

УДК 528+550.837+553.98

**Н.А. Якимчук<sup>1</sup>, И.Н. Корчагин<sup>2</sup>, К.П. Янушкевич<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии,  
пер. Лабораторный, 1, г. Киев, 01133, Украина,  
e-mail: yakumchuk@gmail.com, katernaiian@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

## **АПРОБАЦИЯ МЕТОДОВ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ И ФОТОСНИМКОВ НА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ «КРАТЕР ЧИКСУЛУБ»**

*Представлены результаты апробации мобильной прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков на геологических объектах, которые носят название «астроблемы». Детально исследованы кратеры Чиксулуб (п-ов Юкатан), Вредефорт (ЮАР), Земля Уилкса, Аризонский, Маникуаган и Ледник Гайавате (Гренландия). Полагают, что все эти структуры – импактные кратеры. В ходе исследований в пределах каждой из этих структур обнаружены вулканы различной глубины и литостратиграфического состава. Гранитными вулканами оказались кольцевые структуры Чиксулуб, Вредефорт (каждая из них имеет по два корня: на глубине 470 км – молодой вулкан и на глубине 996 км – старый вулкан), вулканами ультрамафических пород – Гайавате (корень на глубине 470 км), Аризонский кратер (корень на глубине 723 км), солевым вулканом – Земля Уилкса (корень на глубине 723 км), базальтовым вулканом – Маникуаган (корень на глубине 723 км). Сделан вывод о том, что мобильная прямопоисковая технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков может быть использована для изучения глубинного строения и установления генезиса кольцевых структур, изучения вулканов различного типа, а также при поиске горючих и рудных полезных ископаемых в различных регионах земного шара.*

**Ключевые слова.** Чиксулуб, кольцевая структура, вулкан, глубинное строение, нефть, газ, янтарь, водород, спутниковые данные, прямые поиски, мобильная технология, обработка данных ДЗЗ, интерпретация.

**Введение.** В конце 2018 г. состоялась Украинская морская антарктическая экспедиция [3], после возвращения из которой авторы всецело погрузились в исследование вулканической деятельности. Дополнительные материалы проведенных работ в этом направлении позволяют констатировать, что при изучении внутреннего строения и внешнего облика Земли геологи и

геофизики уделяют недостаточно внимания вулканической деятельности.

В связи с этим в последнее время при проведении экспериментальных исследований поискового характера практически повсеместно выполняется определенный комплекс дополнительных измерений с целью обнаружения на участках обследования прогнозируемых (и существующих)

вулканических построек. Целенаправленно проводятся работы и по обследованию (изучению) глубинного строения вулканов различного типа. Некоторые результаты уже выполненных работ такого характера представлены в публикациях [4, 8].

Представляет интерес еще одно направление исследований с использованием мобильных прямопоисковых методов. Во многих случаях у специалистов нет достаточного количества данных, чтобы однозначно решить вопрос: конкретная (изучаемая) кольцевая структура является вулканической постройкой или метеоритным кратером? Результаты применения мобильных прямопоисковых методов на участках расположения кольцевых структур могут внести определенную ясность в решение данного вопроса. Это обстоятельство определяет (задает) еще одно направление исследований – обследование участков (площадей) расположения кольцевых структур с целью установления их (возможного) генезиса – структура является метеоритным кратером, или вулканической постройкой. Некоторые результаты такого характера работ по изучению известного кратера Чиксулуб и некоторых других кратеров [2] представлены в настоящей статье.

**Методы исследований.** Экспериментальные исследования рекогносцировочного характера на участках (площадах) расположения кратеров проведены с использованием технологии частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых снимков и фотоснимков, и методики интегральной оценки перспектив нефтегазоносности локальных участков и крупных блоков. Особенности использованных мобильных прямопоисковых методов и результаты их апробации и практического применения охарактеризованы в статьях [3–8], а также опубликованных в номере журнала статья.

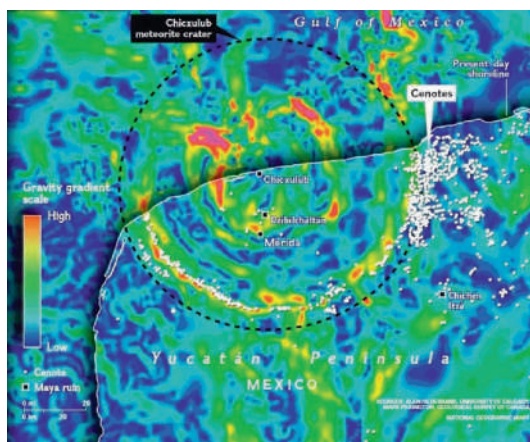
Взгляды мировой научной общественности на происхождение кратера Чиксулуб. В сообщении [2], как и во многих других источ-

