

ПРЯМОПОИСКОВАЯ МОБИЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ: РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ ПРИ ПОИСКАХ СКОПЛЕНИЙ ВОДОРОДА И КАНАЛОВ МИГРАЦИИ ГЛУБИННЫХ ФЛЮИДОВ, МИНЕРАЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА И ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Н.А. Якимчук¹, И.Н. Корчагин², С.П. Левашов³

¹*Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, пер. Лабораторный, 1, г. Киев, 01133, Украина, e-mail: yakymchuk@gmail.com*

²*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, просп. Акад. Палладина, 32, г. Киев, 03680, Украина, e-mail: korchagin.i.n@gmail.com*

³*НПП «Геопром», Киев, Украина*

Представлен анализ результатов экспериментальных исследований, выполненных с использованием мобильных методов частотно-резонансной обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (спутниковых снимков) и фотоснимков. Исследования демонстрационного характера проводились в различных регионах мира с целью совершенствования методических приемов использования частотно-резонансных методов в поисково-разведочном процессе на нефть и газ, а также изучения (оценки) возможности их применения для обнаружения и локализации участков скопления водорода, различных минералов и химических элементов (в том числе редкоземельных). Экспериментальные работы на единственном участке добычи водорода в Мали, а также на площадях видимой водородной дегазации в различных регионах свидетельствуют о возможности (и целесообразности) использования частотно-резонансных методов при поисках залежей этого газа. Материалы исследований на обнаруженном в Тихом океане скоплении редкоземельных элементов, а также на двух площадях в Черном море демонстрируют эффективность прямопоисковых методов при поисках скоплений химических элементов. Результаты частотно-резонансной обработки спутниковых снимков локальных участков бурения поисковых скважин в Черном и Северном морях, а также на шельфе ЮАР, Анголы и Пакистана достаточно убедительно свидетельствуют о целесообразности применения разработанных методов (в комплексе с традиционно используемыми) для выбора оптимальных мест заложения поисковых и разведочных скважин. Оперативный метод интегральной оценки перспектив нефтегазоносности и рудоносности предоставляет возможность существенно ускорить и оптимизировать геолого-разведочный процесс на горючие и рудные полезные ископаемые. Апробированная мобильная технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков рекомендуется для использования на территории Украины (а также в других регионах мира) с целью предварительной оценки перспектив нефтегазоносности и рудоносности слабоизученных и неизученных поисковых блоков и локальных участков.

Ключевые слова: прямые поиски, дегазация, вертикальный канал, вулкан, глубинное строение, разрез, нефть, газ, водород, янтарь, химические элементы, скважина, спутниковые данные, мобильная технология, аномалия, обработка данных дистанционного зондирования Земли, интерпретация, вертикальное зондирование.

Введение. В результате выполнения геофизических работ в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г. [26, 27] на водной поверхности, с борта судна, получен значительный объем материалов, ценной и полезной информации об особенностях геолого-тектонического строения региона и процессах образования различных полезных ископаемых, их последующей миграции и формировании скоплений (месторождений). На уникальном полигоне протяженностью более 8 тыс. км, на водной поверхности, были всесторонне апробированы мобильные и прямопоисковые геофизические методы, разработанные на базе частотно-резонансного принципа регистрации полезных сигналов (в том числе достаточно слабых) [12] и ранее опробованные на суше, а также разработаны методические

приемы (методики) их использования при решении конкретных поисковых задач. Есть основания констатировать, что дальнейшее практическое применение этих методов будет способствовать существенному ускорению и оптимизации поисковых геолого-геофизических работ на различные виды полезных ископаемых.

В последнее время были продолжены экспериментальные исследования демонстрационного характера в различных регионах земного шара с целью совершенствования методических приемов использования частотно-резонансных методов в поисково-разведочном процессе на нефть и газ, а также изучения (оценки) возможности их применения для обнаружения и локализации участков скопления водорода, различных минералов и хи-

мических элементов (редкоземельных в том числе). Результаты выполненных исследований представлены и анализируются в настоящей статье.

Основные цели и задачи исследований. Одна из принципиально важных задач заключалась в изучении возможности целенаправленного применения мобильной прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых снимков и фотоснимков для обнаружения скоплений водорода на участках видимой водородной дегазации и оценки (определения) глубин (интервалов) их залегания. На актуальность проведения исследований по этой проблеме обращено внимание в информационных материалах и публикациях [2, 3, 9, 17, 19, 39, 50, 51].

Были продолжены экспериментальные работы с целью изучения внутренней структуры вертикальных каналов миграции глубинных флюидов, состава минерального вещества и набора химических элементов: оценка глубин расположения корней каналов, определение типов пород, заполняющих каналы построек. Совершенствовалась методика обнаружения и локализации вертикальных каналов миграции глубинных флюидов и минерального вещества. Важность этой задачи подчеркивается в работах [16, 22, 23].

Оценивались перспективы обнаружения на участках обследования скоплений нефти, газа, газоконденсата, янтаря, алмазов и некоторых других минералов и химических элементов. Работоспособность мобильных прямопоисковых методов дополнительно демонстрировалась при изучении локальных участков бурения поисковых и разведочных скважин в различных регионах мира. Была апробирована мобильная технология на участке (площади) крупных скоплений редкоземельных элементов (РЗЭ), обнаруженных японскими геологами в Тихом океане.

Методы исследований. В процессе исследований была применена мобильная прямопоисковая технология, включающая в себя модифицированные методы частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых снимков и фотоснимков, а также вертикального электрорезонансного зондирования (сканирования) разреза [10—13, 25, 26, 40, 47]. Отдельные методы этой технологии разработаны и постоянно совершенствуются на принципах «вещественной» парадигмы геофизических исследований [12], сущность которой состоит в поиске конкретного (искомого в каждом конкретном случае) вещества — нефти, газа, газоконденсата, золота, цинка, урана и др.

Отличительная особенность модифицированных частотно-резонансных методов заключается в применении баз (наборов, коллекций) химических элементов, минералов, образцов нефти и конденсата, а также осадочных, магматических и метаморфических пород, резонансные частоты которых

используются в процессе обработки спутниковых снимков и фотоснимков. В достаточном объеме эти базы данных охарактеризованы в статье [26]. Тем не менее, поскольку ниже в тексте часто упоминаются номера групп осадочных и магматических пород, вкратце охарактеризуем структуру используемой в настоящее время базы. Так, коллекция образцов нефти в базе включает 117 экземпляров, газоконденсата — 15 образцов.

База фотоснимков осадочных пород состоит из 12 групп: 1) псефиты, конгломераты мономинеральные (22 образца); 2) псаммиты (18); 3) алевриты, аргиллиты, глины (6); 4) аргиллиты каолинитовые (6); 5) глины каолинитовые (10); 6) осадочно-вулканокластические породы (9); 7) известняки (24); 8) доломиты (11); 9) мергели (10); 10) кремнистые породы (13); 11) соль (3); 12) уголь (3 образца).

База фотоснимков магматических и метаморфических пород включает в себя 18 групп: 1) граниты и риолиты (29 образцов); 2) гранодиориты и дациты (7); 3) сиениты и трахиты (18); 4) диориты и андезиты (14); 5) лампрофиры (14); 6) габбро и базальты (32); 7) бесполовошпатовые ультрамафические породы (20); 8) фельдшпатоидные сиениты и фонолиты (23); 9) фельдшпатоидные габброиды и базальтоиды (6); 10) бесполовошпатовые ультрамафические и мафические породы (10); 11) кимберлиты и лампроиты (20); 12) несиликатные карбонатиты (8); 13) метаморфические гранулиты (10); 14) метаморфические гнейсы (26); 15) метаморфические кристаллические сланцы (44); 16) метаморфические микрокристаллические сланцы (филлиты) (1); 17) метаморфизованные аспидные сланцы (2); 18) железная руда (5 образцов).

При проведении исследований дополнительно могут использоваться частоты отдельных химических элементов и минералов, например: водорода, углерода, гелия, кислорода, золота, янтаря, железа и др., а также групп (наборов) минералов.

Отметим, что состав перечисленных выше групп пород, минералов, а также отдельных химических элементов может быть расширен за счет добавления в их наборы других образцов из различных регионов (в том числе и фотографиями пород из обнажений, а также керн из пробуренных скважин).

Необходимо также указать, что в модифицированных частотно-резонансных методах обработки спутниковых снимков и вертикального зондирования (сканирования) разреза важное место занимает методика интегральной оценки перспектив нефтегазоносности и рудоносности крупных поисковых блоков и локальных участков. Эта методика помимо полевых работ апробирована при проведении исследований на борту судна и активно используется в настоящее время при выполнении геолого-геофизических исследований различного характера в разных регионах земного шара. Исключительная особенность методики — оперативность проведения

исследований; временные затраты на выполнение поисковых работ оценочного характера с ее применением минимальны. Представленные ниже результаты получены с использованием указанной мобильной технологии (методики) интегральной оценки перспектив нефтегазоности (рудноности) крупных поисковых блоков и локальных участков.

В процессе исследований с применением частотно-резонансных методов последовательность операций может быть следующей:

1) установление наличия (или отсутствия) в пределах блока (участка) обследовании скоплений нефти, газа и конденсата, а также искомым минералов и химических элементов;

2) определение групп (типов) осадочных, магматических и метаморфических пород, слагающих разрез участка;

3) оценка глубин залегания, установленных в пределах участков обследования разновидностей (типов) осадочных, магматических и метаморфических пород;

4) определение глубин залегания (интервалов) и мощностей отдельных типов флюидов и минералов, наличие которых в разрезе установлено на предыдущих шагах обработки снимков.

Исследования на участках поисков и видимой дегазации водорода. При проведении исследований с использованием технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков [10–13] в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г. [26, 27], а также на различных объектах в других регионах земного шара с поверхности достаточно часто фиксировались аномальные отклики на резонансных частотах водорода. Сканированием разреза в некоторых районах (например, Ключевская группа вулканов на Камчатке) сигналы (отклики) на частоте водорода фиксировались на небольшой глубине. С учетом того что водород может стать экологически чистым топливом будущего, в последнее время проблема поисков его скоплений и органи-

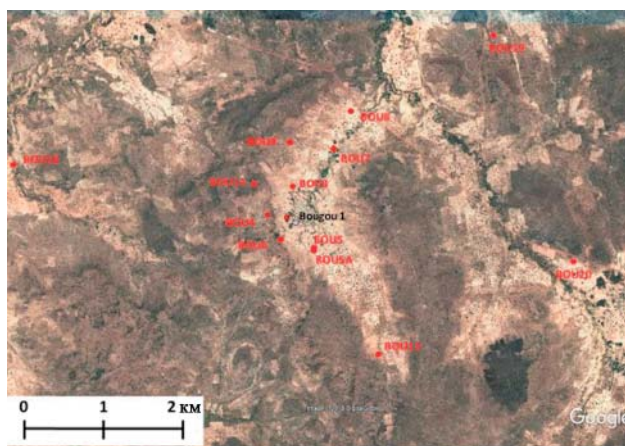


Рис. 1. Спутниковый снимок района Буракебугу (Мали) [43]
Fig. 1. Satellite image of the Bourakebougou area (Mali) [43]

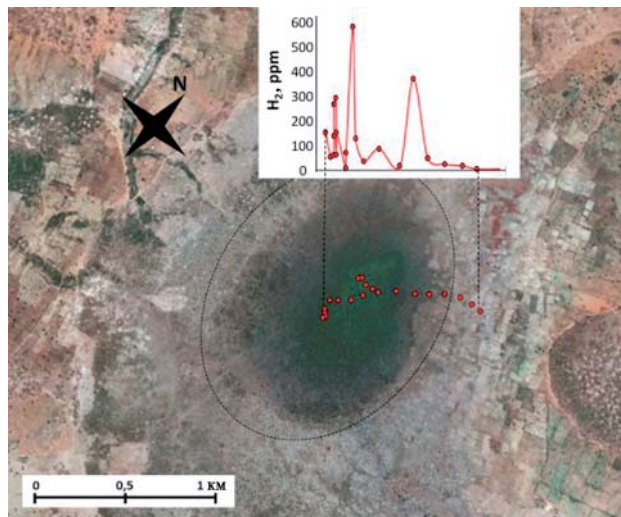


Рис. 2. Спутниковый снимок изометрической структуры, расположенной к востоку от блока 25 Петрома и вблизи деревни Гассола (Мали) [43]

Fig. 2. Surface geochemistry of a circular structure located East of the block 25 of PETROMA and close to the village of Gassola (Mali) [43]

зации добычи становится достаточно актуальной. В связи с этим используемая технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков была дополнительно апробирована в начале 2019 г. на участке добычи водорода в Мали, а также в районах видимой водородной дегазации Земли [48].

Экспериментальные исследования в Мали. На рис. 1 показан спутниковый снимок участка добычи водорода, заимствованный из статьи [43]. При частотно-резонансной обработке снимка были зафиксированы сигналы на резонансных частотах водорода, дейтерия, а также минералов водорода. Отсутствовали отклики на частотах гелия, углерода, азота, нефти, конденсата, газа, кислорода.

С поверхности зарегистрированы сигналы от 10-й и 11-й (слабый) групп осадочных пород, а также 4, 5 (слабый) и 6-й групп магматических пород. Группа 10 осадочных пород прослежена до глубины 215 км (слой их плавления), группа 6 магматических пород (габбро и базальты) — до глубины 470 км.

Спутниковый снимок второго участка в Мали представлен на рис. 2 [43]. С поверхности зафиксированы сигналы на частотах нефти, конденсата (слабый), газа, кислорода, водорода (сильный), углерода, янтаря, угля.

Зарегистрированы отклики от 1–8-й (сильный) и 9-й (слабый) групп осадочных пород, а также 6, 8 и 9-й групп магматических пород.

Сигналы от группы 8 осадочных пород (доломиты) прослежены до глубины 723 км. На глубине до 470 км зафиксированы отклики от базальтов.

На рис. 3 представлен фрагмент фото с обораждением на скважине добычи водорода в Мали [30]. Для частотно-резонансной обработки использовалась небольшая часть фотоснимка (обозначена

фиолетовым прямоугольником). Обработка этого фрагмента снимка проводилась с целью регистрации аномальных откликов (сигналов) на резонансных частотах водорода и определения глубин залегания пластов (коллекторов) с водородом.



