

## ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ НЕКОТОРЫХ ВУЛКАНОВ И КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК ЗЕМЛИ

Н.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: yakymchuk@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

Анализируются результаты экспериментальных исследований, проведенных с применением технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (спутниковых снимков) и фотоснимков с целью изучения внутренней структуры вулканических построек и кимберлитовых трубок. Эксперименты проводились в районах расположения известных вулканов на Камчатке, о-ве Кунашир, в Италии, а также кимберлитовых трубок в Якутии, Королевстве Лесото и в Канаде. Согласно результатам глубинного частотно-резонансного зондирования разреза на участках исследований, корни каналов миграции глубинных флюидов и минерального вещества (вулканов, кимберлитовых трубок) могут располагаться в расплавленном (жидком) слое пород, который фиксируется на земном шаре практически везде в интервале глубин 194—225 км, а также на глубинах 470 и 723 км. В пределах трех обследованных участков на Камчатке обнаружены кимберлитовые трубки с включениями алмазов, канал миграции минерального вещества, зафиксированы отклики на частотах водорода на небольших интервалах глубин. В районе месторождения алмазов в Канаде выделены локальные участки, перспективные на обнаружение алмазов и углеводородов. Оперативно проведенные экспериментальные исследования показали, что частотно-резонансный метод обработки и интерпретации данных ДЗЗ может использоваться для изучения глубинного строения тектонических структур Земли и поисков горячих и рудных полезных ископаемых.

**Ключевые слова.** Камчатка, вертикальный канал, вулкан, кимберлитовая трубка, глубинное строение, разрез, нефть, газ, водород, алмаз, янтарь, спутниковые данные, прямые поиски, мобильная технология, аномалия, обработка данных дистанционного зондирования Земли, интерпретация.

**Введение.** На протяжении многих лет авторами проводится целенаправленная апробация мобильных геоэлектрических методов и технологии частотно-резонансной обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (спутниковых снимков) и фотоснимков при проведении поисковых работ на рудные и горючие полезные ископаемые, а также геофизических исследований с целью изучения глубинного строения Земли. В последнее время при выполнении поисковых работ стали применять методику интегральной оценки перспектив нефтегазоносности и рудоносности крупных блоков и поисковых площадей, в которой задействованы модифицированные методы вертикального зондирования (сканирования) разреза. Отдельная модификация методики вертикального сканирования разреза по данным ДЗЗ (спутниковым снимкам) и фотоснимкам целенаправленно апробировалась также на различных участках (объектах) в разных регионах земного шара. Ниже представлены некоторые результаты дополнительных экспериментальных исследований на участках расположения потухших и действующих вулканов, кимберлитовых трубок, направленных на изучение глубинного строения этих объектов.

**Цели и задачи исследований.** Интерес авторов к обследованию вулканов и кимберлитовых трубок обусловлен материалами опубликованных работ [4], а также информационными сообщениями на сайтах [1, 2].

Основная цель экспериментальных работ состояла в изучении внутренней структуры вулканических комплексов и кимберлитовых трубок — оценке глубин расположения корней вулканов (трубок); определении типов пород, заполняющих каналы построек. Дополнительно проводилась оценка перспектив обнаружения на участках обследования скоплений нефти, газа, газоконденсата, янтаря, алмазов и некоторых других минералов и химических элементов.

Принципиально важной задачей было также изучение возможностей использования мобильной прямопоисковой технологии для обнаружения скоплений водорода в пределах вулканических построек и оценки (определения) глубин (интервалов) их залегания. На актуальность решения этой задачи обращается внимание в информационных материалах и публикациях [1, 2, 5, 10, 11, 16, 21]. Кроме того, важно дальнейшее совершенствование методики обнаружения и локализации вертикальных кана-

лов миграции глубинных флюидов и минерального вещества, что подчеркивается в работах [9, 12, 13].

**Методы исследований.** Экспериментальные исследования в районах расположения вулканов и кимберлитовых трубок выполнены с использованием мобильной прямопоисковой технологии, частотно-резонансной обработки и интерпретации (декодирования) данных ДЗЗ (спутниковых снимков) и фотоснимков [6—8, 14, 17, 20]. Отдельные компоненты (методы) применяемой технологии разработаны на принципах «вещественной» парадигмы геофизических исследований [7], сущность которой заключается в поиске конкретного (искомого в каждом отдельном случае) вещества — нефти, газа, газоконденсата, золота, железа, воды и др. С помощью мобильной технологии в целом, а также отдельных ее компонентов (методов) в последнее время проводят поиски скоплений углеводородов (УВ) на начальных этапах геологоразведочного процесса, в том числе используя интегральную оценку перспектив нефтегазоносности крупных и труднодоступных блоков и площадей. В статье [15] изложена последовательность действий при частотно-резонансной обработке снимков (фотоснимков) участков обследования или их фрагментов.

**Результаты исследований в районе Ключевской группы вулканов.** В статье [4] приведены результаты изучения глубинного строения Ключевской группы вулканов на Камчатке. Во время полевых работ в этом районе были обнаружены алмазы, в связи с чем на четырех локальных участках выполнены исследования с целью изучения глубинного строения вулканических построек и обнаружения полезных ископаемых, в том числе алмазов.

На рис. 1 показан спутниковый снимок Ключевской группы вулканов на п-ове Камчатка. Исследования с применением частотно-резонансного метода обработки данных ДЗЗ проведены для отдельных фрагментов снимка.

