

**Частотно-резонансная технология обработки спутниковых снимков:
о возможности ее применения для мониторинга активности вулканов**
*С.П. Левашов¹, Н.А. Якимчук¹, И.Н. Корчагин², Д.Н. Божжежа², П.П. Фирстов³,
Д.В. Мельников⁴*

¹*Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, Киев; e-mail:
slevashov@mail.ru*

²*Институт геофизики НАН Украины, Киев,*

³*Камчатский филиал Федерального исследовательского центра «Единая
геофизическая служба РАН»*

⁴*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Анализируются результаты изучения характера электромагнитного излучения в районах активного вулканизма (Флегрейские поля, Италия; Мауна-Лоа, Гавайские острова; Йеллоустонский супервулкан, США; вулканы Авачинский и Безымянный, полуостров Камчатка, Россия) по методике частотно-резонансной обработки спутниковых снимков. Оперативная обработка спутниковых снимков действующих вулканов позволяет обнаружить аномальные зоны естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), которые могут быть предвестниками извержений. Мониторинг зон высокочастотного излучения может оперативно производиться с помощью дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), что позволяет считать предложенную методику еще одним краткосрочным методом прогноза вулканических извержений.

Введение

Начиная с 2010 г. проводится активная и целенаправленная апробация мобильной поисковой технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ при поисках и разведке рудных и горючих полезных ископаемых в различных регионах мира [1-2]. При дешифрировании спутниковых снимков районов эпицентральных областей землетрясений в Турции, Индонезии и Японии были обнаружены аномальные зоны в естественном импульсном электромагнитном поле Земли (ЕИЭМПЗ) на очень высоких частотах – десятки-сотни мегагерц. В связи с этим, в 2016 г. технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ целенаправленно использовалась для обнаружения и локализации участков высокоинтенсивного электромагнитного излучения в различных сейсмоактивных районах планеты с целью изучения возможности применения разрабатываемой технологии для мониторинга сейсмоопасных территорий и прогноза сильных землетрясений [3-4]. Как показано в этой работе мобильный метод декодирования спутниковых снимков с помощью технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ может быть с успехом применен и для мониторинга активности вулканов.

Метод исследований

Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ является методом «прямых» поисков различных полезных ископаемых [1-2], разработанным на принципах «вещественной» парадигмы геофизических исследований [2]. В этом методе выделение полезного сигнала при дешифрировании снимков осуществляется частотно-резонансным способом. Для различных полезных ископаемых (нефть, газ, уран, золото, вода, цинк и т.д.) на их образцах определены характерные для них резонансные частоты, которые используются при дешифрировании данных ДЗЗ. Отличительные особенности метода, а также его потенциальные возможности описаны во многих публикациях и отчетах по выполненным исследованиям [1-4]. Дополнительные сведения об этом мобильном методе, а также примеры его практического применения

для оперативного решения разнообразных поисковых задач можно найти на сайте [http://www.geoprom.com.ua/index.php/ru/].

Результаты обработки снимков по районам активного вулканизма

На начальном этапе экспериментальных работ решался вопрос о наличии или отсутствии зон высокочастотного электромагнитного излучения на участках расположения активных вулканов. Для частотно-резонансной обработки были подготовлены спутниковые снимки: Флегрейских полей, Италия (рис. 1а); вулкана Мауна-Лоа, Гавайские острова (рис. 1б); Йелоустонского супервулкана, США (рис. 5б).

В результате обработки снимков в пределах вулканических построек были обнаружены и локализованы аномальные зоны с разными максимальными значениями частоты электромагнитного излучения – 75 МГц (рис. 1а), 1300 МГц (рис. 1б) и 700 МГц (рис. 5б).



Рис. 1. Схемы расположения аномальных участков повышенной частоты: а - район вулкана Флегрейских полей, Италия, снимок 14.12.2015 г.; район вулкана Мауна-Лоа, Гавайские острова, снимок 14.12.2015 г.