никах [9–13] утверждается, что кратер Чиксулуб имеет импактное происхождение. Его причисляют к одной из наибольших (диаметр 150–180 км) астроблем в мире. Вследствие больших размеров кратера его существование невозможно было определить визуально. Учёные случайно открыли кратер только в 1978 г. при проведении геофизических исследований на дне Мексиканского залива. Открытие, как правило, приписывается Глену Пенфилду, геофизику, который отметил необычные особенности региона, работая в мексиканской нефтяной компании Pemex. При изучении карты магнитной съемки Мексиканского залива Г. Пенфилд обнаружил полукруглую дугу протяжённостью около 70 км, что свидетельствует о наличии ударного кратера. По данным гравитационного поля (рис. 1) учёные определили продолжение этой дуги на суше, на северо-западе полуострова Юкатан [14].

Кратер расположен в районе северного побережья полуострова Юкатан, что можно видеть на гравиметрических картах (рис. 1). Во время планетарной катастрофы Мексиканский залив покрывал северную часть полуострова, поэтому падение астероида пришлось на мелкое море. Отложения на дне залива заполнили кратер и в конечном итоге «засыпали» его слоем наносов мощностью от нескольких сотен метров до ~ 1 км. Кратер Чиксулуб не виден на поверхности Земли, как знаменитый Метеоритный кратер в Аризоне.

В результате радиолокационных измерений, сделанных с одного из космических кораблей НАСА, в отложениях, заполняющих кратер Чиксулуб было обнаружено маломощное углубление. Кроме того, установлено что в недавнем геологическом прошлом и по сей день подземные воды, текущие на север полуострова, сталкиваясь с подповерхностной кромкой кратера, изменяют свое направление вокруг кратера. Этот сильный поток грунтовых вод растворил известняк, образовав серию воронок,

заполненных водой. Их называют сенотами (рис. 1). В результате на поверхности кратера образовалось кольцо сенотов [15], их когда-то использовали майя на жертвенных церемониях [14].



**Рис. 1.** Карта гравитационных аномалий зоны расположения кратера Чиксулуб. Береговая линия обозначена белым цветом. Концентрическими деталями показано местонахождение кратера. Белые точки – сеноты (воронки, заполненные водой) [26]

**Fig. 1.** Gravity anomaly map of the Chicxulub impact area. The coastline is shown as a white line. A series of concentric features reveals the location of the crater. White dots represent cenotes (water-filled sinkholes) [26]

Существует также теория, что именно событие, в результате которого появился кратер Чиксулуб, стало причиной вымирания динозавров. Предполагается, что после падения астероида вследствие удара в атмосферу Земли поднялось огромное количество пыли и камней. Распространение мощных ударных волн вызвало землетрясения и извержения вулканов по всему миру. В океанах возникли мегацунами высотой в тысячи метров. Огромное количество каменного материала с поверхности Земли попало в атмосферу и за её пределы. Некоторые из крупных глыб падали на Землю, сгорая в атмосфере и вызывая глобальные огненные бури. Небо стало темным, облако пыли покрыло планету, блокировав солнечный свет и вызывая кислотные дожди. На Земле на многие годы прекратился фотосинтез. Однако спустя миллионы лет

осталось лишь несколько мест, где можно обнаружить свидетельства этой катастрофы. Даже для зрителя, стоящего высоко над центром кратера, последствия падения метеорита не так очевидны [14].

Теория была выдвинута физиком Луисом Альваресом и его сыном геологом Волтером Альваресом. Исследователи предположили, что концентрация иридия в тонком слое осадочных пород на границе мелового и палеогенового периодов в разных частях мира (Италии, Дании, Новой Зеландии), в 15–160 раз превосходила нормальную и имеет внеземное происхождение [16].

О том, что на северо-западе полуострова Юкатан находится крупная кольцевая структура, заговорили в 1990-е годы, после того как канадский геолог Алан Хильдебранд (Hildebrand) детально изучил космические снимки и опубликовал результаты своих исследований. В 2002 г. спутниковая миссия GRACE, изучавшая гравитационное поле Земли из космоса, подтвердила наличие гравитационной аномалии в этом месте.

Результаты экспериментальных работ в пределах кратера Чиксулуб. Частотно-резонансная обработка фотоснимков и спутниковых снимков кольцевой структуры «кратер Чиксулуб» проведена с целью получения дополнительных данных для выяснения ее генезиса – импактный кратер, или вулканический комплекс.