**Снимок вулканов 1—4, 7, 12.** В пределах этого фрагмента снимка зафиксированы сигналы (отклики) на резонансных частотах нефти, конденсата (сильный сигнал), газа, водорода, углерода, алмазов, янтаря, угля в песчанике, воды (слабый сигнал), минералов водорода. Установлено наличие в разрезе фрагмента 1—6-й и 12-й групп осадочных пород, 11-й группы (кимберлиты) — магматических пород. С поверхности (глубины) 250 км фиксируются отклики от 11-й группы магматических пород (кимберлиты) и 1—3-й групп — осадочных.

На глубине 150 км регистрируются отклики от 1—6-й групп осадочных пород, а на поверхности 215 км — только от 1—3-й групп. Группа 3 осадочных пород включает 6 образцов [15]. С поверхности 150 км фиксируются сигналы от всех шести, а с поверхности 250 км — от двух образцов группы.

Группа 2 (осадочные) включает в себя 18 образцов, на поверхности 200 км регистрируются сигналы

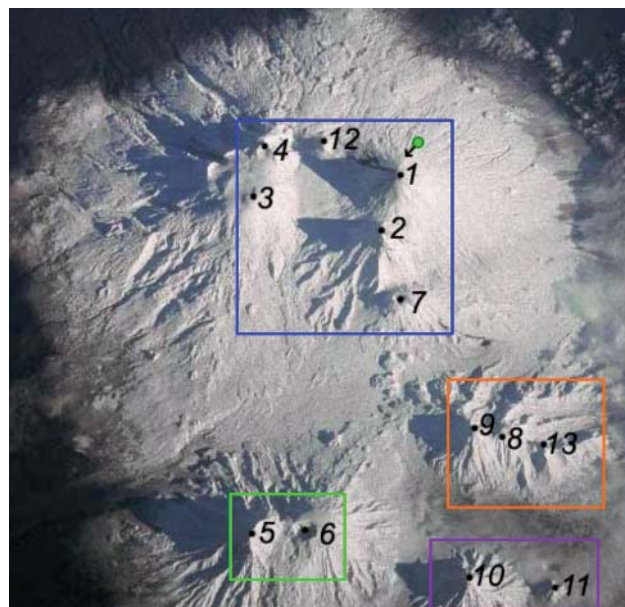


Рис. 1. Спутниковый снимок Ключевской группы вулканов: 1 — Ключевской; 2 — Камень; 3 — Дальняя Плоская сопка (Ушковский); 4 — Ближняя Плоская сопка (Крестовский); 5 — Острый Толбачик; 6 — Плоский Толбачик; 7 — Безымянный; 8 — Острая Зиминая; 9 — Овальная Зиминая; 10 — Большая Удина; 11 — Малая Удина; 12 — Средняя; 13 — Горный Зуб

Fig. 1. Satellite image of the Klyuchevskaya group of volcanoes: 1 — Klyuchevskoy; 2 — Kamen; 3 — Dalnyaya Ploskaya Sopka (Ushkovsky); 4 — Blizhnaya Ploskaya Sopka (Krestovskiy); 5 — Ostriy Tolbachik; 6 — Ploskiy Tolbachik; 7 — Besimyaniy; 8 — Ostraya Zimina; 9 — Ovalnaya Zimina; 10 — Bolshaya Uдина; 11 — Malaya Uдина; 12 — Srednyia; 13 — Gorniy Zoob

от всех образцов этой группы, а на поверхности 215 км откликов от первых 9 образцов в группе нет, от остальных — есть.

Глубина распространения пород 3-й группы прослежена по алевролиту: сканированием с шагом 1 м сигналы регистрировались до глубины 470,025 км.

Глубина канала кимберлитов прослежена сканированием разреза с разным шагом от 0 до 470,000 км.

Сигналы алмазов (с использованием определенной нами частоты образца алмаза из статьи [4]) фиксировались в следующих интервалах от земной поверхности, шаг сканирования 1 м: с глубины 640 м до 33,700 км; от 97,200 до 130,690 км; от 194,700 до 260,400; от 326,200 до 359,400; от 423,400 до 470,000 км (корень кимберлитовой трубки).

Отклики на резонансной частоте янтаря с земной поверхности, шаг сканирования 1 м, фиксируются на глубине от 620 м до 57,030 км. Ниже глубины 57,030 км фиксируются сигналы (интенсивные) на резонансных частотах водорода и углерода. Интервалы (глубины) регистрации откликов на частотах водорода с земной поверхности, шаг сканирования 1 м, — от 500 м до 57 км.

Глубины откликов дейтерия с земной поверхности, шаг сканирования 1 м, от 500 м до 14,400 км.

**Снимок вулканов 5, 6 (рис. 1).** С поверхности зафиксированы сигналы нефти, конденсата (силь-

ный), газа, кислорода, водорода (сильный), углерода (сильный), янтаря, угля (сильный), воды, минералов водорода.

В состав разреза входят 1–6-я и 12-я группы осадочных пород, а также 1–4-я, 6 и 7-я группы магматических пород. На глубине 200 км есть сигналы от 1–6-й групп осадочных пород. С поверхности 250 км магматические и осадочные породы не фиксируются. На поверхности 200 км есть сигнал водорода; с земной поверхности, шаг сканирования 1 м, — водород фиксируется с глубины 400 м до 57 км, ниже — сигнал сильнее.

Интервалы сигналов конденсата с земной поверхности: шаг сканирования 1 м, — с глубины 450 м до 57 км. В интервале 38–43 км фиксируется сильный сигнал конденсата.

**Снимок вулканов 8, 9, 13.** Зафиксированы сигналы нефти, конденсата (слабый), газа, кислорода (очень слабый), водорода, углерода, золота, алмазов (сильный), янтаря, угля.