Рис. 3. Участок расположения водородной скважины в Мали [30]

Fig. 3. Photo image of the discovery hydrogen well location in Mali [30]

При проведении частотно-резонансной обработки снимка с поверхности зафиксированы аномальные отклики на частотах водорода, сигналы на частотах дейтерия и гелия отсутствовали. Сканированием разреза с шагом 10 см отклики на частотах водорода зарегистрированы в следующих интервалах глубин, м: 25—245; 637—750; 950—967. Эти результаты свидетельствуют о возможности обнаружения и локализации участков скопления водорода и оценки глубин его залегания в коллекторах с использованием мобильной технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков.

Участок бурения скважины на водород, США [41]. Фрагмент фотоснимка участка бурения показан на рис. 4. Проведена частотно-резонансная обработка разреза небольшого участка (обозначено прямоугольником) этого снимка. Получены отклики от 1 (слабый сигнал), 2 (слабый), 3 (слабый), 4—6



Рис. 4. Участок бурения скважины в США [41]

Fig. 4. Photo image of the well drilling area in USA [41]

и 7-й (сильный) групп осадочных пород. Сигналы от групп магматических пород не зафиксированы.

Фиксацией аномальных откликов от различных групп осадочных пород установлено, что породы групп 1—6 расположены в интервале глубин 0—23 км, а группы 7 (известняки) — 23—217 км. Это позволяет сделать вывод о наличии на участке обследования канала вертикальной миграции флюидов и минерального вещества, заполненного известняками.

С поверхности (глубины) 22,9 км не зафиксированы сигналы (отклики) на резонансных частотах водорода в верхней и нижней частей разреза. Не зарегистрированы также отклики от водорода при сканировании интервала 0—5000 м с шагом 50 см с поверхности. При сканировании этого интервала с более мелким шагом (10 см) зафиксированы отклики (сигналы) водорода в таких интервалах глубин, м: 1) 3364—3370; 2) 3482—3486. Последующее уточнение этих интервалов с шагом 1 см дало следующие результаты: 1) 3365,5—3366 м (в интервале также есть сигналы конденсата и газа); 2) 3484—3484,8 м (в интервале есть сигналы газа). В результате сделан вывод об отсутствии скоплений водорода в коммерческих объемах на участке обследования.

На обследуемом участке с поверхности зафиксированы сигналы на частотах нефти, конденсата, газа, а также янтаря. Регистрацией откликов на частотах нефти, конденсата, газа и янтаря установлено их наличие в интервале глубин 5—6 км. Сканированием разреза с глубины 4500 м, на участках регистрации откликов на частотах нефти, определены два интервала глубин, перспективных на поиски нефти: 5100—5322 и 5690—5730 м. Сканирование разреза с целью определения глубин залегания конденсата и газа не проводилось.

В целом, есть основания констатировать, что локальный участок бурения скважины на водород перспективен для поисков нефти, газа и газоконденсата.

Экспериментальные исследования на локальных участках, США. Фотоснимок одного из участков видимой водородной дегазации показан на рис. 5 [34]. С поверхности при обработке снимка сигналы на резонансных частотах нефти, конденсата, газа и янтаря не зафиксированы. Аномальные отклики зарегистрированы от водорода (сильный сигнал), дейтерия (слабый), гелия, лития, бора, бериллия.

В разрезе участка установлено наличие 9-й (слабый сигнал) и 10-й групп осадочных пород. Отклики от магматических пород не зафиксированы. Сигналы от группы 10 осадочных пород (кремнистых) прослежены до глубины 470 км.

Результаты обработки фотоснимка участка обследования позволяют сделать вывод о наличии на этой площади канала вертикальной миграции глубинных флюидов (в том числе водорода) и минерального вещества. Этот канал заполнен кремни-



Рис. 5. Участок активной водородной дегазации, США [34]
 Fig. 5. Photo image of an active hydrogen vent in USA [34]

стыми породами, его корень расположен на глубине 470 км.

На рис. 6 прямоугольным контуром обозначен локальный фрагмент, обработанный с использованием частотно-резонансной технологии.

На локальном фрагменте зафиксированы сигналы на резонансных частотах водорода, дейтерия (слабый), гелия (слабый), азота, кислорода, неона. На участке обследования получены также отклики на резонансных частотах нефти, конденсата, газа и янтаря.

Установлено наличие в разрезе участка 1–6, 9 и 10-й групп осадочных пород, а также 1, 2, 11–16-й групп магматических пород.

Фиксацией аномальных откликов (сигналов) на различных поверхностях (глубинах) установлено, что корень вертикального канала 1–6-й групп осадочных пород расположен на глубине 217 км, а 9-й и 10-й групп — на глубине 470 км.

Сканированием разреза с поверхности, с шагом 1 м, отклики на резонансных частотах первой группы магматических пород (гранитов) зафиксированы в интервале глубин 317–4900 м.

Спутниковый снимок участка дегазации в районе Каролина Бей (США) показан на рис. 7. В пределах центрального фрагмента этого снимка,

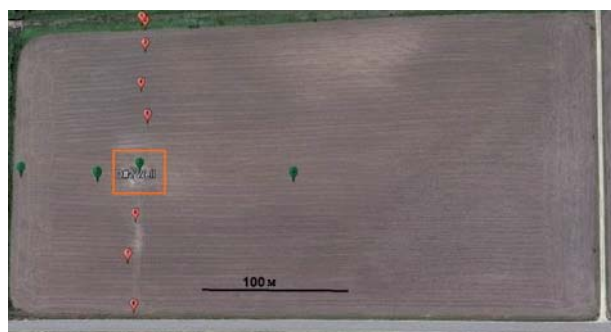


Рис. 6. Спутниковый снимок Google Earth участка расположения скважины D-2 и точек измерения концентрации водорода в почве (Канзас, США) [36]

Fig. 6. Google Earth satellite image of the D-2 well and measurement points of hydrogen concentration in soil (Kansas, USA) [36]

обозначенного прямоугольником, аномальные отклики на резонансных частотах водорода и дейтерия не зафиксированы, зарегистрирован слабый сигнал гелия. На оставшемся фрагменте снимка на рис. 7 (без центральной части в прямоугольном контуре) получены отклики от водорода, дейтерия, гелия.

Такие результаты обработки позволяют предположить, что канал вертикальной миграции флюидов и химических элементов расположен за пределами

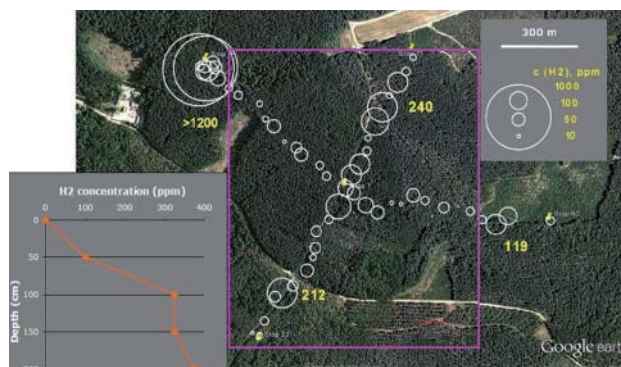


Рис. 7. Водородные дегазационные структуры в районе Каролина Бей

Fig. 7. Hydrogen degassing structures Carolina Bays

центральной части снимка.

Исследования на участках дегазации в других регионах мира. На рис. 8 представлен спутниковый снимок крупной площади в районе г. Борисоглебск (Воронежская обл., Россия) с признаками водородной дегазации [23]. Проведена частотно-резонансная обработка фрагмента снимка (обозначен прямоугольным контуром). Зафиксированы аномальные отклики на резонансных частотах водорода, дейтерия (слабый), гелия (слабый), азота, кислорода, а также отклики на резонансных частотах нефти, конденсата, газа и янтаря.

В разрезе участка обследования установлены 1–6, 9, 10-я группы осадочных пород и 1-я группа (граниты) магматических пород. Сканированием разреза с земной поверхности, шаг 1 м, сигналы гранитов зафиксированы в интервале глубин 217–3280 м. Ниже поверхности 3300 м отклики на частотах гранитов не регистрировались. Группы 1–6 осадочных пород прослежены до глубины 217 км, а группы 9 и 10 — до глубины 470 км.

Сканированием разреза с глубины 3300 м, шаг 1 м, определены интервалы глубин с откликами на резонансных частотах нефти, м: 1) 3680–3700; 2) 4480–4520; 3) 5020–5120. Установлено также, что сигналы 9-й и 10-й групп пород фиксируются начиная с глубины 5500 м.

На рис. 9 представлен фотоматериал участка дегазации в Турции [33]. При частотно-резонансной обработке фотоснимков зафиксированы отклики

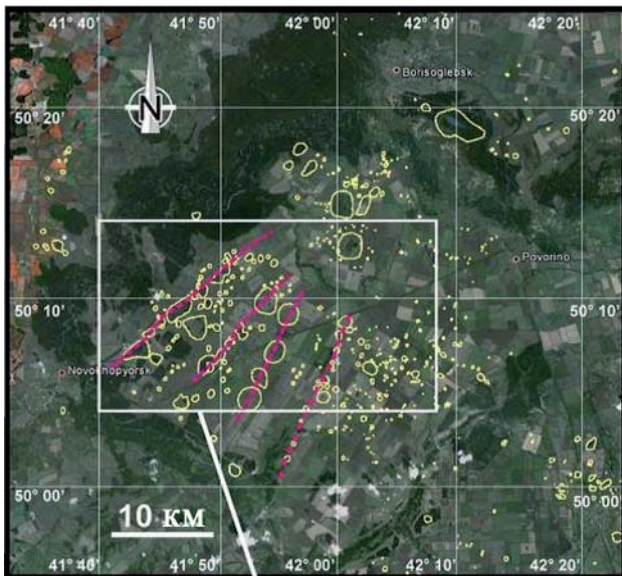


Рис. 8. Водородные дегазирующие структуры в районе г. Борисоглебск (Воронежская обл., Россия) [23]

Fig. 8. Hydrogen degassing structures in the area of Borisoglebsk town (Voronezh region, Russia) [23]

на резонансных частотах водорода, дейтерия (сильный), азота (слабый), кислорода, неона (слабый). На участке обследования зарегистрированы сигналы на частотах нефти, конденсата, газа и янтаря.

В разрезе участка установлены 1—6, 9, 10 и 12-я группы осадочных пород, а также 1, 2, 7—10-я группы магматических пород. Магматические породы



Рис. 9. Участок Chimaera с выходящим из трещин горящим газом из обнажения перидотита в текировом офиолите [33]

Fig. 9. Images of the Chimaera seep with burning gas issuing from fractures in a peridotite outcrop of Tekirova ophiolite [33]

1-й (граниты) и 2-й групп фиксируются выше поверхности 217 км, а 7—10-й — ниже. Осадочные породы групп 9 и 10 прослежены до глубины 470 км.

Спутниковый снимок участка дегазации в Киевской обл. (Украина) представлен на рис. 10 [23]. На этом участке дегазации зафиксированы отклики на резонансных частотах водорода, дейтерия (слабый), гелия (слабый), азота и кислорода. Сигналы нефти, конденсата, газа и янтаря на этом участке не зарегистрированы.

С поверхности зафиксированы сигналы от 2—4 (слабые), 9 и 10-й (сильный) групп осадочных пород, а также 1, 6 и 7-й групп магматических пород.



Рис. 10. Цепочные и кольцевые группы впадин в Киевской области, Украина [23]

Fig. 10. Chain and ring groups of depressions in the Kiev region, Ukraine [23]

Сканированием разреза на участке обследования установлено наличие двух слоев гранитов: 1) 200—2540; 2) 18100—23520 м.

Осадочные породы 9-й и 10-й групп прослежены с глубины от 18 до 470 км.

Фото двух участков регистрации диффузии водорода на поверхность в Омне показаны на рис. 11, 12 [51]. Частотно-резонансной обработкой фотоснимка на рис. 11 зафиксированы сигналы на частотах водорода, дейтерия, гелия, кислорода (слабый) и неона. Зарегистрированы сигналы от 9-й (сильный) группы осадочных пород, а также от 1—3 (слабый), 4—6-й групп магматических пород.

Обработкой фотоснимков на рис. 12 зафиксированы сигналы на частотах водорода, дейтерия, гелия, кислорода и неона. Зарегистрированы также сигналы от 8, 9 и 10-й (сильный) групп осадочных пород; сигналы от магматических пород отсутствовали.

В целом, результаты экспериментальных работ позволяют констатировать, что мобильную технологию частотно-резонансной обработки и декодирования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (спутниковых снимков) и фотоснимков можно успешно использовать для оперативного обнаружения и картирования возможных скоплений



Рис. 11. Дайка диабазов в перидотитах, из которой был обнаружен диффузионный поток водорода [51]

Fig. 11. An example of diabase dykes within peridotites from which diffusive flows of hydrogen were detected [51]

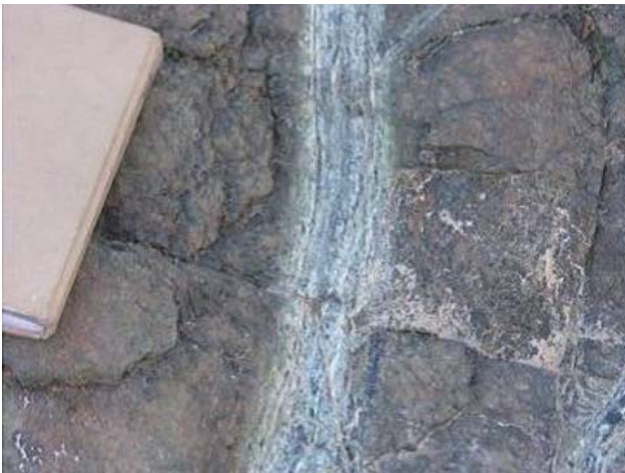


Рис. 12. Трещина, сцементированная карбонатами (доломит и магнезит), в которой обнаружен диффузионный поток водорода [51]

Fig. 12. An example of a fracture cemented by carbonates (dolomite and magnesite) in which a diffusive flow of hydrogen has been detected [51]

(крупных) водорода на участках (площадях) интенсивной водородной дегазации.

Апробация методики на глубоководном участке в Тихом океане. В докладе [18] приведена информация

об обнаружении японскими специалистами крупных скоплений (РЗЭ) и иттрия в глубоководных отложениях ила на дне Тихого океана в международных водах, а также в экономической зоне Японии. Эта же информация имеется на различных сайтах Интернета. В более детальной форме материалы исследований в международных водах представлены в докладе [49]. Карта-схема расположения участка исследований из этого доклада показана на рис. 13.