При частотно-резонансной обработке спутникового снимка (рис. 2) района расположения кратера с поверхности зарегистрированы отклики от конденсата, газа, «мертвой» воды, лонсдейлита.

Зафиксированы сигналы от 8, 9 и 10-й групп осадочных пород, а также 1–5, 7–10-й групп магматических пород.

Фиксацией откликов на различных глубинах (50, 150, 450, 470, 550, 722, 723, 750, 996 км) определены глубины расположения корней следующих вулканов: 8 (доломиты), 9 (мергели) и 10-й групп осадочных пород – 470 км; 7-й группы магматических

(ультрамафических) пород – 723 км; 1-й группы магматических (граниты) – 996 км. Т.е. это гранитный вулкан, у которого есть два корня: старый (на глубине 996 км) и молодой (на глубине 470 км), верхняя граница вулкана 250 м.

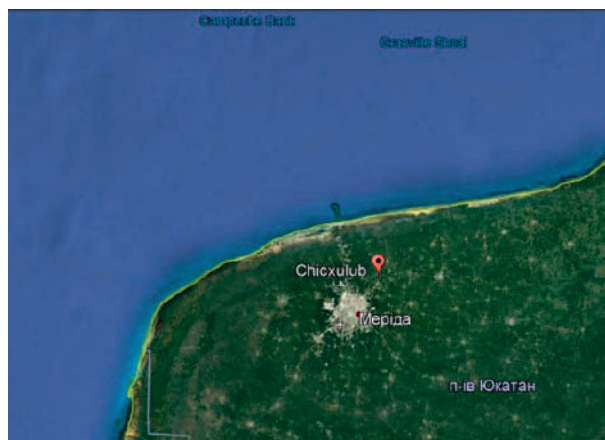


Рис.2. Спутниковый снимок части полуострова Юкатан и Мексиканского залива, где расположен древний кратер Чиксулуб

Fig. 2. Satellite image of part of the Yucatan Peninsula and the Gulf of Mexico where the ancient Chicxulub crater is located

С поверхности при обработке снимка (рис. 3) зафиксированы сигналы от 1-й группы магматических пород (граниты), а также 8-й и 9-й (доломиты и мергели) групп осадочных пород.

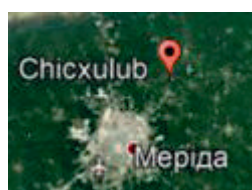


Рис.3. Локальный фрагмент  
Fig. 3. Local fragment

Фиксацией откликов на различных глубинах установлено, что верхняя кромка гранитов расположена в интервале 1–2 км. Сканированием разреза с глубины 1 км, шаг 10 см, отклики на частотах гранитов

начали фиксировать с глубины 1235 м.

На поверхности 1235 м отклики от доломитов и мергелей получены только из верхней части разреза, из нижней части сигналы отсутствовали. Отклики на частотах нефти не получены, из верхней части разреза зарегистрированы сигналы на частотах конденсата и газа.

**Подобные структуры и выводы об их происхождении.**

**Кратер Вредефорт (ЮАР).** Возраст ударного кратера – более 2 млрд. лет (рис. 4). Диаметр – 250–300 км, общая площадь – около 30 000 га.

Вокруг структуры Вредефорт почти вертикально залегают слои осадочного песчаника. Полагают [17], что они отлагались на дне моря. Центральная часть структуры представлена архейской гранитной корой, её возраст оценивается 3000–3400 млн лет.

Считают, что причиной вертикального залегания пород было экстремальное ударное событие, вызванное падением астероида диаметром около 10 км. Кольцо холмов, окружающих структуру Вредефорт, – это разрушенные остатки купола, образовавшиеся вследствие откалывания скальных пород под местом падения астероида после удара астероида. Диаметр первоначального кратера, ныне разрушенного эрозией, оценивается в 300 км. Было рассчитано, что при ударе испарилось бы около 70 км<sup>3</sup> скальной породы.

В ходе исследований выяснилось, что структура кратера Вредефорт не обусловлена ударом космического тела огромных размеров, а является естественной частью планеты Земля. На данной территории обнаружены два корня гранитного вулкана: молодой (на глубине 470 км) и старый (на глубине 996 км). Верхняя кромка вулкана находится на глубине 16 м от земной поверхности.

Зафиксированы отклики на частотах магматических пород 1–5 групп, золота и гранитов.

