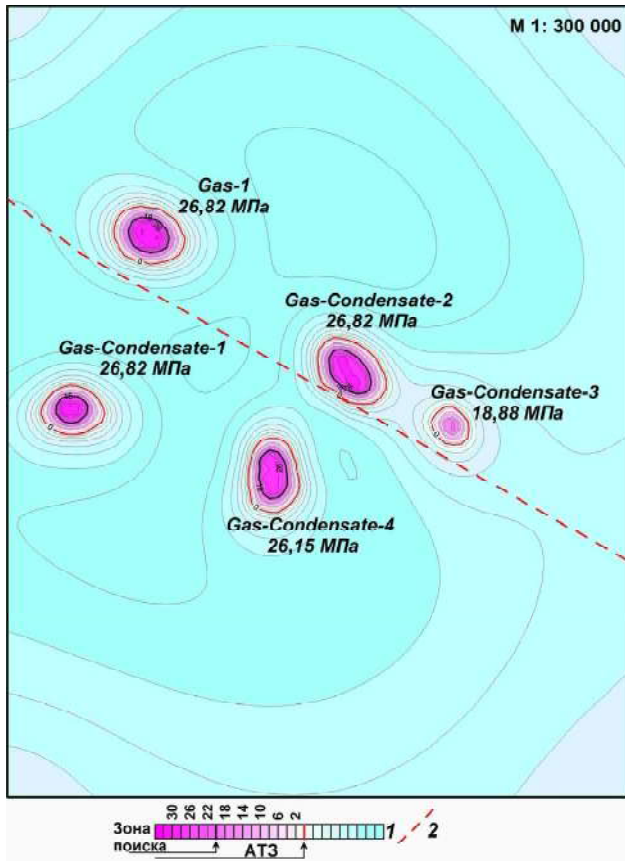


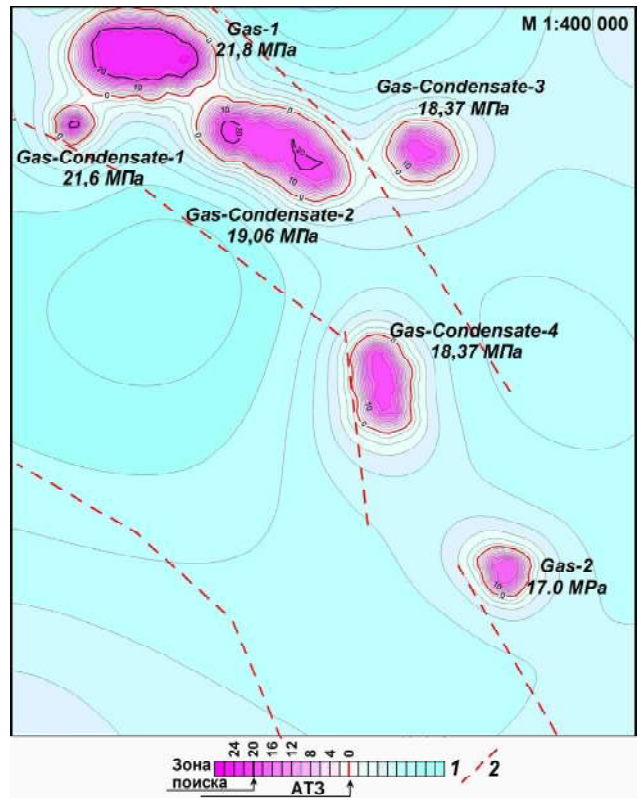
Рис. 6. Схематическая карта (времен прихода отражений от нижней границы меловых отложений) наиболее важных структурно-геологических элементов в юго-восточной части Баренцева моря (норвежская часть бывшей “серой” зоны) [12]

ков) – 39 742 км². Общая площадь всех четырех участков проведения сейсмических работ 13 956 км². На рис. 7 внутри контуров аномалий даны максимальные значения пластового давления флюидов. Площади обнаруженных аномальных зон вдоль изолиний 0 и 20 МПа следующие:

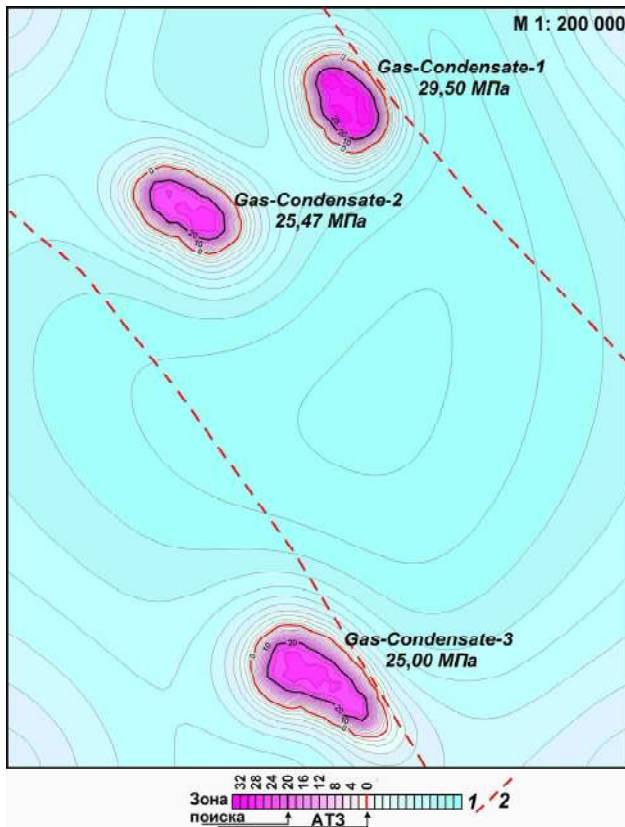
- *участок 1:* 0 изолиния МПа – 56, 42, 60, 18 и 54 км², $\Sigma 230$ км²; изолиния 20 МПа – 20, 11, 21, 0 и 18 км², $\Sigma 70$ км²; $230/8875 = 2,59\%$ и $70/8875 = 0,79\%$;
- *участок 2:* 0 изолиния МПа – 340, 38, 309, 103, 154 и 66 км², $\Sigma 1010$ км²; изолиния 20 МПа – 140, 2,2, 9 + 12, 0, 0 и 0 км², $\Sigma 163,2$ км²; $1010/14410 = 7,01\%$ и $163,2/14410 = 1,13\%$;
- *участок 3:* 0 изолиния МПа – 46, 50 и 71 км², $\Sigma 167$ км²; изолиния 20 МПа – 24, 22 и 32 км², $\Sigma 78$ км²; $167/3793 = 4,4\%$ и $78/3793 = 2,06\%$;
- *участок 4:* 0 изолиния МПа – 206 км²; изолиния 20 МПа – 116 км²; $206/12664 = 1,63\%$, и $116/12664 = 0,92\%$.