С целью изучения возможности применения используемых методов частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков для поисков и локализации участков скопления рудных

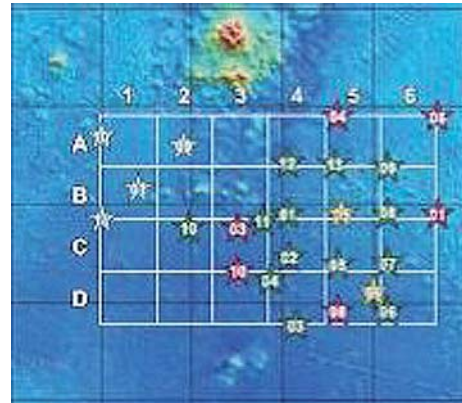


Рис. 13. Карта-схема расположения участка обнаружения японскими специалистами крупного скопления редкоземельных элементов на дне Тихого океана в международных водах. Белым прямоугольником обозначен участок обследования, на котором выполнен подсчет ресурсов РЗЭ. Координаты участка приведены в докладе [49]

Fig. 13. The map of the location of the site of detection by Japanese experts of large concentrations of rare earth elements at the bottom of the Pacific Ocean in international waters. The white rectangle indicates the site of the survey, where the calculation of REE resources was performed. The site coordinates are given in [49]

минералов и химических элементов на участке в Тихом океане были проведены экспериментальные исследования демонстрационного характера. На начальном этапе исследований при обработке снимка обнаружены отклики (сигналы) на резонансных частотах 1—7, 9—12-й групп осадочных пород, а также 6-й (габбро и базальты) и 7-й (ультрамафические) групп магматических пород. Зарегистрированы сигналы и на частотах нефти (сильный), конденсата, газа, янтаря (сильный), кислорода, водорода, углерода, пресной воды.

Отложения ила, в которых обнаружены РЗЭ и иттрий, залегают на глубине 6000 м и глубже. В связи с этим для отсчета была принята поверхность (глубина) 6500 м, на которой зафиксированы отклики на резонансных частотах всех химических элементов в породах разреза выше глубины 6500 м. Результаты экспериментов позволяют сделать вывод о том, что верхняя часть разреза на участке обследования в Тихом океане содержит водород, дейтерий, гелий,

литий, бериллий, бор, углерод, азот, кислород, фтор, неон, кремний, фосфор, серу, хлор, аргон, калий, кальций, *скандий*, титан, ванадий, хром, кобальт, никель, медь, цинк, галлий, германий, мышьяк, селен, бром, криптон, рубидий, стронций, *иттрий*, цирконий, ниобий, технеций, рутений, палладий, серебро, кадмий, индий, олово, сурьму, теллур, иод, ксенон, цезий, барий, *лантан*, *церий*, *празеодим*, *неодим*, *прометий*, *самарий*, *европий*, *гадолиний*, *тербий*, *диспрозий*, *гольмий*, *эрбий*, *тулий*, *иттербий*, *лютеций*, гафний, тантал, вольфрам, рений, иридий, платину, золото, ртуть, таллий, свинец, висмут, полоний, астат, радон, франций, радий, актиний, торий.

Согласно результатам экспериментальных исследований на изученном участке в Тихом океане, частотно-резонансная технология обработки спутниковых снимков и фотоснимков позволяет оперативно обнаруживать локальные участки скопления минералов и химических элементов (в том числе РЗЭ) в различных районах Мирового океана. Химические элементы, входящие в группу редкоземельных, обозначены выше курсивом.

Экспериментальные исследования на участках взрывов, загрязнений и аварий. *Взрывная воронка в Сасово (Россия).* При частотно-резонансной обработке фотоснимка воронки (рис. 14) [23] зафиксированы сигналы на резонансных частотах нефти, конденсата и газа; отклики на частотах кислорода, гелия и водорода отсутствовали.

В разрезе участка обследования зафиксированы сигналы от 2–5-й групп осадочных пород и от 1-й группы магматических пород. Сигналы на частотах гранитов зарегистрированы в интервале глубин 9,5–470 км.

Сканированием разреза с шагом 10 м установлены следующие интервалы глубин, на которых фиксируются отклики на резонансных частотах углеводородов и различных групп пород, м: нефть и песчаники — 3100–6600; группа 3 (глины) — 2100–4000; группа 4 (глины) — 900–2200; группа 5 (глины) — 6300–10106; конденсат — 3100–3800; газ — 2953–3500.

Взрывной кратер на п-ове Ямал (Россия). При обработке фотоснимка кратера (рис. 15) [23] зафиксированы отклики на резонансных частотах нефти,



Рис. 14. Сасовская воронка через пять дней после ее взрывного образования [23]

Fig. 14. A fragment of the photograph of the Sasovskaya crater five days after its explosive formation [23]

конденсата, газа, углерода, гелия и водорода (сильный сигнал).

В разрезе участка расположения кратера зафиксированы сигналы от 4, 5, 7, 8 и 9-й групп осадочных пород, а также 7-й группы магматических пород. В разрезе сигналы на частоте 7-й группы магматических пород фиксировались в интервале глубин 19,7–470 км.

Сканированием разреза с одновременным использованием частот образцов нефти и известняков (с шагом 10 м) установлены следующие интерва-

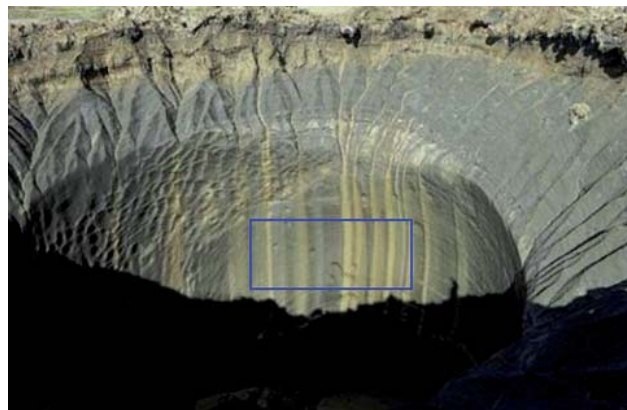


Рис. 15. Взрывной кратер на п-ове Ямал (Россия)

Fig. 15. A fragment of a photograph of an explosive crater in Yamal, (Russia)

лы глубин регистрации откликов, км: 1) 1,2–4,6; 2) 6,5–8,7; 3) 10,6–11,7. Сигналы от известняков фиксировались до глубины 11,7 км.

Участки обследования на шельфе и в угольных бассейнах. С целью поисков канала миграции флюидов проведена обработка спутникового снимка (рис. 16) участка расположения источника нефтяного загрязнения в Черном море (район г. Потти), обнаруженного российскими спутниками. Координаты маркера на рис. 16: 41°58'N, 41°7'E.

На участке обследования зафиксированы отклики на резонансных частотах нефти и конденсата, а также водорода и углерода. Сигналы на резонансных частотах газа не зарегистрированы. Обработкой снимка зафиксированы также отклики от 1–6-й групп осадочных пород. Сигналы от магматических пород не получены.

Вертикальным сканированием разреза глубины распространения пяти групп осадочных пород оценены в 470 км. Это корень канала, заполненного осадочными породами.

Зондированием зарегистрированы отклики (сигналы) на резонансных частотах нефти на глубине 57 км и выше. Ниже этого уровня фиксируются сигналы на частотах водорода и углерода.

В статье [37] приведены спутниковые снимки нефтяных пятен, обнаруженных в Мозамбикском проливе. Результаты частотно-резонансной обработки



Рис. 16. Участок расположения источника нефтяного загрязнения в Черном море

Fig. 16. Satellite images of the site of the location of the source of oil pollution in the Black Sea

одного из снимков (рис. 17) сводятся к следующему.

На участке обследования зафиксированы отклики от 1–6, 11 (соль, слабый) и 12-й групп осадочных пород. Сигналы от наборов магматических пород не зарегистрированы. Группа 3 осадочных пород прослежена до слоя плавления (сигнал зафиксирован на глубине 210 км).

С поверхности зарегистрированы отклики на резонансных частотах нефти, конденсата, газа и янтаря.

Разрез не сканировали для определения интервалов залегания пластов нефти, конденсата и газа.

Поиски вертикальных каналов миграции глубинных флюидов проводились на Донбассе. Более детально в этом регионе обследован локальный участок в районе г. Донецк (обозначен на рис. 18 прямоугольником). В пределах участка зарегистрированы отклики от 1–6 и 12-й (уголь) групп осадочных пород, сигналы от всех групп магматических пород не получены. Фиксацией откликов на различных глубинах осадочные породы от групп 1–6 прослежены до глубины 723 км. Это корень канала миграции глубинных флюидов.

Сканированием разреза в интервале 0–20 км

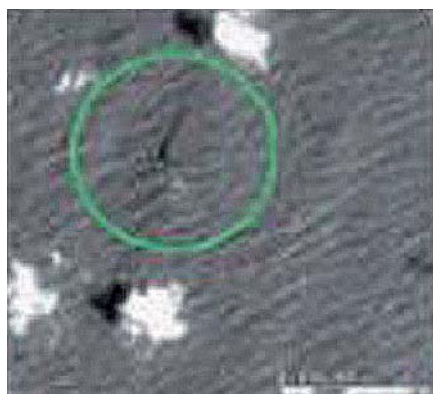


Рис. 17. Нефтяные пятна в Мозамбикском проливе

Fig. 17. Satellite image of oil slicks in the Mozambique Channel

установлены следующие глубины залегания угля и углеводородов, м: уголь — 230–1770; газ — 100–2400; конденсат — 2500–7200; нефть — 7200–13000. На участке обследования подтверждено наличие границы на глубине 57 км, выше которой фиксируются отклики на резонансных частотах нефти, газа и конденсата, ниже — водорода и углерода.

Дополнительно проведена обработка относительно малого участка в Донецке, в районе которого произошла авария на угольной шахте. На этом участке зафиксированы отклики на резонансных частотах нефти, конденсата, газа, гелия, водорода, кислорода, углерода, угля. Сканированием разреза в

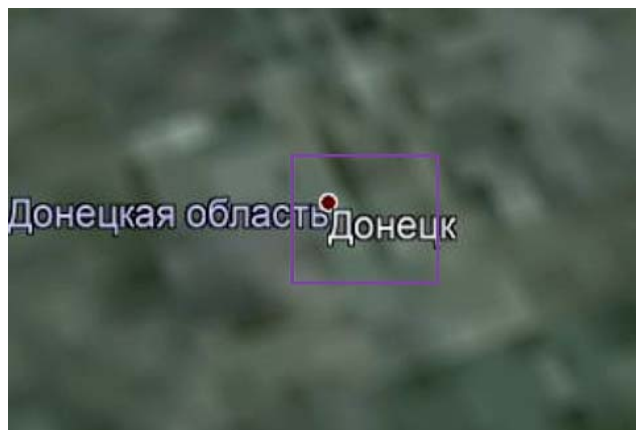


Рис. 18. Спутниковый снимок Донецкой области, Украина

Fig. 18. Satellite images of the Donetsk region, Ukraine

этой точке с шагом 1 м зафиксированы следующие интервалы глубин откликов, м: гелий — 120–2500; кислород — 140–2550; водород — 140–1000; газ 140–10500.

На участке расположения угольной шахты «Распадская» в Кузбассе (Россия) обработкой снимка (рис. 19) зафиксированы отклики от 1–6 и 12-й (уголь) групп осадочных пород. Отклики от 1–6-й групп осадочных пород прослежены до глубины 470 км (корень канала).

При сканировании разреза в интервале глубин 0–20 км с шагом 10 м сигналы на частотах нефти зафиксированы в интервале глубин 7600–14200, газа — 100–9600, угля — 80–15800 м.

На участке обследования установлена также граница на глубине 57 км, выше которой фиксируются сигналы на частотах нефти, конденсата и газа, а ниже — водорода и углерода.

Оперативное обследование участков бурения поисковых скважин. Для демонстрации потенциальных возможностей мобильной прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ (спутниковых снимков, фотоснимков) [10–13, 25] авторы неоднократно обследовали локальные участки, на которых были пробурены (находились в процессе бурения или осуществлялась подготовка



Рис. 19. Спутниковый снимок участка расположения шахты Распадская в Кузбассе, Россия

Fig. 19. Satellite images of the Raspadskaya mine in Kuzbass, Russia

к бурению) поисковые и разведочные скважины. Результаты такого рода исследований демонстрационного характера опубликованы в многочисленных статьях и материалах конференций, в том числе в работе [14].

Поисковая скважина «Мария-1» на Западно-Черноморском участке в Черном море. Спутниковый снимок локального участка расположения скважины обработан с использованием частотно-резонансного метода дешифрирования в процессе ее бурения. Полученные результаты (в форме расширенных тезисов докладов) были представлены в 2018 г. на конференциях по морским исследованиям в Одессе [15] и Москве, а также в г. Ессентуки (в форме компьютерной презентации).

На локальном участке расположения скважины обнаружена и закартирована аномальная зона типа «конденсат+нефть», в центральной части которой зафиксирована аномальная зона меньших размеров типа «конденсат+нефть» [15]. Полученные результаты позволили авторам сделать вывод о том, что скважина расположена в оптимальном месте и вероятность получения в ней притоков флюидов после завершения бурения очень высокая.

Однако в официальных релизах (информационных сообщениях) о результатах бурения [20] сообщается, что притоков флюидов в скважине не получено. Из этих сведений также следует, что скважина «Мария-1» не добурена до проектной глубины 6125 м (забой скважины находится на глубине 5265 м).

С целью выяснения причин сложившегося несоответствия на локальном участке бурения скважины в 2018 г. был выполнен дополнительный объем исследований. Для изучения структуры разреза в районе скважины из спутникового снимка (рис. 20) выделен («вырезан») небольшой фрагмент, с использованием которого в дальнейшем выполнялись все последующие операции частотно-резонансной обработки и интерпретации снимков.

С помощью резонансных частот образцов осадочных пород были определены 6–10-я группы осадочных пород, слагающих разрез в районе поисковой скважины. Для определения типов пород разреза использовались два разных снимка с целью повышения достоверности получаемых результатов.

В информационном сообщении о результатах бурения скважины «Мария-1» упоминается о раскрытии скважиной достаточно мощного карбонатного коллектора. С учетом указанного использова-

ние резонансных частот карбонатных пород (группа 7) позволило установить наличие этих пород в разрезе и определить (оценить) интервалы их залегания, м: 1) 4881–5198; 2) 5944–6335.