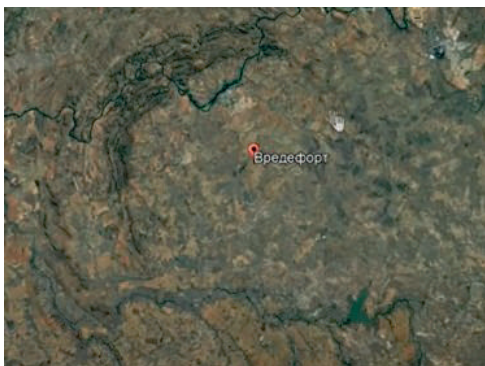


Рис. 4. Кратер Вредефорт (ЮАР) [2]  
Fig. 4. Vredefort Crater (South Africa) [2]

**Кратер Земля Уилкса** – огромное образование под ледяным щитом Антарктиды (рис. 5). Диаметр структуры – 500 км. Это наибольшая в своем роде структура на земной поверхности. Является ли она импактной структурой – вопрос в научном обществе пока остается открытым.

В 1958–1960 гг. в этом районе проводили комплексные геологические исследования французская и американская экспедиции, которые обнаружили здесь аномалии силы тяжести. Был оконтурен район аномалий в форме круга диаметром около 240 км. Позже было установлено, что эта гравитационная аномалия подобна аномалиям силы тяжести, которые наблюдаются вблизи больших метеоритных кратеров. Было сделано первое предположение, что аномалия обусловлена падением огромного метеорита.

Существует гипотеза, что это импактное событие могло вызвать так называемое массовое пермское вымирание около 250 млн лет назад – одну из крупнейших катастроф биосферы в истории Земли [18].

В процессе частотно-резонансной обработки космоснимка кратера Земля Уилкса был обнаружен солевой вулкан с корнем на глубине 723 км, верхняя его кромка зафиксирована на глубине 1315 м.

**Аризонский кратер (кратер Барринджера)** расположен на плато Колорадо в США (рис. 6). Диаметр воронки – 1,2 км, глубина – 170 м, край кратера поднимается на высоту 46 м.



Рис. 5. Расположение кратера Земля Уилкса [2]  
Fig. 5. Location of Wilkes Land crater [2]

Обычно следы от ударов метеоритов круглые или эллипсовидные, а Аризонский кратер, снимок которого сделан с воздуха еще в начале XX в, напоминает округлый квадрат. Такие аномальные очертания ученые объясняют сдвигами в земной коре, вызванными силой удара [20].

В ходе исследований было установлено, что эта структура – вулкан с корнем на глубине 723 км и верхней границей на глубине 35 м. Зафиксированы отклики на частотах нефти, газа, конденсата, лонсдейлита, калийно-магниевого солей, а также от 7–10-й групп магматических пород и мертвой воды.



Рис. 6. Фотоснимок Кратера Барринджера [19]  
Fig. 6. Photograph of Barringer Crater [19]

**Кратер Маникуаган** находится в центральной части провинции Квебек, Канада. В настоящее время диаметр равен 71 км (до

отложения на его территории осадочных пород и начала процессов эрозии диаметр мог составлять 100 км). Полагают, что кратер является импактной структур (рис. 7), предположительно сформировался в результате падения астероида диаметром 5 км [21].

С помощью частотно-резонансного анализа был обнаружен вулкан с корнем на глубине 723 км и верхней границей на глубине 35 м. Установлены отклики на частотах водорода (в интервале глубин от 42 м до 75 км (далее измерения не проводились)), «живой» воды (в интервале глубин 85 – 1000 м (далее измерения не проводились)), а также 6-й группы магматических пород (базальты).

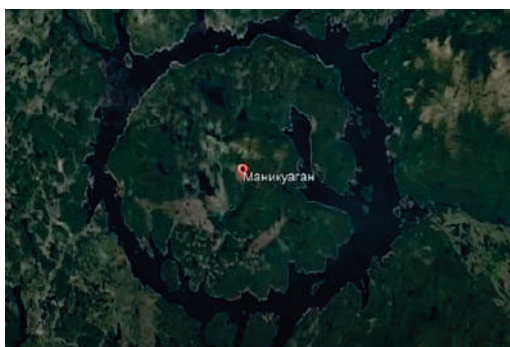


Рис. 7. Фотоснимок Кратера Маникуаган [2]  
Fig. 7. A photograph of Manicouagan Crater [2]

**Ледник Гайавата (Hiawatha Glacier)** находится на севере Гренландии (рис. 8). Закартирован в 1922 г датским полярным исследователем Кохом Лауге. В 2018 г появились сообщения [23, 24] об обнаружении под ледяным щитом (мощностью до 930 м) ударного кратера окружностью примерно 31 км [25].

Прямое исследование кратера, полностью скрытого льдом, затруднено, поэтому оценки возраста кратера разнятся: от 3 млн до 12 тыс. лет.