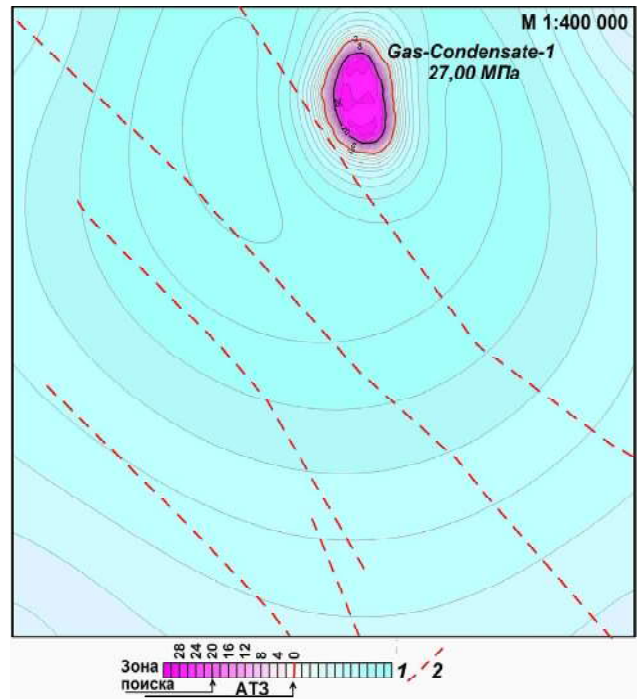
а



б



в



г

Рис. 7. Схематические карты аномальных зон типа “газ” и “газ + конденсат”, обнаруженных и закартированных в пределах четырех участков проведения сейсмических исследований 3D: а – район бассейна Tiddlybanken; б – поднятие Федынского; в – район бассейна Nordkarr; г – район плиты Vjargmeland; 1 – шкала интенсивности аномального отклика (в максимальных значениях пластового давления, МПа); 2 – тектонические нарушения (по результатам обработки данных ДЗЗ)

Обратим внимание на то, как расположены обнаруженные аномальные зоны относительно контуров участков проведения сейсмических работ 3D. Так, на первом (южном) поисковом блоке четыре аномалии находятся в пределах контура сейсмических работ и одна аномалия пересекается этим контуром. На втором блоке одна аномалия расположена в пределах контура, две – пересекаются контуром, а остальные три находятся за его пределами (в том числе самая крупная аномалия по площади). В третьем блоке две аномалии пересекаются контуром, а третья расположена за его пределами. На четвертом блоке единственная аномалия пересекается контуром.

В целом, результаты проведенных исследований в норвежской части бывшей “серой” зоны Баренцева моря позволяют констатировать следующее.

1. Аномальные зоны типа “залежь газа” и “залежь конденсата” обнаружены в пределах всех четырех обследованных участков (структурных тектонических элементов). Однако распределение аномалий здесь неравномерное. Больше всего аномальных зон (и притом самых крупных по площади) обнаружено в пределах поискового блока 2. Он заслуживает детального изучения и разбуривания.
2. Площадь самой крупной аномальной зоны в пределах блока 2 – 340 км². Она существенно больше площади отдельных аномальных зон, закартированных в Карском и Средиземном морях. К сожалению, аномалия расположена за пределами контура проведения сейсмических исследований 3D, а, следовательно, при проведении лицензирования участок ее расположения может остаться нераспределенным.
3. Обработка спутниковых снимков перспективных участков и блоков на начальном этапе их изучения позволит выбрать более оптимальное расположение участков проведения детальных сейсмических работ. В сложившейся ситуации полностью не были охвачены сейсмическими исследованиями аномальные зоны, которые выходят за контуры участков проведения сейсмических работ.
4. При обработке спутниковых снимков более крупного масштаба и разрешения в пределах обследованных участков и неизученных площадей могут быть обнаружены и закартированы аномальные зоны существенно меньших размеров (средние и мелкие).
5. Полученные в результате обработки данных ДЗЗ результаты могут быть использованы при обработке и интерпретации материалов сейсмических исследований.
6. Обработка данных ДЗЗ рекогносцировочного или детализационного характера может быть

оперативно проведена в пределах любого поискового участка в Арктическом регионе.

Заключение. Оперативно проведенные исследования предоставили возможность получить независимую информацию о перспективах нефтегазоносности локального участка в Средиземном море, расположенного в районе открытого крупного газового месторождения в пределах структуры Zohr. В целом можно считать, что огромные ресурсы газа в открытом месторождении оперативными исследованиями подтверждаются. Можно также констатировать, что полученные результаты подтверждают также научно обоснованные предположения (разработки) специалистов, которые позволяют считать этот регион крупной зоной нефтегазонакопления.

Результаты обработки данных ДЗЗ в Средиземном море указывают и на то, что изложенные в статье материалы исследований по четырем участкам в норвежской части бывшей “серой” зоны Баренцева моря также могут представлять определенный интерес для нефтяных компаний, которые планируют принимать участие в их геолого-геофизическом изучении.

