

УДК 528+550.837+553.98

ИЗУЧЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ ВУЛКАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ  
РАЗНОГО ТИПА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ОБРАБОТКИ  
СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ И ФОТОСНИМКОВН.А. Якимчук<sup>1</sup>, И.Н. Корчагин<sup>2</sup><sup>1</sup>*Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, пер. Лабораторный, 1, г. Киев, 01133, Украина, e-mail: yakutchuk@gmail.com*<sup>2</sup>*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, просп. Акад. Палладина, 32, г. Киев, 03680, Украина, e-mail: korchagin.i.n@gmail.com*

Представлены результаты дополнительных экспериментальных исследований с целью изучения глубинного строения вулканических комплексов различного типа. Исследования рекогносцировочного характера проведены с применением методов частотно-резонансной обработки и интерпретации спутниковых снимков и фотоснимков на локальных участках расположения грязевых вулканов и крупных вулканических построек в различных регионах мира, а также на Марсе. В соответствии с результатами глубинного частотно-резонансного сканирования разреза на участках работ, корни обследованных вулканов, заполненных осадочными, магматическими и метаморфическими породами различных групп, практически всегда расположены на глубинах 996, 723, 470, 195—217 и 95 км. Вулканы с корнями в интервале глубин 195—217 км (слой пластического состояния пород) можно считать «молодыми» грязевыми вулканами, активность которых наблюдается в настоящее время. Вулканические постройки с корнями на глубинах 723 и 470 км следует относить к категории «старых». Глубины расположения корней обследованных вулканов на Марсе отличаются от таковых на Земле; корень базальтового вулкана определен на глубине 450 км, а заполненного известняками — на глубине 144,300 км. На участках расположения трех грязевых вулканов зафиксированы сигналы от нефти, конденсата и газа. Данные экспериментальных исследований свидетельствуют о возможности использования мобильной прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков для обнаружения и локализации глубинных каналов (вулканов) миграции флюидов, минерального вещества и химических элементов, а также для изучения глубинного строения тектонических структур Земли и поисков горючих и рудных полезных ископаемых.

**Ключевые слова:** вулкан, вертикальный канал, глубинное строение, разрез, нефть, газ, водород, спутниковые данные, фотоснимок, прямые поиски, мобильная технология, аномалия, обработка данных дистанционного зондирования Земли, интерпретация.

**Введение.** При проведении геофизических исследований в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г. с использованием геоэлектрических методов и мобильной технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков в Южной Атлантике и в районе Антарктического полуострова было обнаружено значительное количество глубинных каналов (вулканов) миграции флюидов, минерального вещества и химических элементов, заполненных различными осадочными и магматическими породами, в том числе солью. Полученные в экспедиции материалы позволили авторам предположить, что исследователями недооценивается влияние вулканической деятельности на формирование внешнего облика и внутреннего строения планеты Земля [5]. Экспериментальными исследованиями в 2019 г. подтверждено наличие глубинных каналов (вулканических построек) различного типа в других регионах земного шара [5—11]. В связи с этим в последнее

время при проведении исследований с целью поисков полезных ископаемых различного типа дополнительно выполняются работы, направленные на установление наличия (отсутствия) глубинных каналов (вулканов) в пределах крупных площадей и локальных участков обследования. В статье представлены некоторые результаты целенаправленных экспериментальных исследований на участках расположения грязевых вулканов и крупных вулканических комплексов с целью изучения особенностей внутреннего строения этих тектонических объектов. На важность изучения глубинного строения вулканических построек акцентируется также внимание в работе [1].

**Методы исследований.** Экспериментальные исследования в районах расположения грязевых вулканов и крупных вулканических комплексов проведены с использованием мобильной прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки и декодирования данных дистанционного зондирования

Земли (ДЗЗ) (спутниковых снимков) и фотоснимков [2—5]. Отдельные компоненты (методы) используемой технология разработаны на принципах «вещественной» парадигмы геофизических исследований [3], сущность которой заключается в поиске конкретного (искомого в каждом отдельном случае) вещества — нефти, газа, газоконденсата, золота, железа, воды и др. Мобильная технологии в целом, а также отдельные ее компоненты (методы) активно используются в последнее время для поисков скоплений углеводородов на начальных этапах геологоразведочного процесса, в том числе для интегральной оценки перспектив нефтегазоносности крупных и труднодоступных блоков и площадей. Материалы апробации и практического применения мобильной технологии представлены в статьях [5—11].

В модифицированных версиях методов вертикального зондирования и частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков используются базы (наборы, коллекции) химических элементов, минералов, пород и полезных ископаемых (конкретных образцов) [5]. Например, коллекция образцов нефти включает в себя 117 экземпляров, газоконденсата — 15 образцов.

База фотоснимков осадочных пород состоит из следующих групп: 1) псефиты, конгломераты мономинеральные (22 образца, номера образцов в базе — 2—23); 2) псаммиты (18 образцов — 25—42); 3) алевриты, аргиллиты, глины (6 образцов — 44—49); 4) аргиллиты каолиновые (6 образцов — 51—57); 5) глины каолиновые (10 образцов — 59—68); 6) осадочно-вулканокластические породы; туфобрекчии (9 образцов — 70—78); 7) известняки (24 образца — 80—103); 8) доломиты (11 образцов — 105—115); 9) мергели (10 образцов — 117—126); 10) кремнистые породы (13 образцов — 128—140), соль.

База фотоснимков магматических и метаморфических пород включает 18 групп: 1) граниты и риолиты (29 образцов, номера образцов в базе — 1—29); 2) гранодиориты и дациты (7 образцов — 31—37); 3) сиениты и трахиты (18 образцов — 39—56); 4) диориты и андезиты (14 образцов — 58—71); 5) лампрофиры (14 образцов — 73—86); 6) габбро и базальты (32 образца — 88—119); 7) бесполовошпатовые ультрамафические породы (20 образцов — 121—140); 8) фельдшпатоидные сиениты и фонолиты (23 образца — 142—164); 9) фельдшпатоидные габброиды и базальтоиды (6 образцов — 166—171); 10) бесполовошпатовые ультрамафические и мафические породы (10 образцов — 173—182); 11) кимберлиты и лампроиты (20 образцов — 184—203); 12) несиликатные карбонатиты (8 образцов — 205—212); 13) метаморфические гранулиты (10 образцов — 214—223); 14) метаморфические гнейсы (26 образцов — 225—250); 15) метаморфические кристаллические сланцы (44 образца — 252—295); 16) метаморфические микрокристаллические сланцы (филлиты) (11 образцов — 297—307); 17) метаморфизованные аспид-

ные сланцы, кливажированный песчаник (1 образец — 308); 18) метаморфизованные аспидные сланцы, кливажированный алевролит (1 образец — 309).