Зафиксированы отклики на частотах 1–6-й и 12-й групп осадочных пород, а также 11-й (кимберлит) — сильный, 6, 8-й групп магматических пород. Очень слабый сигнал — от 9, 10-й групп магматических пород.

Верхняя граница кимберлитов с земной поверхности: шаг сканирования 1 м, фиксируется с глубины 450 м до 723,000 км.

Осадочные породы: группа 1 (1-я часть), с земной поверхности: шаг сканирования 1 м, фиксируется сигнал с глубины 370 м до 217,200 км; от второй части группы, с тем же шагом сканирования, сигнал фиксируется в интервале глубин 430 м — 470 км.

Алмазы с земной поверхности: шаг сканирования 1 м, фиксируется сигнал с глубины 370 м до 33 км (далее сканирование не выполнялось).

Водород с земной поверхности: шаг сканирования 1 м, фиксируется сигнал с 440 м.

Дейтерий с земной поверхности: шаг 1 м, фиксируется сигнал: от 530 м до 15 км.

**Снимок вулканов 10, 11.** Зафиксированы сигналы кислорода, водорода, углерода, золота, алмазов (сильный), воды. Сигналы осадочных пород в интервале сканирования не зафиксированы. Магматические породы — фиксируются сигналы от 6-й группы (слабый), 11–13-й групп.

Поверхность 150 км: группы 11–13 — есть сигнал; группы 14–16 — нет.

Поверхность 250 км: группы 11–13 — есть; 14–16 — нет.

Поверхность 469 км: группы 11 — слабый сигнал; 12, 13 — слабый.

Группа 11 с земной поверхности: шаг сканирования 1 м, фиксируется сигнал с глубины 150 м до 470,004 км.

Алмазы с земной поверхности: шаг сканирования 1 м, фиксируется сигнал с глубины 150 м.

Интервалы водорода с земной поверхности: шаг сканирования 1 м, фиксируется сигнал с глубины 150 м до 700 км.

Интервалы золота с земной поверхности: шаг сканирования 1 м, фиксируется сигнал с глубины 150 м до 470,015 км.

Поверхность 160 м: есть сигналы серебра, платины, никеля, меди, цинка. Поверхность 450 км: фиксируются сигналы серебра и платины.

**На этом участке есть глубинный канал миграции минерального вещества.**

Дополнительно проведены исследования с целью установления типа пород, которые могут находиться в верхней части разреза (интервал глубин 0–160 м). Были использованы два образца обсидиана (рис. 2, а, б) и два образца туфов (рис. 2, в, г). С поверхности зафиксированы отклики от всех образцов.

Интервалы туфа и обсидиана с земной поверхности: шаг сканирования 1 м, фиксируются сигналы с глубины от 0 до 160 м.

Для сопоставления дополнительно проведены исследования на близлежащих участках.

Участок вулканов 8, 9, 13: от обсидиана сигнала нет, от туфа — есть (слабый).

Вулканы 5, 6: от туфа есть сигнал, от обсидиана — есть (сильный). Вулканы 1–4, 7, 12: сигналов от обсидиана и туфов нет.

Интервалы туфов с земной поверхности (вулканы 5, 6): шаг сканирования 1 м, фиксируется сигнал: от 0 м до глубины 1,370 км.

Обсидиан с земной поверхности (вулканы 5, 6): шаг 1 м, фиксируется сигнал с земной поверхности до глубины 1,350 км.

Осадочные породы, группа 2, с земной поверхности: шаг 1 м, фиксируется сигнал с глубины 15 м.

**Частотно-резонансной обработкой фотоснимка обсидиана были зафиксированы сигналы от водорода,**



Рис. 2. Образцы обсидиана (а, б) и туфов (в, г)

Fig. 2. Photos of samples of obsidian (a, b) and tuffs (v, g)

дейтерия, криптона, рубидия, стронция, иттрия, циркона, ниобия, молибдена, рутения, родия.

На участке вулканов 10 и 11 определен интервал откликов от селена и галлия с земной поверхности: шаг сканирования 1 м, фиксируется сигнал: от 0 м до глубины 160 м.

**Исследования в районах расположения некоторых вулканов в Италии.** На рис. 3 представлен спутниковый снимок фрагмента территории Италии, в пределах которого расположены вулканические комплексы Флегрейские поля и Везувий. Прямоугольными контурами снимок разбит на пять отдельных фрагментов, частотно-резонансная обработка которых проводилась отдельно, после обработки всего снимка на начальном этапе исследований. Цифры в пределах разноцветных контуров указывают на последовательность (очередность) обработки отдельных фрагментов снимка.

На начальном этапе частотно-резонансной обработки всего снимка были зафиксированы аномальные отклики (сигналы) на резонансных частотах нефти, газоконденсата и газа, а также водорода, углерода и гелия. Затем проводилась обработка отдельных фрагментов рис. 3.

**Фрагмент 1 (Везувий).** Зафиксированы сигналы от 1—5-й групп осадочных пород. Откликов от магматических групп пород не зафиксировано. Сигналы от группы 5 осадочных пород зафиксированы сканированием разреза в интервале глубин от 300 м до 193,400 км (слой плавления пород). С поверхности (0 км) на первом фрагменте снимка зафиксированы

отклики на резонансных частотах нефти, газоконденсата, газа, водорода, углерода, гелия, кислорода. С поверхности 196 км (ниже) сигналов от перечисленных выше флюидов и химических элементов не обнаружено.

При обработке снимка (рис. 3) без фрагмента 1 (Везувий) обнаружен гранитный канал, корень которого зафиксирован на глубине 470,000 км.

