

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ УЧАСТКОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ ИМПАКТНЫХ СТРУКТУР ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНЫМ МЕТОДОМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

С.П. Левашов^{1,2}, Н.А. Якимчук^{1,2}, И.Н. Корчагин³, Д.Н. Божежа², В.В. Прилуков²

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 оценки перспектив нефтегазоносности участков расположения крупного импактно-го кратера Сильян в Швеции, локального поискового участка в его пределах, а также двух небольших структур на территории США. Экспериментальные исследования проведены с использованием мобильной прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), которая работает в рамках “вещественной” парадигмы геофизических исследований. В процессе выполнения исследований метод оперативной оценки максимальных значений пластовых давлений флюидов в коллекторах был усовершенствован – дополнен возможностью оценки давлений в различных (в том числе глубинных) интервалах разреза. На площади расположения кратера Сильян обнаружено и закартировано 16 аномальных зон типа “газ”, “нефть + газ”, “газ + вода”, а в пределах локального участка – 6 аномалий типа “газ” и “газ + вода”. Значения пластового давления флюидов варьируют в пределах аномалий в интервале от 2,2 до 8,0 МПа. Пробуренные в кратере Сильян скважины (в том числе глубокие Gravberg-1 и Stenberg-1) не попадают в контуры обнаруженных аномалий. На площади расположения кратера Panther Mountain (США) обнаружено шесть аномальных зон типа “залежь газа”, а на поисковой площади “Big Basin” (США) – пять аномалий типа “нефть + газ” и четыре – типа “газ”. Обнаруженные аномалии следует считать локальными участками для первоочередного детального изучения геофизическими методами и разбуривания. Это по сути зоны “sweet spots”. Результаты исследований свидетельствуют о наличии в пределах импактных структур локальных участков и зон, перспективных на обнаружение скоплений углеводородов (УВ) в коммерческих объемах. Применение мобильных методов “прямых” поисков скоплений УВ в районах распространения коллекторов и структур различного типа будет способствовать значительному повышению коэффициента успешности бурения (увеличению количества скважин с коммерческими притоками УВ). Усовершенствованная методика оценки пластовых давлений флюидов в различных горизонтах разреза может найти широкое применение для оперативной оценки перспектив нефтегазоносности глубинных горизонтов разреза. Наличие значительного количества аномальных зон типа “залежь нефти и газа” (в том числе в кристаллических породах на глубине) в пределах кратера Сильян, расположенного на Балтийском щите, можно считать дополнительным свидетельством в пользу абиогенного происхождения УВ.

Ключевые слова: кратер Сильян, нефть, газ, скважина, спутниковые данные, прямые поиски, мобильная технология, аномалия типа “залежь”, коллектор, обработка данных ДЗЗ, интерпретация.

Введение. В настоящее время в различных регионах земного шара активно и целенаправленно проводятся геолого-геофизические исследования с целью оценки углеводородного потенциала районов распространения нетрадиционных коллекторов – сланцев, угленосных массивов, плотных песчаников, верхней части кристаллического фундамента. Не остаются без внимания исследователей и структуры нетрадиционного типа, в том числе импактные. Об интересе к таким структурам свидетельствуют, в частности, статьи [2, 23], опубликованные совсем недавно – в 2014 г.

Поиски промышленных скоплений нефти и газа в пределах импактных структур непосредственно или в окрестностях их расположения целенаправленно проводятся на протяжении значительного периода времени. Некоторые результаты выполненных исследований в этом направлении представлены и анализируются в работах [26, 27].

Ниже приводятся результаты исследований авторов, проведенных с использованием мобильной и прямопоисковой технологии в пределах крупного импактного кратера Сильян (Швеция), а также на площади двух других структур аналогичного типа в США.

Объект и цели исследований. Целесообразно отметить, что площадь расположения импактного кратера Сильян в Швеции и его углеводородный потенциал представляют существенный интерес для исследователей, в том числе для авторов. Достаточно напомнить, что в пределах кратера в целях поисков промышленных скоплений углеводородов (УВ) были пробурены две глубокие скважины (свыше 6000 м) – Gravberg-1 и Stenberg-1. Результаты бурения скважины Stenberg-1 представлены в [33]. Бурение неглубоких скважин с целью поисков залежей газа в верхней части (осадочной) разреза ведется в пределах кратера и в настоящее время [32, 34] компанией Igrene [www.igrene.se].

Кратер Сильян расположен на Балтийском щите, мощность осадочных отложений на площади расположения кратера небольшая. В пределах Украинского щита авторами проведен значительный объем поисковых работ (рекогносцировочного и детализационного характера) с целью поисков коммерческих скоплений УВ [13, 15]. В этой ситуации вполне естественный интерес для специалистов может представлять возможность дальнейшего сопоставления результатов исследований в пределах двух щитов.

Приступая к экспериментальным исследованиям, авторы поставили перед собой две основные задачи:

1. Оперативная оценка перспектив нефтегазоносности крупного участка расположения кратера Сильян в режиме рекогносцировочных исследований (обработка спутникового снимка кратера в мелком масштабе – 1 : 200 000).
2. Оценка перспектив обнаружения коммерческих скоплений газа на площади локального (западного) поискового участка в детализационном режиме исследований (обработка снимка в масштабе 1 : 40 000). Выбор в пределах этого участка оптимального места для заложения поисковой скважины на газ.

В процессе обсуждения полученных результатов со специалистами авторы приняли решение провести аналогичные экспериментальные работы демонстрационного характера в пределах еще двух поисковых площадей в США – на участке расположения небольшого кратера Panther Mountain [29] в штате Нью-Йорк и на поисковой площади Big Basin [28] в штате Канзас.

В январе 2016 г. небольшой объем дополнительных экспериментов был проведен на кратере Сильян, а также в пределах еще двух кратеров – на Луне и Марсе.

Метод исследований. Оперативно выполнить такой объем экспериментальных исследований в различных регионах мира возможно только с применением мобильного и прямопоискового метода частотно-резонансной обработки и интерпретации

ей данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [10–12]. Этот метод базируется на принципах “вещественной” парадигмы геофизических исследований [12], сущность которой состоит в поиске конкретного (искомого) вещества – нефти, газа, газоконденсата, золота, урана, воды и др. Методика оценки максимальных значений пластового давления в коллекторах [11] является составляющей метода.

Акцентируем внимание на том, что частотно-резонансный метод обработки и декодирования данных ДЗЗ представляет собой компоненту применяемой авторами прямопоисковой мобильной технологии. В состав этой технологии входят также наземные геоэлектрические методы становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) [8, 9, 12].

Следует отметить, что геоэлектрические методы авторы начали применять для решения разнообразных практических задач намного раньше, чем метод обработки спутниковых снимков. Однако подавляющее большинство результатов в последние годы (начиная с 2010 г.) было получено с использованием метода частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ. Это обусловлено тем, что поисковые работы на различные виды полезных ископаемых выполняются с использованием указанного метода в лабораторных условиях, без организации и проведения полевых работ. Такой подход делает метод супермобильным и малозатратным – предоставляет уникальную возможность проводить экспериментальные и демонстрационные исследования в различных регионах земного шара за собственные средства.

Технология в целом, а также отдельные ее компоненты апробированы на многочисленных поисковых объектах (более 250) в различных регионах мира [8–20, 35]. Метод активно использовался для поисков коммерческих скоплений УВ в областях распространения нетрадиционных коллекторов: кристаллических пород [13, 15], плотных песчаников [19], отложений баженовской свиты [14, 18], сланцев [16]. Технология применялась для оценки перспектив нефтегазоносности поисковых блоков и площадей на шельфе [17, 35], а также глубинных горизонтов разреза [20].

Метод частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ используется на первом этапе исследований. На втором этапе работ обнаруженные и закартированные аномальные зоны (перспективные объекты) могут быть заверены и детализированы наземными прямопоисковыми геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ [8, 9, 12].

В статье [15] приводятся результаты детального обследования (с использованием частотно-резонансного и наземных геоэлектрических методов) трех локальных поисковых участков в

пределах Украинского щита с целью выбора наиболее перспективного для разбуривания, а также определения оптимального места для заложения поисковой скважины.

В работе [19] результаты применения частотно-резонансного метода обработки данных ДЗЗ на Оболонской импактной структуре (Украина) сопоставляются с материалами комплексных геолого-геофизических и геохимических исследований [23].

Перечисленные и активно используемые мобильные прямопоисковые методы разрабатывались экспериментальным путем. Выполняемые с их применением практические поисковые исследования, а также экспериментальные работы демонстрационного характера предоставляют важный материал для усовершенствования как самих методов, так и методических приемов их практического использования для решения конкретных поисковых задач. В последнее время авторы не оставляют также без внимания исследование с целью теоретического обоснования применяемых методов. Некоторые наработки в этом направлении исследований в тезисной форме сформулированы в статье [25].

При проведении работ по оценке нефтегазонасности участков расположения кратеров отрабатан новый методический прием оценки значений пластового давления в коллекторах, который существенно расширяет потенциальные возможности частотно-резонансной технологии. Сущность нового методического приема состоит в следующем.

Традиционно оценка максимальных значений пластового давления проводится следующим образом. В пределах обнаруженных аномальных зон регистрируются аномальные отклики для резонансных частот газа, которые изменяются с априори принятым шагом. Если на очередном шаге (значении частоты) аномальный отклик не фиксируется, то по значению частоты на предыдущем шаге с использованием экспериментальной зависимости определяется максимальное значение пластового давления флюидов в коллекторах. Другими словами, процесс перебора (изменения) частот прекращается сразу же на шаге измерений, на котором не фиксировался (регистировался) аномальный отклик.

При выполнении исследований в районе кратера Panther Mountain [29] впервые апробирована усовершенствованная методика оценки значений давления. Суть ее состоит в том, что с учетом значений гидростатического давления анализируется весь интересующий исследователей интервал разреза, например от поверхности до глубины 6 км. В этом случае процесс регистрации аномальных откликов не прекращается даже при их отсутствии на определенных интервалах разреза. Практические

эксперименты показали, что такой методический прием вполне оправдан – аномальные отклики в пределах некоторых аномальных зон фиксируются на различных интервалах (сегментах) резонансных частот, что свидетельствует о возможности выделения и приближенной оценки глубин залегания пластов (коллекторов), перспективных на обнаружение коммерческих скоплений УВ в различных интервалах разреза. В принципе, этот усовершенствованный прием оценки пластовых давлений флюидов в коллекторах может найти широкое применение при оценке перспектив нефтегазонасности глубинных горизонтов разреза.

Импактный кратер Сильян: результаты исследований. *Исходные данные для обработки.* В качестве исходных материалов при проведении исследований использовались карты-схемы блоковых структур кратера Сильян [32] и западного поискового участка в его пределах, на которых было показано положение пробуренных поисковых скважин, в том числе глубоких Gravberg-1 и Stenberg-1. Анализировался также разрез через пробуренные на локальном участке скважины.