Обратим внимание на следующее обстоятельство. В последнее время при проведении экспериментальных исследований достаточно часто выполняется дополнительная процедура определения конкретных образцов из используемых групп осадочных и магматических пород, слагающих разрез. В связи с этим выше при указании количества образцов в каждой группе пород приводится интервал номеров, под которыми эти образцы зафиксированы в общих коллекциях образцов осадочных и магматических пород. Ниже при описании результатов обработки указываются только номера образцов, от которых получены отклики. В качестве примера на рис. 1 приведен используемый при обработке набор образцов 7-й группы осадочных пород (известняков). Для каждого образца на рис. 1 указан его номер в общей коллекции осадочных пород.

Фотографии перечисленных наборов образцов осадочных, метаморфических и магматических пород (в том числе представленных на рис. 1) заимствованы из сайта <http://rockref.vsegei.ru/petro/>.

Достаточно часто при проведении исследований дополнительно используются отдельные химические элементы и минералы: водород, углерод, гелий, кислород, золото, алмаз, янтарь, железо и др.

Частотно-резонансная обработка спутниковых снимков и фотоснимков локальных участков расположения грязевых вулканов и крупных вулканических комплексов выполнена с целью изучения глубинной структуры этих геологических объектов. В процессе работ определялись глубины расположения корней вулканических построек, а также типы пород, заполняющих глубинные каналы. Дополнительно на начальных этапах обработки снимков и фотоснимков осуществлялась стандартная процедура фиксации откликов (сигналов) на частотах нефти, конденсата, газа, янтаря, горючего сланца, брекчии аргиллитовой, газогидратов, угля, антрацита, водорода, воды, бурого угля, железной руды и соли.

**Рекогносцировочные исследования на площадях расположения грязевых вулканов. Район впадины Сорокина (Черное море).** При обработке фрагмента спутникового снимка (большой прямоугольник на рис. 2) с поверхности отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, газогидратов, водорода и соли не зафиксированы; от воды (глубинной) получен слабый сигнал.

Зарегистрированы отклики от 1—6-й групп осадочных пород, а также 7-й группы магматических (ультрамафические породы).

Корень канала осадочных пород фиксацией откликов на разных глубинах (50, 100, 150 км) определен на отметке 217 км, а канала (вулкана) 7-й группы магматических пород — 470 км.



Рис. 1. 7-я группа осадочных пород. Известняки (обр. 80—103)  
 Fig. 1. 7th group of sedimentary rocks. Limestones (80—103)

На поверхности 50 км отклики от воды в 7-й группе магматических пород не зафиксированы. Во 2-й группе осадочных пород сигналы от воды получены на этой поверхности и прослеживаются до глубины 69 км включительно.

При обработке первого локального фрагмента снимка (прямоугольник 1 на рис. 2) зафиксированы отклики только от 1—6-й групп осадочных пород (грязевой вулкан). Корень вулкана определен на глубине 217 км. В этом вулкане отклики от нефти (на глубине 50 км) и воды (на глубине 60 и 69 км) отсутствовали.

В процессе обработки второго локального фрагмента снимка (прямоугольник 2 на рис. 2) зафиксированы отклики только от 7-й группы магматических пород. Корень вулкана определен на глубине

470 км. В этом вулкане отклики от воды (на глубине 50 км) отсутствовали.

При обработке третьего локального фрагмента снимка (прямоугольник 3 на рис. 2) зафиксированы отклики только от 1—6-й групп осадочных пород (грязевой вулкан). Корень вулкана определен на глубине 217 км. В этом вулкане отклики от воды в 4-й группе осадочных пород зафиксированы на глубинах 50 км и прослеживаются до глубины 69 км включительно.

**Вулканический комплекс «Карabetова сопка».** Координаты расположения вулкана: 45°12'16" с. ш., 36°47'6" в. д. В процессе частотно-резонансной обработки фрагмента фотоснимка (прямоугольный контур на рис. 3) грязевого вулкана с поверхности зарегистрированы отклики от нефти, конденсата,

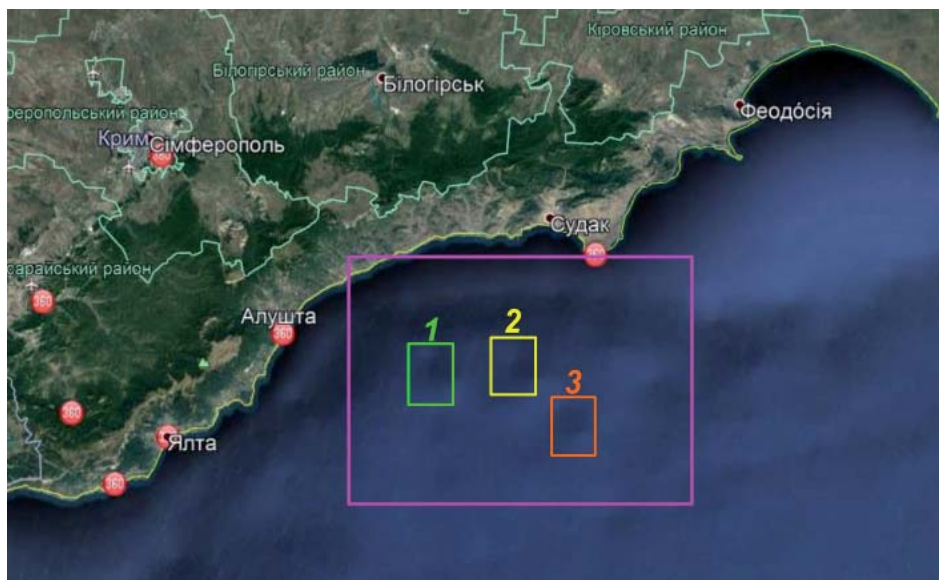


Рис. 2. Спутниковый снимок площади в районе расположения впадины Сорокина (Черное море)  
 Fig. 2. A satellite image of the area in the vicinity of the Sorokin trough (Black Sea)



Рис. 3. Фотоснимок фрагмента участка расположения грязевого вулкана «Карабетова сопка»  
 Fig. 3. A photograph of a fragment of the site of the mud volcano «Karabetova Sopka»

газа и янтаря. Сигналы от горючего сланца, угля, газогидратов, антрацита, бурого угля, водорода, воды и соли не получены. Зафиксированы также отклики от 1–6-й групп осадочных пород; от магматических и метаморфических пород сигналы отсутствовали. Фиксацией откликов от 2-й группы осадочных пород на различных поверхностях корень вулкана установлен на глубине 217 км (слой плавления пород). Сигналы от нефти, конденсата, газа и янтаря получены также на глубинах 50 и 57 км. Отклики от воды зафиксированы только в самой верхней части разреза; нижняя граница фиксации сигналов от воды расположена в интервале глубин 4–5 м.

При обработке спутникового снимка площади

расположения вулкана (рис. 4) с поверхности зафиксированы сигналы от нефти, конденсата (слабый), газа (слабый), янтаря (слабый), горючего сланца, газогидратов, льда, угля, антрацита, водорода и воды.