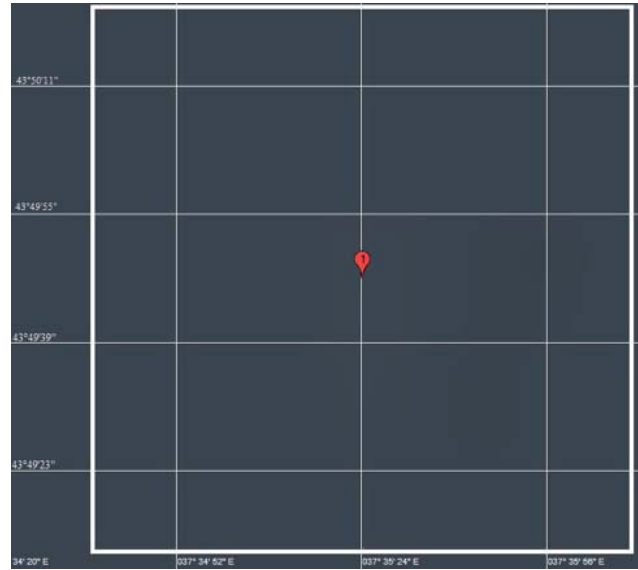


Рис. 20. Спутниковый снимок локального участка бурения скважины «Мария-1». Положение скважины показано красным значком

Fig. 20. Satellite image of the local drilling site of the Maria-1 well. The position of the well is shown with a red icon

Сканированием данных интервалов с использованием резонансных частот нефти получены аномальные отклики (сигналы) из интервала глубин 5944–6398 м, что свидетельствует о возможном наличии нефти в этом интервале, а также о ее отсутствии в первом интервале (4881–5198 м) карбонатных пород. Скважина «Мария-1» до второго интервала карбонатных пород не добурена.

Сканированием разреза до глубины 20 км с использованием резонансных частот нефти выделены еще три интервала глубин аномальных откликов (сигналов), перспективных на обнаружение скопленной нефти, км: 2) 7,390–9,500; 3) 11,380–12,350; 4) 14,123–14,507.

На следующем этапе экспериментов выполнялись действия, направленные на определение типов коллекторов в трех глубинных интервалах разреза, в которых получены отклики на резонансных частотах нефти.

Сначала из приведенных выше 3-го и 4-го интервалов, перспективных на нефть, были получены отклики (сигналы) на резонансных частотах группы обломочных пород 2 (псаммиты). В районе третьего перспективного горизонта отклики (сигналы) на резонансных частотах псаммитов получены в интервале глубин 11,365–12,500, а четвертого — 14,125–14,500 км.

Последующим сканированием этих интервалов

с использованием резонансных частот отдельных образцов пород группы (всего 18 образцов) были зафиксированы отклики (сигналы) от следующих образцов пород: 1) песчаник кварц-доломитовый; 2) песчаник полевошпат-кварцевый, кварцитовидный; 3) песчаник глауконитовый; 4) песчаник граувакковый.

На следующем шаге в интервале четвертого перспективного горизонта (14,125—14,500 км) получены отклики на резонансных частотах полевошпат-кварцевого песчаника (глубины 14,123—14,489 км), третьего (11,380—12,500 км) — кварц-доломитового песчаника (11,374—12,525 км), второго коллектора (7,390—9,590 км) — грауваккового песчаника (7,377—9,677 км).

Отметим, что ранее были зафиксированы отклики (слабые) на резонансных частотах нефти в интервале глубин 3,776—4,018 км. На этом интервале разреза зафиксированы сигналы на частоте глауконитового песчаника.

Приведенные экспериментальные результаты могут быть сопоставлены с разрезом виртуальной скважины [1]. Геолого-геофизические материалы по участку расположения скважины «Мария-1» анализируются также в публикации [32].

Дополнительное обследование локального участка бурения скважины «Мельник-1». В ноябре 2018 г. появились информационные сообщения о начале бурения третьей скважины «Melnik-1» на блоке Хан Аспарух в Черном море [45]. В связи с этим проведена дополнительная обработка спутникового снимка локального участка бурения скважины (рис. 21). По результатам обработки аномальные отклики на резонансных частотах нефти, газа и конденсата не были получены: это позволило сделать вывод, что в пробуренной скважине не будут получены притоки углеводородов.

Бурение скважины было завершено в начале января 2019 г. — буровое судно возвратилось из точки бурения в порт Варна. Тем не менее официальное заявление о результатах бурения до сих пор не обнародовано. Отсутствие такого заявления можно считать подтверждением сделанного прогноза — о положительных результатах бурения информация в средствах массовой информации появляется практически сразу. В качестве примера приведем ссылки на информационные сообщения на сайтах [31] и [46] о положительных результатах бурения поисковых скважин в Северном море (структура Glengorm, лицензионный блок P2215) и на шельфе ЮАР (структура Vruipadda, блок 11B/12B).

Локальный участок бурения скважины в Северном море. Информационное сообщение о результатах бурения скважины Glengorm в Северном море приведено на сайте [31]. Глубина пробуренной скважины — 5,056 м. В сообщении указывается, что скважиной вскрыт коллектор газа и газоконденсата мощностью 37,6 м. Координаты расположения сква-

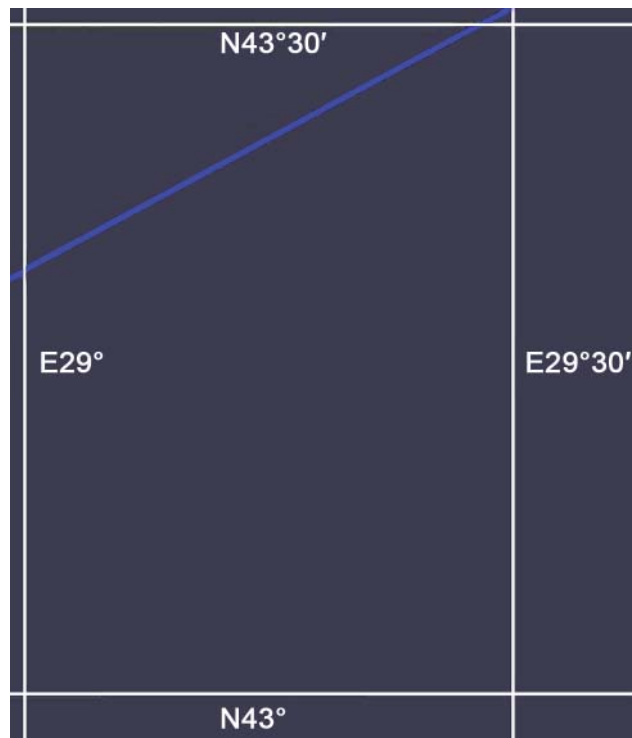


Рис. 21. Фрагмент спутникового снимка блока Хан Аспарух, в пределах которого расположена третья поисковая скважина «Мельник-1»

Fig. 21. Fragment of a satellite image of the Khan Asparuh block, within which the third exploratory well «Melnik-1» is located

жины (57°10,644' N, 001°07,066' E) заимствованы из сообщений на сайтах.

Для частотно-резонансной обработки был подготовлен снимок небольшого участка моря, в центре которого расположена пробуренная скважина. Обработка снимка проводилась в следующей последовательности.

С использованием резонансных частот образцов нефти и газоконденсата от обследуемого локального участка получены аномальные отклики на частотах нефти, газоконденсата (сильный сигнал) и газа (сильный сигнал).

На обследуемом участке установлено наличие 1—6 и 12-й групп осадочных пород. Сигналов (откликов) на частотах всех групп магматических пород не получено.

На поверхности (глубине) 250 км зафиксированы сигналы от 1—5-й групп осадочных пород, что свидетельствует о наличии на этом локальном участке вертикального канала миграции глубинных флюидов и минерального вещества.

Определение максимальной глубины (корня) канала: группа 2, глубина 1350 м — сигнал фиксировали до глубины 470 км.

Определение глубины моря на участке: с поверхности, шаг 10 см, фиксировали сигналы воды до глубины 86,0 м.

Определение глубин залегания конденсата ска-

нированием с глубины 86 м, шаг 1 м; сигналы в интервалах, м: 1) 300—475; 2) 2200—2477; 3) 3626—3738; 4) 4855—5224; переход на шаг 10 м: 5) 10000—14400 м (сильный); 6) 19880—26900 м; 7) 28,6—57 км.

Уточнение глубин залегания конденсата (сканирование с шагом 10 см): с глубины 300 м — 435—442 м; с глубины 2200 м — 2284—2342 м; с глубины 3627 м — 3719—3732 м; с глубины 4855 м — 4874—4892 и 5140—5185 м.

Определение глубин залегания газа сканированием с глубины 80 м, шаг 1 м, в интервалах, м: 1) 286—470; 2) 1789—2040; 3) 3700—4082; 4) 4873—5100; 5) 5210—5380.

Уточнение глубин залегания газа, шаг 10 см: с глубины 286 м — 334—342 м; 1789 м — 1864—1875 м; 3700 м: 1) 3815—3825 м; 2) 3841—3872 м; 4873 м: 1) 4930—4947 м; 2) 4968—4995 м; 3) 5074—5126 м; 4) 5235—5293 м.

Определение глубин залегания нефти сканированием, шаг 1 м: сигнал — от 5240—5765 м до 10 км; с глубины 13000 м — 13900—14880 м.

Уточнение глубин залегания нефти, сканирование с шагом 10 см, в интервалах, м: 1) 5254—5370; 2) 5392—5587 (сильный сигнал).

Прогнозируемые пласты с нефтью расположены глубже забоя пробуренной скважины.

Поисковый участок на шельфе ЮАР. Апробация технологии интегральной оценки перспектив нефтегазосности проведена также на поисковой площади Иквези на южном шельфе ЮАР, в пределах которой расположено газовое месторождение F-O. На этой площади зафиксированы отклики (сигналы) на частотах нефти, конденсата, газа, гелия, кислорода, углерода, водорода, угля, воды. Установлено наличие 2—5, 7, 8 и 11-й групп осадочных пород, а также 6-й и 7-й групп магматических пород; определен канал магматических пород группы 7 (фиксацией откликов на глубине 250 км).

Сканированием разреза с поверхности определен интервал глубин откликов на частотах нефти — 4,200—6,600 км, газа — 1,100—2,500 км.

Скважина Brulpadda-1AX на шельфе ЮАР [46]. Положение скважины и ее координаты представлены на рис. 22, обработанный снимок — на рис. 23. Толщина слоя воды оценена с использованием процедуры уточнения в 1429 м.

С поверхности зафиксированы сигналы на резонансных частотах нефти, конденсата, газа и янтаря. Установлено наличие 7-й (карбонаты) и 11-й (соль) групп осадочных пород, а также 11-й (кимберлиты) — магматических пород. Сигналы кимберлитов фиксируются с глубины 4900 м, прослежены только до глубины 195 км. С поверхности (глубины) 5000 м нет сигналов на частотах осадочных пород, а также нефти, конденсата и газа.

Сканированием разреза с процедурой уточнения установлены следующие его интервалы глубин, в которых зафиксированы сигналы на резонансных частотах газоконденсата, м: 1) 2490—2507; 2) 2765—

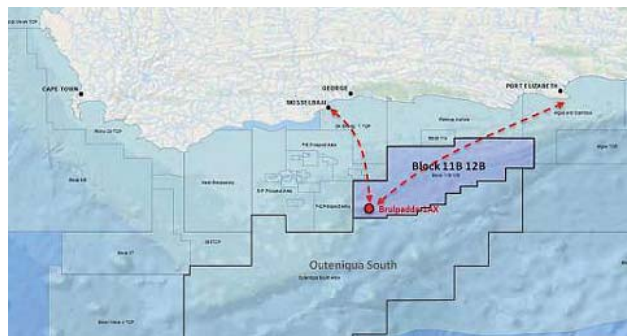


Рис. 22. Положение пробуренной скважины Brulpadda-1AX (блок 11B/12B) и ее координаты: 22°44'25,28" E, 35°39'53,45" S
Fig. 22. The position of the drilled well Brulpadda-1AX (block 11B/12B) and its coordinates: 22°44'25,28" E, 35°39'53,45" S



Рис. 23. Снимок локального участка в районе скважины Brulpadda-1AX
Fig. 23. A satellite image of the local site in the area of the Brulpadda-1AX well

2773; 3) 2724—2740; 4) 3280—3290; 5) 3554—3565. Уточненный интервал для сигналов на частоте газа — 2481—2486 м.

Уточненные интервалы для сигналов на частоте нефти, м: 1) 1835—1836; 2) 2405,5—2407 (1,5 м).

Участок бурения скважины в Черном море. В 2019 г. на блоке Силистар (1—14 Хан Кубрат) на шельфе Болгарии началось бурение поисковой скважины [44]. В 2015 г. была проведена частотно-резонансная обработка спутникового снимка этого блока в рекогносцировочном масштабе 1 : 350 000 с целью оценки перспектив обнаружения в его пределах скоплений углеводородов. В результате в пределах обследованной площади обнаружено четыре аномальные зоны типа «нефть + газ» с пластовыми давлениями 14,0; 30,0; 32,4 и 32,2 МПа соответственно [14].

После начала бурения поисковой скважины и определения ее координат по положению бурового судна дополнительно были обработаны данные ДЗЗ блока. В результате на локальном участке бурения выявили структуру, заполненную водой. Сигналы на резонансных частотах нефти, газа и конденсата не зафиксированы. На рис. 24 результаты частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ (спутникового снимка) показаны на карте-схеме сейсмических профилей [42], обработанных в пределах блока.

Отметим, что в документе [42] приведен сейсмический профиль в районе бурения, из анализа которого следует, что скважина расположена на

структурном поднятии, выделенном сейсмическими исследованиями.

После начала бурения выполнена частотно-резонансная обработка локального участка расположения скважины более детального характера. Отклики на резонансных частотах углеводородов не зафиксированы!

