

ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ И ФОТОСНИМКОВ ПРИ ПОИСКАХ СКОПЛЕНИЙ ВОДОРОДА

Н.А. Якимчук¹, И.Н. Корчагин²

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

Представлены и анализируются результаты экспериментальных исследований, проведенных с использованием мобильных методов частотно-резонансной обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (спутниковых снимков) и фотоснимков на локальных участках видимой водородной дегазации в Азербайджане, России (Татарстане), Латвии, США (район кратера вулкана на Гавайях), а также в местах выхода базальтов на поверхность в разных регионах земного шара. Исследования демонстрационного характера выполнены в различных регионах мира с целью совершенствования методических приемов использования частотно-резонансных методов в поисково-разведочном процессе на нефть и газ, а также изучения возможности их применения для обнаружения и локализации участков скопления водорода. Анализ материалов экспериментальных работ показывает, что при измерениях с поверхности сигналы на частотах водорода практически всегда фиксируются одновременно с регистрацией откликов на частотах базальтов. При сканировании разреза отклики от водорода также регистрируются в интервалах глубин залегания базальтов. Это позволяет предположить, что базальтовые породы могут быть каналами миграции водорода на поверхность, а следовательно, участки распространения базальтов следует считать объектами первоочередного внимания при организации и проведении поисковых работ на водород. В целом результаты экспериментальных работ на площадях видимой водородной дегазации в разных регионах, а также на локальном участке бурения скважины на водород в Латвии свидетельствуют о возможности (и целесообразности) использования частотно-резонансных методов при поисках скоплений водорода. Мобильный метод интегральной оценки перспектив нефтегазоносности и рудоносности рекомендуется для применения на территории Украины (и 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 публикациях [6—8, 13] представлены результаты применения мобильных прямопоисковых геофизических методов для обнаружения и локализации скоплений водорода в различных частях земного шара. Эти результаты свидетельствуют о целесообразности проведения подобных работ в других регионах, в том числе в районах активной добычи нефти и газа. В статье анализируются материалы дополнительной апробации используемой технологии на территории Азербайджана, на небольшой площади в Республике Татарстан (Россия), на локальном участке бурения скважины на водород в Латвии, в районе вулкана Kilauea на Гавайях (США), а также на участках выхода базальтов на поверхность в различных районах мира.

Методы исследований. Экспериментальные исследования рекогносцировочного характера на переносимых площадях и участках проведены с использованием технологии частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых снимков

и фотоснимков и методики интегральной оценки перспектив нефтегазоносности локальных участков и крупных блоков [1, 2, 5]. В модифицированных методах этой технологии целенаправленно применяются базы (наборы, коллекции) химических элементов, минералов, образцов нефти и конденсата, а также осадочных, магматических и метаморфических пород, резонансные частоты которых используются в процессе обработки спутниковых снимков. Коллекция образцов нефти в базе включает 117 экз., газоконденсата — 15 образцов (обр.) [5].

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

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

Фотоснимки перечисленных наборов образцов осадочных, метаморфических и магматических пород заимствованы из электронного документа на сайте [4], а образцов габбро и базальтов из используемой коллекции представлены на рис. 1.

Многочисленные примеры практического применения мобильных прямопоисковых методов представлены в статьях [5—8, 13].

Результаты исследований. Одна из задач при проведении экспериментов заключалась в изучении возможностей использования мобильной прямопо-

исковой технологии для обнаружения скоплений водорода в пределах глубинных каналов миграции флюидов и оценки (определения) глубин (интервалов) их залегания. Другая важная задача состояла в совершенствовании методики обнаружения и локализации вертикальных каналов миграции глубинных флюидов и минерального вещества.

Азербайджан. На начальном этапе был проведен визуальный анализ спутниковых снимков в северо-восточной части страны с целью обнаружения участков видимой водородной дегазации. Спутниковые снимки шести выявленных таких участков (рис. 2) были использованы в дальнейшем при проведении запланированных исследований.

Участок 1. Выделено пять локальных фрагментов для обследования (прямоугольные контуры на рис. 2, а).

В пределах фрагмента 1 зафиксированы отклики на частотах водорода и базальтов. Отклики от других групп магматических и осадочных пород не получены. По регистрации откликов от базальтов на различных глубинах корень базальтового канала (вулкана) установлен на глубине 723 км. Верхняя граница базальтов определена на глубине 2270 м. Сигналы на частотах водорода зафиксированы сканированием с глубины 2320 м.