**Фрагмент 2 (Флегрейские поля).** Установлены отклики от 6—11-й групп осадочных пород и 3—7-й групп магматических пород. Зондированием установлены отклики соли в интервале глубин 17,100—18,700 км. Габбро и базальты зафиксированы в интервале глубин 20—108 км. В пределах этого фрагмента глубинного канала пород гранитной группы или осадочных пород групп 1—5 не обнаружено.

**Фрагменты 3, 4.** При их обработке гранитный канал не был обнаружен. В пределах фрагментов не зафиксированы также отклики (сигналы) на резонансных частотах нефти, газа и конденсата, в связи с чем вертикальное сканирование разреза в пределах этих фрагментов снимков не проводилось.

**Фрагмент 5.** В левом верхнем углу фрагмент разбит пунктирной линией на две части. В правой части гранитного канала и сигналов на резонансных частотах УВ не обнаружено.

В левой части фиксируется сигнал гранитного канала, его верхняя граница установлена сканированием разреза на глубине 19,050 км. Зафиксированы также сигналы нефти, газа и конденсата. Нижняя



Рис. 3. Спутниковый снимок участка расположения вулканических комплексов Флегрейские поля и Везувий в Италии. Прямоугольными контурами обозначены локальные участки дополнительной обработки спутниковых снимков

Fig. 3. Satellite image of area of the volcanic complexes Flegrei Fields and Vesuvius location in Italy. Rectangular contours indicate local areas of additional processing of satellite images

граница этих сигналов установлена на глубине 57,000 км. Ниже фиксируются отклики на резонансных частотах водорода и углерода.

На рис. 4 представлен фотоснимок грязевого вулкана в заповеднике Riserva Naturale Salse di Nirano. Аномальные отклики на резонансных частотах от магматических и метаморфических пород не зафиксированы.

В процессе частотно-резонансной обработки



Рис. 4. Грязевой вулкан (сальза) в заповеднике Riserva Naturale Salse di Nirano в провинции Эмилия-Романья, Италия

Fig. 4. Mud volcano in the Riserva Naturale Salse di Nirano Reserve in the province of Emilia Romagna, Italy.

фотоснимка вулкана зарегистрированы аномальные отклики на резонансных частотах 1–5-й групп осадочных пород. Сканированием разреза, с использованием образцов осадочных пород этой группы, зафиксированы отклики (сигналы) на резонансных частотах этих пород в интервале глубин от 25 м до 193,600 км. Следовательно, корень этого грязевого вулкана расположен в жидком (расплавленном) слое Земли.

**Дополнительные исследования в районах вулканов.** Вулканы Тятя и Менделеева расположены на о-ве Кунашир Курильской гряды. В результате частотно-резонансного сканирования фотоснимков этих вулканов в их контурах зафиксированы отклики на резонансных частотах 1–5-й групп осадочных пород. Сигналы на резонансных частотах магматических и метаморфических пород на этих вулканах не зарегистрированы.

Дополнительно на снимке вулкана Тятя проведено сканирование разреза по всем пяти типам осадочных пород. Сигналы (отклики) от всех типов пород зафиксированы в интервале глубин от 0 до

194,800 км, что свидетельствуют о расположении корня вулкана Тятя в жидком (расплавленном) слое пород и минералов.

Проведена также частотно-резонансная обработка фотоснимка вулкана Таранаки (Новая Зеландия). В его контуре зафиксированы аномальные отклики на резонансных частотах 1–6-й групп осадочных пород. Отклики на резонансных частотах магматических и метаморфических пород не зарегистрированы.

Сигналы от осадочных пород этих групп фиксировались от поверхности до глубины 194,600 км. Корень этого вулкана также расположен в зоне плавления пород.

При обработке фотоснимка вулкана с использованием частот образцов УВ были зафиксированы сигналы на резонансных частотах нефти, газоконденсата и газа. Последующим сканированием разреза аномальные отклики на резонансных частотах газа зафиксированы с глубины от 200 м до 57,010 км. При этом на глубине (поверхности) 57,100 км сигналы на резонансных частотах водорода и углерода не обнаружены.

Фотоснимок вулкана Таранаки был обработан и с использованием частоты янтаря. Сигналы (отклики) на резонансной частоте этого минерала зарегистрированы в интервале глубин от 700 м до 194,100 км, причем на глубине 4 км — сигналы большой амплитуды.

**Исследования на участках расположения кимберлитовых трубок.** С целью изучения возможностей применения частотно-резонансной технологии обработки данных ДЗЗ для поисков кимберлитовых трубок и алмазов экспериментальные исследования проводились в 2011 и 2016 гг. Результаты экспериментов представлены в статье [8].

На участках расположения нескольких трубок (в том числе обследованных ранее [8]) проведены дополнительные работы с целью изучения особенностей их внутреннего строения. Основные задачи дополнительных исследований сводились к следующему:

1) определение глубины распространения кимберлитовых пород в трубке (нахождение дна трубки) с использованием методики вертикального сканирования разреза в центре трубки, что позволяет фиксировать аномальные отклики на резонансных частотах кимберлитов на разных глубинах;

2) определение интервалов распространения алмазов в трубках по глубине;

3) установление наличия (или отсутствия) определенных комплексов пород в контурах трубок, которые есть в разрезе за пределами трубок.