В разрезе установлено наличие только 9-й группы осадочных пород (мергелей). Отклики на частотах мергелей зафиксированы в интервале глубин 1,328—217 км. Нижняя граница обнаруженного канала (вулканической постройки) расположена в

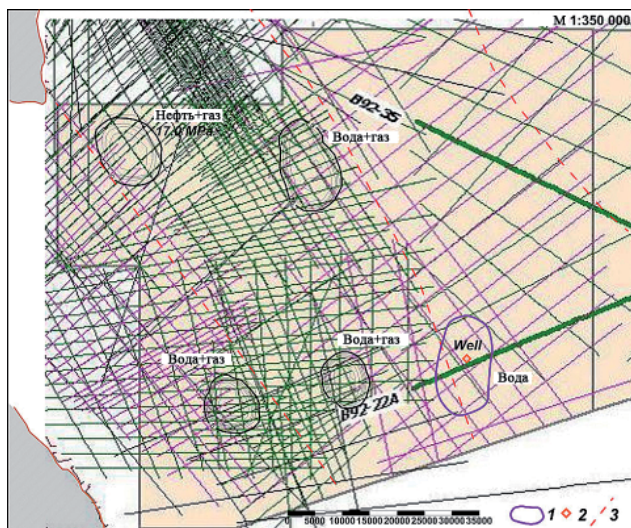


Рис. 24. Аномальные зоны типа «нефть + газ», «вода + газ» и «вода» в пределах поискового блока Силистар (1—14 Хан Кубрат) по результатам дополнительной обработки в апреле 2019 г.: 1 — контур структуры с водой; 2 — местоположение скважины; 3 — зоны нарушений по результатам обработки спутникового снимка.

Fig. 24. Anomalous zones of «oil and gas», «water and gas» and «water» type within the SILISTAR (1-14 Khan Kubrat) prospecting block on the map of seismic profiles location. 1 — contour of structure with water; 2 — location of drilling well; 3 — zones of fracture by the results of satellite image processing. (Results of additional processing in April of 2019)

зоне плавления (жидкого состояния) пород.

Вполне понятно, что над мергелями залегают более молодые образования. Для оценки мощности этих отложений использовались резонансные частоты образца ила. Сканированием разреза с глубины 1303 м, шаг 1 см, сигналы (отклики) на резонансных частотах ила прослежены до глубины 1328 м.

В целом, результаты дополнительных исследований позволяют сделать достаточно обоснованный вывод о том, что вероятность получения коммерческих притоков углеводородов в скважине после завершения ее бурения равна нулю. Структурное поднятие, установленное сейсморазведочными работами на участке [42], представляет собой вулканическую постройку.

Обратим внимание еще на одно обстоятельство.

В процессе частотно-резонансной обработки спутникового снимка участка бурения определяли также глубину моря (мощность водной толщи) в точке бурения. По одной из используемых методик результаты оценки существенно отличались от значений, приведенных в информационных документах и на карте Google Maps. Такие погрешности в результатах обработки могут быть обусловлены содержанием в воде каких-либо газов и (или) флюидов. В связи с этим в районе бурения выполнены дополнительные эксперименты с целью обнаружения в воде сероводорода. С использованием резонансных частот образцов сероводорода аномальные сигналы (отклики) на этих частотах получены в интервале глубин 700—1303 м. Сканирование разреза проводилось с шагом 10 и 5 см.

Интерес может также представлять следующее. В связи с тем что вулканы являются вертикальными каналами миграции флюидов, минералов и химических элементов [23], на участке бурения скважины были проведены дополнительные исследования с целью определения наличия (или отсутствия) различных химических элементов в верхней части разреза. Для отсчета была принята поверхность (глубина) 1400 м. На этой глубине фиксировались отклики на резонансных частотах химических элементов, содержащихся в разрезе выше. Согласно результатам исследований, в верхней части разреза на участке бурения зафиксированы водород, дейтерий, гелий, литий, бериллий, бор, азот, кислород, фтор, неон, натрий, алюминий, фосфор, сера, хлор, аргон, кобальт, никель, германий, мышьяк, селен, бром, криптон, рубидий, стронций, *иттрий, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, лютеций*, гафний, тантал, вольфрам, рений, осмий, иридий, платина, золото, ртуть, таллий. Курсивом обозначены химические элементы, составляющие группу РЗЭ. Напомним, что подобного рода экспериментальные исследования проведены на обнаруженном японскими геологами участке крупных скоплений РЗЭ в Тихом океане (см. выше).

Участок расположения пробуренной скважины на шельфе Анголы. Координаты скважины [28], в которой обнаружены залежи легкой нефти, определены по положению бурового судна: 6°19'4,8" S, 10°53'33" E.

Обработан фрагмент снимка участка бурения (на рис. 25 обозначен прямоугольным контуром), в пределах которого зафиксированы отклики на резонансных частотах 7-й (карбонаты) группы осадочных пород. Породы этой группы прослежены до глубины 217 км. Сигналы на резонансных частотах гранитов и базальтов фиксировались с глубины 218 км; выше отклики от этих пород отсутствовали.

С поверхности на обследованном участке зафиксированы сигналы на резонансных частотах нефти (с задержкой во времени), конденсата, газа и янтаря. С поверхности (глубины) 57 км отклики на

частотах углеводородов и янтаря фиксировались из верхней части разреза и отсутствовали из нижней. Мощность водной толщи на участке обследования оценена в 1075 м.

Сканированием разреза с шагом 1 м на резонансных частотах конденсата установлены следующие интервалы глубин откликов, м: 1) 1480—1800; 2) 2100—2335; 3) 3130—3500. Глубже сканирование проводилось до глубины 20 км с шагом 5 м, установлен еще один интервал: 4) 13640—17770 м.

Такой же процедурой сканирования с использованием резонансных частот набора образцов нефти определены следующие интервалы глубин откликов, м: 1) 1325—1760; 2) 2400—2850; 3) 3180—3520; 4) 13400—17780. Уточнение глубин расположения интервалов регистрации откликов с использованием более мелкого шага сканирования не проводилось.

Участок расположения пробуренной скважины на шельфе Пакистана. В информационном сообщении [35] приведены сведения о завершении бурения скважины «Кекра-1» на шельфе Пакистана: притоков углеводородов в скважине не получено. В связи с этим оперативно обследован локальный участок бурения скважины, а также более крупная площадь района с целью дополнительной оценки перспектив обнаружения скоплений углеводородов. Координаты бурения скважины (22°30'17" N, 66°6'49" E) определены по информации о положении бурового судна.

На начальном этапе работ проведена частотно-резонансная обработка спутникового снимка локального участка бурения скважины (рис. 26, а, прямоугольный контур).

С поверхности сигналы (отклики) на резонансных частотах нефти, конденсата, газа и янтаря не зарегистрированы. С глубины (поверхности) 57 км отклики на частотах углеводородов и янтаря не зафиксированы ни ниже, ни выше этого уровня. На обследованном локальном фрагменте установлены также отклики от 1—7-й групп магматических пород.

Результаты обследования локального участка позволяют констатировать, что в его пределах скопления углеводородов отсутствуют во всем интервале глубин. Перед авторами работ встал вопрос:



а

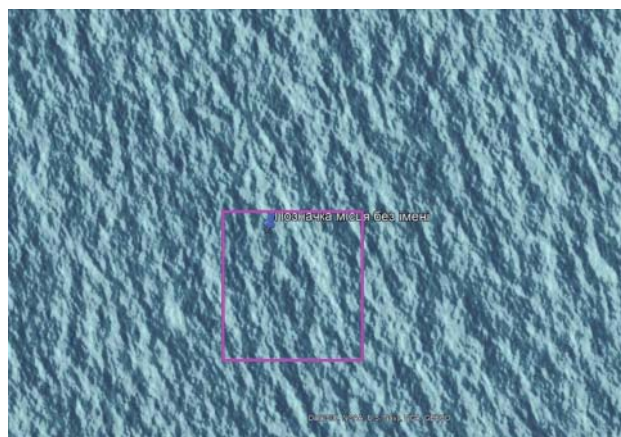


Рис. 25. Спутниковый снимок участка расположения пробуренной скважины на шельфе Анголы

Fig. 25. Satellite image of the site of the drilled well location on the Angolan offshore

«А есть ли залежи УВ в этом районе шельфа Пакистана?» Для ответа на него были обработаны спутниковые снимки более крупных участков в районе расположения скважины.

Сначала выполнили частотно-резонансную обработку спутникового снимка, но без фрагмента, показанного на рис. 26, а прямоугольным контуром. Координаты левого нижнего угла снимка: 22°25'22,76" N, 65°56'49,73" E, правого верхнего — 22°35'30,65" N, 66°15'19,46" E. С поверхности зафиксированы отклики на частотах 1 (слабый)—6-й (слабый) и 7-й групп магматических пород. С поверхности (глубины) 220 км в верхней части разреза зарегистрированы отклики от этих групп, также от 7—10-й групп осадочных пород.

С поверхности не зафиксированы отклики на частотах нефти, конденсата, газа, янтаря, а с глубины 57 км в верхней части разреза — от углеводородов и янтаря.

В связи с такой ситуацией был обследован более крупный фрагмент площади, спутниковый снимок которого представлен на рис. 26, б. Координаты левого нижнего угла этой площади: 21°40'07,91" N, 64°36'18,20" E; правого верхнего — 23°23'02,68" N,



б

Рис. 26. Спутниковые снимки участков расположения скважины «Кекра-1» на шельфе Пакистана: а — локального; б — крупного
Fig. 26. Satellite images of the Kekra-1 drilled well location on the offshore of Pakistan: a — local; b — large

67°44'48,40" Е. При частотно-резонансной обработке зафиксированы отклики на резонансных частотах нефти, конденсата, газа, янтаря 1—12-й групп осадочных пород, а также 1—7-й групп магматических пород.

Обратим внимание на следующее. В информационных сообщениях о скважине «Кекга-1» отмечается, что стоимость бурения скважины составила 100 млн дол. США и еще 100 млн потрачено на операции по цементированию и забуриванию дополнительного ствола, чтобы достичь проектной глубины!

Интегральная оценка перспектив обнаружения скоплений углеводородов в различных регионах.

Поиски каналов на ранее обследованных площадях. В работе [47] представлены результаты ранее проведенных исследований в Арктическом регионе. На обследованных крупных площадях выполнены дополнительные экспериментальные исследования с целью обнаружения каналов вертикальной миграции флюидов. В результате каналы с корнями на глубине 711 км, заполненные ультрамафическими породами, выявлены на площади Штокманского газоконденсатного месторождения и на поисковом блоке — Федынского. В районе Университетской площади в Карском море установлено наличие гранитного канала с корнем на глубине 996 км.

Гранитные каналы обнаружены на участке аварийной скважины в Мексиканском заливе (996 км), а также в пределах геосолитонной структуры на Полутынской площади в Западной Сибири (996 км) [40].

Участки обследования в Татарстане и Саратовской области, Россия. На спутниковом снимке крупного фрагмента территории Татарстана (рис. 27) обнаружен гранитный канал, корень которого зафиксирован на глубине 996 км. Дополнительно был обработан спутниковый снимок участка Ромашкинского месторождения (рис. 27, прямоугольный контур).

В результате частотно-резонансной обработки фрагмента снимка зафиксированы аномальные отклики на резонансных частотах нефти, газа, газоконденсата, углерода, гелия, кислорода, водорода. Зондированием (сканированием) разреза с шагом 10 м с поверхности на обследуемом фрагменте зафиксированы отклики на резонансных частотах гранитов (1-я группа образцов магматических пород) в интервалах глубин: 4,500—5,550 и 18,360—32,200 км.

На резонансных частотах образцов нефти аномальные сигналы зафиксированы в интервалах разреза 1,8—4,4 и 7,8—10,2 км. Зондирование разреза в первом интервале проводилось с шагом 1 м, далее — с шагом 5 м.

Обработанный спутниковый снимок Саратовской области показан на рис. 28. В пределах крупного фрагмента территории области имеются перспективы обнаружения гранитного канала, корень которого по результатам оценки расположен на

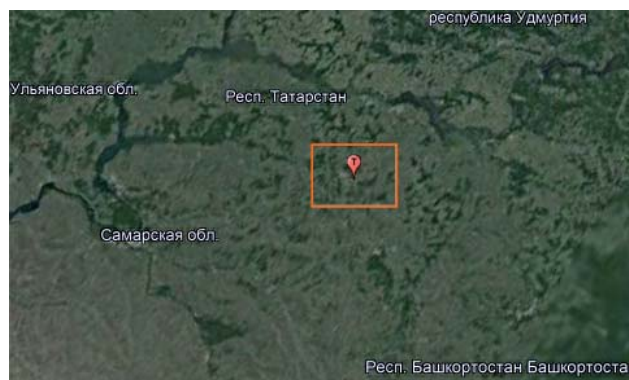


Рис. 27. Спутниковый снимок территории Татарстана и сопредельных областей, Россия

Fig. 27. Satellite image of the territory of Tatarstan and adjacent areas, Russia

глубине 996 км. В пределах канала фиксируются отклики на резонансных частотах нефти и конденсата. На небольшом южном фрагменте территории области глубинный канал не обнаружен.

Частотно-резонансная обработка фотоснимка о-ва Змеиный (рис. 29). При обработке снимка зафиксированы отклики (сигналы) на резонансных частотах 7-й (карбонаты) и 8-й (доломиты) групп осадочных пород, сигналы от магматических пород не зарегистрированы.

С поверхности на обследованной площади зафиксированы отклики на резонансных частотах нефти (средней интенсивности), конденсата, газа, янтаря. Фиксацией аномальных откликов на различных глубинах установлено наличие канала (вулкана), заполненного карбонатами, корень которого расположен на глубине 217 км в зоне плавления пород.

При сканировании разреза с шагом 1 м отклики на частотах карбонатов получены с глубины 200 м. Сигналы на частотах доломитов зафиксированы в интервале глубин 4—200 м сканированием разреза с шагом 10 см.