Отклики от водорода получены на площади фрагмента 2. Дальнейшую обработку этого фрагмента не проводили в связи с его расположением рядом с фрагментом 1.



Рис. 1. Группа габбро и базальтов. 32 образца
Fig. 1. A group of gabbros and basalts. 32 samples

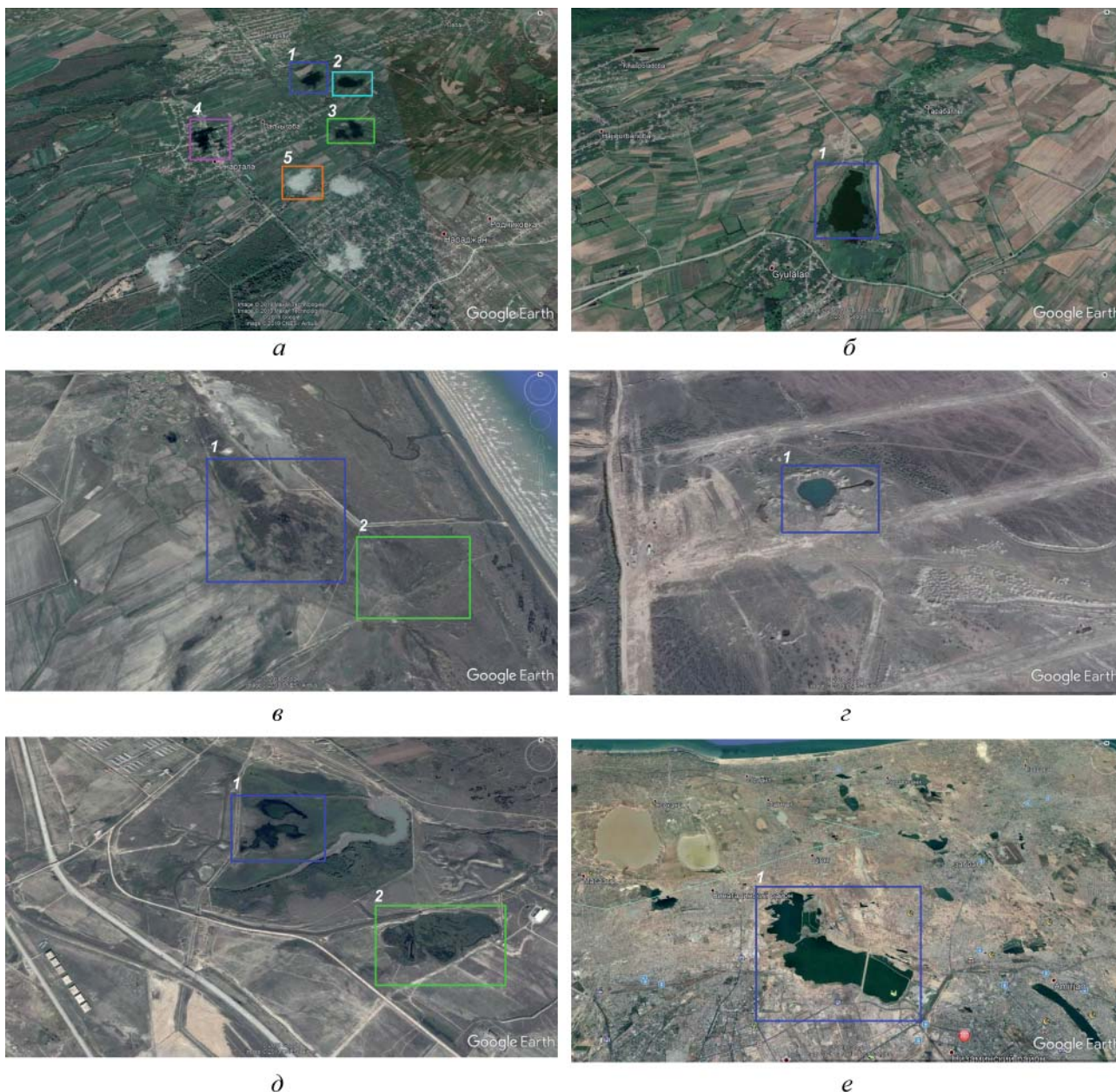


Рис. 2. Спутниковые снимки локальных участков (а–е) на территории Азербайджана. Прямоугольными контурами обозначены фрагменты частотно-резонансной обработки. Координаты участков: а — 41°33'19,26" N, 48°44'39,45" E; б — 41°27'59,10" N, 48°52'34,73" E; в — 41°11'35,84" N, 49°07'55,54" E; г — 41°06'11,44" N, 49°07'46,49" E; д — 41°01'51,12" N, 49°10'29,87" E; е — 40°24'38,20" N, 49°57'31,30" E