В разрезе установлены 1–7-я группа осадочных пород, а также 6-я и 7-я группы магматических пород. Фиксацией откликов от пород на различных глубинах определены корни каналов (вулканов), заполненных разными породами, на следующих глубинах: 1) 1–6-я группы осадочных пород — 217 км; 2) 6-я группа магматических (базальты) — 470 км; 3) 7-я группа магматических пород — 723 км.

Отклики от нефти фиксируются из 1–6-й групп



Рис. 4. Спутниковый снимок площади расположения грязевого вулкана «Карабетова сопка»  
 Fig. 4. Satellite image of the area of the mud volcano «Karabetova Sopka»

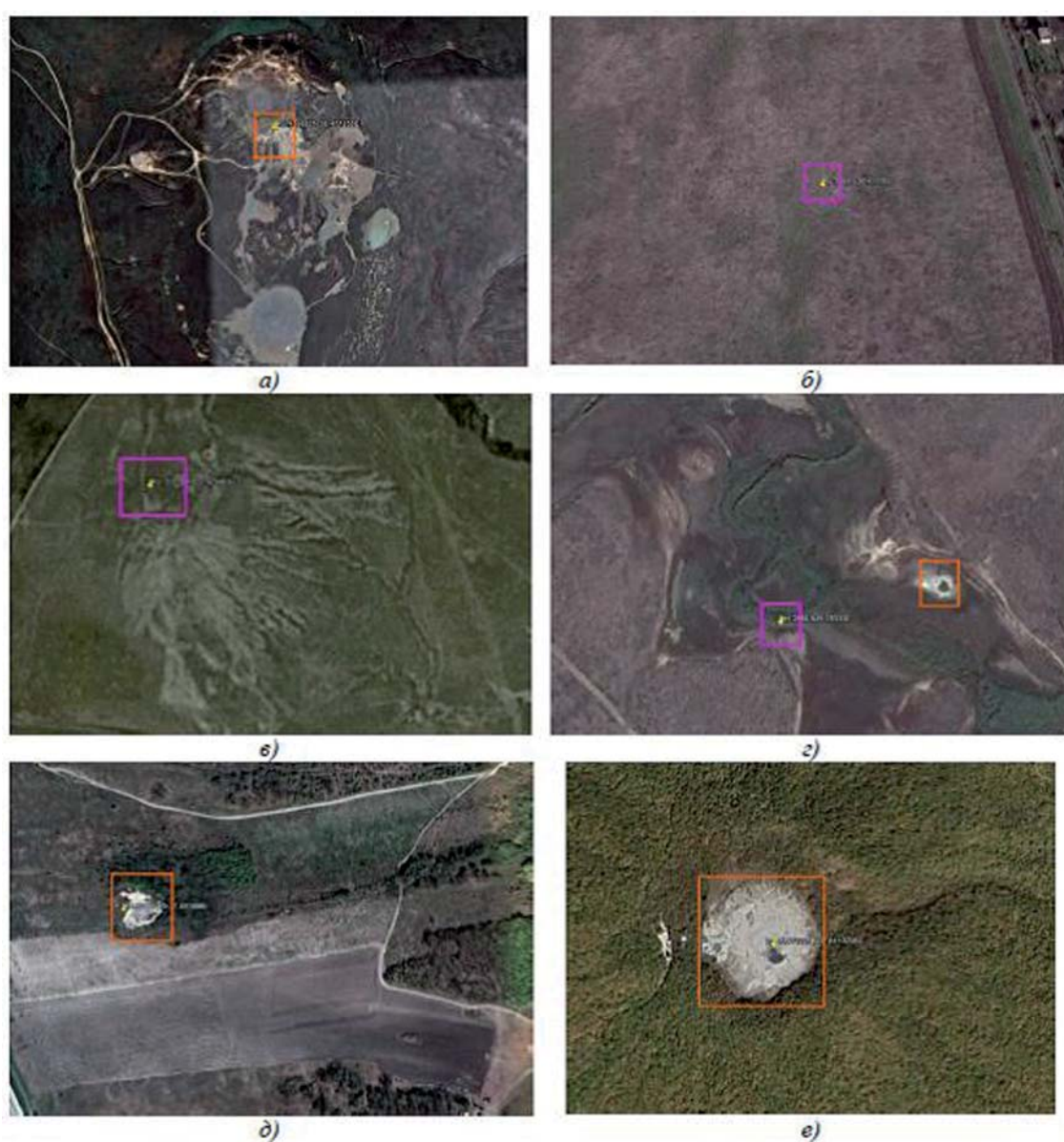


Рис. 5. Спутниковые снимки участков расположения грязевых вулканических комплексов: а — Булганак; б — Джаджава; в — Джау-Тепе; з — Королевский; д — Семигорский; е — Шууго  
 Fig. 5. Satellite images of mud volcanic complexes: a — Bulganak; б — Jajava; в — Jau-Tepe; з — Korolevskiy; д — Semigorskiy; е — Shugo

осадочных пород. В 7-й группе осадочных, а также в 6-й и 7-й группах магматических пород сигналы от нефти не получены.

На поверхности (глубине) 50 км отклики от воды зарегистрированы только из 7-й группы магматических пород и прослеживаются до глубины 69 км включительно.

Сканированием разреза с поверхности, шаг 1 м, сигналы от базальтов фиксировали с глубины 100 м, от водорода — с глубины 160 м. Отклики от водорода получены также с глубины 450 км.

**Вулкан Булганак.** При обработке снимка на рис. 5, а (без локальной зоны в прямоугольнике) отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, водорода, воды и соли не зарегистрированы. Получены сигналы только от 10-й группы осадочных пород (кремнистые породы), отклики от магматических пород не зафиксированы. Корень канала (вулкана), заполненного кремнистыми породами, установлен на глубине 723 км.

На глубине 500 км получены отклики от образцов 139, 140 кремнистых пород; на поверхности 450 км — от образцов 136—138; на глубинах 180 и 217 км — от образцов 128—135. В пределах локальной зоны, обозначенной прямоугольником, получены сигналы только от образцов кремнистых пород 128—133.

**Вулкан Джаджава.** В процессе обработки всего снимка на рис. 5, б (без локальной зоны в прямоугольном контуре) отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, водорода, воды и соли не зарегистрированы. Получены сигналы только от 10-й группы осадочных пород (кремнистые породы), отклики от магматических пород не зафиксированы. Корень канала (вулкана), заполненного кремнистыми породами, установлен на глубине 470 км.

На поверхностях 450 и 470 км получены отклики от образцов кремнистых пород 134—140; на глубинах 200 и 217 км — дополнительно от образцов 128—133. В пределах локальной зоны, обозначенной прямоугольником, получены сигналы только от образцов кремнистых пород 128—133.

**Вулкан Джау-Тепе.** При обработке всего снимка участка расположения вулкана на рис. 5, в (без локальной зоны в прямоугольном контуре) отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, водорода, воды и соли не зарегистрированы. Получены сигналы только от 9-й группы осадочных пород (мергели), отклики от магматических пород не зафиксированы. Корень канала (вулкана), заполненного мергелями, установлен на глубине 470 км.