Для последующей обработки и интерпретации были подготовлены спутниковые снимки практически всего кратера Сильян (рис. 1) в масштабе 1 : 200 000 и западного поискового участка (рис. 2) в масштабе 1 : 40 000. На спутниковые снимки также вынесено местоположение пробуренных скважин. Положение локального поискового участка в пределах кратера показано на рис. 1, 3, 4.

Результаты обработки. В процессе обработки спутниковых снимков регистрировались аномальные отклики на резонансных частотах нефти, газа и воды.

На первом этапе работ проведена обработка спутникового снимка практически всего кратера (см. рис. 1) в масштабе 1 : 200 000 – достаточно мелком рекогносцировочном. Небольшие перспективные объекты в этом масштабе пропущены. Всего на обследованной площади обнаружено и закартировано 16 аномальных зон типа “газ”, “нефть + газ”, “газ + вода” (см. рис. 3). На рис. 4 аномальные зоны показаны на спутниковом снимке площади обследования.

Оценки максимальных значений пластового давления флюидов, полученные с использованием традиционной методики их определения [11], варьируют в пределах выявленных аномальных зон в интервале от 2,2 до 8,0 МПа.

Общая площадь всех обнаруженных аномальных зон на площади кратера Сильян (рис. 3, 4) равна 239,5 км². По отношению к площади обследованного снимка (3500 км², см. рис. 1) это составляет: $239,5/3600 = 6,65\%$.

На втором этапе исследований спутниковый снимок западного поискового участка (см. рис. 2) обработан в масштабе 1 : 40 000 (детализацион-

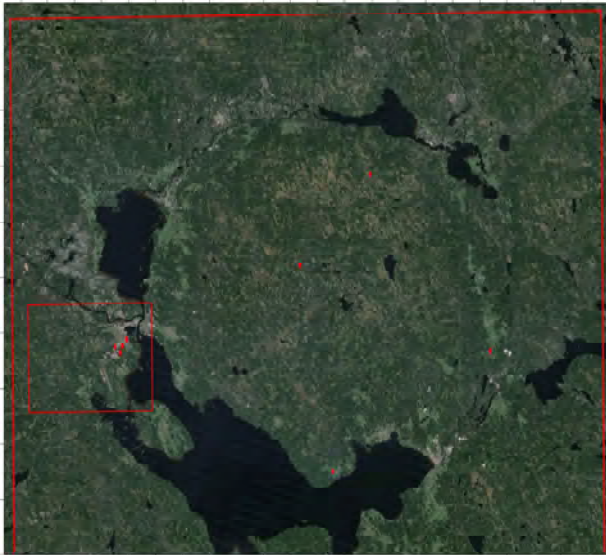


Рис. 1. Спутниковый снимок участка расположения импактного кратера Сильян (Швеция). Красными точками показано положение пробуренных скважин

Fig. 1. Satellite image of the area of Siljan impact crater location (Sweden). The red dots show the position of the drilled wells

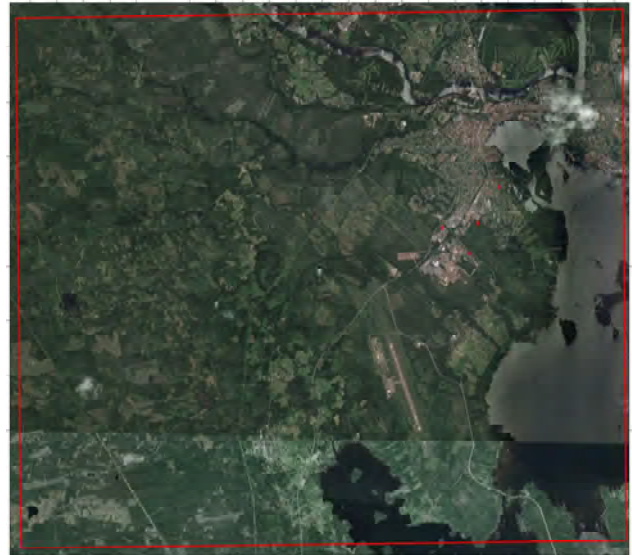


Рис. 2. Спутниковый снимок западного поискового участка в пределах кратера Сильян (Швеция). Красными точками показано положение пробуренных скважин

Fig. 2. Satellite image of western exploration block within the Siljan crater (Sweden). The red dots show the position of the drilled wells

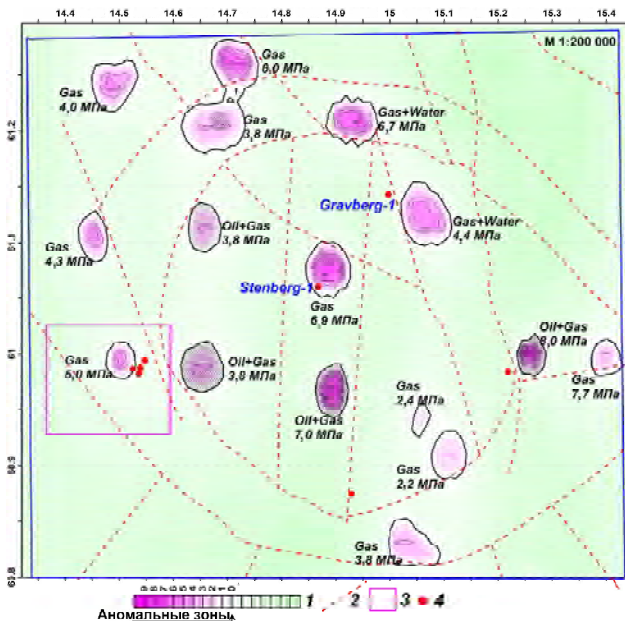


Рис. 3. Карта геоэлектрических аномальных зон типа “залежь УВ” на площади расположения импактного кратера Сильян: 1 – шкала значений пластового давления, МПа; 2 – тектонически ослабленные зоны; 3 – контур локально-поискового участка; 4 – положение пробуренных скважин

Fig. 3. Map of geoelectric anomalous zones of the “HC deposit” type in the area of Siljan impact crater. 1 – scale of maximal values of reservoir pressure, МПа; 2 – broken tectonic zones; 3 – contour of the local prospecting block; 4 – position of the drilled wells

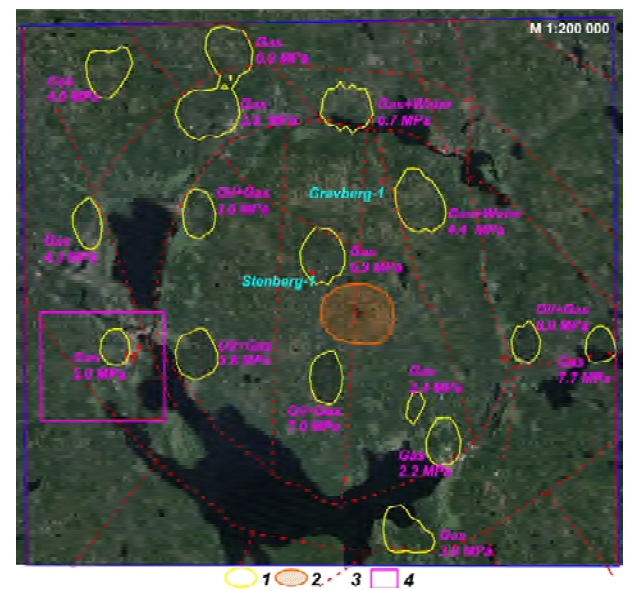


Рис. 4. Контуры геоэлектрических аномальных зон типа “залежь УВ” на спутниковом снимке кратера Сильян (Швеция): 1 – контуры аномальных зон типа “газ” и “нефть + газ”; 2 – контур аномальной зоны типа “железо-каменный метеорит” (регистрируется на резонансных частотах силикатов, никеля и самородного железа в интервале глубин 290–335 м); 3 – тектонически ослабленные зоны; 4 – контур локального поискового участка

Fig. 4. Outlines of geoelectric anomalous zones of “gas reservoir” type on the satellite image of Siljan Crater (Sweden). 1 – outline of the anomalous zones of “Gas” and “Oil&Gas” type; 2 – contour of anomalous zone of “iron-stony meteorite” type (recorded on the resonance frequencies of silicates, nickel and native iron in the depths range of 290–335 m); 3 – tectonically weakened zones; 4 – contour of detailed investigation area

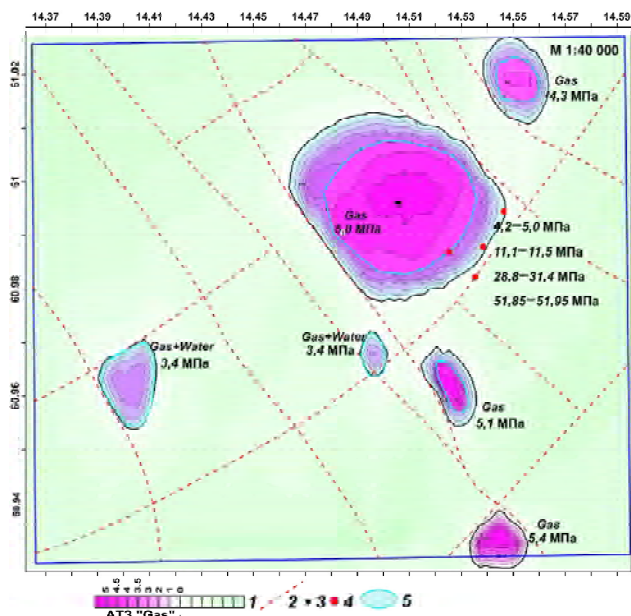


Рис. 5. Карта геоэлектрических аномальных зон типа “газовая залежь” в районе импактного кратера Сильян (западный поисковый участок): 1 – шкала значений пластового давления, МПа; 2 – тектонически ослабленные зоны; 3 – точка вертикального сканирования; координаты: E 14,50558, N 60,99591; 4 – положение пробуренных скважин; 5 – аномальные зоны типа “газ + вода”

Fig. 5. Map of geoelectric anomalous zones of the “gas deposit” type in the area of Siljan impact crater (Western prospecting block). 1 – scale of maximal values of reservoir pressure, MPa; 2 – broken tectonic zones; 3 – point of the vertical scanning; coordinates – E 14,50558, N 60,99591; 4 – position of the drilled wells; 5 – anomalous zones of “Gas + Water” type

ном). В пределах локального участка обнаружено 6 аномальных зон типа “газ” и “газ + вода” (рис. 5). Пластовые давления флюидов (оцененные по традиционной методике) изменяются в пределах аномалий в интервале от 3,4 до 5,4 МПа.