В ходе выполненных исследований установлено, что под ледником находится гранитный вулкан с корнем на глубине 470 км и верхней кромкой на глубине 54 м. Полу-

чены отклики на частотах нефти, газоконденсата, газа, лонсдейлита, калийно-магниевых солей, «мертвой» воды, а также 7–10 групп магматических пород.

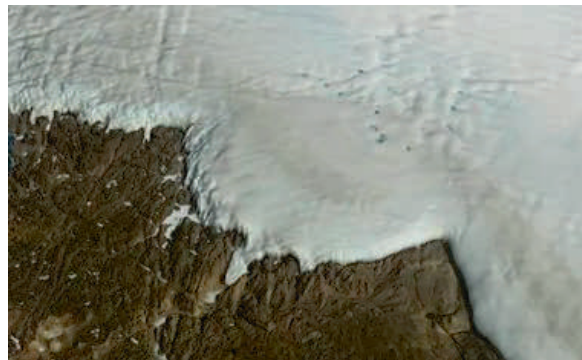


Рис. 8. Фотоснимок кратера Ледник Гайавата [22]

Fig. 8. Photograph of Hiawatha Glacier [22]

**Краткие выводы и заключение.** К представленным выше экспериментальным данным в целом справедливы многие выводы и комментарии, приведенные в аналогичных разделах ранее опубликованных статей [3–8].

Выводы о том, что все обследованные кольцевые структуры являются вулканическими постройками (комплексами) сделаны по результатам фиксации в их пределах корней каналов на глубинах 470, 723 и 996 км. Возможно, на этих территориях и происходили падения космических тел, части которых сейчас находят ученые, но наше представление о строении и, главное, о происхождении описанных выше структур базируются не на теоретических допущениях, приближениях и всевозможных моделях, а на результатах экспериментальных исследований (инструментальных измерений) с использованием работающего и апробированного в различных регионах земного шара метода частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков.

В связи с этим приведем выдержку из монографии О.Б. Гинтова [1, с. 139], в которой констатируется: «... в настоящее время существует только два признака, позволяю-

щих без сомнения относить те или иные кольцевые структуры к метеоритным кратерам: отсутствие связи кратера с глубинным очагом и наличие в кратере аномальных количеств метеоритного вещества. К сожалению, первый из названных признаков редко удается установить. Скважины, бурившиеся в пределах некоторых структур (...), вскрыли ненарушенный фундамент только в бортовых частях, тогда как в центре не вышли из зоны дробления; что касается метеоритного вещества, то последнее обнаружено лишь в 10 % структур, предположительно относящихся к метеоритным кратерам». Предположение автора монографии о том, что значительное количество кольцевых структур представляет собой вулканические комплексы, а не импактные кратеры подтверждают приведенные в статье материалы экспериментальных работ.

В пользу вулканического происхождения всех обследованных кратеров свидетельствуют также результаты следующих экспериментальных работ.

1. Рекогносцировочными исследованиями получены дополнительные факты в пользу вулканической природы Ильинецкого и Попигайского кратеров. Это прежде всего корни вулканов, заполненных ультрамафическими породами, на больших глубинах: 723 и 470 км. Например, месторождение технических микроалмазов Кумды-Коль также расположено в пределах вулкана, заполненного ультрамафическими породами, с корнем на глубине 470 км.

2. В пределах Ильинецкого и Попигайского вулканов, а также месторождения Кумды-Коль зарегистрированы сигналы на частотах технических микроалмазов – лонсдейлитов. Исследования на этих структурах позволили также предположить возможные синтез лонсдейлита в вулканических комплексах, заполненных ультрамафическими породами. В дальнейшем процедура фиксации откликов на частотах лонсдейлита была включена в основной граф обра-

ботки спутниковых снимков и фотоснимков. Характерно, что отклики на частотах лонсдейлита стали фиксировать практически в каждом случае регистрации сигналов на частотах ультрамафических пород! Уже сейчас можно сделать достаточно обоснованный вывод о том, что в вулканических комплексах, заполненных ультрамафическими породами, создаются условия для синтеза лонсдейлита в глубинных интервалах разреза. Отметим также, что в пределах расположения обследованных вулканов ультрамафических пород (Гайавате и Аризонском кратере) также зарегистрированы сигналы на частотах лонсдейлита.

3. Исследования рекогносцировочного характера проведены на участках расположения кольцевых структур (кратеров) Gosses Bluff, Wolfe Creek, Ikurlka и Yarrabubba в Австралии. В пределах структуры Gosses Bluff обнаружен канал (вулкан) с корнем на глубине 470 км, заполненный осадочными кремнистыми породами. На площадях расположения кольцевых структур Ikurlka и Yarrabubba выявлены вулканы с корнями на глубине 996 км, заполненные гранитными породами. В пределах кратера Wolfe Creek установлено наличие канала (вулкана) с корнем на глубине 470 км, заполненного магматическими ультрамафическими породами. Эти результаты позволили сделать вывод о том, что все обследованные на территории Австралии кольцевые структуры представляют собой вулканические постройки (комплексы), а не импактные кратеры.