Fig. 2. Satellite images of local sites in Azerbaijan. Rectangular contours indicate fragments of frequency resonance processing. Координаты точек: а — 41°33'19,26" N, 48°44'39,45" E; б — 41°27'59,10" N, 48°52'34,73" E; в — 41°11'35,84" N, 49°07'55,54" E; г — 41°06'11,44" N, 49°07'46,49" E; д — 41°01'51,12" N, 49°10'29,87" E; е — 40°24'38,20" N, 49°57'31,30" E

При обработке фрагмента 3 зафиксированы отклики от воды и льда, сигналы от базальтов и водорода отсутствовали. В пределах этого фрагмента снимка расположена черная туча.

На фрагменте 4 расположена черная туча, сигналов от базальтов и водорода нет.

Фрагмент 5 — изображение белой тучи. В его пределах получены отклики на частотах азота, сигналы от водорода и кислорода не фиксируются.

Участок 2. Обследован один фрагмент снимка (рис. 2, б). В его пределах зафиксированы интенсивные сигналы водорода и базальтов, отклики от

воды и льда не обнаружены. Корень базальтового канала определен на глубине 723 км, верхняя граница установлена на отметке 1170 м. Сигналы от водорода фиксировали с глубины 1350 м.

Участок 3. Сигналы на частотах водорода и базальтов в пределах первого фрагмента обследования фиксируются сразу, без задержки (рис. 2, в). Корень канала базальтов установлен на глубине 723 км, верхняя граница — на глубине 1280 м. Отклики от водорода получены с глубины 1490 м.

На втором фрагменте участка 3 водород не зафиксирован.

Участок 4. Зафиксированы сигналы водорода и базальтов (рис. 2, *з*). Корень канала базальтов определен на глубине 723 км, верхняя кромка — на глубине 1400 м. Сигнал водорода получен с глубины 1620 м.

Участок 5. В пределах первого фрагмента снимка (рис. 2, *д*) зафиксированы водород и базальты с корнем на глубине 723 км, на втором фрагменте отклики отсутствовали.

Участок 6. Получены сигналы от водорода и базальтов (рис. 2, *е*). Корень канала базальтов определен на глубине 723 км, верхняя кромка — 1400 м, отклики от водорода — с глубины 1530 м.

Татарстан. На площади обследования обнаружен локальный участок видимой водородной дегазации (рис. 3, прямоугольник в южной части). Рекогносцировочные исследования в регионе начались с частотно-резонансной обработки данного фрагмента снимка.

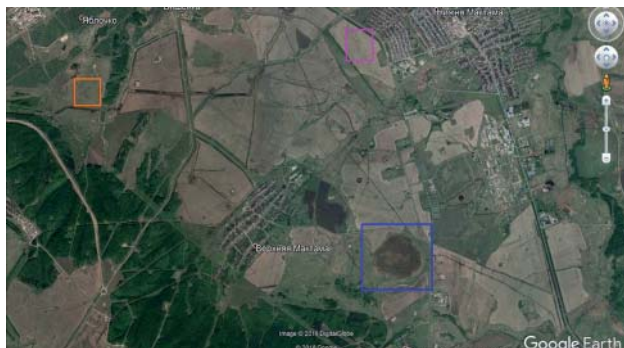


Рис. 3. Спутниковый снимок участка территории Республики Татарстан (Россия). Прямоугольными контурами обозначены фрагменты дополнительной частотно-резонансной обработки
Fig. 3. Satellite image of the Republic of Tatarstan (Russia) territory fragment. Rectangular contours indicate fragments of additional frequency resonance processing

Южный фрагмент. С поверхности зафиксированы отклики на резонансных частотах водорода (сильные) и базальтов (группа 6 магматических пород). Фиксацией откликов от базальтов на разных глубинах, от поверхности до 470 км, установлено, что корень глубинного канала, заполненного базальтами, расположен на глубине 470 км.

Сканированием разреза с поверхности, шаг 1 м, с применением процедуры уточнения значений глубина залегания верхней кромки базальтов определена на отметке 435 м.

При сканировании разреза с глубины 432 м, шаг 10 см, отклики на частотах водорода получены с глубины 435 м!

В пределах фрагмента снимка не зафиксированы отклики на резонансных частотах нефти, конденсата, газа, янтаря, кислорода, углерода. Эти результаты подтверждают в целом выводы о повышенном скоплении водорода в базальтовых породах [6—8, 13].