Суммарная площадь закартированных аномальных зон в пределах западного поискового участка (рис. 5) составляет 18,4 км². По отношению к площади обследованного снимка (150 км²) это составляет: $18,4/150 = 12,27\%$.

Обратим внимание на то, что с увеличением масштаба обработки спутниковых снимков общая площадь обнаруженных аномальных зон увеличилась практически в 2 раза (в процентном отношении). На рис. 3, 4 площадь единственной аномальной зоны типа “Gas” в пределах западной поисковой площади равна 8,8, а на рис. 5 – 12,4 км².

В центральной точке наиболее крупной аномалии “Gas” (рис. 5) выполнено вертикальное сканирование спутникового снимка с целью оценки глубин залегания и мощностей отдельных газоносных пластов. Эта точка наиболее оптимальна для бурения поисковой скважины в контурах указанной аномальной зоны.

Данные вертикального сканирования в точке с координатами E 14,50558, N 60,99591 следующие:

щие: 1) 185–194 м – газ + вода; 2) 270–282 м – газ + вода; 3) 349–356 м – газ + вода; 4) 455–458 м – газ; 5) 458–463 м – газ + вода. Сканированием в верхней части разреза выделено один газонасыщенный горизонт и четыре горизонта с водой и газом.

Дополнительная обработка. После апробации методики оценки пластовых давлений в различных интервалах разреза были проведены дополнительные исследования в пределах самой крупной аномальной зоны типа “Gas” (рис. 5) западного локального поискового участка. В центральной точке аномалии проведена регистрация аномальных откликов для более широкого интервала пластовых давлений. В результате, аномальные отклики зафиксированы в четырех интервалах пластовых давлений; МПа: 1) 4,2–5,0; 2) 11,1–11,5; 3) 28,8–31,4; 4) 51,85–51,95. Эти интервалы показаны также на рис. 5.

В связи с этим и с учетом гидростатического принципа поисковыми интервалами глубин газовых залежей в пределах аномалии “Gas” можно считать следующие; м: 1) 420–500, $H(\text{мощность}) = 80$; 2) 1120–1150, $H = 30$; 3) 2880–3140, $H = 260$; 4) 5185–5195, $H = 100$.

О скважине Vattumyren-03. В последнее время в пределах западного локального поискового участка пробурено несколько неглубоких скважин. Положение четырех из них показано на рис. 5. Отметим также, что через неделю после завершения работ по району кратера Сильян здесь было начато бурение скважины Vattumyren-03 (рис. 6). Геолого-геофизическое обоснование бурения, а также некоторые проектные материалы по скважине приведены в презентациях [32, 34].

Целесообразность бурения скважины Vattumyren-03 обоснована результатами исследований, изложенными в презентации [32]. В частности, наиболее важные выводы сводятся к следующему: 1) природный газ был обнаружен на площади работ в интервале глубин до 690 м; 2) в районе бурения скважин существуют пласты-покрышки; 3) имеются также трещинные коллекторы в породах фундамента, сходные с коллекторами некоторых нефтяных и газовых месторождений, открытых в фундаменте; 4) в районе г. Мора на каждый квадратный километр площади приходится по крайней мере 0,2 км³ коллекторов; объем порового пространства для воды или газа оценивается приблизительно в 4–6 млн м³/км².

К сожалению, у авторов отсутствовали координаты новой скважины, в связи с чем вертикальное сканирование разреза по спутниковому снимку в точке ее бурения не было проведено.

Скважина Vattumyren-03 расположена недалеко от пробуренных ранее скважин (см. рис. 5), заложенных на краю аномальной зоны “Gas”. По результатам обработки спутникового снимка ло-



Рис. 6. Положение новой, пробуренной в 2015 г. тестовой скважины Vattumyren-03 в районе г. Мора [34]

Fig. 6. The position of a new drilled in 2015 Vattumyren-03 test well near Mora city [34]

кального участка (рис. 5) скважина Vattumyren-03 пробурена не в оптимальном месте, следовательно, вероятность получения в ней после завершения бурения коммерческих притоков газа невысокая. Наиболее оптимальный участок для заложения скважин – район центральной точки аномальной зоны “Gas”, в которой проведено вертикальное сканирование геологического разреза.

Сведения о результатах бурения у авторов на момент написания статьи отсутствовали. Добавим также, что бурение скважин в этом районе проводит компания Igrene [www.igrene.se]. Информация о результатах бурения на ее сайте отсутствовала.

О локализации участка падения метеорита. В начале 2016 г. авторами проведены экспериментальные исследования с целью изучения возможности обнаружения по результатам декодирования спутниковых снимков участков нахождения остатков упавших метеоритов. Такого рода эксперименты проведены и в пределах кратера Сильян.

В результате обработки спутникового снимка в центральной части кратера обнаружена и закартирована аномальная зона типа “железокаменный метеорит”. Эта аномальная зона выделена по данным регистрации аномальных откликов на резонансных частотах силикатов, никеля и самородного железа. Положение аномальной зоны показано на рис. 4. В процессе сканирования спутникового снимка аномальные отклики зафиксированы в интервале глубин 290–335 м.

Участок расположения кратера Panther Mountain. Импактный кратер Panther Mountain расположен в штате Нью-Йорк, США [29]. Диаметр кратера ~10 км, координаты центра: 42°04'08,55" N; 74°23'37,33" W. На спутниковом снимке кратера (рис. 7) [29] показано положение разведочной скважины Herdman (координаты: 42°06'6,00" N; 74°23'0,99" W), в которой с глубины 1630,68 м получен приток газа объемом 50 000 кубических футов в сутки.

Для проведения обработки был подготовлен спутниковый снимок участка расположения кратера в масштабе 1 : 50 000. При декодировании снимка впервые была апробирована дополнительная (усовершенствованная) методика оценки максимальных значений пластовых давлений в различных интервалах разреза.

Результаты исследований в пределах кратера Panther Mountain представлены на рис. 8. На площади обследования обнаружено и закартировано шесть аномальных зон типа “залежь газа”. При этом в аномальной зоне “Gas-1” выявлено три интервала возможного скопления газа, в аномальной зоне “Gas-2” – два, во всех четырех остальных – по одному. С учетом гидростатического принципа указанные на рис. 8 возле отдельных аномалий интервалы пластовых давлений можно перевести (приблизительно) в интервалы глубин, в пределах которых целесообразно проводить поиски газовых коллекторов (залежей) методами вертикального сканирования данных ДЗЗ в лаборатории или ВЭРЗ в поле. В частности, для аномалии “Gas-1” интервалы глубин 700–1630, 2710–2900 и 3100–3260 м наиболее оптимальны для поисков газовых залежей.

На участке расположения кратера Panther Mountain общая площадь обнаруженных аномальных зон (рис. 8) равна 8,5 км². По отношению к площади обследованного снимка (150 км²) это составляет: $8,5/150 = 5,67\%$. Примечательно, что в процентном отношении суммарная площадь обнаруженных здесь аномалий меньше, чем в пределах кратера Сильян, хотя масштаб обработки намного крупнее, и существенно меньше, чем в пределах локального поискового участка, площадь которого также равна 150 км².

Обратим внимание на то обстоятельство, что на рис. 8 аномальные зоны построены в значении-

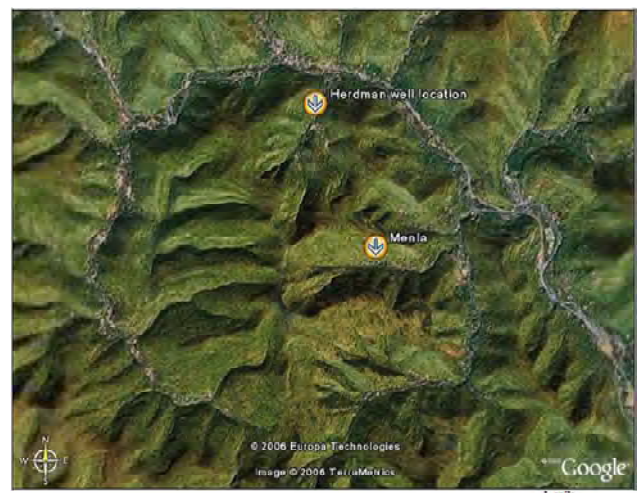


Рис. 7. Спутниковый снимок импактного кратера Panther Mountain (Ulster County, Нью-Йорк, США). Показано положение скважины [29]

Fig. 7. Satellite image of impact craters Panther Mountain (Ulster County, NY, USA). The well location is shown [29]

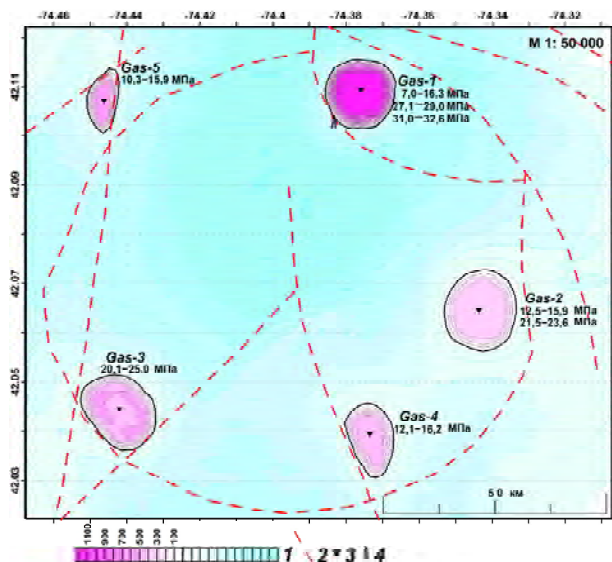


Рис. 8. Карта геоэлектрических аномальных зон типа “запад газа” в пределах импактной структуры Panther Mountain (Нью-Йорк, США): 1 – шкала суммарной мощности перспективных поисковых горизонтов; 2 – тектонически ослабленные зоны; 3 – центральные точки аномальных зон; 4 – положение пробуренной скважины Herdman

Fig. 8. Map of geoelectric anomalous zones of the “gas reservoir” type within the impact structure Panther Mountain (New York, USA). 1 – scale of the total thicknesses of the search promising horizons, meters; 2 – tectonically weakened zones; 3 – the central points of the anomalous zones; 4 – position of the Herdman drilled well

ях суммарной мощности перспективных поисковых горизонтов.

В пределах обнаруженных аномальных зон определены центральные точки, наиболее оптимальные для заложения поисковых скважин. Координаты центральных точек следующие:
 Gas-1 – W 74,376007443, N 42,109458131;
 Gas-2 – W 74,3438163314, N 42,0646739852;
 Gas-3 – W 74,4421296931, N 42,0446503023;
 Gas-4 – W 74,3733973412, N 42,0394829061;
 Gas-5 – W 74,4464798525, N 42,1073050492.