4. Исследования рекогносцировочного характера на 10 крупнейших месторождениях золота в мире показали, что все структуры расположены в контурах молодых гранитных вулканов с корнями на глубине 470 км; в старых гранитных вулканах с корнями на глубине 996 км отклики на частотах золота не регистрируются. В пределах кратера Вредефорт также обнаружены молодой и старый гранитные вулканы и зарегистриро-

ваны отклики на резонансных частотах золота! Отметим, что все обследованные крупнейшие месторождения золота не расположены в пределах импактных кратеров!

5. Многочисленными исследованиями установлено, что во всех базальтовых вулканах с корнями на больших глубинах практически всегда регистрируются отклики на частотах водорода во всем интервале регистрации сигналов от базальтов. В некоторых случаях в таких вулканах на глубине 68 км происходит синтез воды. Обогащенная водородом вода обладает целительными свойствами и содействует долгожительству. Обратим внимание на кратер Маникуаган. В его пределах обнаружен базальтовый вулкан с корнем на глубине 723 км и верхней границей на глубине 35 м, зарегистрированы отклики на частотах водорода в интервале 42 м – 75 км (дальше измерения не проводились), а также живой воды в интервале глубин 85–1000 м (дальше измерения не выполнялись).

В целом, результаты экспериментальных исследований на описанных выше кольце-

вых структурах пополняют имеющуюся базу обследованных структур и месторождений полезных ископаемых в различных регионах мира. Материалы проведенных исследований, накопленные в этой базе, позволят в дальнейшем сформулировать статистически обоснованные рекомендации методического характера для поисков горючих и рудных полезных ископаемых, а также сделать революционное заключение о происхождении имеющихся на земной поверхности структур.

Оценивая результаты проведенных экспериментальных исследований рекогносцировочного характера, можно сделать вывод о том, что мобильная прямопоисковая технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков может быть использована для изучения глубинного строения и определения (установления) генезиса кольцевых структур, изучения вулканов разного типа, а также поисков горючих и рудных полезных ископаемых в различных регионах земного шара.

## СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

1. Гинтов О.Б. Структуры континентальной земной коры на ранних этапах ее развития. Киев: Наукова думка, 1978. 164 с.
2. Чиксулуб – след от огромного метеорита, из-за которого вымерли динозавры. Ударные кратеры Земли. <https://www.youtube.com/watch?v=iYXuqfBzAO8>
3. 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.
4. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Интегральная оценка структуры некоторых вулканов и кимберлитовых трубок Земли. Геоинформатика. 2019. № 1. С. 28–38.
5. 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.
6. 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.
7. 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. Часть II. Геоинформатика. 2019. №4. С. 30–58. Часть III. Геоинформатика. 2020. № 1. С. 19–41.
8. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Изучение внутренней структуры вулканических комплексов раз-



- ного типа по результатам частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков. Геоинформатика. 2019. № 4. С. 5–18.
9. Alegret, L., et al. Cretaceous-Paleogene boundary deposits at Loma Capiro, central Cuba: Evidence for the Chicxulub impact, *Geology*, 2005. Vol. 33, P. 721–724
  10. David A. Kring. The dimensions of the Chicxulub impact crater and impact melt sheet. *Planets. Journal of geophysical research*. 1995. Vol. 100, iss. E8. P. 16979–16986.
  11. <https://www.planetarium-moscow.ru/about/news/krater-chiksulub/>
  12. <https://www.nature.com/articles/37291>
  13. <https://www.lpi.usra.edu/science/kring/Chicxulub/discovery/>
  14. <https://account.travel/place/chicxulub-crater.html>
  15. <https://www.lpi.usra.edu/science/kring/Chicxulub/discovery/>
  16. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B8%D0%BA%D1%88%D1%83%D0%BB%D1%83%D0%B1\\_\(%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B8%D0%BA%D1%88%D1%83%D0%BB%D1%83%D0%B1_(%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80))
  17. <http://www.hartrao.ac.za/other/vredefort/vredefort.html>
  18. <https://www.planetarium-moscow.ru/about/news/samyy-bolshoy-na-zemle-krater/>
  19. <https://masterok.livejournal.com/1525306.html>
  20. <https://spacegid.com/meteor-crater.html>
  21. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D1%83%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BD\\_\(%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D1%83%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BD_(%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80))
  22. <https://www.cbc.ca/radio/quirks/nov-17-2018-greenland-asteroid-impact-short-people-in-the-rain-forest-reef-islands-and-sea-level-and-more-1.4906857/an-asteroid-impact-on-greenland-left-a-massive-crater-under-the-ice-1.4906871>
  23. [https://elementy.ru/novosti\\_nauki/433367/Ogromnyy\\_meteoritnyy\\_krater\\_pod\\_ldom\\_Grenlandii\\_obrazovaniya\\_sovsem\\_nedavno](https://elementy.ru/novosti_nauki/433367/Ogromnyy_meteoritnyy_krater_pod_ldom_Grenlandii_obrazovaniya_sovsem_nedavno)
  24. <https://nat-geo.ru/science/pod-lednikami-grenlandii-skryvaetsya-gigantskiy-krater/>
  25. <https://www.nationalgeographic.com/science/2018/11/impact-crater-found-under-hiawatha-glacier-greenland-ice/>
  26. [https://en.wikipedia.org/wiki/Chicxulub\\_crater#cite\\_note-6](https://en.wikipedia.org/wiki/Chicxulub_crater#cite_note-6)