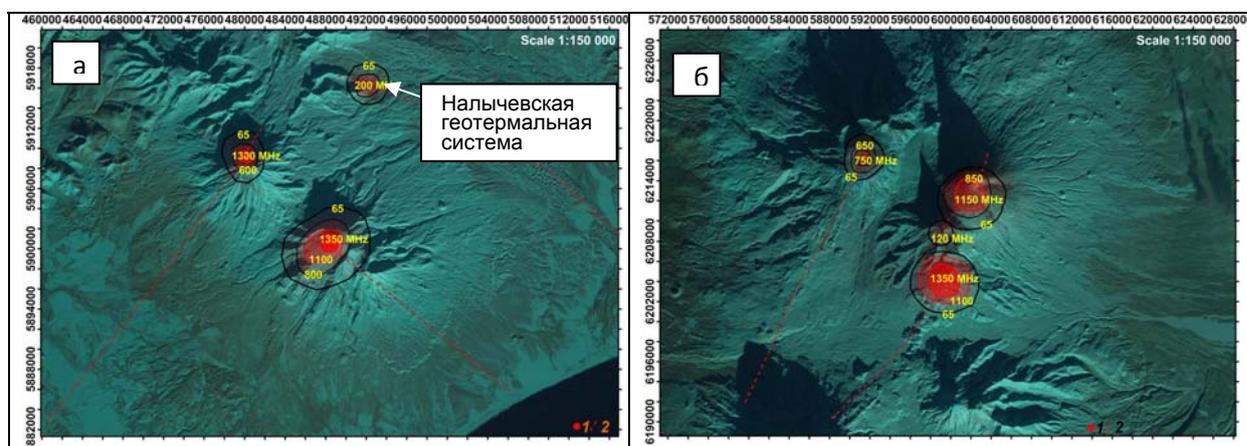


Рис. 2. Схемы расположения аномальных участков повышенной частоты ЕИЭМПЗ: а - район вулкана Авачинский; б – район вулкана Безымянный, полуостров Камчатка. 1 – точки координаты вулканов; 2 – зоны нарушений. Масштаб снимков – 1:150000.

На следующем этапе обрабатывались снимки в масштабе 1:150000 районов расположения вулканов Авачинский (рис. 2а) и Безымянный (рис. 2б) на полуострове Камчатка, Россия. В районах активно действующих вулканов (Корякский, Авачинский, Ключевской, Безымянный) максимальные значения частот ЕИЭМПЗ заключены в пределах 1150 -1350 МГц, в то время как для Налычевской геотермальной системы

$f_{max}=200$ МГц. Для действующего, но не проявляющего в последние века активность вулкана Ушковского $f_{max}=750$ МГц.

На очередном этапе экспериментов исследовалась динамика ЕИЭМПЗ для Йеллоустонского супервулкана. Для этого были обработаны спутниковые снимки за 13.09.2013 (рис. 3а), 15.08.2015 (рис. 3б) и 12.02.2017 (рис. 3в). Анализ полученных результатов рис. 3 свидетельствует об увеличении максимальной частоты и площади аномальной зоны ЕИЭМПЗ в этом районе со временем. Если в 2013 г. $f_{max}=100$ МГц, а площадь аномальной зоны составляла $S\sim 2$ км², то в 2017 г. $f_{max}=1300$ МГц, а $S\sim 4$ км². В связи с этим район Йеллоустонского супервулкана заслуживает детального изучения и непрерывного мониторинга, о чем много говорится в мировой прессе.