*Алмазная трубка «Letseng-La-Terae» (Королевство Лесото).* Вертикальным сканированием разреза в центре трубки (фрагмент рис. 5 с аномальными зонами «кимберлит» и «алмаз», обозначенный черным прямоугольником) аномальные отклики на



Рис. 5. Геоэлектрические аномальные зоны над кимберлитовой трубкой «Letseng-La-Terae» (Королевство Лесото). Зона регистрации откликов на резонансных частотах: 1 — кимберлитов, 2 — алмазов; 3 — точка вертикального сканирования

Fig. 5. Geoelectric anomalous zones above the Letseng-La-Terae kimberlite pipe (Kingdom of Lesotho). Zone of recording responses at the resonant frequencies: 1 — of kimberlites, 2 — of diamonds; 3 — point of vertical scanning

резонансных частотах кимберлитов зафиксированы в интервале глубин 0—723 км. Можно сделать вывод, что основание (корень) трубки «Letseng-La-Terae» расположено на глубине 723 км.

Сканированием в центре трубки до глубины 110 км сигналы (отклики) на резонансных частотах базальтов и габбро не зафиксированы. В связи с этим дополнительно обследован небольшой фрагмент рис. 5 в правом верхнем углу (за пределами трубки), обозначенный синим прямоугольником. Отклики на резонансных частотах базальтов и габбро здесь зафиксированы и в интервале глубин 82—113 км.

На этом же фрагменте рисунка зона плавления пород (зона «жидкого» состояния) зафиксирована в интервале глубин 190,650—218,000 км. Отметим, что зона плавления пород в центре трубки «Letseng-La-Terae» не обнаружена: отклики (сигналы) на резонансных частотах алмазов зафиксированы в следующих интервалах разреза: 1) 0—33; 2) 154—187; 3) 270—303 км.

Кимберлитовая трубка «Удачная» (Якутия, Россия) (рис. 6). В центре трубки аномальные отклики на резонансных частотах кимберлитов и лампроитов зафиксированы и прослежены в интервале глубин 0—723 км. В пределах алмазоносной трубки в разрезе не обнаружены зоны (интервалы) базальтов и габбро, а также зона плавления (жидкого состояния) пород в интервале глубин 190—220 км. В центре трубки отклики на резонансных частотах алмазов зафиксированы на следующих глубинах: 1) 0—39; 2) 153—183; 3) 273—297 км.

Алмазная трубка «Мир» (Якутия, Россия) (рис. 7). В результате частотно-резонансной обработки фотоснимка трубки на обследованной площади зафиксированы отклики на резонансных частотах

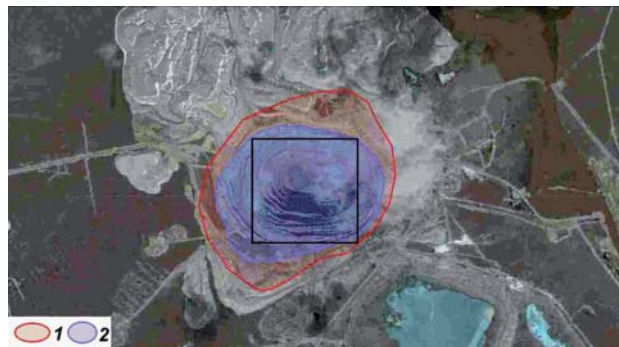


Рис. 6. Геоэлектрические аномальные зоны над кимберлитовой трубкой «Удачная» (Якутия, Россия). Зона регистрации откликов на резонансных частотах: 1 — кимберлитов, 2 — алмазов

Fig. 6. Geoelectric anomalous zones above the Udachnaya kimberlite pipe (Yakutia, Russia). Zone of recording responses at the resonant frequencies: 1 — of kimberlites, 2 — of diamonds



Рис. 7. Снимок кимберлитовой трубки «Мир» (Якутия, Россия)  
Fig. 7. Snapshot of the Mir kimberlite pipe (Yakutia, Russia).

алмазов, нефти, конденсата, газа, гелия, кислорода, углерода. Сигналы алмазов зарегистрированы в следующих интервалах глубин: 1) 920 м—32,020 км; 2) 94,200—126,300; 3) 189,000—253,000; 4) 314,150—402,700; 5) 464,300—496,450; 6) 558,100—590,200; 7) 652,000—996,000 км. Корень кимберлитов установлен на глубине 996,000 км.

Район алмазоносной шахты Diavik (Канада) [19]. Спутниковый снимок участка расположения месторождения показан на рис. 8. На месторождении обнаружен самый крупный алмаз Северной Америки (рис. 9). На начальном этапе был обработан фрагмент снимка на рис. 8, в пределах которого расположены две трубки. На нем зафиксированы отклики только на резонансных частотах кимберлитов и алмазов. При сканировании разреза с разным шагом сигналы кимберлитов зафиксированы в интервале глубин 0—723 км, сигналы алмазов — в интервале 0—33 км (первый интервал). Второй интервал берет свое начало с глубины 95,960 км.

В пределах первого и второго фрагментов сним-



Рис. 8. Спутниковый снимок (Google Maps) алмазоносной шахты Diavik (Canada)

Fig. 8. Satellite image of the location of the diamond-bearing pipes of the Diavik deposit (Canada, Northwest Territories)



Рис. 9. Самый крупный алмаз в Северной Америке (552 кар) / Fig. 9. The largest diamond in North America (552 carats)

ка (левый и правый верхние углы) сигналы на частотах алмазов и кимберлитов не зафиксированы.

На третьем фрагменте снимка внизу (в центре) зафиксированы сигналы от алмазов, водорода, углерода, газа, нефти, конденсата, янтаря, угля. Установлены три типа каналов и определены глубины расположения их корней: гранитного — 996 км; кимберлитового — 723 км; осадочных пород — зона плавления (194—225 км). Вне контура гранитного канала сканированием установлены два интервала гранитов: 1) 1,5—2570 м; 2) 18,450—22,8 км. Сигналы алмазов зафиксированы в интервале глубин 3 м — 32,100 км. Второй интервал начался с глубин 96,00 км.