Из отдельного рисунка в работе [29] следует, что импактный кратер Panther Mountain (см. рис. 7) расположен в зоне распространения сланцев Marcellus в штате Нью-Йорк. В связи с этим можно считать, что результаты обработки спутникового снимка в районе кратера в определенной степени характеризуют также место расположения и структуру зон “sweet spots” в районе распространения сланцев. Результаты оценки перспектив нефтегазоносности локального участка на площади распространения сланцев Marcellus частотно-резонансным методом обработки спутниковых снимков представлены в статье [16].

К изложенному выше добавим следующее. В пределах распространения сланцев Marcellus обработан спутниковый снимок относительно крупного участка площадью 1434 км² в масштабе 1 : 125 000, а снимок отдельного фрагмента в его

пределах площадью 250 км² – в масштабе 1 : 50 000 [16]. Суммарная площадь всех обнаруженных аномалий на крупном участке равна 185,79 км². По отношению к общей площади участка это составляет: $185,79/1434 = 12,96\%$. Суммарная площадь аномалий на локальном участке равна 50,86 км², что составляет: $50,86/250 = 20,4\%$ его площади. Сопоставив эти цифры с таковыми для участка расположения кратера Panther Mountain, можно сделать вывод о том, что аномальные зоны типа “нефть и газ” на площади распространения сланцев Marcellus распределены весьма неравномерно.

Поисковая площадь Big Basin. Краткие сведения о поисковой площади Big Basin (штат Канзас) приведены в работе [28]. Аэроснимок площади показан на рис. 9, на котором зафиксирована кольцевая структура диаметром 1 миля. Однако окончательно ее природа не установлена: это метеоритный кратер или карстовая воронка? На поисковой площади расположена продуктивная скважина ВВ-1 (красная точка на рис. 9). Координаты скважины ВВ-1: 37°14' 09,63" N, 100°00'13,72" W. Продуктивный горизонт (коллектор) мощностью 5,6 м расположен на глубине 1,686 м. При испытании этого интервала получены следующие при токи: 230 000 кубических футов газа в сутки;

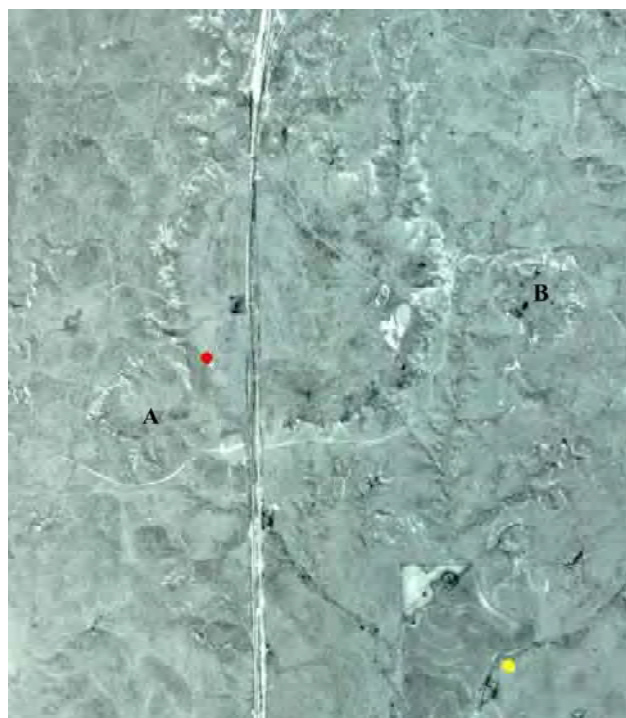


Рис. 9. Спутниковый снимок поискового участка “Big Basin” (Канзас, США). Красная точка – продуктивная скважина ВВ-1, желтая – скважина Duvall-1. А, В – центры небольших карстовых воронок “Withers Sink” и “Little Basin” [28]

Fig. 9. Satellite image of “Big Basin” prospecting area (Kansas, USA). The red dot show BB-1 productive well, yellow – Duvall-1 well. A, B – centers of small sinkholes “Withers Sink” and “Little Basin” [28]

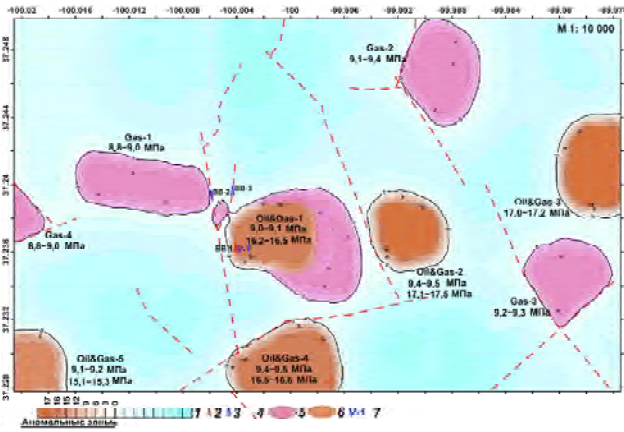


Рис. 10. Карта геоэлектрических аномальных зон типа “нефть + газ” в пределах поискового участка Big Basin (Канзас, США): 1 – шкала максимальных значений пластового давления, МПа; 2 – продуктивная скважина ВВ-1; 3 – скважины; 4 – тектонически ослабленные зоны; 5 – зона нефтегазовых залежей; 6 – зона нефтяных залежей; 7 – точка вертикального сканирования

Fig. 10. Map of geoelectric anomalous zones of the “Oil&Gas” type within the search area in Big Basin (Kansas, USA). 1 – scale of the maximum values of reservoir pressure, MPa; 2 – producing well; 3 – wells; 4 – tectonically weakened zones; 5 – zone of Oil&Gas deposits; 6 – zone of Oil deposits; 7 – point of vertical scanning

40 баррелей жидких флюидов в сутки, 20 % которых составляла нефть.

Спутниковый снимок поискового участка обработан в очень крупном масштабе – 1 : 10 000. На обследованной площади обнаружено и закартировано пять аномальных зон типа “нефть + газ” и четыре аномальные зоны типа “газ” (рис. 10). На рис. 11 обнаруженные аномалии показаны на карте спектральных аномалий, закартированных на поисковой площади наземной спектрометрической аппаратурой [28].

В контурах обнаруженных аномалий выполнена оценка пластовых давлений флюидов в различных интервалах разреза. В результате выделено два интервала, перспективных на выявление скоплений нефти и газа (рис. 10, 11).

Суммарная площадь всех аномалий на поисковом участке Big Basin равна 2,2 км² (см. рис. 10), что по отношению к площади обследованного снимка (10 км²) составляет $2,2/10 = 22\%$.

Необходимо отметить, что площади отдельных аномальных зон здесь небольшие: максимальная – 0,29 км², минимальная – 0,05 км². Это обстоятельство еще раз наглядно демонстрирует, что с увеличением масштаба декодирования спутниковых снимков могут быть обнаружены и закартированы относительно мелкие аномальные зоны типа “залежь нефти и газа”.

Из рис. 10 следует, что продуктивная скважина ВВ-1 попадает на край аномальной зоны Oil&Gas-1, а аварийная скважина ВВ-2 (ВВ-2А) и непродуктивная ВВ-3 – в зону тектонических нарушений.

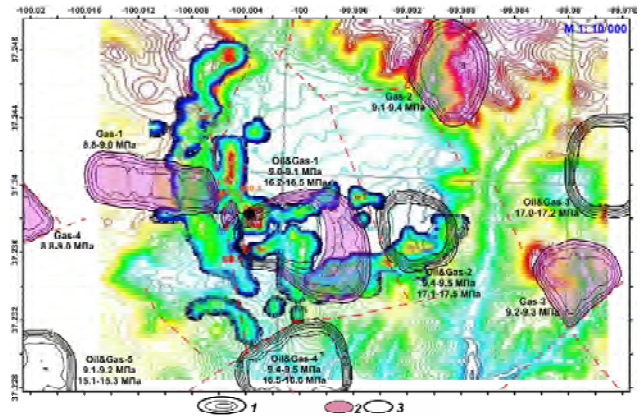


Рис. 11. Карта аномальных зон типа “нефть + газ” в пределах поискового участка Big Basin (Канзас, США) на карте спектральных (Relucent) аномалий: 1 – изолинии максимальных значений пластового давления, МПа; 2 – зона нефтегазовых залежей; 3 – зона нефтяных залежей. Остальные условные обозначения см. на рис. 10

Fig. 11. Map of geoelectric anomalous zones of the “Oil&Gas” type within the search area in Big Basin (USA) on the map of Relucent survey data. 1 – isozones of the maximum values of reservoir pressure, MPa; 2 – zone of Oil&Gas deposits; 3 – zone of Oil deposits. The rest of the conventions, see. Fig. 10

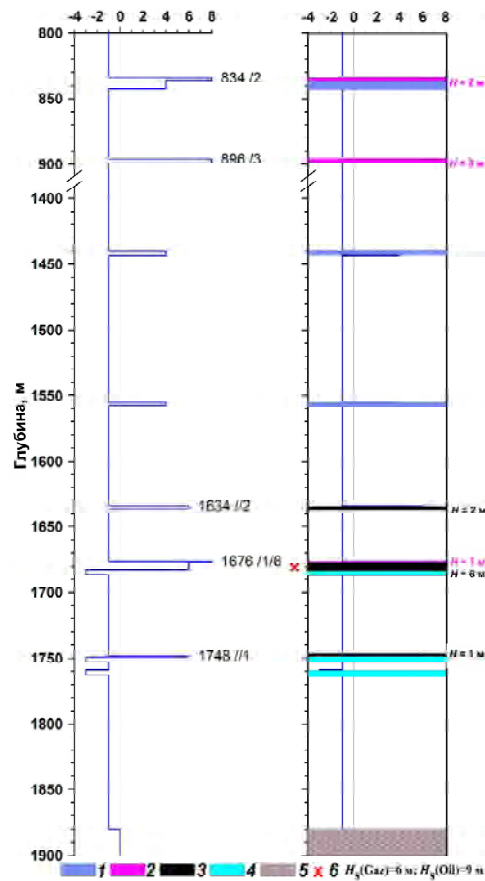


Рис. 12. Результаты вертикального сканирования в точке V-1 на поисковом участке Big Basin. Аномально поляризованные пласты типа: 1 – “вода + газ”, 2 – “газ”, 3 – “нефть”, 4 – “вода”; 5 – плотные породы; 6 – перспективный интервал поиска

Fig. 12. Results of vertical scanning in point V-1 on the search area in Big Basin. Anomalous polarized layers of type: 1 – “Water&Gas”, 2 – “Gas”, 3 – “Oil”, 4 – “Water”; 5 – “Dense rock”; 6 – promising interval of search

Возле продуктивной скважины ВВ-1 проведено вертикальное сканирование спутникового снимка в интервале глубин 800–1900 м с целью оценки глубин залегания и мощностей аномально поляризованных пластов (АПП) типа “нефть” и “газ”. В обследованном интервале выделено три АПП типа “газ” суммарной мощностью 6 м и три АПП типа “нефть” мощностью 9 м (рис. 12).