Крупный участок обследования. При частотно-резонансной обработке всего снимка на рис. 3 зафиксированы сигналы на частотах нефти (не сильный), конденсата (сильный), газа (не сильный), янтаря, а также 1—6-й групп осадочных пород и 1—6-й групп магматических пород.

Согласно регистрации откликов на различных глубинах, установлено, что в пределах участка обследования есть глубинные каналы с корнями на глубине 470 км, заполненные базальтами и осадочными породами 1—6-й групп. Подтверждено наличие в пределах участка обследования ранее установленной границы на глубине 57 км [5—8, 13]. Выше этой отметки фиксируются отклики от нефти, конденсата и газа, а ниже — водорода и углерода.

Сканированием разреза с поверхности, шаг 1 м, отклики на резонансных частотах нефти зафиксированы в интервалах глубин, м: 1) 2430—3250; 2) 4820—6010; переход на шаг 5 м: 3) 6700—7500; 4) 9000—17100 (прослежено до глубины 20 км).

Северный фрагмент. С поверхности зафиксированы отклики на резонансных частотах нефти, конденсата (очень слабый), газа, янтаря, а также второй группы осадочных пород; сигналы от 11-й группы отсутствовали.

Фиксация откликов от 2-й группы осадочных пород на глубине 250 км свидетельствует о расположении фрагмента обследования в пределах глубинного канала, заполненного осадочными породами. Глубину расположения нижней границы канала в пределах участка не определяли.

Фиксацией откликов от базальтов на различных глубинах, от поверхности до 200 км, нижняя граница базальтов установлена на глубине 195 км.

Из нижней части разреза отклики от гранитов не фиксировались на глубинах более 25 км. На поверхности (глубине) 25 км не зарегистрированы отклики от 2—5-й групп магматических пород, от 6-й группы (базальты) сигналы получены.

Сканированием разреза с дневной поверхности, шаг 5 м, получены отклики от гранитов в интервалах глубин 585—1870 и 17400—24300 м.

Западный фрагмент. С поверхности зафиксированы сигналы от 1—6-й групп магматических пород, а также от 1-й (слабый), 2—6-й (слабый), 11-й групп осадочных пород.

На глубине 25 км отклики от всех групп осадочных пород не получены, что свидетельствует об отсутствии глубинного канала. Зарегистрированы отклики только от 6-й (базальты) группы магматических пород. Нижняя граница базальтов определена на глубине 195 км.

В пределах фрагмента на поверхности зафиксированы отклики на частотах нефти (слабые), конденсата (хорошие); на частотах газа и янтаря сигналы отсутствуют.

На глубине 17 км зарегистрированы сигналы нефти, конденсата и газа из верхней части разреза,

ниже отклики на частотах углеводородов не получены.

Латвия. Согласно визуальному анализу снимка участка, на котором пробурена скважина на водород (рис. 4), в его локальных зонах может происходить дегазация водорода. Одна из этих зон (зеленый прямоугольник) и зона расположения скважины (синий прямоугольник) были приняты для обследования.



Рис. 4. Спутниковый снимок участка в районе бурения скважины на водород на территории Латвии. Место бурения скважины обозначено красным маркером

Fig. 4. A satellite image of the site in the area of well drilling for hydrogen in Latvia. The drilling location is indicated by a red marker

На участке со скважиной сигналы на частотах нефти, конденсата, газа и водорода не получены.

На втором участке зарегистрированы сигналы на частотах водорода и 6-й (базальты) группы магматических пород; отклики от осадочных пород отсутствовали. Фиксацией откликов от базальтов на различных глубинах установлен корень глубинного канала (вулкана), заполненного базальтами, на глубине 470 км. Сканированием разреза, шаг 10 см, верхняя кромка базальтов определена на глубине 26 м.

Отклики от водорода фиксировали с глубины 28 м при сканировании разреза с шагом 10 см. От-

метим, что в пределах этого фрагмента отсутствовали отклики от нефти, конденсата и газа, а также от углерода, азота и фосфора; на глубине 470 км из верхней части разреза получены отклики от водорода, из нижней части — от водорода и кислорода.

Вулкан на Гавайях (США). На сайте [12] представлены снимки участка расположения кратера Halemauau вулкана Kilauea на Гавайях до и после эксплозивного выброса (рис. 5). С целью определения (установления) влияния на процесс эксплозии водорода (водородной дегазации) выполнена частотно-резонансная обработка некоторых фрагментов этих снимков.