В полном объеме продемонстрированы потенциальные возможности супероперативной прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ. В технологическом аспекте обратим внимание на следующее. Сообщение компании “Эни” появилось в средствах массовой информации в конце августа (на многих сайтах оно датируется 31 августа 2015 г.). А уже 26 сентября информационный документ, подготовленный по материалам проведенных исследований (частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ), был выставлен на сайте www.researchgate.net. По материалам этого документа и подготовлена настоящая статья. За этот короткий временной отрезок с использованием супермобильной и супероперативной прямопоисковой технологии получен значительный объем новой (дополнительной и независимой) информации о нефтегазоносности как самого открытого месторождения, так и расположенного вокруг него относительно крупного участка Средиземного моря. Это в очередной раз демонстрирует и подчеркивает, что активное и целенаправленное применение мобильных и прямопоисковых технологий предоставляет нефтегазовому сектору мировой экономики возможность существенно ускорить и оптимизировать процесс поисков нефти и газа как в морских и океанических акваториях, так и на суше.

1. *Запивалов Н.П.* Геологические и экологические риски в разведке и добыче нефти / Н.П. Запивалов // *Георесурсы*. – 2013. – № 3 (53). – С. 3–5.
2. *Левашов С.П.* Экспресс-технология “прямых” поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектри-

- ческими методами: результаты практического применения в 2001–2005 гг. / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2006. – № 1. – С. 31–43.
3. *Левашов С.П.* Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2010. – № 3. – С. 22–43.
 4. *Левашов С.П.* Оценка относительных значений пластового давления флюидов в коллекторах: результаты проведенных экспериментов и перспективы практического применения / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2011. – № 2. – С. 19–35.
 5. *Левашов С.П.* Частотно-резонансный принцип, мобильная геоэлектрическая технология: новая парадигма геофизических исследований / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геофизический журнал. – 2012. – Т. 34, № 4. – С. 167–176.
 6. *Левашов С.П.* Новые результаты рекогносцировочных исследований в Баренцевом море с целью поисков скоплений углеводородов методом частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ // С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа // Геоинформатика. – 2014. – № 3. – С. 21–32.
 7. *Левашов С.П.* Мобильные геофизические технологии: экспериментальное изучение возможности применения для поисков скоплений углеводородов в районах распространения сланцев в Восточной Европе / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа // Геоинформатика. – 2014. – № 4. – С. 5–29.
 8. *Левашов С.П.* Оперативная оценка ресурсов углеводородов в пределах поисковых площадей и отдельных структур на шельфе методом частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа // Геоинформатика. – 2015. – № 1. – С. 5–26.
 9. *Левашов С.П.* Мобильные прямопоисковые методы – новые возможности ускорения и оптимизации поисков нефти и газа / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Нефть и газ. – 2015. – № 2. – С. 93–115.
 10. *Левашов С.П.* Мобильные технологии прямых поисков нефти и газа: о целесообразности их дополнительного применения при выборе мест заложения скважин / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа // Геоинформатика. – 2015. – № 3. – С. 5–30.
 11. *Якимчук М.А.* Електричне поле і його роль в житті Землі / М.А. Якимчук // Геоинформатика. – 2014. – № 3. – С. 10–20.
 12. *Barents Sea South-East.* – Mode of access: <http://www.npd.no/en/Publications/Resource-Reports/2013/Chapter-6/> (Accessed 6 March 2015).
 13. *Block 9. Shorouk offshore.* – Mode of access: <http://www.egas.com.eg/BidRound2012/block009.pdf> (Accessed 10 September 2015).
 14. *Eni discovers a supergiant gas field in the Egyptian offshore, the largest ever found in the Mediterranean Sea.* – Mode of access: http://www.eni.com/en_IT/attachments/media/press-release/2015/08/PR_EniEgypt_eng.pdf (Accessed 10 September 2015).
 15. *Eni discovers 'supergiant' gasfield near Egypt.* – Mode of access: <http://www.ft.com/cms/s/2/899031ec-4f0f-11e5-b029-b9d50a74fd14.html#axzz31Y1iH9Y6> (Accessed 10 September 2015).
 16. *Eni's Mammoth Discovery and Egypt's Chance.* – Mode of access: <http://www.naturalgaseurope.com/eni-mammoth-discovery-and-egypts-chance-25297> (Accessed 10 September 2015).
 17. *Yakymchuk N.A.* Mobile Technology of Frequency-Resonance Processing and Interpretation of Remote Sensing Data: The Results of Application in Different Region of Barents Sea / N.A. Yakymchuk, S.P. Levashov, I.N. Korchagin, D.N. Bozhezha // Offshore Technology Conference, Copengagen, 2015, March 23. – doi:10.4043/25578-MS. – Mode of access: <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS> (Accessed 15 June 2015).