С использованием резонансных частот нефти и карбонатов при сканировании разреза с глубины 200 м, шаг 50 см, зафиксированы сигналы (отклики) в следующих интервалах глубин, м: 1) 885—940; 2) 1265—1330; 3) 2140—2270; 4) 2940—290; 5) 3450—3500; 6) 3590—3660; 7) 3800—3860; 8) 4530—4610

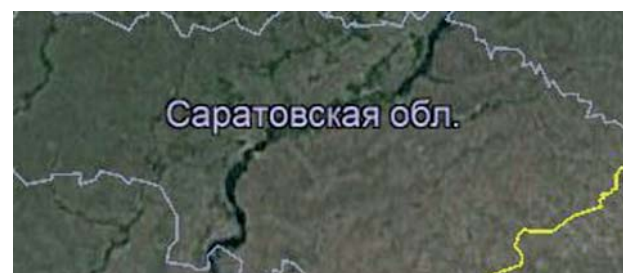


Рис. 28. Снимок территории Саратовской области, Россия

Fig. 28. Satellite image of the Saratov region territory, Russia

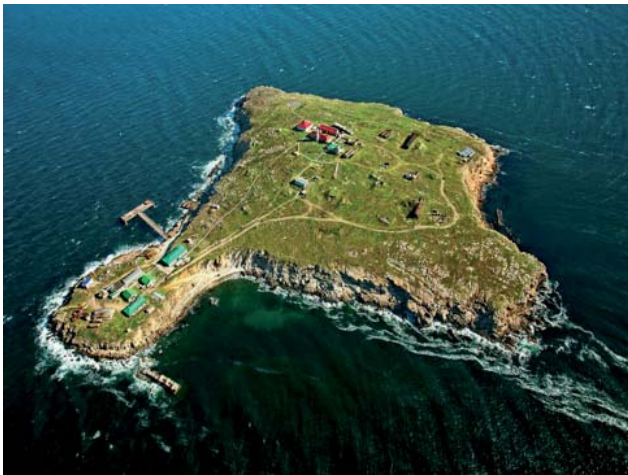


Рис. 29. Фотоснимок о-ва Змеиный в Черном море, Украина
Fig. 29. Photo of Zmeinyy island in the Black Sea, Ukraine

(сканирование проводилось только до глубины 5000 м).

Граница окончания регистрации сигналов на частотах нефти конденсата, газа и янтаря установлена сканированием с шагом 1 см на глубине 57 км.

Фиксированием на глубине 1000 м аномальных откликов на резонансных частотах различных химических элементов установлено, что выше этого интервала в разрезе содержатся литий, бериллий, сера, хлор, аргон, калий, криптон, рубидий, стронций, иттрий, циркон, ниобий, молибден, технеций, рутений, родий, палладий.

Площадь обследования в районе порта Кейптаун, ЮАР. Спутниковый снимок площади работ представлен на рис. 30.

Сканированием разреза с поверхности, шаг 1 м, установлены следующие интервалы глубин регистрации сигналов на резонансных частотах нефти, м: 1) 200—950; 2) 1750—2350; 3) 3050—4400; 4) 5200—6350 (до 7000).

Для фрагмента территории в пределах розового прямоугольника (рис. 30) зафиксированы отклики на резонансных частотах нефти, конденсата (сильный), газа, янтаря и угля. На оставшейся части территории отклики на частотах углеводородов не зарегистрированы. В нижней части прямоугольника зафиксированы отклики на частотах нефти, конденсата (сильный), газа, янтаря, в верхней части — нефти (очень слабый), конденсата (слабый), газа. В нижней части прямоугольника установлено наличие 2—7, 11 и 12-й групп осадочных пород, а также 7, 11—16-й групп магматических пород. Корень канала осадочных пород 2—7-й групп расположен в слое плавления (глубина 195—225 км). Корни каналов 7-й (ультрамафические породы) и 11-й (кимберлиты) групп магматических пород установлены на глубине 470 км. При сканировании разреза с поверхности, шаг 1 м, сигналы на частоте алмазов зафиксированы с глубины 200 м.

Участки исследований в Пермском бассейне,

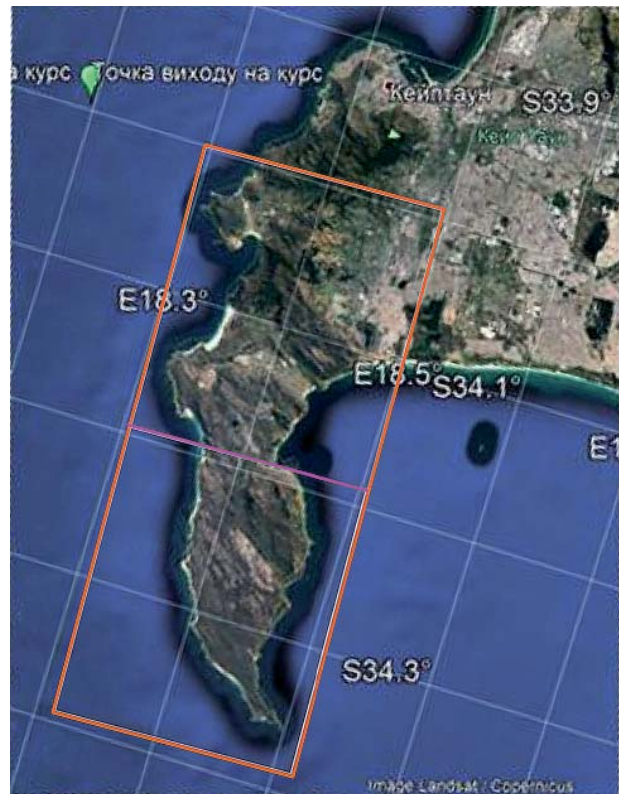


Рис. 30. Снимок территории ЮАР в районе порта Кейптаун
Fig. 30. A satellite image of the territory of South Africa in the port of Cape Town area

США. В информационном сообщении на сайте [29] сообщается, что компания Apache делает ставку на жидкие углеводороды в Пермском бассейне. Локальный участок фотоснимка (рис. 31, прямоугольный контур), обработан с использованием частотно-резонансного метода.

В процессе обработки зафиксированы аномальные отклики (сигналы) на резонансных частотах нефти, конденсата, газа, янтаря и 7-й (карбонаты) группы осадочных пород. Отметим, что при проведении экспериментов сигналы на частотах кислорода и водорода фиксировались с поверхности через 25 с, а с глубины 470 км — сразу. На поверхности (глубине) 56,9 км сигналы на частотах нефти, конденсата, газа, янтаря фиксировались, а на глубине 57,1 км — не получены.

Сканированием разреза с поверхности, шаг 1 м, установлены следующие интервалы глубин откликов на резонансных частотах нефти, м: 1) 490—1900; 2) 2160—2440; 3) 4640—5090; с глубин 8 км, шаг 5 м: 4) 11120—15650 (прослежено до глубины 20 км).

Отклики на резонансных частотах карбонатов фиксировались до глубины 217 км — слоя плавления пород.

На рис. 32 представлен спутниковый снимок перспективной площади Alpine High, расположенной в Пермском бассейне. При обработке снимка зафиксированы сигналы на частотах нефти (сла-



Рис. 31. Буровая установка компании Apache в Западном Техасе, США

Fig. 31. Photograph of an Apache drilling rig in West Texas, USA

бий), конденсата, газа, янтаря. При проведении дополнительных экспериментов сигналы на частотах кислорода, гольмия и золота зафиксированы через 25 с. На глубине 470 км сигнал на частоте золота зафиксирован сразу.

С поверхности зарегистрированы отклики от 7-й и 11-й групп осадочных пород, от групп магматических пород сигналы не зафиксированы. Отклики на частотах карбонатов получены на глубине 190 км, а на глубине 218 км — отсутствовали.

Сканированием разреза с использованием резонансных частот конденсата установлены следующие интервалы глубин регистрации откликов, шаг 1 м: 1) 1210—2350; 2) 3360—4680 м; с глубины 7 км, шаг 5 м, до глубины 20 км откликов нет.

Район северо-западного шельфа Черного моря, Украина. На конференции «Геоинформатика-2019» в Киеве авторы доклада [38] предложили провести работы оценочного характера на локальном участке северо-западного шельфа Черного моря. На спутниковом снимке (рис. 33) показаны метки трех точек с координатами: Т1 — 45°0'0" N, 31°29'60" E; Т2 — 45°30'0" N, 32°09'60" E; Ц — 45°17'23" N, 31°52'30" E.

В пределах фрагмента (рис. 33, крупный прямоугольник) с поверхности зафиксированы отклики на резонансных частотах нефти, конденсата, газа и янтаря, 1—7 и 11-й групп осадочных пород, а также 1, 3, 4, 6 и 7-й групп магматических. На поверх-

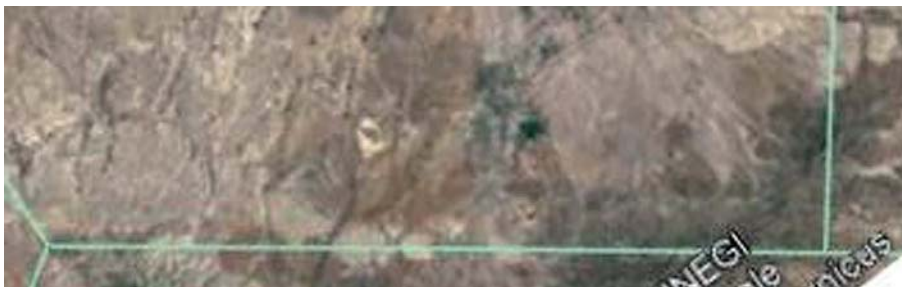


Рис. 32. Спутниковый снимок нефтеперспективного участка в Пермском бассейне, США

Fig. 32. Satellite image of the oil prospective area in the Permian Basin, USA



Рис. 33. Фрагмент спутникового снимка северо-западного шельфа Черного моря, Украина

Fig. 33. Fragment of a satellite image of the north-western offshore of the Black Sea, Ukraine

ности (глубине) 170 км зарегистрированы сигналы 7-й (карбонаты) группы осадочных пород и 6-й, 7-й групп магматических пород. На глубине 220 км сигналы от этих групп пород отсутствуют.

При обработке локального участка снимка (на рис. 33, небольшой прямоугольник) с поверхности зафиксированы отклики на частотах 7-й группы осадочных пород и 1, 6, 7-й групп магматических пород.

Сканированием разреза 7-я (карбонаты) группа осадочных пород прослежена до глубины 17,9 км; в интервале глубин 17,0—17,9 км зафиксированы также слабые сигналы на частотах соли. Сигналы от 1-й группы магматических пород (гранитов) зафиксированы в интервале глубин 17,9—27,8 км, 6-й (габбро и базальты) — 27,8—38,2 км, 7-й (ультрамафические породы) — 38,2—196 км.

Основные выводы и заключение. Можно достаточно обоснованно констатировать, что представленные выше материалы подтверждают, дополняют и расширяют выводы и рекомендации, сформулированные в статьях [26, 27]. Вкратце остановимся на некоторых (основных) выводах.

Прежде всего, экспериментальные исследования на многочисленных участках показали возможность (и целесообразность) использования частотно-резонансных методов обработки и интерпретации спутниковых снимков и фотоснимков для обнаружения и локализации участков скопления водорода, а также определения глубин залегания его прогнозируемых залежей. В дальнейших исследованиях в этом направлении целесообразно обратить внимание на типы коллекторов, в которых может накапливаться водород, а также на породы-покрышки, способствующие сохранению залежей. Еще раз акцентируем внимание на том, что проблема использования во-

дорода в качестве возможного топлива будущего обсуждается в многочисленных публикациях и докладах, в том числе [2, 3, 9, 16, 17, 19, 23, 39, 50, 51].

Заслуживает внимания факт обнаружения двух слоев (пластов) гранитов на участке водородной дегазации в Киевской области. Исследования на Украинском щите с целью изучения толщи пород между двумя слоями гранитов целесообразно продолжить. Ранее наличие осадочных и метаморфических пород под верхним слоем гранитов в пределах щита прогнозировалось в статье [4].

Результаты экспериментальных работ предоставили дополнительные факты в пользу глубинного (абиогенного) синтеза углеводородов. Как и ранее, в процессе исследований были обнаружены глубинные каналы миграции флюидов, минерального вещества и химических элементов; получены аномальные отклики на резонансных частотах углеводородов в пределах контуров каналов, заполненных определенными типами пород (осадочными и карбонатными, в большинстве случаев); нефти газа и конденсата — в каналах до глубины 57 км. Ниже этой границы фиксируются отклики на резонансных частотах водорода и углерода.

К изложенному добавим, что проблема абиогенного синтеза углеводородов анализируется в многочисленных статьях и докладах, в том числе [5—9, 18, 21—23]. На важность вопроса обнаружения и локализации глубинных каналов миграции флюидов, минерального вещества и химических элементов акцентируется внимание в публикациях [16, 23]. В статье [7] и докладах [18, 24] указывается на целесообразность проведения поисковых работ на нефть и газ на участках и площадях, бесперспективных с позиции биогенного синтеза углеводородов.

С позиции абиогенного синтеза углеводородов обращаем также внимание на статью [8, с. 8], в которой ее авторы констатируют следующее: «... экспериментальные результаты подтверждают термическую стабильность углеводородных систем при сверхвысоких термобарических параметрах, соответствующих глубинам 20—50 км.

Полученные данные позволяют сделать предположение о возможности существования залежей углеводородов на глубинах более 20 км, что существенно меняет представления об интервале глубин залегания скоплений нефти и газа и углеводородном потенциале земной коры.

Доказательство существования глубинных залежей углеводородов может стать стимулом к развитию новых технологий поиска и разработки углеводородных скоплений, технологий сверхглубокого бурения скважин».

В процессе экспериментальных работ продолжалась отработка методических приемов (принципов) обнаружения и локализации каналов (труб) поступления (миграции) в верхнюю часть разреза (а также на поверхность) газов, флюидов, мине-

рального вещества и химических элементов. Методика оперативной оценки наличия (или отсутствия) таких каналов в пределах локальных и крупных поисковых участков (блоков) изучаемых территорий базируется на фиксации глубоких корней такого рода структур (каналов) посредством регистрации сигналов (откликов) на резонансных частотах пород, заполняющих каналы, на различных глубинах.

Практически на всех нефтегазоперспективных участках при регистрации аномальных откликов (сигналов) на резонансных частотах нефти, конденсата и газа фиксировались также отклики на частотах янтаря (в том числе в интервалах разреза до глубины 57 км). Можно полагать, что это обстоятельство свидетельствует в пользу глубинного (абиогенного) синтеза янтаря в процессе водородной дегазации Земли.

Результаты частотно-резонансной обработки спутниковых снимков локальных участков бурения поисковых скважин в Черном и Северном морях, а также на шельфе ЮАР, Анголы и Пакистана достаточно убедительно указывают на целесообразность применения разработанных методов для выбора оптимальных мест заложения поисковых и разведочных скважин. С учетом того что материальные (финансовые) и временные затраты на получение новой (дополнительной) информации с помощью мобильных технологий несопоставимы с затратами (временными и финансовыми) на геолого-геофизическое изучение поисковых площадей и локальных участков бурения скважин традиционными геофизическими методами, важность целенаправленного практического применения прямопоисковых методов при выборе оптимальных участков заложения поисковых скважин не вызывает сомнений.