Поступила в редакцию 06.05.2020

## REFERENCES

1. Gintov O.B. The structure of the continental crust in the early stages of its development. Kyiv.: Naukova Dumka, 1978. 164 p. (in Russian)
2. Chicxulub is a trail from a huge meteorite, due to which the dinosaurs became extinct. Impact craters of the Earth. <https://www.youtube.com/watch?v=iYXuqfBzAO8>
3. 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. No. 1. P. 5–27 (in Russian)
4. Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Integral estimation of the deep structure of some volcanoes and cymberlite pipes of the Earth. *Geoinformatyka*. 2019. No. 1. P. 28–38 (in Russian)
5. 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. No. 2. P. 19–42 (in Russian).
6. 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. No. 3. P. 19–28 (in Russian).
7. 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. No. 3, P. 29–51; Part II. *Geoinformatyka*. 2019. No. 4. P. 30–58; Part III. *Geoinformatyka*. 2020. No. 1, P. 19–41. (in Russian).
8. Yakymchuk, N.A., Korchagin, I.N. Studying the internal structure of volcanic complexes of different type by results of frequency-resonance processing of satellite and photo images. *Geoinformatyka*, 2019.

No. 4. P. 5–18 (in Russian).

9. Alegret, L., et al., Cretaceous-Paleogene boundary deposits at Loma Capiro, central Cuba: Evidence for the Chicxulub impact, *Geology*, 2005. Vol. 33. P. 721-724
10. David A. Kring, The dimensions of the Chicxulub impact crater and impact melt sheet. *Planets. Journal of geophysical research*. 1995. Vol. 100, issueE8. P. 16979-16986.
11. <https://www.planetarium-moscow.ru/about/news/krater-chiksulub/>
12. <https://www.nature.com/articles/37291>
13. <https://www.lpi.usra.edu/science/kring/Chicxulub/discovery/>
14. <https://account.travel/place/chicxulub-crater.html>
15. <https://www.lpi.usra.edu/science/kring/Chicxulub/discovery/>
16. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B8%D0%BA%D1%88%D1%83%D0%BB%D1%83%D0%B1\\_\(%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B8%D0%BA%D1%88%D1%83%D0%BB%D1%83%D0%B1_(%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80))
17. <http://www.hartrao.ac.za/other/vredefort/vredefort.html>
18. <https://www.planetarium-moscow.ru/about/news/samy-bolshoy-na-zemle-krater/>
19. <https://masterok.livejournal.com/1525306.html>
20. <https://spacegid.com/meteor-crater.html>
21. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D1%83%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BD\\_\(%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D1%83%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BD_(%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80))
22. <https://www.cbc.ca/radio/quirks/nov-17-2018-greenland-asteroid-impact-short-people-in-the-rain-forest-reef-islands-and-sea-level-and-more-1.4906857/an-asteroid-impact-on-greenland-left-a-massive-crater-under-the-ice-1.4906871>
23. [https://elementy.ru/novosti\\_nauki/433367/Ogromnyy\\_meteoritnyy\\_krater\\_pod\\_ldom\\_Grenlandii\\_obr\\_azovalsya\\_sovsem\\_nedavno](https://elementy.ru/novosti_nauki/433367/Ogromnyy_meteoritnyy_krater_pod_ldom_Grenlandii_obr_azovalsya_sovsem_nedavno)
24. <https://nat-geo.ru/science/pod-lednikami-grenlandii-skryvaetsya-gigantskiy-krater/>
25. <https://www.nationalgeographic.com/science/2018/11/impact-crater-found-under-hiawatha-glacier-greenland-ice/>
26. [https://en.wikipedia.org/wiki/Chicxulub\\_crater#cite\\_note-6](https://en.wikipedia.org/wiki/Chicxulub_crater#cite_note-6)