На поверхности (глубине) 450 и 470 км получены отклики от образцов мергелей 121 и 122; на глубинах 200 и 217 км — от образцов 117—126. В пределах локальной зоны, обозначенной прямоугольником, получены сигналы от образцов мергелей 117—120, 123—126.

**Вулкан Королевский.** В процессе обработки всего

снимка участка без локальных зон в прямоугольниках (рис. 5, г) отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, водорода, воды и соли не зарегистрированы.

Получены сигналы от 7-й группы осадочных пород (известняки); от магматических пород отклики не зарегистрированы. Корень канала (вулкана), заполненного известняками, определен на поверхности 723 км.

На поверхности 720 км получены отклики от образцов 95, 96—113 известняков; на глубине 450 км — дополнительно от образцов 81, 84—86, 88—94; на поверхности 217 км — еще от образцов 80, 82, 83 и 87.

В пределах двух локальных зон, обозначенных на рис. 5, г прямоугольными контурами, получены отклики только от образцов 80, 82, 83 и 87 «молодых» известняков из используемой коллекции.

**Вулкан Семигорский.** На начальном этапе проведена обработка всего спутникового снимка участка расположения вулкана (рис. 5, д), но без локальной зоны в контуре прямоугольника. С поверхности на этом участке отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, воды и соли не зафиксированы.

Получены сигналы только от 8-й группы осадочных пород (доломиты); отклики от магматических пород не зафиксированы. Корень канала (вулкана), заполненного доломитами, установлен на глубине 723 км.

При обработке локального фрагмента снимка (прямоугольный контур) также получены отклики от 8-й группы осадочных пород; от магматических пород и соли отклики не зафиксированы.

На поверхности 720 км получены отклики от образцов доломитов 112—115 (корень вулкана на 723 км); на глубинах 450 и 470 км — дополнительно от образцов 109—111 (корень вулкана на глубине 470 км); на поверхностях 216 и 217 км — еще и от образцов 105—108 «молодых» доломитов (корень вулкана на 217 км).

**Вулкан Шуго.** В процессе обработки всего снимка на рис. 5, е (без зоны в прямоугольнике) зафиксированы отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, горючего сланца, брекчии аргиллитовой, газогидратов, льда, антрацита, водорода (сильный), воды.

Зарегистрированы сигналы от 1—6-й групп осадочных пород; отклики от магматических пород отсутствовали. Корень канала (вулкана), заполненного осадочными породами 1—6-й групп, определен на глубине 470 км.

На поверхности 450 км получены отклики от следующих образцов пород из отдельных групп: группа 1 — 6—12; группа 2 — 31—39; группа 3 — 47—49; группа 4 — 56, 57; группа 5 — 66—68; группа 6 — 75—78. На глубине (поверхности) 200 км — отклики такие: группа 1 — образцы 1—8 (все); группа 4 — образец 54; группа 5 — образец 62; группа 6 — образцы 71—75.

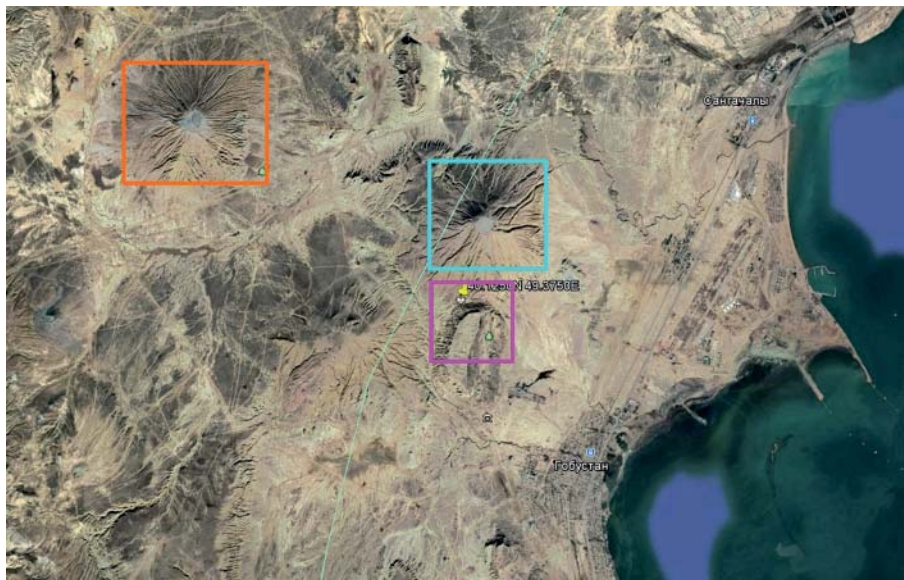


Рис. 6. Спутниковый снимок участка расположения вулканического комплекса Гобустан (Азербайджан)

Fig. 6. Satellite image of the site of the volcanic complex Gobustan (Azerbaijan)

При обработке снимка локальной зоны (прямоугольник на рис. 5, е) зафиксированы отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, горючего сланца, брекчии аргиллитовой, газогидратов, льда, антрацита; отклики от водорода, воды, бурого угля и соли не получены.

Зарегистрированы сигналы от 1–6-й групп осадочных пород; отклики от магматических пород отсутствовали. Корень канала (вулкана), заполненного осадочными породами 1–6-й групп определен на глубине 470 км.

На поверхности 450 км отклики получены от образцов 6–12 1-й группы осадочных пород, а на поверхности 216 км — от образцов 1, 2, 5, 12 и 13.

В пределах локальной зоны сигналы на частотах нефти слабые, сканирование разреза с целью фиксации интервалов откликов не проводилось.

**Вулканический комплекс Гобустан (Азербайджан).** Спутниковый снимок участка расположения вулканической структуры представлен на рис. 6.

При частотно-резонансной обработке всего снимка с поверхности зафиксированы отклики от нефти, конденсата и газа.

Зарегистрированы сигналы только от 7-й группы осадочных пород (известняки); от магматических пород отклики не получены. Фотографии 7-й группы осадочных пород (известняки), резонансные частоты которых используются при обработке снимков и фотоснимков, показаны на рис. 1.

Фиксацией откликов на различных глубинах (50, 150, 250, 450, 550 км) корень канала (вулкана), заполненного известняками, установлен на глубине 723 км.

На поверхности 500 км из нижней части разреза получены отклики от образцов 95, 96–103 известняков (рис. 1) (старый вулкан с корнем на глубине 723 км); на поверхности 400 км — от образцов

81, 84–86, 88–103 (вулкан с корнем на глубине 470 км); на поверхностях 200 и 217 км — от образцов 80, 82, 83, 87 (дополнительно) (молодой вулкан с корнем на глубине 217 км). На поверхности 180 км из верхней части разреза получены отклики от всех образцов известняков.