На рис. 5, в представлен спутниковый снимок кратера после завершения эксплозивного выброса. Зафиксировано светлое пятно, которое проинтерпретировано специалистами, как результат выхода (впрыскивания) воды на дно кратера. Высказано предположение о том, что появившаяся вода на дне кратера может быть предвестником крупного эксплозивного взрыва.

На начальном этапе исследований проведена частотно-резонансная обработка снимка с водой на дне кратера (рис. 5, в). В результате получены отклики от 1–6-й групп осадочных пород и воды; сигналы от воды фиксировали приблизительно до глубины 7 км. Отклики от водорода без задержки не зарегистрированы.

Сигналы от 6-й группы магматических пород (базальты) получены в интервале глубин 130 м—107 км, в верхней части отклики очень сильные.

При обработке снимка с огнем (рис. 5, б) сигналы от базальтов получены с глубины 90 м, а водорода — 70 м. Сигналы от водорода получены также на глубине 107 км и прослежены сканированием с шагом 1 м до глубины 107,6 км. На этой же глубине закончились отклики от базальтов.

На глубине 107,6 км получены отклики от 2-й группы осадочных пород; они прослежены до глубины 195 км.

Сделан вывод о том, что появление воды на дне кратера (рис. 5, в) — не предвестник крупного

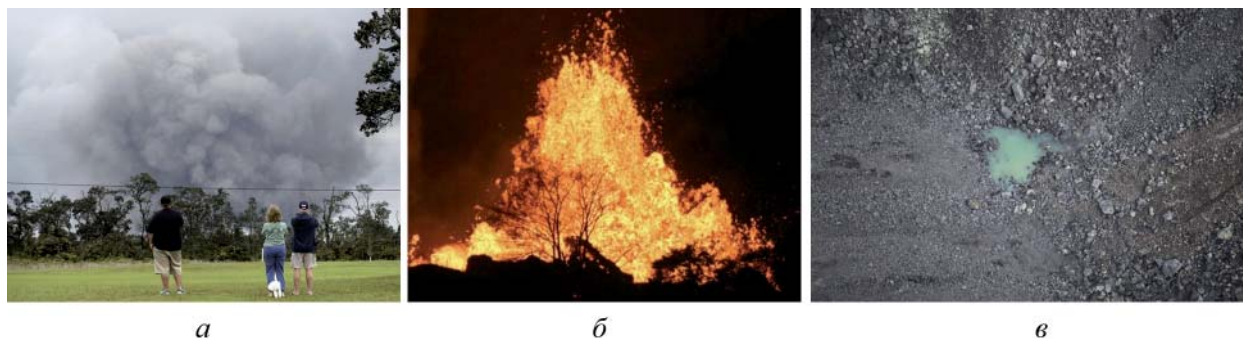


Рис. 5. Фотоснимки участка расположения кратера Halemauau вулкана Kilauea на Гавайях: а — 17 мая 2018 г.; б — 20 мая 2018 г.; в — 1 августа 2019 г.

Fig. 5. Photographs of the location of the Halemauau Crater of Kilauea Volcano in Hawaii: а — 17.05.2018; б — 20.05.2018; в — 1.08.2019

эксплозивного взрыва, а следствие произошедшего эксплозивного выброса (рис. 5, б).

Участки выхода базальтов на поверхность. В представленных выше материалах корни глубинных каналов, заполненных базальтами, расположены на различных глубинах: 723 км — в Азербайджане, 470 км — в Татарстане (Россия) и Латвии, 107 км —

в районе вулкана Kilauea на Гавайях. С целью изучения особенностей распределения базальтовых пород в разрезе проведена частотно-резонансная обработка фотоснимков выхода базальтов на поверхность в различных регионах земного шара.

К настоящему времени определены корни каналов 26 базальтовых достопримечательностей:



Ривненская область (195 км)



Дорога гигантов в Северной Ирландии (194 км)



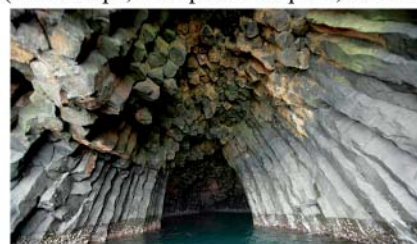
Лос-Органос (о-в Гомера, Канарские острова, 194 км)



Башня Дьявола в США (195 км)



Pain de Sucre (Карибские острова, 195 км)



Пещера Акун (Аляска, Алеутские острова, 195 км)



Ген да Диа (жемчужина Вьетнама, 195 км)