Поступила в редакцію 22.10.2015 г.

ОПЕРАТИВНА ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ДІЛЯНКИ В РАЙОНІ ГАЗОВОГО РОДОВИЩА ZONR НА ШЕЛЬФІ ЄГИПТУ В СЕРЕДЗЕМНОМУ МОРІ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНИМ МЕТОДОМ ОБРОБКИ ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ДАНИХ ДЗЗ

С.П. Левашов^{1,2}, М.А. Якимчук^{1,2}, І.М. Корчагин³, Д.М. Божежа²

¹*Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, пров. Лабораторний, 1, Київ 01133, Україна*

²*Центр менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю ІГН НАН України, пров. Лабораторний, 1, Київ 01133, Україна*

³*Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, просп. Акад. Палладіна, 32, Київ 03680, Україна, e-mail: korchagin@karbon.com.ua*

Проаналізовано результати застосування мобільного прямопошукового методу частотно-резонансної обробки даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для оперативної оцінки перспектив нафтогазоносності окремих структур та об'єктів на шельфі в районі пробуреної свердловини в Середземному морі і в межах чотирьох великих пошукових блоків Баренцового моря. Експериментальні дослідження проведено з використанням мобільної технології частотно-резонансної обробки та інтерпретації даних ДЗЗ, яка є "прямим" методом пошуків нафти та газу і працює в рамках "речовинної" парадигми геофізичних досліджень. Технології та методи, які розроблені на принципах цієї парадигми, спрямовано на пошук конкретної (шуканої в кожному конкрет-

ному випадку) речовини – нафти, газу, газоконденсату, золота, цинку, урану тощо. У Середземному морі в районі крупного газового родовища Zohr, відкритого компанією “Ені”, виявлено та закартовано 3 аномальні зони типу “поклад нафти і газу”. Дослідженнями в районі родовища встановлено три інтервали пошуків покладів вуглеводнів (ВВ). Три пошукові інтервали виділено також у межах двох інших аномалій. Одна з них закартована на шельфі Кіпру. Для норвезької частини колишньої “сірої” зони Баренцового моря оброблено дані ДЗЗ у межах чотирьох пошукових ділянок. Виявлено та закартовано 2 аномальні зони типу “газовий поклад” і 13 аномальних зон типу “газовий + конденсатний поклад”. Аномальні зони є, по суті, проекціями на земну поверхню контурів скупчень ВВ у розрізі. Цю додаткову інформацію можна використовувати для наближеної оцінки ресурсів ВВ у межах обстежених ділянок і структур. Початок освоєння обстежених ліцензійних блоків з виявлених аномальних зон дасть змогу, в цілому, істотно прискорити та оптимізувати пошуковий процес. Мобільну технологію частотно-резонансної обробки та інтерпретації (декодування) даних ДЗЗ можна застосовувати для оперативної оцінки перспектив нафтогазоносності окремих структур і пошукових площ в морських і океанічних акваторіях, включаючи важкодоступні Арктичний і Антарктичний регіони.

Ключові слова: мобільна технологія, аномалії типу “поклад”, “нафта”, “газ”, “газоконденсат”, шельф, розломна зона, супутникові дані, прямі пошуки, обробка даних ДЗЗ, інтерпретація.

OPERATIVE ASSESSMENT OF HYDROCARBON POTENTIAL OF AN AREA IN ZOHR GAS FIELD REGION ON THE EGYPT OFFSHORE IN THE MEDITERRANEAN SEA BY THE FREQUENCY-RESONANCE METHOD OF REMOTE SENSING DATA PROCESSING AND INTERPRETATION

S.P. Levashov^{1,2}, N.A. Yakymchuk^{1,2}, I.N. Korchagin³, D.N. Bozhezha²

¹*Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, 1 Laboratory Lane, Kyiv 01133, Ukraine*

²*Management and Marketing Center of the Institute of Geological Science, NAS of Ukraine, 1 Laboratory Lane, Kyiv 01133, Ukraine*

³*Institute of Geophysics, NAS of Ukraine, 32 Palladin Ave., Kyiv 03680, Ukraine, e-mail: korchagin@karbon.com.ua*

Purpose. The purpose of the article is to analyze the application of the mobile, direct-prospecting method of remote sensing data frequency-resonance processing for operative assessment of petroleum potential of the individual structures and objects within the offshore in the region of the drilled wells in the Mediterranean Sea and within four major search blocks in the Barents Sea.