Результаты фиксации откликов на различных глубинах позволяют сделать вывод, что прогнозируемые скопления нефти могут быть расположены в интервале глубин 3–9 км, газа — 300 м–9 км, конденсата — 600 м–9 км. Детальное сканирование разреза с целью фиксации интервалов откликов от нефти, конденсата и газа не проводилось.

**Фрагмент снимка с меткой (нижний прямоугольник, см. рис. 6).** При обработке фрагмента снимка получены отклики от нефти, конденсата (слабый) и газа. Зарегистрированы отклики только от 7-й группы осадочных пород (известняки) — образцы 80, 82, 83, 87 (молодой вулкан).

**Фрагмент снимка «западный» (прямоугольник слева, см. рис. 6).** При обработке снимка получены отклики только от образцов 80, 82, 83, 87 (молодой вулкан). Сигналы от нефти, конденсата и газа не получены.

**Фрагмент снимка «центральный» (прямоугольник в центре, см. рис. 6).** При обработке снимка получены отклики только от образцов 80, 82, 83, 87 (молодой вулкан). Сигналы от нефти, конденсата и газа не получены.

**Фрагмент снимка без трех прямоугольных контуров.** При обработке снимка получены отклики от всех образцов известняков, кроме образцов 80, 82, 83 и 87 из молодых вулканов. Зарегистрированы также сигналы от нефти, конденсата и газа.

**Исследования на площадях активно действующих вулканов мира.** На рис. 7 представлены фотоснимки



Рис. 7. Фотоснимки самых высоких и активно действующих вулканов мира [12]  
 Fig. 7. Photographs of the highest and most active volcanoes in the world [12]

12 самых высоких и действующих вулканов мира, заимствованные из сайта [12]. Дополнительно на рис. 8 показаны спутниковые снимки вулканических комплексов Керинчи и Этна, на рис. 9 — Сан-Педро и Эребус.

Частотно-резонансная обработка фотоснимков и спутниковых снимков вулканов (рис. 7—9) проведена с целью определения типов пород, заполняющих каналы вулканических построек. Для всех вулканов оценены также глубины расположения их корней.

**Льюльяйльяко.** В пределах вулкана фиксируются отклики от 1 (граниты), 2 и 4-й групп магматических пород. Глубина расположения корня гранитного канала определена на отметке 470 км.

**Сан-Педро.** При обработке фотоснимка получены сигналы от 11 (кимберлиты) — 13-й групп магматических пород. Зафиксирован также отклик на частотах алмазов.

**Эль-Мисти.** Зафиксированы отклики от 1—6-й групп осадочных пород и соли. Корень вулкана, заполненного осадочными породами, зафиксирован на глубине 217 км (молодой вулкан). Сигналы от пласта соли получены в интервале глубин 3—5 км.

**Попокатепетль.** Зарегистрированы сигналы от

7—10-й групп магматических пород. Корень канала, заполненного магматическими породами 7—9-й групп, определен на глубине 217 км. Отклики от 10-й группы магматических пород фиксировались до глубины 9 км.

**Сангай.** В контурах вулкана получены отклики от 1-й группы осадочных пород и соли. Корень канала, заполненного солью, определен на глубине 470 км. Сигналы от осадочных пород 1-й группы фиксировались до глубины 23 м.

**Ключевская сопка.** Зафиксированы сигналы от 3, 5 и 6-й групп магматических пород. Определены глубины корней каналов: 1) 3-я группа — 217 км; 2) 5-я группа — 217 км; 3) 6-я группа — 723 км.

**Мауна-Лоа.** Получены отклики от 3, 5 и 6-й групп магматических пород. Определены глубины корней каналов: 1) 3-я группа — 217 км; 2) 5-я группа — 95 и 217 км; 3) 6-я группа — 723 км.

**Камерун.** Зарегистрированы отклики от 6-й группы магматических пород (базальты). Сигналы прослежены до глубины 723 км (корень вулкана).

**Керинчи.** Проведена обработка спутникового снимка вулкана (см. рис. 8, а). На первом этапе обработан весь снимок без локальной зоны в прямоугольном контуре. Зафиксированы отклики от





*а*

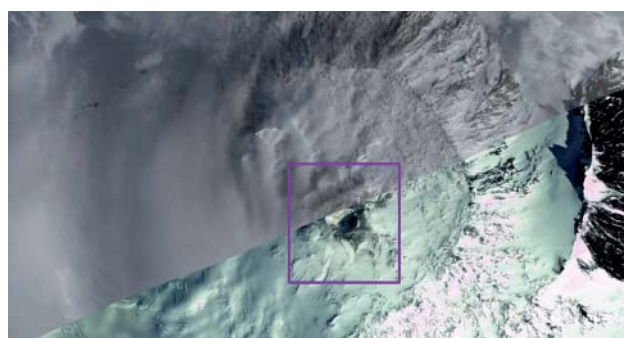


*б*

Рис. 8. Спутниковые снимки участков расположения вулканов Керинчи (*а*) и Этна (*б*)  
 Fig. 8. Satellite images of the locations of the Kerinchi (*а*) and Etna (*б*) volcanoes



*а*



*б*

Рис. 9. Спутниковые снимки участков расположения вулканов Сан-Педро (*а*) и Эребус (*б*)  
 Fig. 9. Satellite images of the locations of the volcanoes of San Pedro (*а*) and Erebus (*б*)

1—6-й групп осадочных пород, а также 6-й группы магматических. Корни каналов (вулканов), заполненных осадочными и магматическими породами, расположены на глубине 470 км.

На втором этапе обработан дополнительно фрагмент снимка, обозначенный на рис. 8, *а* прямоугольным контуром. В его пределах зафиксированы отклики от нефти (слабый), газоконденсата, газа, янтаря и водорода. Сигналы от 3-й группы магматических пород прослежены до глубины 99 км, 5-й группы магматических пород — до глубины 217 км, 6-й — до глубины 470 км. Корень канала 1—6-й групп осадочных пород установлен на глубине 217 км.

**Эребус.** При обработке фотоснимка вулкана зафиксированы отклики от 6-й группы магматических пород (базальты).

**Этна.** Проведена обработка фрагмента спутникового снимка вулкана, обозначенного на рис. 8, *б* прямоугольным контуром. Получены отклики от гранитов. В районе корня гранитного вулкана на глубине 996 км фиксируются сигналы от образцов 9—19 гранитов, имеющихся в коллекции. Выше расположения корня вулкана на глубине 470 км зарегистрированы отклики от образцов 1—8 гранитов, а выше корня на глубине 217 км — сигналы от об-

разцов 20—29, 31—37, 58—71 магматических пород.

**Килауэа.** В процессе обработки фотоснимка вулканического комплекса зарегистрированы отклики от 7—10-й групп магматических пород.

**Дополнительные исследования.** Дополнительно проведена обработка спутниковых снимков вулканов Сан-Педро (рис. 9, *а*) и Эребус (рис. 9, *б*), а также небольшого фрагмента фотографии вулкана Килауэа (прямоугольный контур на рис. 7).