Во время исследований продолжалась апробация технологии интегральной оценки перспектив нефтегазоносности крупных блоков и локальных участков. Изложенные выше материалы в полной мере демонстрируют работоспособность и эффективность прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков при выполнении исследований с целью интегральной оценки перспектив обнаружения скоплений углеводородов в различных (в том числе глубинных) горизонтах разреза. Результаты интегральной оценки перспектив нефтегазоносности крупных блоков позволяют оперативно выделять наиболее перспективные участки для проведения детальных поисковых работ. Мобильная технология предоставляет возможность устанавливать перспективные на углеводороды интервалы глубин во всем разрезе обследуемой площади (кристаллический фундамент и глубинные горизонты разреза). Этап интегральной оценки при поисках нефти и газа будет содействовать ускорению и оптимизации геолого-разведочного процесса в целом.

Авторы выражают глубокую признательность Антарктическому центру МОН Украины за предоставленную возможность выполнить значительный объем экспериментальных исследований в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г. на полигоне протяженностью свыше 8 тыс. км. Это позволило в полной мере, и на водной поверхности, апробировать разработанные аппаратные комплексы и методические принципы (подходы) применения частотно-резонансных методов поисков полезных ископаемых различного типа, а в результате наметить новые направления и объекты изучения в разных регионах земного шара (в том числе на территории Украины).

Список использованных источников

1. Афанасенков А.П., Никишин А.М., Обухов А.Н. Геологическое строение и углеводородный потенциал Восточно-Черноморского региона. Москва: Научный мир, 2007. 168 с.
2. Водородная дегазация планеты: анализ вулканических структур. <http://earth-chronicles.ru/news/2011-12-12-13338>
3. Водородная энергетика: пора бурить скважины. <http://hydrogen-future.com/list-c-article/9-page-id-9.html>
4. Ипатенко С.П. Типы земной коры и перспективы нефтегазоносности Антильских островов по геонотическим данным. *Геофизический журнал*. 2012. Т. 34, № 1. С. 171—182.
5. Краюшкин В.А. Месторождения нефти и газа глубинного генезиса. *Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева*. 1986. Т. 31, № 5. С. 581—586.
6. Краюшкин В.А., Шевченко Н.Б. К проблеме небиогенной природы нефти и природного газа. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2018. № 2. С. 65—85.
7. Кусов Б.Р. На новый уровень геологической мысли на основе исконной геологии. *Недропользование — XXI век*. 2017. № 1 (64) февраль. С. 130—136.
8. Кучеров В.Г., Серовайский А.Ю. Стабильность углеводородных систем при сверхвысоких термобарических параметрах. *Актуальные проблемы нефти и газа*. 2018. Вып. 4 (23). 9 с. DOI 10.29222/irpng.2078-5712.2018-23.art37 <http://oilgasjournal.ru>
9. Ларин В.Н. Нефть на Земле не заканчивается. Жгите, сколько хотите: интервью. <http://ptel.cz/2014/02/vladimir-nikolaevich-larin-neft-na-zemle-ne-zakanchivaetsya-zhgite-skolko-hotite/>
10. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков. *Геоинформатика*. 2010. № 3. С. 22—43.
11. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Оценка относительных значений пластового давления флюидов в коллекторах: результаты проведенных экспериментов и перспективы практического применения. *Геоинформатика*. 2011. № 2. С. 19—35.
12. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Частотно-резонансный принцип, мобильная геоэлектрическая технология: новая парадигма геофизических исследований. *Геофизический журнал*. 2012. Т. 34, № 4. С. 167—176.
13. Левашов С.П., Батырова Б.Х., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Божежа Д.Н. Применение частотно-резонансного метода обработки данных ДЗЗ в детализационном режиме для оценки нефтегазоносности локального поискового участка. *Геоинформатика*. 2017. № 1. С. 5—18.
14. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Самсонов А.И., Божежа Д.Н. О целесообразности применения мобильных прямопоисковых технологий при выборе мест заложения скважин на нефть и газ. *Геоинформатика*. 2018. № 1. С. 5—23.
15. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Божежа Д.Н. Результаты частотно-резонансной обработки спутникового снимка локального участка бурения скважины «Мария-1» в Черном море. Материали міжнародної наукової конференції «Морські геолого-геофізичні дослідження: фундаментальні та прикладні аспекти», присвяченої 100-річчю від дня заснування Національної академії наук України та 50-річчю кафедри загальної та морської геології Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова. 8—9 листопада 2018 р. Одеса, 2018. С. 318—327.
16. Лукин А.Е., Шестопалов В.М. От новой геологической парадигмы к задачам региональных геолого-геофизических исследований. *Геофизический журнал*. 2018. Т. 40, № 4. С. 3—72.
17. Полеванов В.П. Нефть не может дорого стоить, потому что восстанавливается, как лес: интервью. <http://www.business-gazeta.ru/article/148000> (дата обращения: 25.03.2016).
18. Полеванов В.П. Неизбежно ли падение добычи нефти в России? <https://regnum.ru/news/2521767.html>
19. Портнов А. Вулканы — месторождения водорода. <http://www.promved.ru/articles/article.phtml?id=1988&nomer=1>
20. «Роснефть» с Еп1 завершили бурение первой скважины в Черном море и продолжат поиск. <http://www.interfax.ru/business/604595>
21. 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. *Тектоника і стратиграфія*. 2015. Вип. 42. С. 114—159.
22. Тимурзиев А.И. Альтернативы «сланцевого» сценария развития ТЭК России на основе глубинной парадигмы нефтегазовой геологии. *Геофизический журнал*. 2018. Т. 40, № 4. С. 133—154.
23. Шестопалов В.М., Лукин А.Е., Згоник В.А. и др. Очерки дегазации Земли. Киев: ТОВ «БАДАТА-Интек сервис», 2018. 632 с.

24. Шиловский А.П. Неразведанные запасы углеводородов: недра Московского осадочного бассейна. <https://regnum.ru/news/2401429.html>
25. Якимчук М.А. Электричне поле і його роль у житті Землі. *Геоінформатика*. 2014. № 3. С. 10—20.
26. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. *Геоінформатика*. 2019. № 1. С. 5—27.
27. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Интегральная оценка структуры некоторых вулканов и кимберлитовых трубок Земли. *Геоінформатика*. 2019. № 1. С. 28—38.
28. Angola: Eni announces a new light oil discovery in Block 15/06, offshore Angola. <https://www.energy-pedia.com/news/angola/eni-announces-a-new-light-oil-discovery-in-block-15-06--offshore-angola-176641>
29. Apache Bets Big on Permian Gas Liquids. <https://www.oilandgaspeople.com/news/18616/apache-bets-big-on-permian-gas-liquids/>
30. Briere D., Jerzykiewicz T., Śliwiński W. On Generating a Geological Model for Hydrogen Gas in the Southern Taoudenni Megabasin (Bourakebougou Area, Mali). Search and Discovery. 2017. Article 42041. www.searchanddiscovery.com/.../ndx_jerzykiewicz.pdf
31. CNOOC Limited has made a new discovery on the Glegorm prospect, located in offshore UK Central North Sea. <https://www.offshoreenergytoday.com/cnooc-makes-new-discovery-in-uk-north-sea/>
32. Cousins T., Wrobel-Daveau J.-Ch. Frontier Exploration in the Eastern Black Sea — the Maria-1 Prospect. *Exploration insights*. November 2018. P. 22—31.
33. Etiope G., Hoşgürmez H., Schoell M. Chimaera, a large Abiotic Gas Seep in Turkey. *Search and Discovery Article*. 2014. 80415.
34. Energy Pipeline: Greeley man spends life chasing the dream of hydrogen drilling. <https://www.greeleytribune.com/news/energy-pipeline-greeley-man-spends-life-chasing-the-dream-of-hydrogen-drilling/>
35. Exploration at Kekra-1 well off Pakistan ends-OGDC spokesman. <https://uk.reuters.com/article/uk-pakistan-energy/exploration-at-kekra-1-well-off-pakistan-ends-ogdc-spokesman-idUKKCN1SP09M>
36. Guelard J., Beaumont V., Guyot F. et al. Natural H₂ in Kansas: deep or shallow origin? *Geochem Geophys Geosyst* G3. 2017. Vol. 18. <https://doi.org/10.1002/2016GC006544>.
37. Intawong A., Hodgson N., Rodriguez K., Hargreaves Ph. Oil prospects in the Mozambique Channel: where incipient subduction meets passive margin. *First Break*. March 2019. Vol. 37. P. 75—81.
38. Korchin V., Rusakov O. The regional thermobaric trap for mantle hydrocarbons in the crystalline crust of the Ukrainian NW Black Sea sector. 18th EAGE International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects. Kyiv, 13—16 May 2019. CD-ROM. Abstracts volume. Abstract 15617_ENG. 5 p.
39. Larin N.V., Zgonnik V., Rodina S. et al. Natural molecular hydrogen seepage associated with surficial, rounded depressions on the European craton in Russia. *Natural Resources Research*. 2014, N 24 (3). P. 369—383. DOI:10.1007/s11053-014-9257-5
40. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhzha D.N. Application of mobile and direct-prospecting technology of remote sensing data frequency-resonance processing for the vertical channels of deep fluids migration detection. *NCGT Journal*. March 2017. Vol. 5, N 1. P. 48—91. www.ncgt.org.
41. Natural Hydrogen Energy drilling in Fillmore County http://www.thenebraskasignal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4524:natural-hydrogen-energy-drilling-in-fillmore-county&catid=35:local-news&Itemid=54
42. Permits for prospecting and exploration of oil and gas in Bulgaria offshore — Western Black Sea region. <http://www.kemkik.hu/hu/letoltes/35057/4f620> or <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=TeresSilistar.pdf>
43. Prinzhofner A. Discovery of a large accumulation of natural hydrogen in Bourakebougou (Mali). *International Journal of Hydrogen Energy*. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.08.193>
44. Shell starts exploratory drilling for oil and gas off Bulgarian coast. <https://www.reuters.com/article/us-shell-bulgaria/shell-starts-exploratory-drilling-for-oil-and-gas-off-bulgarian-coast-idUSKCN1R70WH>
45. Start of drilling Melnik-1 well on Han Asparuh Block in Bulgaria's Black Sea. <http://bg.total.com/en/home/media/list-news/start-drilling-melnik-1-well-han-asparuh-block-bulgarias-black-sea>
46. Total's South Africa discovery could hold 1 billion barrels oil equivalent: CEO. <https://www.reuters.com/article/us-total-exploration-discovery/totals-south-africa-discovery-could-hold-1-billion-barrels-oil-equivalent-ceo-idUSKCN1PW0LF>
47. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N., Bozhzha 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. <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS>.
48. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N. Application of technology of frequency-resonant processing of satellite images and photographs on area of hydrogen production and hydrogen degasation of the Earth. 18th EAGE International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects. Kyiv, 13—16 May 2019. CD-ROM Abstracts volume. Abstract 15007_ENG. 5 p.
49. Yutaro Takaya, Kazutaka Yasukawa, Takehiro Kawasaki et al. The tremendous potential of deepsea mud as a source of rare-earth elements. *Scientific reports*. 2018. Vol. 8, N 5763. DOI:10.1038/s41598-018-23948-5
50. Zgonnik V., Beaumont V., Deville E. et al. Evidence for natural molecular hydrogen seepage associated with Carolina bays (surficial, ovoid depressions on the Atlantic

Coastal Plain, Province of the USA). *Progress in Earth and Planetary Science*. 2015. N 31 (2). DOI:10.1186/s40645-015-0062-5.

51. Zgonnik V., Beaumont V., Larin N.V. et al. Diffused

flow of molecular hydrogen through the Western Hajar mountains, Northern Oman. *Arabian Journal of Geosciences*. 2019. Vol. 12, N 71. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4242-2>

Поступила в редакцію 20.05.2019

ПРЯМОПОШУКОВА МОБІЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ: РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ ПРИ ПОШУКАХ СКУПЧЕНЬ ВОДНЮ І КАНАЛІВ МІГРАЦІЇ ГЛИБИННИХ ФЛЮЇДІВ, МІНЕРАЛЬНИХ РЕЧОВИН ТА ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

М.А. Якимчук¹, І.М. Корчагин², С.П. Левашов³

¹Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, пров. Лабораторний, 1, м. Київ, 01133, Україна, e-mail: yakymchuk@gmail.com

²Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, просп. Акад. Палладіна, 32, м. Київ, 03680, Україна, e-mail: korchagin.i.n@gmail.com

³НВП «Геопром», Київ, Україна

Проаналізовано результати експериментальних досліджень, проведених з використанням мобільних методів частотно-резонансної обробки та інтерпретації даних дистанційного зондування Землі (спутникових знімків) і фотознімків. Дослідження демонстраційного характеру проведено в різних регіонах світу з метою вдосконалення методичних прийомів використання частотно-резонансних методів у пошуково-розвідувальному процесі на нафту і газ, а також вивчення (оцінювання) можливості їх застосування для виявлення і локалізації ділянок скупчення водню, різних мінералів і хімічних елементів (зокрема рідкісноземельних). Експериментальні роботи на єдиній ділянці видобутку водню в Малі, а також на площах видимої водневої дегазації в різних регіонах засвідчують можливість (і доцільність) використання частотно-резонансних методів при пошуках покладів водню. Матеріали досліджень скупчення рідкісноземельних елементів у Тихому океані, а також на двох площах у Чорному морі демонструють ефективність прямопошукових методів при пошуках скупчень хімічних елементів (у тому числі рідкісноземельних). Результати частотно-резонансної обробки супутникових знімків локальних ділянок буріння пошукових свердловин у Чорному і Північному морях, а також на шельфі ПАР, Анголи та Пакистану досить переконливо вказують на доцільність застосування розроблених методів (у комплексі із традиційно використовуваними) для вибору оптимальних місць закладення пошукових і розвідувальних свердловин. Супероперативний метод інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності і рудоносності дає змогу істотно прискорити і оптимізувати геологорозвідувальний процес на горючі й рудні корисні копалини. Апробовану мобільну технологію частотно-резонансної обробки супутникових знімків і фотознімків рекомендується використовувати на території України (і в інших регіонах світу) з метою попереднього оцінювання перспектив нафтогазоносності і рудоносності слабовивчених і невивчених пошукових блоків і локальних ділянок.

Ключові слова: прямі пошуки, дегазація, вертикальний канал, вулкан, глибинна будова, розріз, нафта, газ, водень, бурштин, хімічні елементи, свердловина, супутникові дані, мобільна технологія, аномалія, обробка даних дистанційного зондування Землі, інтерпретація, вертикальне зондування.