Design/methodology/approach. Experiments were carried out using the mobile technology of frequency-resonance processing and interpretation of remote sensing data, which is a “direct” method of oil and gas exploration and operates within the “substantial” paradigm of geophysical investigations [5]. The technologies and methods, developed on the principles of this paradigm, are aimed at the searching for a particular (desired in each case) substance – oil, gas, condensate, gold, zinc, uranium, etc.

Findings. In the Mediterranean Sea, in the region of the Zohr large gas field discovered by the Eni Company, three anomalous zones of the “oil and gas deposit” type have been detected and mapped within an investigated area of 2200 km². The area of the detected anomalies over the Zohr gas field is 105 km². The total area of all anomalies is 251 km², the percentage for the area of the surveyed site being $251/2200 = 11,41\%$. Three search intervals for hydrocarbon deposits have also been found within the area of the gas field: 3720–4180 m, 5070–5620 m and 6500–6570 m. Three search intervals were also allocated within the other two anomalies. One of them was mapped on the Cyprus offshore. In the Norwegian part of the former “gray” zone of the Barents Sea, the remote sensing data were processed within four search sites covering 39 742 km², with the area of 3D seismic work within them being 13 956 km². Two anomalous zones of the “gas deposit” type and 13 anomalous zones of the “gas + condensate reservoir” type with total area of 1613 km² were detected and mapped within the investigated areas. Three dry wells on the Trinidad and Tobago offshore did not fall into the contours of the mapped anomalies.

Practical value/implications. The discovered anomalous zones are, in fact, the projections into surface of hydrocarbon accumulations contours in the cross-section. This additional information can be used for approximate assessments of hydrocarbon resources within the surveyed areas and structures. The development of the surveyed license blocks starting from the detected anomalous zones will permit, in general, significantly accelerate and optimize the prospecting process. Mobile technology of frequency-resonance processing and interpretation (decoding) of remote sensing data can be used for operative assessment of the petroleum potential of individual structures and prospecting areas in marine and ocean waters, including difficult of access and remote Arctic and Antarctic regions.

Keywords: Mobile technology, anomaly of deposit type, oil, gas, gas-condensate, shelf, Arctic, fault zone, satellite data, direct prospecting, processing of remote sensing data, interpretation.

References:

1. Zapivalov N.P. *Geologicheskie i jekologicheskie riski v razvedke i dobyche nefi* [Geological and environmental risks in the oil exploration and production]. *Georesursy*, 2013, no. 3(53), pp. 3-5.

2. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Ekspress-tehnologiya "pryamykh" poiskov i razvedki skopleniy uglevodorodov geoelektricheskimi metodami: rezul'taty prakticheskogo primeneniya v 2001-2005 gg.* [Express technology of "direct" prospecting and exploration for hydrocarbon accumulations by geoelectric methods: results of practical application in 2001-2005]. *Geoinformatika*, 2006, no. 1, pp. 31-43.
3. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Novye vozmozhnosti operativnoj otsenki perspektiv neftegazonosnosti razvedochnykh ploshhadej, trudnodostupnykh i udalennykh territorij, licenzionnykh blokov* [New opportunities for rapid assessment of the hydrocarbon potential of exploration areas, difficult of access and remote areas, and license blocks]. *Geoinformatika*, 2010, no. 3, pp. 22-43.
4. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Otsenka odnositel'nykh znachenij plastovogo davleniya fljuidov v kollektorah: rezul'taty provedennykh jeksperimentov i perspektivy prakticheskogo primeneniya* [Evaluation of the relative values of fluid pressure in the reservoir: results of experiments and practical perspective]. *Geoinformatika*, 2011, no. 2, pp. 19-35.
5. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Chastotno-rezonansnyj princip, mobil'naja geoelektricheskaja tehnologija: novaja paradigma geofizicheskikh issledovanij* [Frequency-resonance principle, mobile geoelectric technology: a new paradigm of Geophysical Research]. *Geofizicheskij zhurnal*, 2012, v. 34, no. 4, pp. 167-176.
6. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. *Novye rezul'taty rekognoscirovochnykh issledovanij v Barencevom more s cel'ju poiskov skoplenij uglevodorodov metodom chastotno-rezonansnoj obrabotki dannykh DZZ* [New results of reconnaissance investigation in Barents sea for hydrocarbon accumulations prospecting by method of frequency resonance processing of remote sensing data]. *Geoinformatika*, 2014, no. 3, pp. 21-32.
7. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. *Mobil'nye geofizicheskie tehnologii: jeksperimental'noe izuchenie vozmozhnosti primeneniya dlja poiskov skoplenij uglevodorodov v rajonah rasprostraneniya slancev v Vostochnoj Evrope* [Mobile geophysical technologies: experimental study of possibility of application for hydrocarbon accumulations prospecting within areas of shale spreading in eastern Europe]. *Geoinformatika*, 2014, no. 4, pp. 5-29.
8. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. *Operativnaja otsenka resursov uglevodorodov v predelakh poiskovykh ploshhadej i otdel'nykh struktur na shel'fe metodom chastotno-rezonansnoj obrabotki i interpretacii dannykh DZZ* [Operative assessment of hydrocarbon resources within the prospecting areas and separate structures in offshore by frequency-resonance method of remote sensing data processing and interpretation]. *Geoinformatika*, 2015, no. 1, pp. 5-26.
9. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Mobil'nye prjamoposkovnye metody - novye vozmozhnosti uskorenija i optimizacii poiskov nefiti i gaza* [Mobile direct-prospecting methods - new opportunities of the oil and gas exploration accelerating and optimization] *Neft' i gaz*, 2015, no. 2, pp. 93-115.
10. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. *Mobil'nye tehnologii prjamykh poiskov nefiti i gaza: o celesoobraznosti ih dopolnitel'nogo primeneniya pri vybore mest zalozhenija skvazhin* [Mobile technologies of direct prospecting for oil and gas: the feasibility of their additional applications for the sites of wells drilling selection]. *Geoinformatika*, 2015, no. 3, pp. 5-30.
11. Yakymchuk N.A. *Elektrychne pole i yoho rol' v zhytti Zemli* [Electric field and its role in life on Earth]. *Geoinformatika*, 2014, no. 3, pp. 10-20.
12. Barents Sea South-East. Available at: <http://www.npd.no/en/Publications/Resource-Reports/2013/Chapter-6/> (Accessed 6 March 2015).
13. Block 9. Shorouk offshore. Available at: <http://www.egas.com.eg/BidRound2012/block009.pdf> (Accessed 10 September 2015).
14. Eni discovers a supergiant gas field in the Egyptian offshore, the largest ever found in the Mediterranean Sea. Available at: http://www.eni.com/en_IT/attachments/media/press-release/2015/08/PR_EniEgypt_eng.pdf (Accessed 10 September 2015).
15. Eni discovers 'supergiant' gasfield near Egypt. Available at: <http://www.ft.com/cms/s/2/899031ec-4f0f-11e5-b029-b9d50a74fd14.html#axzz3lY1iH9Y6> (Accessed 10 September 2015).
16. Eni's Mammoth Discovery and Egypt's Chance. Available at: <http://www.naturalgaseurope.com/eni-mammoth-discovery-and-egypts-chance-25297> (Accessed 10 September 2015).
17. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N. & Bozhezha D.N. Mobile Technology of Frequency-Resonance Processing and Interpretation of Remote Sensing Data: The Results of Application in Different Region of Barents Sea. Offshore Technology Conference, Copengagen, 2015, March 23. doi:10.4043/25578-MS. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS> (Accessed 15 June 2015).

Received 22/10/2015