**Сан-Педро.** При обработке фрагмента снимка вулкана (прямоугольный контур на рис. 9, *а*) зафиксированы отклики от 11-й (кимберлиты и лампроиты) и 12-й (несиликатные карбонатиты) групп магматических пород.

Корни кимберлитовых каналов (вулканов) разного возраста определены на глубинах 95, 217, 470 и 723 км. В районе корня на глубине 723 км получены отклики только от образца 201 группы кимберлитов, на глубине 470 км — от образцов 190—195 дополнительно, 217 км — от образцов 184, 186, 187, 196—200, 202, 203, а на глубине 95 км — от образцов 185, 188, 189.

В интервале глубин 77—85 км получены отклики от образцов 205—212 12-й группы магматических пород.

**Эребус.** Дополнительно обработанный фрагмент спутникового снимка вулкана обозначен на рис. 9, *б*

прямоугольным контуром. С поверхности в пределах обследованного фрагмента получены отклики от 6-й группы магматических пород (габбро и базальты). Корни каналов (вулканов) разного возраста определены на глубинах 95, 217, 457 и 723 км.

В районе корня на глубине 723 км получены отклики от образцов 103, 106, 109, 111, 118 6-й группы магматических пород, на глубине 450 км — от образцов 88, 92, 99, 100, 102, 104, 108, 112—117, 119. В интервале корня на глубине 217 км зафиксированы сигналы (также) от образцов 39—41, 45, 49 3-й группы магматических пород, а также от образцов 73—74, 79, 89—91, 110 5-й группы этих пород. На глубинах до 95 км получены также отклики (дополнительно) от образцов 42—44, 46—48, 50—56 3-й группы магматических пород и от образцов 75—78, 80—86, 93—98, 101, 105, 107 5-й группы этих пород.

*Килауэа.* При обработке фрагмента фотоснимка вулкана (прямоугольный контур на рис. 7) также получены сигналы от 7—10-й групп магматических пород. Корни каналов (вулканов) 7-й группы пород определены на глубинах 217, 470 и 723 км, а вулканов, заполненных породами 8, 9 и 10-й групп, — только на глубине 217 км.

В районе глубин 723 км получены отклики от образцов 121, 138 7-й группы магматических пород, на поверхности 450 км — от образцов 122—125, 129—139, 217 км — от образцов 126—128, 140.

В районе глубин 217 км зафиксированы отклики от образцов 140—164 8-й группы магматических пород, образцов 166—171 9-й группы и образцов 173—182 10-й группы.

**Предварительные результаты исследования вулканических комплексов на Марсе.** На рис. 10 представлен спутниковый снимок поверхности Марса от северного полюса до южного, полученный со спутника ЕКА «Mars Express». В правой части рисунка 10 приведены некоторые фрагменты этого снимка, частотно-резонансная обработка которых была проведена отдельно.

*Локальный участок с вулканом (рис. 10, в).* При обработке снимка зафиксированы отклики только от водорода (сильный) и 6-й группы магматических пород (базальты).

Корень базальтового канала (вулкана) определен на глубине 450 км; при сканировании с поверхности, шаг 10 см, сигналы от базальтов начали фиксировать с глубины 9 м. Сигналы от водорода также начали регистрировать с глубины 9 м, отклики прослежены до глубины 500 км.

На поверхности (глубине) 9 м из верхней части разреза получены сигналы от 7-й группы осадочных пород (известняки). При сканировании разреза с поверхности, шаг 5 мм, отклики от этих пород получены из интервала глубин 20 см — 9,05 м.

*Локальный участок с вулканом осадочных пород (рис. 10, г).* В процессе обработки фрагмента снимка получены отклики от 7-й группы осадочных пород

(известняки) и базальтов (6-я группа магматических пород).

В процессе работ получены отклики от следующих образцов известняков (см. рис. 1): 1) обр. 87 — ракушечного, 2) обр. 88 — с остракодами, 3) обр. 89 — тентакулитового, 4) обр. 90 — фораминиферового (90). Установлены следующие химические элементы:

1) обр. 87 — ракушечный: хлор, литий, бериллий, аргон, германий, мышьяк, селен, бром, бор, азот, натрий;

2) обр. 88 — с остракодами: хлор, литий, бериллий, аргон, медь, ванадий, натрий;

3) обр. 89 — тентакулитовый: калий, скандий, германий, мышьяк, селен, бром, бор, азот, натрий;

4) обр. 90 — фораминиферовый: хлор, железо, кобальт, литий, бериллий, аргон, никель, скандий, натрий.

*Фрагмент снимка северного полюса (рис. 10, б).* В процессе обработки получены отклики от соли, 7, 9 и 10-й групп осадочных пород, а также от 6, 7, 17 и 18-й групп магматических пород.

Дополнительно зарегистрированы сигналы от следующих образцов различных групп пород: 1) 9-я группа (мергели) — обр. 121, 122; 2) 10-я группа (кремнистые породы) — обр. 140, 141; 3) 6-я группа магматических пород (базальты) — обр. 95—100, 109—113; 4) 7-я группа магматических пород — обр. 134, 135, 137—140.

Фиксацией откликов от соли на различных поверхностях корень соляного вулкана определен на глубине 494,500 км.

*Фрагмент снимка с вулканом (синий прямоугольник на рис. 10).* Получены отклики от соли, 7 (сильный), 9 и 10-й групп осадочных пород, а также от 6-й и 7-й групп магматических пород.

*Фрагмент снимка южного полюса (рис. 10, г).* Фиксацией откликов от соли на различных поверхностях корень соляного вулкана определен на глубине 696,174 км.

**Краткие комментарии и выводы.** Используемая авторами мобильная прямопоисковая технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков дает возможность достаточно оперативно проводить исследования различного характера в любом регионе мира. Представленные выше материалы проведенных работ — это, в основном, результаты измерений, полученных с помощью разработанных технических средств и методик регистрации откликов (сигналов) от слагающих разрезы площадей и участков обследования искомым полезным ископаемым, различных типов пород, минералов и химических элементов. Используемые методы позволяют в процессе измерений, без этапа интерпретации с применением технологий решения обратных задач геофизики, получать информацию о глубинах расположения в разрезе искомым полезным ископаемым и породах. Целесообразно отметить следующее.