В контуре четвертого фрагмента в правом нижнем углу зафиксированы сигналы алмазов и кимберлитов. Корень кимберлитового канала определен на глубине 723, а гранитного — 996 км. Сигналы от алмазов зарегистрированы в интервале 1 м — 32,500 км, второй интервал — с глубины 96,150 км.

На оставшихся частях снимка на рис. 8 обнаружены сигналы алмазов и кимберлитов еще в четырех местах.



Рис. 10. Спутниковый снимок Волынской и Ривненской областей Украины

Fig. 10. Satellite images of Volyn and Rivne regions of Ukraine

*Поиски кимберлитов в других регионах.* На рис. 10 представлен спутниковый снимок Волынской и Ривненской областей Украины, на территории которых проводились исследования с целью интегральной оценки перспектив обнаружения горючих и рудных полезных ископаемых, в том числе алмазов. Аномальные отклики на резонансных частотах алмазов зафиксированы на территории этих областей.

Исследования детального характера были проведены на одном, отдельном локальном участке в Ривненской области. На обследованной площади обнаружены два локальных объекта, в пределах которых зафиксированы отклики на резонансных частотах кимберлитов и алмазов. Оценка глубин расположения верхних кромок прогнозируемых кимберлитовых каналов с включениями алмазов не превышает 100 м. Обнаруженные локальные объекты заслуживают детального изучения и разбуривания.

К этому необходимо добавить, что ранее в районе населенного пункта Кухотская Воля в Ривненской области был выполнен большой объем геолого-геофизических исследований с целью поисков кимберлитов и алмазов. Результаты исследований представлены в работе [3].

**Основные выводы и заключение.** Результаты экспериментальных исследований еще раз свидетельствуют о целесообразности применения частотно-резонансной технологии для поисков и локализации кимберлитовых пород и оценки перспектив обнаружения в их пределах алмазов, а также изучения глубинного строения участков расположения вулканических комплексов. Приведенные материалы могут быть использованы при построении моделей формирования кимберлитовых трубок с включениями алмазов.

Выполненные экспериментальные исследования с целью изучения глубинного строения кимберлитовых трубок, а также обнаружение кимберли-

товых каналов и фиксация сигналов (откликов) на резонансных частотах алмазов в океане и в районах расположения ряда вулканических комплексов дают основания для предположений, что алмазов в недрах Земли существенно больше, чем принято считать с позиций современных представлений об их генезисе и размещении месторождений. Эти выводы подтверждаются также результатами исследований, краткая характеристика которых представлена на сайте [18].

В электронных публикациях [1, 2, 5, 10, 11] отмечается, что источником водорода могут быть вулканические постройки. Материалы исследований в районе Ключевской группы вулканов на Камчатке можно считать подтверждением этих предположений. А мобильная технология частотно-резонансной обработки и декодирования данных ДЗЗ (спутниковых снимков) и фотоснимков может успешно использоваться для оперативного обнаружения и картирования возможных скоплений (крупных) водорода на участках (площадях) интенсивной водородной дегазации.

Результаты глубинного частотно-резонансного зондирования разреза обследованных локальных участков, а также в жерлах других действующих и старых вулканов показывают, что корни вулканов (каналов миграции глубинных флюидов и минерального вещества) могут располагаться в расплавленном (жидком) слое пород, который обнаружен и фиксируется на земном шаре практически везде в интервале глубин 194–225 км, а также на глубинах 470 и 723 км.

#### Список библиографических ссылок

1. Водородная дегазация планеты: анализ вулканических структур. <http://earth-chronicles.ru/news/2011-12-12-13338>
2. Водородная энергетика: пора бурить скважины <http://hydrogen-future.com/list-c-article/9-page-id-9.html>
3. Гейко Ю.В., Тараско І.В., Приходько В.Л. и др. Перспективи виявлення корінних джерел алмазів у межах Кухотсько-Більської площі. *Мінеральні ресурси України*. 2018. № 2. С. 10–20.
4. Гонтовая Л.И., Силаев В.И., Вергасова Л.П. и др. К вопросу о глубинности источника флюидно-магматического вещества под Толбачинским и Ключевским вулканами. Материалы XX Региональной научной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвящённой Дню вулканолога, 30–31 марта 2017 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2017. С. 22–25. Режим доступа: [www.kscnet.ru/ivs/publication/volc\\_day/2017/art5.pdf](http://www.kscnet.ru/ivs/publication/volc_day/2017/art5.pdf)
5. Ларин В.Н. Нефть на Земле не заканчивается. Жгите, сколько хотите: интервью. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ptel.cz/2014/02/vladimir-nikolaevich-larin-neft-na-zemle-ne-zakanchivaetsya-zhgite-skolko-xotite/> (дата обращения: 55.03.2016)
6. 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.
7. 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.
8. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Дрогицкая Г.М. Мобильные прямопоисковые технологии: о целесообразности их применения при поисках урана и кимберлитовых трубок. *Геоинформатика*. 2018. № 4. С. 5–28.
9. 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.
10. Полеванов В.П. Нефть не может дорого стоить, потому что восстанавливается, как лес: интервью. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.business-gazeta.ru/article/148000> (дата обращения: 25.03.2016).
11. Портнов А. Вулканы — месторождения водорода. Режим доступа: <http://www.promved.ru/articles/article.phtml?id=1988&nomer=1>
12. Тимурзиев А.И. Альтернативы «сланцевого» сценария развития ТЭК России на основе глубинной парадигмы нефтегазовой геологии. *Геофизический журнал*. 2018. Т. 40, № 4. С. 133–154.
13. Шестопалов В.М., Лукин А.Е., Згоник В.А. и др. Очерки дегазации Земли. Киев: ТОВ «БАДАТА-Интек сервис», 2018. 632 с.
14. Якимчук М.А. Електричне поле і його роль у житті Землі. *Геоинформатика*. 2014. № 3. С. 10–20.
15. 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.
16. Larin N.V., Zgonnik V., Rodina S., Deville E. 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
17. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. and Bozhezha 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*. 2017. Vol. 5, N 1. P. 48–91. [www.ncgt.org](http://www.ncgt.org)
18. Quadrillion tons of diamond discovered deep within the Earth. <https://newatlas.com/quadrillion-tons-diamond-cratons/55483/>
19. Rio Tinto opens new diamond pipe at Diavik. <https://www.myyellowknifenow.com/31802/rio-tinto-opens-new-diamond-pipe-at-diavik/>
20. 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 [Электронный ресурс]. *Offshore Technology Conference Arctic Technology Conference*, 23-25 March, Copenhagen, Denmark, 2015. — DOI:10.4043/25578-MS. Режим доступа: <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS> (дата обращения: 25.03.2016).