Согласно [28], на начальном этапе изучения углеводородного потенциала поискового участка в его пределах проведена наземная спектрометрическая (Relucet) съемка. Картируемые с ее использованием аномалии фиксируют участки (зоны) повышенной миграции УВ, что может указывать на наличие залежей нефти и газа. Съемка не позволяет определять глубины залегания залежей, тем не менее может быть эффективным поисковым инструментом, особенно при использовании ее результатов в комплексе с другими имеющимися геолого-геофизическими данными. Результаты спектрометрической съемки приводятся в [28]. Закартированные аномальные зоны типа “Oil&Gas” в пределах поискового участка Big Basin показаны также на карте спектральных (Relucet) аномалий (см. рис. 11). Эта схематическая карта наглядно демонстрирует, как соотносятся между собой аномальные зоны, картируемые разными геофизическими методами.

Импактные кратеры на Луне и Марсе. В 2016 г. начались экспериментальные исследования с целью изучения возможности применения частотно-резонансного метода обработки и декодирования спутниковых снимков других планет и спутников Солнечной системы. Исследования начались с импактных кратеров на Луне (рис. 13) [30] и Марсе (рис. 14), которые достаточно уверенно фиксируются на спутниковых снимках. На

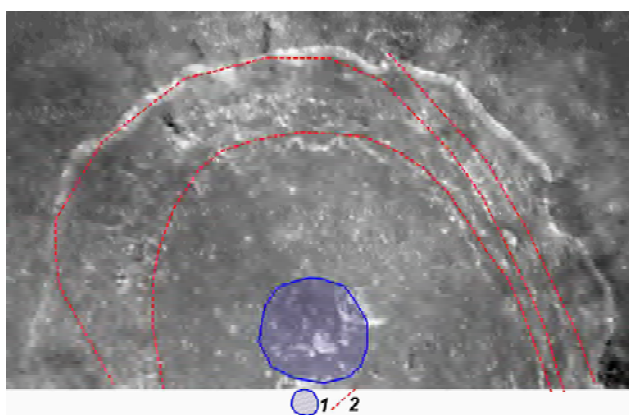


Рис. 13. Результаты частотно-резонансного дешифрирования спутникового снимка кратера Коперник на Луне: 1 – зона каменного метеорита (фиксируется на резонансных частотах силикатов на глубине с 435 м от поверхности кратера); 2 – ослабленные зоны, зоны дробления пород

Fig. 13. Results of the satellite image frequency-resonance decoding of the Copernicus crater on Moon. 1 – zone of stony meteorite (fixed at the resonant frequencies of silicates at a depth of 435 m from the crater surface); 2 – weakened zones, zones of crushing rocks

начальном этапе этих работ авторы поставили перед собой следующую задачу: можно ли использовать резонансные частоты, которые применяются при обработке спутниковых снимков отдельных участков земной поверхности, для обнаружения подобных структурных элементов и пород на других планетах и спутниках?

Таковыми структурными элементами в пределах импактных кратеров являются разломы (ослабленные зоны, участки дробления пород). На участках предполагаемого падения метеоритов проводилась регистрация аномальных откликов на резонансных частотах вещества, из которого состоят известные типы метеоритов.

На рис. 13 представлены результаты частотно-резонансной обработки спутникового снимка кратера Коперник на Луне. В пределах снимка достаточно уверенно выделены зоны тектонических нарушений. Практически в центре кратера зафиксированы аномальные отклики на резонансных частотах силикатов, из которых состоят каменные метеориты. Аномальные эффекты на этих частотах фиксировались начиная с глубины 435 м от поверхности кратера.

В пределах кратера на Марсе (рис. 14) также выявлены и прослежены тектонически ослабленные зоны, а на участке предполагаемого падения метеорита зарегистрированы аномальные отклики на резонансных частотах самородного железа и никеля в интервале глубин 325–850 м от поверх-

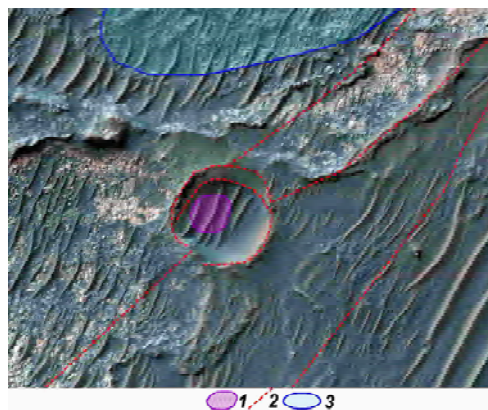


Рис. 14. Результаты частотно-резонансного дешифрирования снимка марсианского кратера, расположенного в средней части южных широт Марса: 1 – зона падения “железного” метеорита (фиксируется на резонансных частотах самородного железа и никеля в интервале глубин 325–850 м от поверхности кратера); 2 – ослабленные зоны, зоны дробления пород; 3 – зона регистрации откликов на резонансных частотах воды в интервале глубин $H = 85–110$ м от поверхности

Fig. 14. The results of the frequency-resonance decoding of the Martian crater image, located in the middle of the southern latitudes of Mars. 1 – drop zone of “Iron” meteorite (fixed at the resonant frequencies of native iron and nickel in the depth range of 325–850 m from the crater surface); 2 – weakened zones, zones of rocks crushing; 3 – area of responses registration at resonant frequencies of water in the depths range of 85–110 m from the surface

ности кратера. В верхней части обследованного снимка выделена и закартирована зона регистрации откликов на резонансных частотах воды в интервале глубин 85–110 м от поверхности.

Выше отмечалось, что дополнительные исследования проведены также в пределах кратера Сильян, где зафиксирована зона возможного нахождения остатков метеорита (см. рис. 4).

Согласно экспериментам, на планетах и спутниках Солнечной системы зоны тектонических нарушений, вещество метеоритов и вода фиксируются на тех же резонансных частотах, что и на Земле.

Исследования в этом направлении целесообразно продолжить.

Предварительные выводы и краткие комментарии. Оперативно проведенные исследования на площади расположения импактного кратера Сильян, в принципе, можно считать реализацией давних планов (намерений) авторов более обоснованно оценить перспективы обнаружения коммерческих скоплений УВ и на локальных участках бурения глубоких скважин Gravberg-1 и Stenberg-1. При проведении работ с применением прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ был получен значительный объем дополнительной и независимой информации о перспективах нефтегазоносности обследованной площади. В целом, можно констатировать, что результаты проведенных работ оценки не противоречат данным бурения.

1. В результате исследований рекогносцировочного характера установлено главное: в пределах импактного кратера Сильян имеются перспективные на нефть и газ объекты (аномальные зоны), которые заслуживают детального изучения и разбуривания. Наиболее крупные по площади аномальные зоны уже обнаружены в результате проведенных исследований.

2. На основании максимального значения оценок пластового давления в 8,0 МПа, определенного на первом этапе работ в пределах обследованной площади, сделан предварительный вывод (с учетом гидростатического принципа) о том, что вероятность получения здесь коммерческих притоков УВ с глубин свыше 800–1000 м очень низкая. Однако результаты дополнительных исследований на западном поисковом участке с использованием усовершенствованной методики оценки пластовых давлений в различных интервалах разреза (в том числе глубинных) эту вероятность существенно повысили.

3. Из рис. 3 следует, что пробуренные глубокие скважины Gravberg-1 и Stenberg-1 расположены в неоптимальных местах (по отношению к обнаруженным аномальным зонам). Это можно считать подтверждением отсутствия коммерческих притоков УВ в этих скважинах.

4. Сопоставление рис. 3 и 5 показывает, что увеличение масштаба обработки дает возможность обнаруживать и картировать небольшие аномальные зоны. Так, на рис. 3 в пределах западного локального участка обнаружена только одна аномальная зона, а на рис. 5 — еще пять аномальных зон меньших размеров. Если спутниковый снимок локального участка обработать в более крупном масштабе (например, 1 : 15 000, 1 : 10 000), то количество обнаруженных (мелких) аномальных зон может увеличиться.

В процентном отношении суммарная площадь обнаруженных аномалий в пределах кратера Сильян больше, чем на участке расположения кратера Panther Mountain, хотя масштаб обработки здесь намного мельче. На локальном поисковом участке, площадь которого также равна 150 км², отличие в суммарных площадях существенно возрастает.

5. Целенаправленное применение прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ позволит ускорить и оптимизировать процесс поисков и разведки коммерческих скоплений УВ на площади импактного кратера Сильян.

6. Прямопоисковые наземные геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ могут быть использованы для детализации обнаруженных аномальных зон. Точность и информативность этих мобильных методов выше, чем технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ. Полевые работы с применением методов СКИП и ВЭРЗ проведены в 2013 г. с целью детального обследования обнаруженных частотно-резонансным методом обработки данных ДЗЗ аномальных зон типа “залежь УВ” на трех поисковых участках в пределах Украинского щита. Результаты проведенных исследований опубликованы [15].

7. Метод ВЭРЗ позволяет с высокой точностью определять (оценивать) глубины залегания и мощности аномально поляризованных пластов типа “нефть”, “газ”, “вода”, “кристаллический фундамент”, и др. С помощью этого метода в отдельных АПП типа “нефть”, “газ” и “газоконденсат” оцениваются также значения пластового давления флюидов. Результаты зондирований ВЭРЗ по площади предоставляют возможности рассчитывать объемы отдельных АПП, а также приближенно оценивать потенциальные ресурсы УВ в них [15].

8. В 2011 г. была выполнена частотно-резонансная обработка спутникового снимка участка расположения Оболонской астроблемы в масштабе 1 : 150 000. В пределах обследованной площади обнаружено три небольшие аномальные зоны с невысокими значениями пластового давления (порядка 6,5 МПа) [15]. Оценки пластовых давлений здесь сопоставимы с таковыми в районе кратера Сильян. Однако количество обнаруженных ано-

мальных зон значительно меньше, чем на площади кратера.

При обследовании Оболонской структуры оценка перспектив нефтегазоносности глубинных горизонтов разреза не проводилась. Целесообразно в пределах этой структуры выполнить дополнительные исследования с использованием усовершенствованной методики оценки пластовых давлений в различных интервалах разреза.

9. Авторы не исключают возможности наличия в кристаллических основаниях импактных структур небольших залежей УВ жильного типа. Однако при мелкомасштабной обработке спутниковых снимков такие маломощные объекты не могут быть обнаружены и закартированы. Практический опыт исследований в Карпатах показал, что залежи жильного типа могут быть зафиксированы при обработке спутниковых снимков в очень крупном масштабе – 1 : 2000 – 1 : 1000.