Receive 06.05.2020

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

<sup>1</sup>Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії,

пров. Лабораторний, 1, м. Київ, 01133, Україна,

e-mail: yakymchuk@gmail.com,

katerynaslyzka@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

#### АПРОБАЦІЯ МЕТОДІВ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ОБРОБКИ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ І ФОТОЗНІМКІВ НА ГЕОЛОГІЧНІЙ СТРУКТУРІ «КРАТЕР ЧИКСУЛУБ»

Наведено результати апробації мобільної прямопошукової технології частотно-резонансної обробки супутникових знімків та фотознімків на геологічних об'єктах, які мають назву «астроблеми». Детально досліджено кратери Чиксулуб (п-ов Юкатан), Вредефорт (ПАР), Земля Уїлкса, Аризонський, Манікуаган та Льодовик Гайавата (Гренландія). Всі ці структури вважають імпактними кратерами. Під час дослідження в межах кожної з цих структур виявлено вулкан різної глибини залягання та літостратиграфічного складу. Гранітними вулканами виявилися кільцеві структури Чиксулуб, Вредефорт (кожна з них має по два корені: на глибині 470 км – молодий вулкан, на глибині 996 км – старий вулкан), вулканами ультрамафічних порід – Гайавата (корінь на глибині 470 км), Аризонський (корінь на глибині 723 км), сольовим вулканом – Земля Уїлкса (корінь на глибині 723 км), базальтовим вулканом – Манікуаган (корінь на глибині 723 км). Зроблено висно-

вок, що мобільна прямопошукова технологія частотно-резонансної обробки супутникових знімків та фотознімків може бути використана для вивчення глибинної будови та встановлення генезису кільцевих структур, вивчення вулканів різного типу, а також під час пошуку горючих і рудних корисних копалин в різних регіонах земної кулі.

**Ключові слова:** *Чиксулуб, кільцева структура, вулкан, глибинна будова, нафта, газ, бурштин, водень, супутникові дані, прямі пошуки, мобільна технологія, обробка даних дистанційного зондування землі, інтерпретація.*

*N.A. Yakymchuk<sup>1</sup>, I.N. Korchagin<sup>2</sup>, K.P. Yanushkevych<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Management and Marketing Center of the Institute of Geological Science,

NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

e-mail: yakymchuk@gmail.com,

katerynaslyzka@gmail.com

<sup>2</sup>Institute of Geophysics, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,

e-mail: korchagin.i.n@gmail.com

#### APPROVAL OF FREQUENCY-RESONANCE METHODS OF SATELLITE AND PHOTO IMAGES PROCESSING ON THE GEOLOGICAL STRUCTURE «CHICXULUB CRATER»

**Purpose.** The results of testing mobile direct-prospecting technology for frequency resonance processing of satellite images and photo images at astroblemes are presented. Investigations of a reconnaissance nature were carried out in the areas of the ring structures (craters) Chicxulub, Vredefort, Wilkes Land crater, Baringer Crater, Manicouagan Crater and Hiawatha Glacier.

**Design/methodology/approach.** The mobile and low-cost technology includes modified methods of frequency-resonance processing and decoding of satellite images and photo images, 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 substance - oil, gas, gas condensate, gold, zinc, etc. The method is also suitable for studies of the genesis of ring structures.

**Findings.** Chicxulub, Vredefort, Wilkes Land crater, Baringer Crater, Manicouagan Crater and Hiawatha Glacier: all these structures are considered to be impact craters. During the study, a volcano of different depth and lithology-stratigraphic composition was found within each of these structures. Thus, the granite volcanoes were the ring structures Chixulub, Vredefort (each of them has two roots at 470 km young volcano and 996 km old volcano), volcanoes of ultramafic rocks - Hiawatha (root at 470 km), Arizona crater (root at 723 km), salt volcano - Wilkes Land (root 723 km), basalt volcano - Manicouagan (root 723 km).

**The practical significance and conclusions.** The results of experimental research studies of a reconnaissance character allow us to conclude that mobile direct-prospecting technology of satellite images and photo images frequency-resonance processing can be used to study the deep structure and determine (establish) the genesis of ring structures, study volcanoes of various types, as well as search for combustible and ore minerals in various regions of the globe.

**Keywords:** *Chicxulub, ring structure, volcano, deep structure, oil, gas, amber, hydrogen, satellite data, direct-prospecting, mobile technology, remote sensing data processing, interpretation.*