21. 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.

Поступила в редакцію 18.02.2019 г.

## ІНТЕГРАЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ СТРУКТУРИ ДЕЯКИХ ВУЛКАНІВ І КІМБЕРЛІТОВИХ ТРУБОК ЗЕМЛІ

М.А. Якимчук<sup>1</sup>, І.М. Корчагін<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](mailto: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](mailto:korchagin.i.n@gmail.com)

Проаналізовано результати експериментальних досліджень, проведених із застосуванням технології частотно-резонансної обробки та інтерпретації даних дистанційного зондування Землі (спутникових знімків) і фото-знімків з метою вивчення внутрішньої структури вулканічних структур і кімберлітових трубок. Експерименти здійснено в районах розташування відомих вулканів на Камчатці, о-ві Кунашир, в Італії, а також кімберлітових трубок в Якутії, Королівстві Лесото і в Канаді. Результати глибинного частотно-резонансного зондування розрізу на ділянках досліджень показують, що коріння обстежених каналів міграції глибинних флюїдів і мінеральної речовини (вулканів, кімберлітових трубок) можуть розміщуватися в розплавленому (рідкому) шарі порід, який виявлений і фіксується на земній кулі практично скрізь в інтервалі глибин 194—225 км, а також на глибинах 470 і 723 км. У межах трьох обстежених ділянок на Камчатці виявлені кімберлітові трубки з включеннями алмазів, канал міграції мінеральної речовини, а також зафіксовані відгуки на частотах водню на невеликих інтервалах глибин. У районі родовища алмазів у Канаді виділено локальні ділянки, перспективні на виявлення алмазів і вуглеводнів. Оперативно проведені експериментальні дослідження показали, що частотно-резонансний метод обробки та інтерпретації даних ДЗЗ можна використовувати для вивчення глибинної будови тектонічних структур Землі та пошуків горючих і рудних корисних копалин.

**Ключові слова.** Камчатка, вертикальний канал, вулкан, кімберлітові трубка, глибинна будова, розріз, нафта, газ, водень, алмаз, бурштин, супутникові дані, прямі пошуки, мобільна технологія, аномалія, обробка даних дистанційного зондування Землі, інтерпретація.

## INTEGRAL ESTIMATION OF THE DEEP STRUCTURE OF SOME VOLCANOES AND CYMBERLITE PIPES OF THE EARTH

N.A. Yakymchuk<sup>1</sup>, I.N. 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](mailto:yakymchuk@gmail.com)

<sup>2</sup>Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kyiv, Ukraine, [korchagin.i.n@gmail.com](mailto:korchagin.i.n@gmail.com)

**Purpose.** Experimental studies using the technology of frequency-resonance processing and interpretation of remote sensing data of the Earth (RS) (satellite images) and photo images were conducted to study the internal structure of volcanoes and kimberlite pipes. The experiments were conducted in the areas of location of the famous volcanoes in Kamchatka, Kunashir Island, in Italy, as well as at kimberlite pipes in Yakutia, Kingdom of Lesotho and Canada.

**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.** The results of the deep frequency-resonance sounding of the cross-section on research sites show that the roots of the examined channels of deep fluids and minerals migration (volcanoes, kimberlite pipes) can be located in the molten (liquid) layer of rocks, which is detected and fixed on the globe almost everywhere in the depth interval 194—225 km, as well as at depths of 470 km and 723 km. Within the three surveyed areas in Kamchatka, kimberlite pipes with inclusions of diamonds, a channel of the mineral matter migration were detected, and responses were recorded at hydrogen frequencies at small depth intervals. In the area of the diamond deposit in Canada, local sites have been identified that are promising for the detection of diamonds and hydrocarbons. The discovery of kimberlite channels and the fixation of signals (responses) at the resonant frequencies of diamonds in the ocean and in areas of

a number of volcanic complexes suggest that there are significantly more diamonds in the Earth than is commonly believed from the standpoint of modern concepts of their genesis and location of deposits. The materials of the research carried out in the area of the Klyuchevskaya group of volcanoes in Kamchatka can be considered as confirmation of the assumptions that volcanic structures can be a source of hydrogen.