10. К изложенному выше добавим следующее. В пределах кратера Сильян обнаружено относительно большое количество аномальных зон типа “залежь газа” и “залежь газа и нефти” (см. рис. 3), небольшие аномальные зоны не закартированы. Об этом свидетельствует, в частности, сопоставление рис. 3 и 5. Поэтому если в пределах обнаруженных аномальных зон бурением будут установлены залежи УВ с коммерческими притоками и будет организована их промышленная добыча, то для наращивания ресурсной базы в таких районах целесообразно провести обработку данных ДЗЗ в крупном масштабе для обнаружения и картирования небольших аномальных зон.

11. Использованный частотно-резонансный метод обработки и интерпретации данных ДЗЗ является по сути прямым(!) методом поисков и разведки рудных и горючих полезных ископаемых. В связи с этим обнаруженные и закартированные с его помощью аномальные зоны **можно рассматривать как проекции на земную поверхность контуров скоплений УВ в разрезе изучаемой площади.**

12. Метод частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ является супероперативным! Его практическое использование предоставляет также возможность оперативно проводить дополнительные исследования на изученных участках с целью сопоставления полученных материалов с результатами обработки данных ДЗЗ на обследуемых площадях (объектах).

13. Можно констатировать, что освоение ресурсов УВ в областях распространения нетрадиционных коллекторов (в кристаллических породах щитов, а также в фундаменте осадочных бассейнов) целесообразно начинать с работы на участках обнаруженных аномальных зон (т. е. зон “sweet spots”), в пределах которых получены самые высокие оценки пластовых давлений или же

установлено несколько интервалов нефтегазонасыщения.

14. Методика оценки максимальных значений пластового давления флюидов в коллекторах позволяет существенно сузить площадь поисков залежей УВ, а следовательно, и участков для заложения поисковых скважин.

15. В пределах кратера Сильян, а также на всех обследованных площадях (в Украине, Польше, Румынии, Англии и США) [16] в рамках проекта “Газ в сланцевых коллекторах” выполнен только первый этап исследований – рекогносцировочный. Обработка данных ДЗЗ на этом этапе осуществляется в относительно мелком масштабе. Поэтому результаты исследований рекомендуется использовать для выбора локальных участков (объектов) для детального опоскования и последующего разбуривания.

16. Обратим еще раз внимание на относительно невысокие оценки максимальных значений пластового давления в коллекторах в пределах кратера Сильян (8,0 МПа) и Оболонской астроблемы (6,5 МПа). Опыт проведения подобного рода исследований свидетельствует, что аномальные объекты с высокими значениями пластового давления в кристаллическом фундаменте (породах) могут быть зафиксированы. В частности, высокие значения пластового давления (сопоставимые с измеренными в скважинах) зафиксированы над известным месторождением “Белый Тигр” на шельфе Вьетнама [13].

Получены также высокие значения давления и на трех поисковых площадях на Украинском щите. Эти оценки подтверждены наземными методами СКИП и ВЭРЗ. Более того, методом ВЭРЗ на поисковых участках в кристаллических породах выделены АПП “газоконденсат” и “нефть” на глубинах до 3000 м [15].

17. То обстоятельство, что прогнозируемые залежи УВ в пределах кратера Сильян расположены также в верхней части разреза, можно считать и определенным преимуществом. В такой ситуации на бурение скважин существенно сокращаются затраты времени и ресурсов (финансов). Остается только выбирать оптимальные места (участки) для их заложения.

В решении этой задачи существенную помощь могут оказать прямопоисковые методы, в том числе разработанные и используемые авторами, – частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ, наземные геоэлектрические СКИП и ВЭРЗ.

При использовании последних может быть реализована следующая стратегия их применения.

А. Обработка и интерпретация данных ДЗЗ всего кратера в рекогносцировочном режиме исследований с целью обнаружения и картирования наиболее перспективных объектов (аномальных

зон) для детального изучения и последующего разбуривания. В принципе, можно считать, что этот этап исследований на кратере Сильян уже реализован (см. рис. 3).

Результаты исследований на этом этапе анализируются совместно с имеющимися геолого-геофизическими материалами и выбираются наиболее перспективные объекты (аномальные зоны) для проведения детальных поисковых работ.

Б. Обработка спутниковых снимков участков расположения обнаруженных аномалий на первом этапе исследований в детализационном режиме (в более крупном масштабе). Можно считать, что некоторый объем такого рода исследований выполнен в пределах западного локального поискового участка, расположенного в пределах кратера Сильян (см. рис. 5). По результатам работ этого этапа выбираются наиболее перспективные объекты (аномальные зоны) для последующего разбуривания. Наиболее перспективна для разбуривания самая крупная аномальная зона (см. рис. 5).

В. Проведение в пределах наиболее перспективных аномальных зон детальных наземных полевых работ с использованием прямопоисковых методов СКИП и ВЭРЗ с целью оценки прогнозных ресурсов УВ в отдельных коллекторах (залежах) и выбора наиболее оптимальных мест для заложения поисковых скважин. Обработка данных ДЗЗ (спутниковых снимков) осуществляется достаточно оперативно. Затраты времени и ресурсов на проведение полевых работ намного выше (организация экспедиции, полевые измерения, камеральная обработка и интерпретация полученных материалов и пр.). В связи с этим в некоторых случаях целесообразность проведения полевых работ может быть поставлена под сомнение, и в первую очередь тогда, когда прогнозируемые целевые горизонты (залежи) расположены неглубоко, а следовательно, и затраты на бурение поисковых скважин невысокие. Такой вариант вполне может быть проанализирован и на этапе обследования и разбуривания обнаруженных аномальных зон в кратере Сильян.

18. К предыдущему параграфу добавим, что при бурении глубоких (и дорогостоящих) скважин детальные полевые исследования наземными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ следует проводить в обязательном порядке!

19. Обратим внимание на то, что на площади кратера Сильян пробурено относительно много скважин, в том числе две глубокие. Однако промышленных (коммерческих) скоплений УВ так и не обнаружено. В принципе, в этом нет ничего удивительного. Традиционные геофизические методы не являются прямыми методами поисков нефти и газа, коэффициент успешности бурения невысокий – многие скважины не дают коммер-

ческих притоков или оказываются сухими. Согласно [5, с. 3], “успешность поисково-разведочных работ в мире держится в среднем на уровне 30 %”. В этой связи и со значительным падением цен на нефть целесообразность повышения показателя успешности бурения не вызывает сомнений.

Заключение. Результаты обработки данных ДЗЗ участков расположения импактных кратеров Сильян (в пределах Балтийского щита) и Panther Mountain (на площади распространения сланцев Marcellus) подтверждают, в принципе, ранее сформулированные выводы для обследованных участков распространения нетрадиционных коллекторов (кристаллических пород, сланцев, отложений угольных бассейнов) [16].

Применение мобильных и оперативных методов “прямых” поисков скоплений УВ в районах распространения традиционных и нетрадиционных коллекторов в различных странах будет способствовать значительному повышению коэффициента успешности бурения (увеличению количества скважин с коммерческими притоками УВ).

Главный результат – исследования еще раз продемонстрировали, что применение частотно-резонансного метода обработки и декодирования данных ДЗЗ позволяет оперативно обнаруживать и картировать аномальные зоны (или участки “sweet spots”) в пределах распространения пород-коллекторов нетрадиционного типа.

Принципиально важными для авторов представляются как разработка усовершенствованной методики оценки максимальных значений пластовых давлений в различных интервалах (горизонтах) разреза, так и практические результаты ее апробации. Во-первых, эта методика значительно расширяет потенциальные возможности мобильной и прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки и декодирования данных ДЗЗ. Во-вторых, оперативная технология может найти широкое применение при оценке перспектив нефтегазоносности глубинных горизонтов разреза, материальные и финансовые затраты на освоение которых возрастают. Кроме того, использование традиционной методики оценки максимальных значений пластовых давлений не дает возможности в полной мере объективно оценивать перспективы обнаружения промышленных скоплений нефти и газа в глубинных горизонтах разреза. Можно заключить, что результаты ранее проведенных исследований авторов с использованием частотно-резонансного метода обработки данных ДЗЗ в пределах многих поисковых площадей являются неполными – весь доступный для освоения разрез в их пределах надлежащим образом не изучен.

В своих статьях и демонстрационных документах авторы постоянно отмечают, что структу-

ра и характеристические особенности картируемых с использованием прямопоисковых методов и технологий аномальных зон (перспективных объектов) находят свое логическое объяснение с позиций глубинного (абиогенного) синтеза УВ и их последующей вертикальной миграции в верхнюю часть земной коры и в атмосферу в рамках глобального процесса дегазации Земли. Результаты многочисленных исследований по проблеме глубинного происхождения УВ можно найти в публикациях авторов [1, 3, 4, 6, 7, 21, 22, 24, 31], а также в различных документах и материалах сайта [www.deepoil.ru]. Результаты практического опробования усовершенствованной методики оценки значений пластового давления в различных (в том числе глубинных) горизонтах разреза можно считать дополнительными (и достаточно весомыми) аргументами в пользу глубинного происхождения нефти и газа.

В очередной раз отметим, что представленными выше результатами исследований в полной мере продемонстрированы потенциальные возможности прямопоисковых методов и технологий при проведении в сжатые сроки рекогносцировочного обследования поисковых участков в районах распространения традиционных и нетрадиционных коллекторов. Апробированная технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ может использоваться для предварительной оценки перспектив нефтегазоносности крупных по площади (и труднодоступных) нефтегазоносных территорий. Применение этой технологии может принести значительный эффект и при поисках скоплений УВ в нетрадиционных коллекторах (в том числе в районах распространения сланцев, пород баженовской свиты, угленосных формаций). Мобильная технология также заслуживает применения при исследованиях слабоизученных участков и блоков в пределах известных нефте- и газоносных бассейнов.