Ущелье Такачихо (Япония, 195 км)



Мыс Столбчатый (о-в Кунашир Курильской гряды, 195 км)



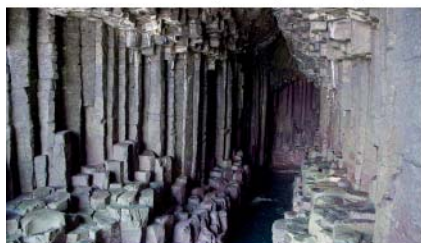
Горная гряда Three Devils Grade Moses Coulee (США, 195 км)



Водопад Литланесфосс (Исландия, 195 км)



Храмовый комплекс Нан Мадол (Микронезия, 195 км)



Пещера Fingal's Cave (о-в Стафф, Шотландия, 195 км)



Scandola Osani (Корсика, 195 км)



Гора Джексон Крик (штат Виктория, Австралия, 194 км)

Рис. 6. Фотоснимки участков выхода базальтов на поверхность в различных регионах мира

Fig. 6. Photographs of basalt outcrops in various regions of the world

- 1) геологический памятник природы «Базальтовые столбы» в Украине (Ривненская обл., с. Базальтовое, 195 км);
- 2) базальтовые столбы «Дороги гигантов» в Северной Ирландии (194 км);
- 3) скала Лос-Органос (о-в Гомера, Канарские острова, 194 км);
- 4) башня Дьявола в США (195 км);
- 5) водопад Литланесфосс (Исландия, 190 км);
- 6) пещера Акун (северо-запад Аляски, Алеутские острова, 195 км);
- 7) Ген да Диа (жемчужина Вьетнама, 195 км);
- 8) ущелье Такачихо (Япония, 195 км);
- 9) мыс Столбчатый (о-в Кунашир Курильской гряды, 195 км);
- 10) горная гряда Three Devils Grade Moses Coulee в США (195 км);
- 11) Pain de Sucre (Карибские острова, 195 км);
- 12) храмовый комплекс Нан Мадол (о-в Понпеи, Микронезия, 195 км);
- 13) г. Джексон Крик (Национальный парк штата Виктория, Австралия, 194 км);
- 14) гора Веервах (Glass House Mountains, Австралия, 194 км);
- 15) остров Стафф (Шотландия, 195 км);
- 16) пещера Fingal's Cave (о-в Стафф, Шотландия, 195 км);
- 17) Scandola Osani (Корсика, 195 км);
- 18) р. Алькантара (Италия, 195 км);
- 19) Castellfollit de la Roca (Каталония, Испания, 195 км);
- 20) водопад Aldeyjarfoss, (Исландия, 195 км);
- 21) водопад Svartifoss (Исландия, 195 км);
- 22) остров Св. Марии (Индия, 194 км);
- 23) базальтовые колонны (Гонконг, 195 км);
- 24) S-образные базальтовые отложения (Гонконг, 195 км);
- 25) Garni Gorge (Армения, 195 км);
- 26) о-в Кунашир (Курильские острова, 195 км).

На рис. 6 представлено 15 фотоснимков базальтовых пород из приведенного выше списка. Остальные фотоснимки (в том числе не указанные в перечне) можно найти на сайтах Интернета.

Обратим внимание на то, что для обработанных фотоснимков корни базальтов расположены практически на одной и той же глубине — 194—195 км. Однако эти глубины существенно отличаются от глубин корней каналов базальтов в Азербайджане, Татарстане, Латвии.

Выводы. Вопросы водородной дегазации Земли, поисков скоплений водорода и возможного его использования в качестве топлива будущего обсуждаются в многочисленных публикациях и докладах, в том числе в работах [3, 9, 14, 15]. Например, добыча водорода организована в Мали [11]. Скважина на водород пробурена в текущем году в Латвии, в США [10]. Отметим, что одним из поводов подготовки этой статьи к печати были результаты бурения упо-

мянутых скважин.

Анализ материалов экспериментальных работ позволяет сделать следующие предварительные выводы. Сигналы (отклики) на частотах водорода при проведении измерений с поверхности практически всегда фиксировались одновременно с регистрацией откликов на частотах базальтов. При сканировании разреза отклики от водорода регистрировались и в интервалах залегания базальтов. Можно предположить, что базальтовые породы являются каналами миграции водорода на поверхность, а следовательно, участки распространения базальтов следует считать объектами первоочередного внимания при организации и проведении поисковых работ на водород. Целесообразно прежде всего детально исследовать примыкающие к базальтовым комплексам участки с целью обнаружения возможных коллекторов и покрышек (ловушек), которые могут способствовать формированию скоплений (залежей) водорода. Определенную ясность по проблеме коллекторов и покрышек для водорода могут внести результаты детального изучения разреза (в том числе с помощью частотно-резонансных методов обработки спутниковых снимков и фотоснимков) на участке добычи водорода в Мали.