**The practical significance and conclusions.** Operatively conducted experimental studies have shown that the frequency-resonance method of Earth remote sensing data processing and interpreting can be used to study the deep structure of the Earth's tectonic structures and to search for combustible and ore minerals. Additional testing of this technology in the surveyed areas indicates the possibility of operative detection and mapping with its help of anomaly of the «deposit» type (DTA) — «diamond bearing pipe», «aquifer», «gold deposit», «uranium deposit» type, etc. The frequency-resonance method of satellite images scanning also makes it possible to assess the depth and thickness of individual anomalous polarized layers of the «aquifer», «gold-bearing mineralization», «uranium mineralization», type, etc. Vertical scanning allow also determine with acceptable accuracy the occurrence intervals of individual rock types (sedimentary and igneous), present in the cross-section. Mobile technology of frequency-resonance processing and decoding of satellite images and photo images can be used for operative detection and mapping of hydrogen accumulations in areas of intensive hydrogen degassing.

**Keywords.** Kamchatka, vertical channel, volcano, kimberlite pipe, deep structure, cross-section, oil, gas, hydrogen, diamond, amber, satellite data, direct prospecting, mobile technology, anomaly, remote sensing data processing, interpretation.

## References

1. Vodorodnaya degazatsiya planety: analiz vulkanicheskikh struktur. <http://earth-chronicles.ru/news/2011-12-12-13338>
2. Vodorodnaya energetika: pora burit' skvazhiny <http://hydrogen-future.com/list-c-article/9-page-id-9.html>
3. Geyko Yu.V., Tarasko I.V., Prikhod'ko V.L. et al. Perspektivi viyavleniya korinnikh dzherel almaziv u mezhakh Kukhots'ko-Bil's'koï ploshchi. *Mineral'ni resursy Ukraïny*. 2018. N 2. P. 10—20.
4. Gontovaya L.I., Silaev V.I., Vergasova L.P. et al. K voprosu o glubinnosti istochnika flyuidno-magmatischeeskogo veshchestva pod Tolbachinskim i Klyuchevskim vulkanami. Materialy XX Regional'noy nauchnoy konferentsii «Vulkanizm i svyazaniye s nim protsessy», posvyashchenoy Dnyu vulkanologa, 30—31 marta 2017 g. Petropavlovsk-Kamchatskiy: IViS DVO RAN, 2017. S. 22—25. [www.kscnet.ru/ivs/publication/volc\\_day/2017/art5.pdf](http://www.kscnet.ru/ivs/publication/volc_day/2017/art5.pdf)
5. Larin V.N. Neft' na Zemle ne zakanchivaetsya. Zhgite, skol'ko khotite: interv'yū. Rezhim dostupa: <http://ptel.cz/2014/02/vladimir-nikolaevich-larin-neft-na-zemle-ne-zakanchivaetsya-zhgite-skolko-xotite/> (data obrashcheniya: 55.03.2016).
6. Levashov S.P., Yakimchuk N.A., Korchagin I.N. Novye vozmozhnosti operativnoy otsenki perspektiv neftegazonosnosti razvedochnykh ploshchadey, trudnodostupnykh i udalennykh territoriy, litsenzionnykh blokov. *Geoinformatyka*. 2010. N 3. P. 22—43.
7. Levashov S.P., Yakimchuk N.A., Korchagin I.N. Chastotno-rezonansnyy printsip, mobil'naya geoelektricheskaya tekhnologiya: novaya paradigma geofizicheskikh issledovaniy. *Geofizicheskii zhurnal*. 2012. Vol. 34, N 4. P. 167—176.
8. Levashov S.P., Yakimchuk N.A., Korchagin I.N., Drogitskaya G.M. Mobil'nye pryamopoiskovye tekhnologii: o tselesoobraznosti ikh primeneniya pri poiskakh urana i kimberlitovykh trubok. *Geoinformatyka*. 2018. N 4. P. 5—28.
9. Lukin A.E., Shestopalov V.M. Ot novoy geologicheskoy paradigmy k zadacham regional'nykh geologo-geofizicheskikh issledovaniy. *Geofizicheskii zhurnal*. 2018. Vol. 40, N 4. P. 3—72.
10. Polevanov V.P. Neft' ne mozhet dorogo stoit', potomu chto vosstanavlivaetsya, kak les: interv'yū. [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.business-gazeta.ru/article/148000> (data obrashcheniya: 25.03.2016).
11. Portnov A. Vulkany — mestorozhdeniya vodoroda. Rezhim dostupa: <http://www.promved.ru/articles/article.phtml?id=1988&nomer=1>
12. Timurziev A.I. Al'ternativy «slantsevogo» stsenariya razvitiya TEK Rossii na osnove glubinnoy paradigmy neftegazovoy geologii. *Geofizicheskii zhurnal*. 2018. Vol. 40, N 4. P. 133—154.
13. Shestopalov V.M., Lukin A.E., Zgonik V.A. et al. Ocherki degazatsii Zemli. Kiev: TOV «BADATA-Intek servis», 2018. 632 s.
14. Yakimchuk M.A. Elektrichne pole i yogo rol' u zhitti Zemli. *Geoinformatyka*. 2014. N 3. P. 10—20.
15. 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 3. P. 5—27.
16. Larin N.V., Zgonnik V., Rodina S., Deville E. 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
17. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. and Bozhezha 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*. 2017. Vol. 5, N 1. P. 48—91. [www.ncgt.org](http://www.ncgt.org)
18. Quadrillion tons of diamond discovered deep within the Earth. <https://newatlas.com/quadrillion-tons-diamond-cratons/55483/>

19. Rio Tinto opens new diamond pipe at Diavik. <https://www.myyellowknifenow.com/31802/rio-tinto-opens-new-diamond-pipe-at-diavik/>
20. 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 [Электронный ресурс]. *Offshore Technology Conference Arctic Technology Conference*, 23-25 March, Copenhagen, Denmark, 2015. — DOI:10.4043/25578-MS. Режим доступа: <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS> (дата обращения: 25.03.2016).
21. 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.

*Received 18/02/2019*