1. *Багдасарова М.В.* Дегазация Земли – глобальный процесс, формирующий флюидогенные полезные ископаемые (в том числе месторождения нефти и газа) [Электронный ресурс] / М.В. Багдасарова // Электронный журнал “Глубинная нефть”. – 2014. – Т. 2, № 10. – С. 1621–1644. – Режим доступа: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-2-10-2014/5_Bagdasarova_2-10-2014.pdf (дата обращения: 05.01.2016).
2. *Багрий И.Д.* Обоснование новой поисковой технологии и ее адаптация на традиционных и нетрадиционных нефтегазоносных объектах импактных структур Украины / И.Д. Багрий // Геологический журнал. – 2015. – № 2 (351). – С. 105–126.
3. *Валяев Б.М.* Природа и особенности пространственного распространения нетрадиционных ресурсов углеводородов и их скоплений / Б.М. Валяев // Газовая промышленность. Нетрадиционные ресурсы нефти и газа. Спецвыпуск. – 2012. – С. 9–16.
4. *Глухманчук Е.Д.* Трещинно-блоковая структура месторождений как основная причина низкой эффективности геолого-гидродинамических моделей / Е.Д. Глухманчук, В.В. Крупицкий, А.В. Леонтьевский // Недропользование XXI век. – 2014. – № 3. – С. 64–67.
5. *Запивалов Н.П.* Геологические и экологические риски в разведке и добыче нефти / Н.П. Запивалов // Георесурсы. – 2013. – № 3 (53). – С. 3–5.
6. *Краюшкин В.А.* Месторождения нефти и газа глубинного генезиса / В.А. Краюшкин // Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева. – 1986. – Т. 31, № 5. – С. 581–586.
7. *Кусов Б.Р.* Генезис некоторых углеводородсодержащих полезных ископаемых (От метана до алмаза): Монография. – 2-е изд., доп. / Б.Р. Кусов. – Владикавказ: ИПО СОИГСИ, 2011. – 195 с.
8. *Левашов С.П.* Электрорезонансное зондирование и его использование для решения задач экологии и инженерной геологии / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геологический журнал. – 2003. – № 4. – С. 24–28.
9. *Левашов С.П.* Экспресс-технология “прямых” поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами: результаты практического применения в 2001–2005 гг. / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2006. – № 1. – С. 31–43.
10. *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.
11. *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.
12. *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. 166–176.
13. *Левашов С.П.* Мобильные геофизические технологии: опыт применения для поисков залежей углеводородов в кристаллических породах [Электронный ресурс] / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Электронный журнал “Глубинная нефть”. – 2013. – Т. 1, № 8. – С. 1117–1141. – Режим доступа: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-8-2013/3_Levashov-Iakimchuk-Korchagin_1-8-2013.pdf (дата обращения: 05.01.2016).
14. *Левашов С.П.* О возможности применения мобильных геофизических методов для поисков скоплений нефти в районах распространения отложений баженовской свиты / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа, И.С. Пидлисна // Геоинформатика. – 2014. – № 1. – С. 5–18.
15. *Левашов С.П.* Результаты детальных геофизических исследований с целью поисков скоплений углеводородов в пределах Украинского шита / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа,

- Д.Р. Шуст // Геоинформатика. – 2014. – № 2. – С. 5–21.
16. *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.
 17. *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.
 18. *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.
 19. *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.
 20. *Левашов С.П.* Опыт использования мобильных прямопоисковых технологий для оценки перспектив нефтегазоносности глубинных горизонтов разреза / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа, В.В. Прилуков // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики: зб. наук. пр. / Всеукр. асоціація геоінформатики, Центр менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю ІГН НАН України. – К.: ТОВ “Карбон ЛТД”, 2015. – Вип. 12. – С. 4–24.
 21. *Лукин А.Е.* Система “суперплюм – глубокозалегающие сегменты нефтегазоносных бассейнов” – неисчерпаемый источник углеводородов / А.Е. Лукин // Геологический журнал. – 2015. – № 2 (351). – С. 7–20.
 22. *Муслимов Р.Х.* Развитие инновационных технологий разработки нефтяных месторождений в современных условиях / Р.Х. Муслимов // Нефть. Газ. Новации. – 2012. – № 2. – С. 30–38.
 23. *Петровский А.П.* Оболонская астроблема – интегральная геолого-геофизическая модель нетрадиционных резервуаров как новый объект нефтегазопроисковых работ / А.П. Петровский, Ю.В. Анищенко, Т.А. Федченко, Н.С. Ганженко // Геофизика. – 2015. – № 2. – С. 61–68.
 24. *Тимурзиев А.И.* Мантийные очаги генерации углеводородов: геолого-физические признаки и прогнозно-поисковые критерии картирования; закономерности нефтегазоносности недр как отражение разгрузки в земной коре мантийных УВ-систем / А.И. Тимурзиев / Природные физико-химические условия и процессы преобразования и мобилизации мантийных С-Н-О-S систем в углеводороды нефтяного ряда. Исходное вещество и очаги генерации, механизм и каналы вертикальной миграции глубинной нефти // 2-е Кудрявцевские чтения. Материалы Всероссийской конференции по глубинному генезису нефти и газа. – М.: ЦГЭ, 2013. – С. 333–379.
 25. *Якимчук М.А.* Электричне поле і його роль у житті Землі / М.А. Якимчук // Геоинформатика. – 2014. – № 3. – С. 10–20.
 26. *Donofrio R.R.* Impact craters: implications for basement hydrocarbon production [Электронный ресурс] / R.R. Donofrio // Journal of Petroleum Geology. – 1981. – V. 3, no. 3. – P. 279–302. – Режим доступа: <http://parwestlandexploration.com/docs/jpgart.pdf> (дата обращения: 06.01.2016).
 27. *Donofrio R.R.* North American impact structures hold giant field potential [Электронный ресурс] / R.R. Donofrio // Oil & Gas Journal. – 1998. – May 11. – P. 69–83. – Режим доступа: <http://parwestlandexploration.com/docs/og.pdf> (дата обращения: 06.01.2016).
 28. *Donofrio R.R.* Big Basin, Kansas: Impact Crater or Sinkhole? [Электронный ресурс] / R.R. Donofrio. – Режим доступа: <http://parwestlandexploration.com/docs/Big%20Basin,%20EDGE%20article.pdf> (дата обращения: 06.01.2016).
 29. *Donofrio R.R.* New York’s Panther Mountain impact crater: enormous gas potential without hydraulic fracturing [Электронный ресурс] / R.R. Donofrio. – Режим доступа: <http://parwestlandexploration.com/docs/%28Revised%29%20PantherMountainarticle%20for%20web%20site.pdf> (дата обращения: 06.01.2016).
 30. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/alsj/a11/AS11-37-5448HR.jpg> (дата обращения: 06.01.2016).
 31. *Kutcherov V.G.* Deep-seated abiogenic origin of petroleum: From geological assessment to physical theory [Электронный ресурс] / V.G. Kutcherov, V.A. Kravushkin // Reviews of Geophysics. – 2010. – No. 48, RG1001. – DOI:10.1029/2008RG000270. – Режим доступа: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008RG000270/pdf> (дата обращения: 06.01.2016).
 32. *Kutcherov V.G.* Results of petrological and petrophysical investigation of rock samples from the Siljan impact crater (Mora area) [Электронный ресурс] / V.G. Kutcherov. – Режим доступа: <http://www.igrene.se/ppvk.pdf> (дата обращения: 06.01.2016).
 33. *Stenberg-1 Deep Well* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.igrene.se/stenberg.pdf> (дата обращения: 06.01.2016).
 34. *Vattumyren-03 Well test* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.igrene.se/pperik.pdf> (дата обращения: 06.01.2016).
 35. *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 [Электронный ресурс] / N.A. Yakymchuk, S.P. Levashov, I.N. Korchagin, D.N. Bozhezha // Offshore Technology Conference Arctic Technology Conference, 23–25 March, Copenhagen, Denmark, 2015. – DOI:10.4043/25578-MS. – Режим доступа: <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS> (дата обращения: 06.01.2016).

Поступила в редакцию 25.01.2016 г.

РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНЮВАННЯ ПЕРСПЕКТИВ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ДІЛЯНОК РОЗТАШУВАННЯ ІМПАКТНИХ СТРУКТУР ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНИМ МЕТОДОМ ОБРОБКИ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

С.П. Левашов^{1,2}, М.А. Якимчук^{1,2}, І.М. Корчагин³, Д.М. Божежа², В.В. Прилуков²

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

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

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

Проаналізовано результати оцінювання перспектив нафтогазоносності ділянок розташування великого імпактного кратера Сильян у Швеції, локальної пошукової ділянки в його межах, а також двох невеликих структур на території США. Експериментальні дослідження проведено з використанням мобільної прямопошукової технології частотно-резонансної обробки та інтерпретації даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), яка працює в рамках “речовинної” парадигми геофізичних досліджень. У процесі виконання досліджень метод оперативної оцінки максимальних значень пластових тисків флюїдів у колекторах було вдосконалено – доповнено можливістю оцінювання тисків у різних (у тому числі глибинних) інтервалах розрізу. На площі розташування кратера Сильян виявлено та закартовано 16 аномальних зон типу “газ”, “нафта + газ”, “газ + вода”, а в межах локальної ділянки – 6 аномалій типу “газ” і “газ + вода”. Значення пластового тиску флюїдів варіюють у межах аномалій в інтервалі від 2,2 до 8,0 МПа. Пробурені в кратері Сильян свердловини (у тому числі глибокі Gravberg-1 та Stenberg-1) не потрапляють у контури виявлених аномалій. На площі розташування кратера Panther Mountain (США) знайдено шість аномальних зон типу “поклад газу”, а на пошуковій ділянці “Big Basin” (США) – п’ять аномалій типу “нафта + газ” і чотири типу “газ”. Виявлені аномалії слід вважати локальними ділянками для першочергового детального вивчення геофізичними методами та розбурювання. Це по суті зони “sweet spots”. Результати досліджень свідчать про наявність у межах імпактних структур локальних ділянок і зон, перспективних на виявлення скупчень вуглеводнів (ВВ) у комерційних обсягах. Застосування мобільних методів “прямих” пошуків скупчень ВВ у районах поширення колекторів і структур різного типу сприятиме значному підвищенню коефіцієнта успішності буріння (збільшенню кількості свердловин із комерційними припливами ВВ). Удосконалена методика оцінювання пластових тисків флюїдів у різних горизонтах розрізу може знайти широке застосування для оперативної оцінки перспектив нафтогазоносності глибинних горизонтів розрізу. Наявність значної кількості аномальних зон типу “поклад нафти і газу” (в тому числі у кристалічних породах на глибині) в межах кратера Сильян, розташованого на Балтійському щиті, можна вважати додатковим свідченням на користь абіогенного походження ВВ.

Ключові слова: кратер Сильян, нафта, газ, свердловина, супутникові дані, прямі пошуки, мобільна технологія, аномалія типу “поклад”, колектор, обробка даних ДЗЗ, інтерпретація.

RESULTS OF HYDROKARBON POTENTIAL ESTIMATION OF IMPACT STRUCTURES AREAS LOCATION BY FREQUENCY-RESONANCE METHODS OF REMOTE SENSING DATA PROCESSING

S.P. Levashov^{1,2}, N.A. Yakymchuk^{1,2}, I.N. Korchagin³, D.N. Bozhezha², V.V. Prylukov²

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

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

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

Purpose. The purpose of the paper is to evaluate hydrocarbon potential of the areas of large Siljan impact crater location in Sweden, the local exploration block within it, and two small structures in the United States; to select the optimal sites within the surveyed areas for exploration wells laying, to study the possibility of using direct-prospecting remote methods to detect meteorite fragments location; to develop and improve the techniques of geophysical direct-prospecting methods and technologies application during oil and gas prospecting and exploration in the reservoirs of conventional and unconventional types.