В целом приведенные материалы, а также результаты ранее выполненных экспериментальных исследований на многочисленных участках [6—8, 13] свидетельствуют о целесообразности 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.

Список библиографических ссылок

1. 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.
2. 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.
3. Шестопалов В.М., Лукин А.Е., Згоник В.А. и др. Очерки дегазации Земли. Киев: БАДАТА-Интек сервис, 2018. 632 с.
4. «Электронный петрографический справочник-определитель магматических, метаморфических и осадочных горных пород» для оперативного использования при создании Госгеолкарт1000/3 и 200/2 для территории Российской Федерации. Санкт-Петербург, 2015. <http://rockref.vsegei.ru/petro/>
5. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инноваци-

- онные прямопоисковые методы, новые результаты. *Геоинформатика*. 2019. № 1. С. 5—27.
6. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Интегральная оценка структуры некоторых вулканов и кимберлитовых трубок Земли. *Геоинформатика*. 2019. № 1. С. 28—38.
 7. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Украинский щит: новые данные о глубинном строении и перспективах обнаружения залежей нефти, газоконденсата, газа и водорода. *Геоинформатика*. 2019. № 2. С. 5—18.
 8. Якимчук Н.А., Левашов С.П., Корчагин И.Н. Прямопоисковая мобильная технология: результаты апробации при поисках скоплений водорода и каналов миграции глубинных флюидов, минерального вещества и химических элементов. *Геоинформатика*. 2019. № 2. С. 19—42.
 9. 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
 10. 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
 11. Prinzhofer A. et al. 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>
 12. Water in Hawaii volcano could trigger explosive eruptions. <https://www.apnews.com/403f1d69f8f041b492ed687e7644075f>
 13. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N. Application of technology of frequency-resonance processing of satellite images and photographs on area of hydrogen production and hydrogen degassing of the Earth. 18th EAGE International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects. 2019, Kyiv, 13—16 May 2019. Abstract 15007_ENG. 5 p. DOI: 10.3997/2214-4609.201902022
 14. 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.
 15. 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. N 12. P. 71. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4242-2>

Поступила в редакцию 07.08.2019 г.

ЗАСТОСУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ І ФОТОЗНІМКІВ ПРИ ПОШУКАХ СКУПЧЕНЬ ВОДНЮ

М.А. Якимчук¹, І.М. Корчагин²

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

Проаналізовано результати експериментальних досліджень, проведених з використанням мобільних методів частотно-резонансної обробки та інтерпретації даних дистанційного зондування Землі (спутникових знімків) і фотознімків на локальних ділянках видимої водневої дегазації в Азербайджані, Татарстані, Латвії, США (район кратера вулкана на Гаваях), а також у місцях виходу базальтів на земну поверхню. В різних регіонах світу дослідження демонстраційного характеру проведено з метою вдосконалення методичних прийомів використання частотно-резонансних методів у пошуково-розвідувальному процесі на нафту і газ, а також вивчення можливості їх застосування для виявлення і локалізації ділянок скупчення водню. Аналіз матеріалів експериментальних робіт показав, що під час вимірювань з поверхні сигнали на частотах водню практично завжди фіксують одночасно з реєстрацією відгуків на частотах базальтів. При скануванні розрізу відгуки від водню також реєструють в інтервалах розміщення базальтів. Це дає змогу припустити, що базальтові породи можуть бути каналами міграції водню на поверхню, а отже, ділянки поширення базальтів слід вважати об'єктами першочергової уваги при організації та проведенні пошукових робіт на водень. У цілому експериментальні роботи на площах видимої водневої дегазації в різних регіонах, а також на локальній ділянці буріння свердловини на водень у Латвії засвідчують можливість (і доцільність) використання частотно-резонансних методів під час пошуків скупчень водню. Мобільний метод інтегрального оцінювання перспектив нафтогазоносності і рудоносності рекомендується для використання на території України (та в інших регіонах світу) з метою попереднього оцінювання перспектив нафтогазоносності й рудоносності недостатньо вивчених і невивчених пошукових блоків й локальних ділянок.

Ключові слова: прями 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.