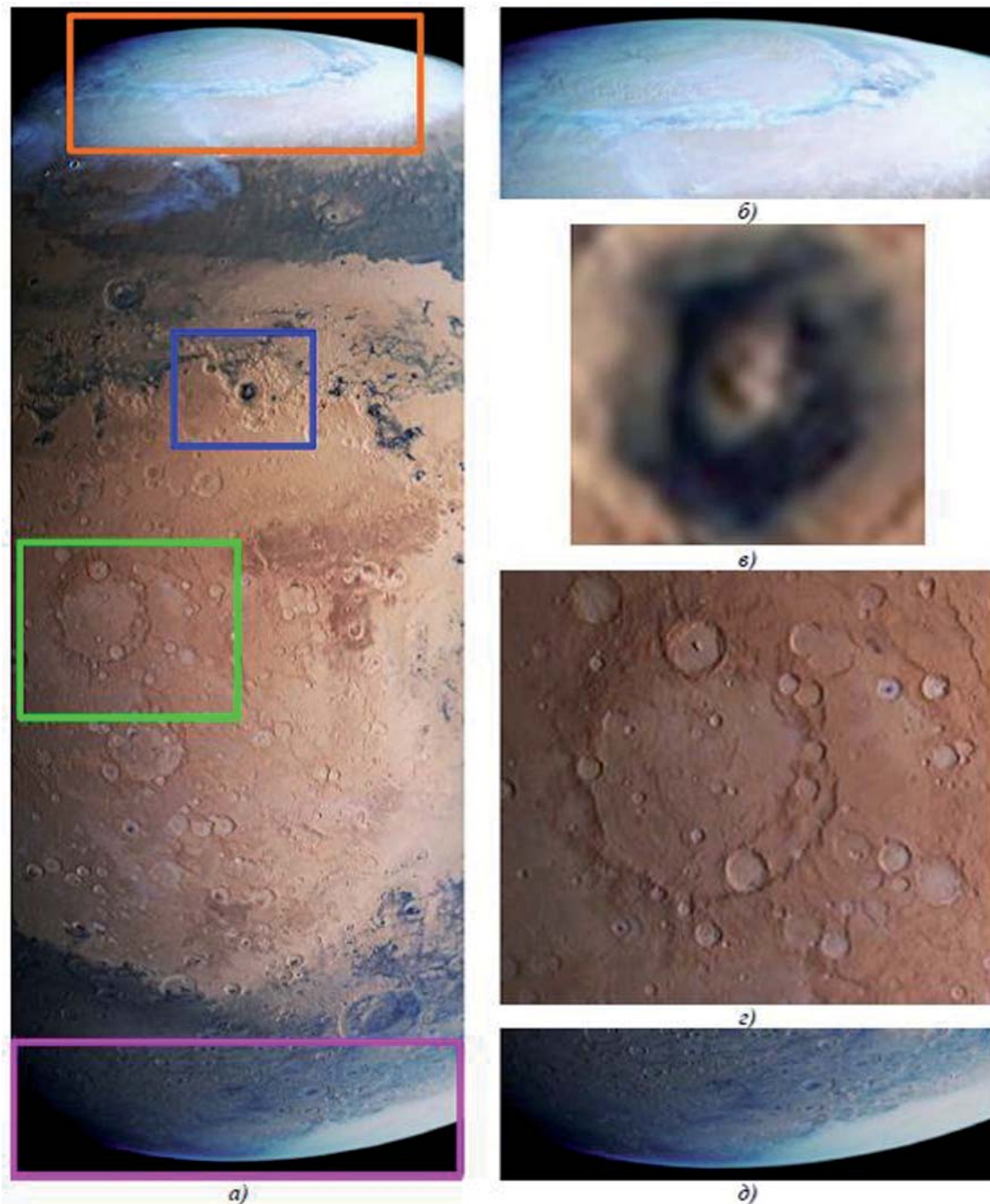


Рис. 10. Спутниковый снимок поверхности Марса от северного полюса до южного, полученный со спутника Европейского Космического агентства (ESA) «Mars Express» [13]. Объяснение в тексте

Fig. 10. Satellite image of the Mars surface from the north pole to the south, obtained from the satellite of the European Space Agency (ESA) «Mars Express» [13]. Explanation in the text

1. Выполненные исследования носят исключительно рекогносцировочный характер. Выше приведены интегральные значения измеренных (зарегистрированных) параметров разреза. Проведение такого рода работ в площадном варианте позволит построить трехмерные модели внутреннего строения обследуемых объектов.

2. Корни глубинных каналов (вулканов), заполненных осадочными, магматическими и метаморфическими породами различных групп, практиче-

ски всегда фиксируются на глубинах 996, 723, 470 и 195—217, 95 км. Интервал 195—217 км — это слой жидкого (пластического) состояния пород.

3. Вулканы с корнями в интервале 195—217 км можно считать «молодыми» грязевыми вулканами. Активность такого типа вулканов наблюдается в настоящее время.

4. Вулканические постройки с корнями на глубинах 996, 723 и 470 км можно относить к категории «старых».

5. Наличие на участках обследования вулканических построек с корнями на различных глубинах позволяет предположить процессы активизации в этих регионах, которые происходили в различное время.

6. Образцы пород, заполняющих каналы вулканов с корнем на поверхности 996 км, могут фиксироваться в интервалах глубин 0—996, 723, 0—723 км, с корнем на глубине 470 км — в интервале 0—470 км, с корнем на глубине 217 км — только в интервале 0—217 км, с корнем на глубине 95 км — только в интервале 0—95 км.

7. Экспериментальные исследования продемонстрировали возможность использования мобильной прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков для обнаружения и локализации глубинных каналов (вулканов) миграции флюидов, минерального вещества и химических элементов. В процессе проведения работ усовершенствована методика осуществления измерений с использованием различных модификаций методов и аппаратурно-измерительных устройств.

8. В заключение еще раз обратим внимание на тезисы доклада [1], автор которых разработал и активно использует (в том числе для изучения участков расположения вулканических комплексов) спирино-голографическую технологию дистанционного зондирования космоснимков (СГТ ДЗ). Можно только с удовлетворением констатировать, что исследования по проблеме создания эффективных методик и технологий обработки и декодирования спутниковых снимков и фотоснимков целенаправленно ведутся в разных странах.

#### Список библиографических ссылок

1. Андреев Н.М. Нефтепоисковая технология СГТ ДЗ как инструмент изучения механизма формирования и прогнозирования активности вулканов. VII Кудрявцевские чтения — Всероссийская конференция по глубинному генезису нефти и газа. Москва, ЦГЭ, 21—23 октября 2019: тезисы докладов. 5 с. <http://conference.deepoil.ru/index.php/materials>
2. 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.

3. 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.
4. Якимчук М.А. Електричне поле і його роль у житті Землі. *Геоінформатика*. 2014. № 3. С. 10—20.
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, инновационные 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. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Особенности глубинного строения и перспективы нефтегазоносности отдельных блоков Украинского щита по результатам частотно-резонансного зондирования разреза. *Геоинформатика*. 2019. № 3. С. 5—18.
10. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Применение мобильных частотно-резонансных методов обработки спутниковых снимков и фотоснимков при поисках скоплений водорода. *Геоинформатика*. 2019. № 3. С. 19—28.
11. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. *Геоинформатика*. 2019. № 3. С. 29—51.
12. 12 найвищих і активно діючих вулканів світу. <https://mandry.club/cikavi-facty/12-najvishhix-i-aktivnix-diyuchix-vulkaniv-svitu/>
13. Two new images show Mars' icy poles and pockmarked surface. <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/mars-esa-images-poles/>

Поступила в редакцію 19.11.2019 г.

#### ВИВЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ СТРУКТУРИ ВУЛКАНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ РІЗНОГО ТИПУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ОБРОБКИ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ ТА ФОТОЗНІМКІВ

М.А. Якимчук<sup>1</sup>, І.М. Корчагин<sup>2</sup>

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

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

Наведено результати додаткових експериментальних досліджень з метою вивчення глибинної будови вулканічних комплексів різного типу. Дослідження рекогносцирувального характеру проведено із застосуванням методів частотно-резонансної обробки та інтерпретації супутникових знімків і фотознімків на локальних ділянках розміщення грязьових вулканів та великих вулканічних структур у різних регіонах світу, а також на Марсі. Згідно з результатами глибинного частотно-резонансного сканування розрізу на ділянках робіт, корені обстежених вулканів, заповнених осадовими, магматичними і метаморфічними породами різних груп, практично завжди розміщуються на глибинах 996, 723, 470, 195—217 і 95 км. Вулкани з коренями в інтервалі глибин 195—217 км (шар пластичного стану порід) можна вважати «молодими» грязьовими вулканами, активність яких спостерігається нині. Вулканічні споруди з коренями на глибинах 723 і 470 км слід відносити до категорії «старих». Глибини розміщення коренів обстежених вулканів на Марсі відрізняються від глибин розміщення коренів на Землі; корінь базальтового вулкана визначено на глибині 450 км, а заповненого вапняками — на глибині 144,300 км. На ділянках розміщення трьох грязьових вулканів зафіксовано сигнали від нафти, конденсату та газу. Експериментальні дослідження засвідчили можливість використання мобільної прямопошукової технології частотно-резонансної обробки супутникових знімків і фотознімків для виявлення та локалізації глибинних каналів (вулканів) міграції флюїдів, мінеральної речовини і хімічних елементів, а також для вивчення глибинної будови тектонічних структур Землі та пошуків горючих і рудних корисних копалин.

**Ключові слова:** вулкан, вертикальний канал, глибинна будова, розріз, нафта, газ, водень, супутникові дані, фотознімок, прямі пошуки, мобільна технологія, аномалія, обробка даних дистанційного зондування Землі, інтерпретація.

## STUDYING THE INTERNAL STRUCTURE OF VOLCANIC COMPLEXES OF DIFFERENT TYPE BY RESULTS OF FREQUENCY-RESONANCE PROCESSING OF SATELLITE AND PHOTO IMAGES

*M.A. Yakymchuk<sup>1</sup>, I.M. Korchagin<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, 1, Laboratory Lane, Kyiv, 01133, Ukraine, yakymchuk@gmail.com*

<sup>2</sup>*Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kyiv, Ukraine, korchagin.i.n@gmail.com*

**Purpose.** Experimental works of reconnaissance character were carried out to study the features of the deep structure of various types of volcanic complexes. The studies were carried out using mobile geophysical methods within local areas of mud volcanoes and large volcanic structures location in various regions of the world, as well as on Mars.

**Design/methodology/approach.** The survey of the volcanic structures locations was carried out using mobile technology, including modified methods of frequency-resonance processing and decoding of satellite images and photographs, vertical electrical resonance sounding (scanning) of the cross-section, as well as methods for integrated assessment of the oil and gas prospects of large prospecting blocks and local sites. 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 (sought in each specific case) substance — oil, gas, gas condensate, gold, zinc, uranium, etc.

**Findings.** The results of a deep frequency-resonance scanning of the cross-section in the areas of work show that the roots of the examined volcanoes, filled with sedimentary, igneous and metamorphic rocks of various groups, are almost always located at depths of 996 km, 723 km, 470 km, 195—217 km and 95 km. Volcanoes with roots in the interval of 195—217 km (layer of the plastic state of the rocks) can be considered as «young» mud volcanoes, the activity of which is currently observed. Volcanic structures with roots at depths of 723 km and 470 km should be classified as «old». The presence on the survey sites of volcanic structures with roots at various depths suggests the processes of activation in these regions that took place at different times. Samples of rocks filling the channels of volcanoes with a root on the surface of 723 km can be recorded in the depth interval 0—723 km, with a root at 470 km — in the interval of 0—470 km, and with a root at 217 km — only in the interval of 0—217 km. The depths of the roots of the investigated volcanoes on Mars differ from those on Earth; the root of the basalt volcano is determined at a depth of 450 km, and filled with limestone — 144.300 km. Signals from oil, condensate and gas have been recorded in areas where three mud volcanoes are located.

**The practical significance and conclusions.** The materials of the presented and previously performed experimental works suggest that researchers underestimate the influence of volcanic activity on the formation of the external appearance and internal structure of the planet Earth, as well as other planets of the solar system. The conducted experimental studies testified to the possibility of using mobile direct-prospecting technology of satellite images and photographs frequency-resonance processing to detect and localize deep channels (volcanoes) of migration of fluids, minerals and chemical elements, as well as to study the deep structure of the Earth's tectonic elements and search for combustible and ore mineral.

**Keywords:** volcano, vertical channel, deep structure, cross-section, oil, gas, hydrogen, satellite data, photograph, direct prospecting, mobile technology, anomaly, remote sensing data processing, interpretation.

## References

1. Andreev N.M. Petroleum exploration technology of SGT DZ as a tool for studying the mechanism of formation and prediction of volcanic activity. VIIth Kudryavtsev Readings — All-Russian Conference on the Deep Genesis of Oil and Gas. Moscow, TsGE, October 21–23, 2019: abstracts. 5 p. <http://conference.deepoil.ru/index.php/materials/> (in Russian).
2. 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).
3. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Frequency-resonance principle, mobile geoelectric technology: new paradigm of geophysical investigations. *Geophysical Journal*. 2012. Vol. 34, N 4. P. 166–176 (in Russian).
4. Yakymchuk N.A. Electric field and its role in life on Earth. *Geoinformatyka*. 2014. N 3. P. 10–20 (in Ukrainian).
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. Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Peculiarities of depth structure and of oil and gas perspectives of Ukrainian shield separate blocks by results of frequency-resonance sounding of cross-section. *Geoinformatyka*. 2019. N 3. P. 5–18 (in Russian).
10. Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Application of mobile frequency-resonance methods of satellite images and photo images processing for hydrogen accumulations searching. *Geoinformatyka*. 2019. N 3. P. 19–28 (in Russian).
11. Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Technology of frequency-resonance processing of remote sensing data: results of practical approbation during mineral searching in various regions of the globe. Part I. *Geoinformatyka*. 2019. N 3. P. 29–51 (in Russian).
12. The 12 highest and most active volcanoes in the world. <https://mandry.club/cikavi-facty/12-najvishhix-i-aktivnix-diyuchix-vulkaniv-svitu/>
13. Two new images show Mars' icy poles and pockmarked surface. <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/mars-esa-images-poles/>

Received 19/11/2019