Design/methodology/approach. Experimental studies were conducted using the mobile direct-prospecting technology of remote sensing (RS) data frequency-resonance processing and interpretation, which operates within the “matter” Paradigm of Geophysical Research. The method of an operative assessment of the fluid pressure maximum values in the reservoirs is an important component of this technology. In the course of the investigations, this method was improved by adding the ability of the reservoir pressure assessment in various intervals of cross-section, included depths).

Findings. In the area of the Siljan crater location we discovered and mapped 16 anomalous zones of the “gas”, “oil + gas”, “gas + water” type and 6 anomalies of the “gas” and “gas + water” type within the local area. Values of fluid pressure in reservoirs vary within anomalies, ranging from 2,2 to 8,0 MPa. According to the scanning data, one gas-saturated horizon and four horizons with water and gas were located at the top of the cross-section. Using the technique of the reservoir pressure assessing at different intervals of the section within the “Gas” anomalous zone, the following additional intervals

for searching were identified: 1) 420–500 m, $H = 80$ m; 2) 1120–1150 m, $H = 30$ m; 3) 2880–3140 m, $H = 260$ m; 4) 5185–5195 m, $H = 100$ m. The drilled wells in the Siljan crater (Gravberg-1 and Stenberg-1 deep wells included) does not fall within the contours of the detected anomalies. In the area of the Panther Mountain crater location (USA), six anomalous zones of the “reservoir of gas” type were found. In the anomalous zone “Gas-1”, three intervals of possible accumulation of gas were identified – two intervals in the anomalous zone “Gas-2” and one interval in other four anomalies. In the “Big Basin” search area (USA), five anomalous zones of the “oil + gas” type and four anomalous zones of the “gas” type were mapped. Within the anomalies contours, two intervals promising for oil and gas accumulations detection were found. The observed anomalies should be considered as priority local areas for detailed study by geophysical methods and drilling. In effect, these are “Sweet spots” zones.

Practical value/implications. The results of the studies indicate the presence, within impact structures, of local areas and zones promising for the commercial hydrocarbon accumulation. The use of mobile and operative methods of “direct” prospecting for hydrocarbon accumulations in the areas of various type of reservoir (collectors) and structure spreading could significantly improve the success rate of drilling (i.e. an increase in the number of wells with commercial hydrocarbon inflows). The improved method of fluid pressure in reservoir estimation at different levels of the cross-section can be widely used for the operative assessment of hydrocarbon potential of the cross-section deep horizons. The presence of a significant number of anomalous zones of the “oil and gas deposit” type (in crystalline rocks at depth included) within the Siljan crater located on the Baltic Shield can be regarded as additional evidence in favor of the abiogenic origin of hydrocarbons.

Keywords: Siljan crater, oil, gas, well, satellite data, direct prospecting, mobile technology, anomaly of deposit type, collector, remote sensing data processing, interpretation.

References:

1. Bagdasarova M.V. Degassing of the Earth - a global process of fluidogene minerals forming (oil and gas including). *Glubinnaja neft'* (RUS), 2014, vol. 2, no. 10, pp. 1621-1644. Available at: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-2-10-2014/5_Bagdasarova_2-10-2014.pdf (Accessed 5 January 2016) (in Russian).
2. Bagriy I.D. Justification of the new search technology and its adaptation to the conventional and unconventional oil and gas objects of impact structures in Ukraine. *Geological journal*, 2015, no. 2, pp. 105-126 (in Russian).
3. Valyaev B.M. Nature and characteristics of the spatial distribution of unconventional hydrocarbon resources and their accumulations. *Gazovaja promyshlennost'. Netradicionnye resursy nefti i gaza, Spetsvypusk*, 2012, pp. 9-16 (in Russian).
4. Gluhmanchuk E.D., Krupizkyi V.V., Leontyevskiy A.V. Fracture-block structure of deposits as the main reason of low efficiency of geological and hydrodynamic models. *Nedropol'zovanie XXI vek*, 2014, no. 3, pp. 64-67 (in Russian).
5. Zapivalov N.P. Geological and environmental risks in the oil exploration and production. *Georesursy*, 2013, no. 3, pp. 3-5 (in Russian).
6. Krayushkin V.A. Mestorozhdenija nefti i gaza glubinnogo genezisa. *Zhurnal Vsesoyuznogo khimicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva*, 1986, vol. 31, no. 5, pp. 581-586 (in Russian).
7. Kusov B.R. Genezis nekotorykh uglerodosoderzhashchikh poleznykh iskopaemykh (Ot metana do almaza): monografiya. Vladikavkaz, IPO SOIGSI, 2011, 195 p. (in Russian).
8. Levashov S.P., Yakymchuk M.A., Korchagin I.N. Electroresonance sounding and its application for the ecology and engineer geology problem solving. *Geological journal*, 2003, no. 4, pp. 24-28 (in Russian).
9. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. 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 (in Russian).
10. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. New possibilities for the oil-and-gas prospects operative estimation of exploratory areas, difficult of access and remote territories, license blocks. *Geoinformatika*, 2010, no. 3, pp. 22-43 (in Russian).
11. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Assessment of relative values of reservoir pressure of fluids in collectors: results of conducted experiments and prospects of practical application. *Geoinformatika*, 2011, no. 2, pp. 19-35 (in Russian).
12. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Chastotno-rezonansnyj princip, mobil'naja geoelektricheskaja tehnologija: novaja paradigma geofizicheskikh issledovanij. *Geophysical Journal*, 2012, vol. 34, no. 4, pp. 166-176 (in Russian).
13. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Mobile geophysical technologies: experience of application for the hydrocarbons accumulations exploration in crystalline rocks. *Glubinnaja neft'* (RUS), 2013, vol. 1, no. 8, pp.1117-1141. Available at: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-8-2013/3_Levashov-Iakimchuk-Korchagin_1-8-2013.pdf (Accessed 5 January 2016) (in Russian).
14. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Pidlisna I.S. About the possibility of mobile geophysical methods using for oil accumulations prospecting in areas of bazhen formation spreading. *Geoinformatika*, 2014, no. 1, pp. 5-18 (in Russian).
15. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N., Shust D.R. Results of detailed geophysical investigations for the hydrocarbons accumulations exploration within Ukrainian shield. *Geoinformatika*, 2014, no. 2, pp. 5-21 (in Russian).
16. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. 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 (in Russian).
17. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. 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 (in Russian).

18. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Mobile direct search methods as new opportunities to accelerate and optimize the oil and gas prospecting. *Oil and gas*, 2015, no. 2, pp. 93-115 (in Russian).
19. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. Mobile technologies of direct prospecting for oil and gas: feasibility of their additional application in selecting sites of well drilling. *Geoinformatika*, 2015, no. 3, pp. 5-30 (in Russian).
20. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N., Prylukov V.V. Experience of mobile and direct technologies using for oil and gas prospects assessment of deep layers of cross-section. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty geoinformatiki*, Kyiv, 2015, pp. 4-24 (in Russian).
21. Lukin A.E. The system "superplume - deep-lying segments of petroliferous basins" - an inexhaustible source of hydrocarbons. *Geological journal*, 2015, no. 2, pp. 7-20 (in Russian).
22. Muslimov R.Kh. Contemporary Designing of Innovative Procedures in the Area of Oil Field Development. *Neft' Gaz. Novacii*, 2012, no. 2, pp. 30-38 (in Russian).
23. Petrovskiy A.P., Anischenko Y.V., Fedchenko T.A., Ganzhenko N.S. Obolonskaya astrobleme - adaptive geological and geophysical model of unconventional reservoirs as a new object for oil and gas exploration. *Geofizika*, 2015, no. 2, pp. 61-68 (in Russian).
24. Timurziyev A.I. Mantijnye ochagi generacii uglevodorodov: geologo-fizicheskie priznaki i prognozno-poiskovyie kriterii kartirovaniya; zakonomernosti neftegazonosnosti nedr kak otrazhenie razgruzki v zemnoj kore mantijnyh UV-sistem. *2-e Kudrjavcevskie Chtenija. Materialy Vserossijskoj konferencii po glubinnomu genezisu nefti i gaza*. Moscow, CGE, 2013, pp. 333-379 (in Russian).
25. Yakymchuk N.A. Electric field and its role in life on Earth. *Geoinformatika*, 2014, no. 3, pp. 10-20 (in Ukrainian).
26. Donofrio R.R. Impact craters: implications for basement hydrocarbon production. *J. Petroleum Geology*, 1981, vol. 3, no. 3, pp. 279-302. Available at: <http://parwestlandexploration.com/docs/jpgart.pdf> (Accessed 6 January 2016).
27. Donofrio R.R. North American impact structures hold giant field potential. *Oil & Gas Journal*, 1998, May 11, pp. 69-83. Available at: <http://parwestlandexploration.com/docs/og.pdf> (Accessed 6 January 2016).
28. Donofrio R.R. Big Basin, Kansas: Impact Crater or Sinkhole? Available at: <http://parwestlandexploration.com/docs/Big%20Basin,%20EDGe%20article.pdf> (Accessed 6 January 2016).
29. Donofrio R.R. New York's Panther Mountain impact crater: enormous gas potential without hydraulic fracturing. Available at: <http://parwestlandexploration.com/docs/%28Revised%29%20PantherMountainarticle%20for%20web%20site.pdf> (Accessed 6 January 2016).
30. Available at: <http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/alsj/a11/AS11-37-5448HR.jpg> (Accessed 6 January 2016).
31. Kutcherov V.G., Krayushkin V.A. Deep-seated abiogenic origin of petroleum: From geological assessment to physical theory. *Reviews of Geophysics*, 2010, 48, RG1001. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008RG000270/pdf> (Accessed 6 January 2016).
32. Kutcherov V.G. Results of petrological and petrophysical investigation of rock samples from the Siljan impact crater (Mora area). Available at: <http://www.igrene.se/ppvk.pdf> (Accessed 6 January 2016).
33. Stenberg-1 Deep Well. Available at: <http://www.igrene.se/stenberg.pdf> (Accessed 6 January 2016).
34. Vattumyren-03 Well test. Available at: <http://www.igrene.se/pperik.pdf> (Accessed 6 January 2016).
35. 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 Arctic Technology Conference*, 23-25 March, Copenhagen, Denmark, 2015. doi:10.4043/25578-MS. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS> (Accessed 6 January 2016).

Received 25/01/2016