APPLICATION OF MOBILE FREQUENCY-RESONANCE METHODS OF SATELLITE IMAGES AND PHOTO IMAGES PROCESSING FOR HYDROGEN ACCUMULATIONS SEARCHING

N.A. Yakymchuk¹, I.N. Korchagin²

¹*Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, prov. Laboratory, 1, Kiev, 01133, e-mail: yakymchuk@gmail.com*

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

Purpose. In order to improve methodical technique of frequency resonance methods using in the oil and gas prospecting and exploration process, as well as to study the possibility of their application for the detection and localization of hydrogen accumulation sites, additional experimental work was carried out in regions of active hydrocarbon production.

Design/methodology/approach. Experimental studies were carried out using mobile technology, that include modified methods of frequency-resonance processing and decoding of satellite images and photographs, vertical electric-resonance sounding (scanning) of a cross-section, as well as a method of integrated assessment of the prospects of oil and gas potential of large prospecting blocks and license areas. Separate methods of this direct-prospecting technology are based on the principles of the «substance» paradigm of geophysical research, the essence of which is to search for a specific (sought in each specific case) substance — oil, gas, gas condensate, gold, zinc, uranium, etc.

Findings. The studies of demonstration character were carried out on local areas of visible hydrogen degassing in Azerbaijan, Tatarstan, Latvia, in the area of the crater of a volcano in Hawaii, as well as in places where basalts reached the surface in various regions of the globe. An analysis of the materials of the experimental work shows that when measuring from the surface, signals at hydrogen frequencies are almost always recorded simultaneously with the registration of responses at basalt frequencies. When scanning a cross-section, responses from hydrogen are also recorded in basalt location intervals. This suggests that basaltic rocks can be channels of hydrogen migration to the surface, and, therefore, areas of basaltic rocks distribution should be considered the objects of primary attention when organizing and conducting prospecting for hydrogen. It is also advisable to study in detail the areas, adjacent to the basalt complexes, in order to detect possible reservoirs and tires (traps) that can contribute to the formation of hydrogen accumulations (deposits).

The practical significance and conclusions. The results of experimental studies on the areas of visible hydrogen degassing in various regions, as well as on the local site of well drilling for hydrogen in Latvia, indicate the possibility (and feasibility) of using frequency resonance methods when for hydrogen accumulations searching. The mobile method of integrated assessment of oil and gas prospects and ore potential is recommended for use on the territory of Ukraine (as well as in other regions of the world) for the purpose of preliminary assessment of oil and gas prospects and ore potential of poorly studied and unexplored prospecting blocks and local sites.

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. 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).
2. 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).
3. 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).
4. «Electronic petrographic reference book-identifier of magmatic, metamorphic and sedimentary rocks» for operational use in the creation of Gosgeolkart1000/3 and 200/2 for the territory of the Russian Federation. St. Petersburg, 2015. <http://rockref.vsegei.ru/petro/> (in Russian).
5. Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bakhmutov V.G., Solovjev V.D. Geophysical investigation in the Ukrainian marine Antarctic expedition of 2018: mobile measuring equipment, innovative direct-prospecting methods, new results. *Geoinformatyka*. 2019. N 1. P. 5–27 (in Russian)
6. 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).
7. Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Ukrainian Shield: new data on depth structure and prospects of oil, gas condensate, gas and hydrogen accumulations detection. *Geoinformatyka*. 2019. N 2. P. 5–18 (in Russian).
8. Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Levashov S.P. 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. *Geoinformatyka*. 2019. N 2. P. 19–42 (in Russian).
9. Larin N.V., Zgonnik V., Rodina S., Deville E., Prinzhofner A., Larin V.N. 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

10. 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
11. Prinzhofer A. et al. 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>
12. Water in Hawaii volcano could trigger explosive eruptions. <https://www.apnews.com/403fd69f8f041b492ed687e7644075f>
13. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N. Application of technology of frequency-resonance processing of satellite images and photographs on area of hydrogen production and hydrogen degassing of the Earth. 18th EAGE International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects. 2019, Kyiv: 13—16 May 2019. Abstract 15007_ENG. 5 p. DOI: 10.3997/2214-4609.201902022
14. Zgonnik V., Beaumont V., Deville E., Larin N.V., Pillot D., Farrell K.M. 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.
15. Zgonnik V., Beaumont V., Larin N.V., Pillot D., Deville E. Diffused flow of molecular hydrogen through the Western Hajar mountains, Northern Oman. *Arabian Journal of Geosciences*. 2019. Vol. 12. P. 71. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4242-2>

Received 07/08/2019