DIRECT-PROSPECTING MOBILE TECHNOLOGY: THE RESULTS OF APPROBATION DURING SEARCHING FOR HYDROGEN AND THE CHANNELS OF MIGRATION OF DEEP FLUIDS, MINERAL SUBSTANCES AND CHEMICAL ELEMENTS

N.A. Yakymchuk¹, I.N. Korchagin², S.P. Levashov³

¹Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, prov. Laboratory, 1, Kiev, 01133

²Institute of Geophysics, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: korchagin.i.n@gmail.com

³PRE «Geoprom», Kyiv, Ukraine

Purpose. Using the technology of frequency-resonance processing and interpretation of remote sensing data (RS) (satellite images) and photographs, the experimental studies of a demonstration character have been carried out in various regions of the globe. A considerable amount of experiments was carried out with the aim of improving the methodological techniques of mobile frequency-resonance methods using in the exploration process for oil and gas, studying (evaluating) the possibility of using them to detect and localize accumulations of hydrogen, various minerals and chemical elements (rare-earth including), as well as the selection of optimal local areas for the exploration and exploratory wells location.

Design/methodology/approach. When carrying out the experimental work, the mobile technology was used, including modified methods of frequency-resonance processing and decoding of satellite images and photographs, vertical electric-resonance sounding (scanning) of the cross-section, as well as the method of integrated assessment of oil and gas prospects and ore potential of large exploration blocks and license areas. Separate methods of technology are based on the principles of the “substance” paradigm of geophysical research, the essence of which is to search for a specific (the one sought in each particular case) substance — oil, gas, gas condensate, gold, zinc, uranium, etc.

Findings. Experimental work on the only one site of hydrogen production in Mali, as well as on the areas of visible hydrogen degassing in the USA, Turkey, Oman, Russia and Ukraine indicate the possibility (and feasibility) of the frequency resonance methods using, when searching for hydrogen accumulations in commercial volumes. Research materials on the cluster of rare-earth elements, found in the Pacific Ocean, as well as on two areas in the Black Sea, demonstrate the effectiveness of direct-prospecting methods during the clusters of chemical elements (including rare-earth ones) searching. The results of frequency-resonance processing of satellite images of local areas of exploratory well drilling in the Black and North Seas, as well as on the shelf of South Africa, Angola and Pakistan quite convincingly demonstrate the feasibility of using the developed methods (in combination with traditionally used ones) to select the optimal locations for prospecting and exploration wells.

The practical significance and conclusions. The results of additional testing of frequency-resonance methods of the satellite images and photographs processing and interpreting indicate the possibility of their use for the combustible and ore minerals searching, as well as for the deep structure of the Earth’s tectonic elements studying. The operative method of integral assessment of the oil and gas potential prospects and ore bearing capacity makes it possible to significantly accelerate and optimize the exploration process for combustible and ore minerals. The tested mobile technology of frequency-resonance processing of satellite images and photographs is recommended for use on the territory of Ukraine (as well as in other regions of the world) in order to preliminarily assess the prospects for oil and gas and ore-bearing within the poorly studied and unexplored search blocks and local areas.

Keywords. Direct prospecting, degassing, vertical channel, volcano, deep structure, cross-section, oil, gas, hydrogen, amber, chemical elements, well, satellite data, mobile technology, anomaly, remote sensing data processing, interpretation, vertical sounding.

References

1. Afanasenkov A.P., Nikishin A.M., Obukhov A.N. Geological structure and hydrocarbon potential of the East Black Sea region. Moscow: Scientific world, 2007. 168 p. (in Russian).
2. Hydrogen Degassing of the Planet: Analysis of Volcanic Structures. <http://earth-chronicles.ru/news/2011-12-12-13338> (in Russian).
3. Hydrogen energy: it’s time to drill wells. <http://hydrogen-future.com/list-c-article/9-page-id-9.html> (in Russian).
4. Ipatenko S.P. Types of the Earth crust and oil and gas potential of the Antilles based on geonomic data. *Geofizicheskiy zhurnal*. 2012. Vol. 34, N 1. P. 171—182 (in Russian).
5. Krayushkin V.A. Mestorozhdeniya nefti i gaza glubinnogo genezisa. *Zhurnal Vsesoyuznogo khimicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva*. 1986. Vol. 31, N 5. P. 581—586 (in Russian).
6. Krayushkin V.A., Shevchenko N.B. To the problem of the non-biogenic nature of oil and natural gas. *Geology and minerals of World Ocean*. 2018. N 2. P. 65—85 (in Russian).
7. Kusov B.R. To a new level of geological thought based on original geology. *Subsoil use XXI century*. February 2017. N 1 (64). P. 130—136 (in Russian).
8. Kucherov V.G., Serovaysky A.Yu. The stability of hydrocarbon systems at ultrahigh temperature and pressure parameters. *Actual problems of oil and gas*. 2018. Iss. 4 (23). 9 p. DOI 10.29222 / ipng.2078-5712.2018-23.art37 <http://oilgasjournal.ru> (in Russian).
9. Larin V.N. Oil in the world does not end. Burn as you want: interview: available at: <http://ptel.cz/2014/02/vladimir-nikolaevich-larin-neft-na-zemle-ne-zakanchivaetsya-zhgite-skolko-xotite/> (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. *Geoinformatyka*. 2010. N 3. P. 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. *Geoinformatyka*. 2011. N 2. P. 19—35 (in Russian).
12. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Frequency-resonance principle, mobile geoelectric technology: new paradigm of geophysical investigations. *Geofizicheskiy zhurnal*. 2012. Vol. 34. N 4. P. 166—176 (in Russian).
13. Levashov S.P., Batyrova B.Kh., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. Application of frequency-resonance method of remote sensing data processing in detailed mode for petroleum potential evaluation of local exploration block. *Geoinformatyka*. 2017. N 1. P. 5—18 [in Russian].
14. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Samsonov A.I., Bozhezha D.N. On the feasibility of mobile direct-prospecting technologies using during the sites choosing for the oil and gas wells location. *Geoinformatyka*. 2018. N 1. P. 5—23 (in Russian).

15. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. The results of the frequency-resonance processing of a satellite image of the local area of the «Maria-1» well drilling in the Black Sea. Materials of the international scientific conference «Marine Geological and Geophysical Research: Fundamental and Applied Aspects» devoted to the 100th anniversary of the foundation of the National Academy of Sciences of Ukraine and the 50th anniversary of the Department of General and Marine Geology of the Odessa National University of I.I. Mechnikov. November 8–9, 2018, Odessa. P. 318–327 (in Russian).
16. Lukin A.E., Shestopalov V.M. From the new geological paradigm to the tasks of regional geological and geophysical research. *Geophysical journal*. 2018. Vol. 40, N 4. P. 3–72 (in Russian).
17. Polevanov V.P. Oil is not expensive, because restored as a forest: interview. Available at: <http://www.business-gazeta.ru/article/148000> (in Russian). (Accessed 25 March 2016) (in Russian).
18. Polevanov V.P. Is the fall in oil production in Russia inevitable? <https://regnum.ru/news/2521767.html> (in Russian).
19. Portnov A. Volcanoes — hydrogen deposits. <http://www.promved.ru/articles/article.phtml?id=1988&nomer=1> (in Russian).
20. «Rosneft» with Eni completed drilling the first well in the Black Sea and will continue the search. <http://www.interfax.ru/business/604595> (in Russian).
21. Timurziyev A.I. Mantle pockets of hydrocarbon generation: geological and geophysical signs and forecast-search mapping criteria; patterns of subsurface oil and gas potential as a reflection of the unloading in the crust of mantle hydrocarbon systems. *Tectonics and stratigraphy*. 2015. Iss. 42. P. 114–159 (in Russian).
22. Timurziyev A.I. Alternatives to the «shale» scenario of the development of the fuel and energy complex of Russia based on the in-depth paradigm of oil and gas geology. *Geophysical journal*. 2018. Vol. 40, N 4. P. 133–154 (in Russian).
23. Shestopalov V.M., Lukin A.E., Zgonik V.A. et al. Essays on Earth's degassing. Kiev: BADATA-Intek Service, 2018. 632 p. (in Russian).
24. Shilovsky A.P. Undiscovered hydrocarbon reserves: the subsoil of the Moscow sedimentary basin. <https://regnum.ru/news/2401429.html> (in Russian).
25. Yakymchuk N.A. Electric field and its role in life on Earth. *Geoinformatyka*. 2014. N 3. P. 10–20 (in Ukrainian).
26. Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bakhmutov V.G., Solovjev V.D. [2019] Geophysical investigation in the Ukrainian marine Antarctic expedition of 2018: mobile measuring equipment, innovative direct-prospecting methods, new results. *Geoinformatyka*. N 1. P. 5–27 (in Russian).
27. Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Integral estimation of the deep structure of some volcanoes and cymberlite pipes of the Earth. *Geoinformatyka*. 2019. N 1. P. 28–38 (in Russian).
28. Angola: Eni announces a new light oil discovery in Block 15/06, offshore Angola. <https://www.energy-pedia.com/news/angola/eni-announces-a-new-light-oil-discovery-in-block-15-06--offshore-angola-176641>
29. Apache Bets Big on Permian Gas Liquids. <https://www.oilandgaspeople.com/news/18616/apache-bets-big-on-permian-gas-liquids/>
30. Briere D., Jerzykiewicz T., Śliwiński W. On Generating a Geological Model for Hydrogen Gas in the Southern Taoudenni Megabasin (Bourakebougou Area, Mali). *Search and Discovery*. 2017. Article 42041. www.searchanddiscovery.com/.../ndx_jerzykiewicz.pdf
31. CNOOC Limited has made a new discovery on the Glengorm prospect, located in offshore UK Central North Sea. <https://www.offshoreenergytoday.com/cnooc-makes-new-discovery-in-uk-north-sea/>
32. Cousins T., Wrobel-Daveau J.-Ch. Frontier Exploration in the Eastern Black Sea — the Maria-1 Prospect. *Exploration insights*. November 2018. P. 22–31.
33. Etiopie G., Hoşgürmez H., Schoell M. Chimaera, a large Abiotic Gas Seep in Turkey. *Search and Discovery Article*. 2014. 80415.
34. Energy Pipeline: Greeley man spends life chasing the dream of hydrogen drilling. <https://www.greeleytribune.com/news/energy-pipeline-greeley-man-spends-life-chasing-the-dream-of-hydrogen-drilling/>
35. Exploration at Kekra-1 well off Pakistan ends-OGDC spokesman. <https://uk.reuters.com/article/uk-pakistan-energy/exploration-at-kekra-1-well-off-pakistan-ends-ogdc-spokesman-idUKKCNISP09M>
36. Guelard J., Beaumont V., Guyot F. et al. Natural H₂ in Kansas: deep or shallow origin? *Geochem Geophys Geosyst G3*. 2017. Vol. 18. <https://doi.org/10.1002/2016GC006544>.
37. Intawong A., Hodgson N., Rodriguez K., Hargreaves Ph. Oil prospects in the Mozambique Channel: where incipient subduction meets passive margin. *First Break*. March 2019. Vol. 37. P. 75–81.
38. Korchin V., Rusakov O. The regional thermobaric trap for mantle hydrocarbons in the crystalline crust of the Ukrainian NW Black Sea sector. 18th EAGE International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects. Kyiv, 13–16 May 2019. CD-ROM. Abstracts volume. Abstract 15617_ENG. 5 pages.
39. Larin N.V., Zgonnik V., Rodina S. et al. Natural molecular hydrogen seepage associated with surficial, rounded depressions on the European craton in Russia. *Natural Resources Research*. 2014. N 24 (3). P. 369–383. DOI:10.1007/s11053-014-9257-5
40. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. Application of mobile and direct-prospecting technol-

ogy of remote sensing data frequency-resonance processing for the vertical channels of deep fluids migration detection. *NCGT Journal*. March 2017. Vol. 5, N 1., P. 48—91. www.ncgt.org.

41. Natural Hydrogen Energy drilling in Fillmore County http://www.thenebraskasignal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4524:natural-hydrogen-energy-drilling-in-fillmore-county&catid=35:local-news&Itemid=54
42. Permits for prospecting and exploration of oil and gas in Bulgaria offshore — Western Black Sea region. <http://www.kemkik.hu/hu/letoltes/35057/4f620> or <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=TeresSilistar.pdf>
43. Prinzhofner A. Discovery of a large accumulation of natural hydrogen in Bourakebougou (Mali). *International Journal of Hydrogen Energy*. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.08.193>
44. Shell starts exploratory drilling for oil and gas off Bulgarian coast. <https://www.reuters.com/article/us-shell-bulgaria/shell-starts-exploratory-drilling-for-oil-and-gas-off-bulgarian-coast-idUSKCN1R70WH>
45. Start of drilling Melnik-1 well on Han Asparuh Block in Bulgaria's Black Sea. <http://bg.total.com/en/home/media/list-news/start-drilling-melnik-1-well-han-asparuh-block-bulgarias-black-sea>
46. Total's South Africa discovery could hold 1 billion barrels oil equivalent: CEO. <https://www.reuters.com/article/us-total-exploration-discovery/totals-south-africa-discovery-could-hold-1-billion-barrels-oil-equivalent-ceo-idUSKCN1PWOLF>
47. 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. <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS>.
48. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N. Application of technology of frequency-resonant processing of satellite images and photographs on area of hydrogen production and hydrogen degasation of the Earth. 18th EAGE International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects. Kyiv, 13—16 May 2019. CD-ROM Abstracts volume. Abstract 15007_ENG. 5 p.
49. Yutaro Takaya, Kazutaka Yasukawa, Takehiro Kawasaki et al. The tremendous potential of deepsea mud as a source of rare-earth elements. *Scientific reports*. 2018. Vol. 8, N 5763. DOI:10.1038/s41598-018-23948-5
50. Zgonnik V., Beaumont V., Deville E. et al. Evidence for natural molecular hydrogen seepage associated with Carolina bays (surficial, ovoid depressions on the Atlantic Coastal Plain, Province of the USA). *Progress in Earth and Planetary Science*. 2015. N 31 (2). DOI:10.1186/s40645-015-0062-5.
51. Zgonnik V., Beaumont V., Larin N.V. et al. Diffused flow of molecular hydrogen through the Western Hajar mountains, Northern Oman. *Arabian Journal of Geosciences*. 2019. Vol. 12, N 71. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4242-2>

Received 20/05/2019