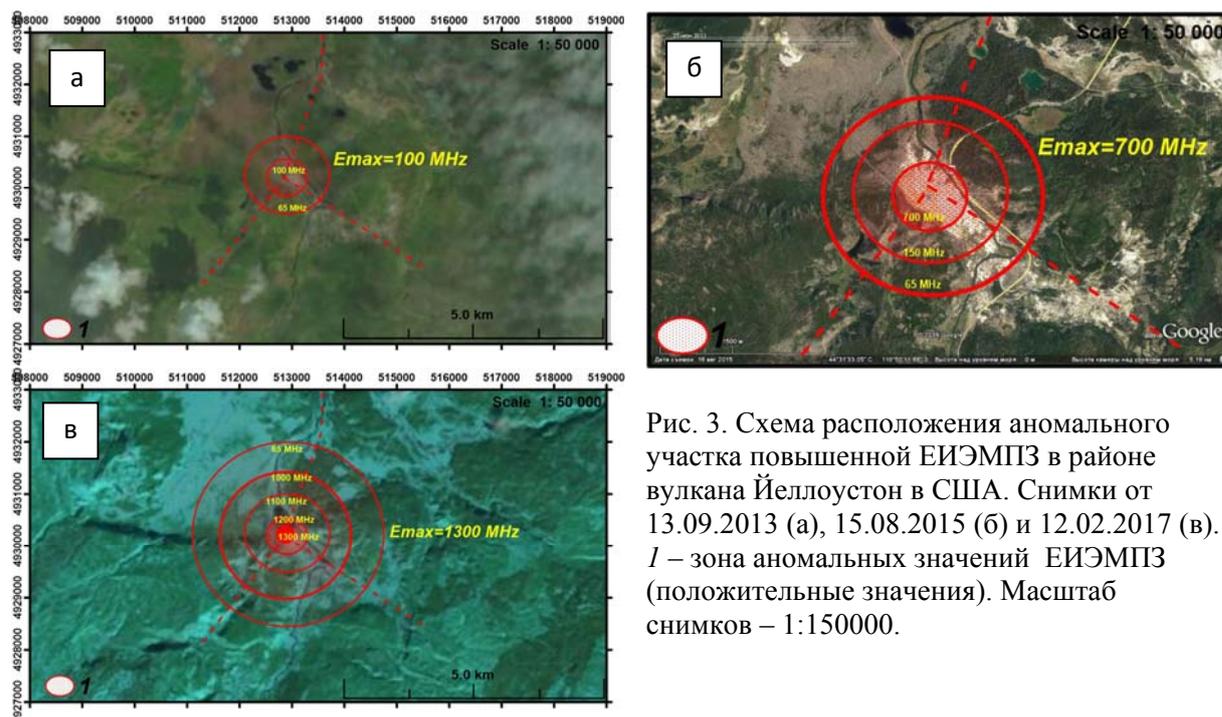


Рис. 3. Схема расположения аномального участка повышенной ЕИЭМПЗ в районе вулкана Йеллоустон в США. Снимки от 13.09.2013 (а), 15.08.2015 (б) и 12.02.2017 (в). 1 – зона аномальных значений ЕИЭМПЗ (положительные значения). Масштаб снимков – 1:150000.

О дополнительных исследованиях в районах активного вулканизма

Существенный интерес представляет изучение характера изменения параметров электромагнитного излучения во времени над вулканами, извержение которых состоялось относительно недавно, что позволит оценить в первом приближении максимальные значения частоты излучения, при которых происходит извержение. Такого рода исследования над эпицентрами землетрясений проведены в работах [3-4].

С использованием технологии вертикального сканирования геологического разреза целесообразно также выполнить оценки глубин залегания аномальных зон (очагов) электромагнитного излучения в районах активных вулканических комплексов. Отметим при этом, что с использованием технологии вертикального сканирования ранее оценены глубины расположения аномальных зон в районах расположения эпицентров некоторых землетрясений. Так, в районе недавно произошедшего (24.02.2017 г.) землетрясения с магнитудой 4.4 в Новой Зеландии оценка глубины залегания аномальной зоны ЕИЭМПЗ составила 12.3-13.7 км, а по сейсмическим данным 13 км.

Есть основания для предположения, что метод вертикального сканирования разреза может стать тем инструментом, который позволит давать в первом приближении оценку скорости подъема магмы к дневной поверхности в пределах обнаруженных аномальных зон высокочастотного электромагнитного излучения.

Заключение

Отметим, что основная цель проведенных исследований – обратить внимание представителей научного сообщества на накопленные (в огромных объемах) массивы данных ДЗЗ, которые при использовании эффективных методов и технологий их дешифрирования могут быть использованы для оперативного мониторинга за активностью вулканов и сейсмически опасными регионами земного шара. Информация о ДЗЗ, часть которой находится в свободном доступе, может использоваться более активно и целенаправленно для решения многих задач – поисков и разведки рудных полезных ископаемых, скоплений углеводородов и водных ресурсов.

Принципиальным следует считать то, что материальные затраты на использование данных ДЗЗ для мониторинга будут незначительными. Локальные центры оперативной обработки данных ДЗЗ могут быть созданы в рамках уже существующих систем мониторинга (в том числе и глобального аэрокосмического) как за активными вулканами, так и за сейсмически опасными регионами мира.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности проведения дальнейших исследований в обозначенном направлении – изучении особенностей электромагнитного излучения на участках расположения активных вулканов и эпицентров сильных землетрясений в различных регионах земного шара. Результаты детального изучения характеристических особенностей изменения электромагнитных параметров излучения (максимальной частоты и площади аномальной зоны) во времени могут быть использованы для мониторинга за состоянием активных вулканов и районами подготовки сильных землетрясений.

Технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков предоставляет возможность оперативно обнаруживать и картировать аномальные зоны высокочастотного излучения, за которыми может быть организован мониторинг, в том числе и путем проведения наземных измерений.

Результаты проведенных исследований указывают на целесообразность более активного и целенаправленного использования данных ДЗЗ для оперативного решения задач поисково-разведочного, экологического и мониторингового характера с помощью их обработки частотно-резонансной технологией. На настоящий момент спутниковые снимки на все регионы земного шара накоплены в огромных объемах. Значительное их количество находится в свободном доступе, а апробированная мобильная технология обработки снимков также может найти применение как в задачах мониторинга за активностью вулканов, так и сейсмоактивных территорий с целью прогноза землетрясений.

Список литературы

1. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков // Геоинформатика. 2010. № 3. С. 22-43.
2. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Частотно-резонансный принцип, мобильная геоэлектрическая технология: новая парадигма геофизических исследований // Геофизический журнал. 2012. Т. 34. № 4. С. 167-176.
3. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., и др. Электромагнитное излучение в районах эпицентров землетрясений по предварительным результатам частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ // Геоинформатика. 2016. № 4. С. 49-61.
4. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. et al. High-frequency electromagnetic emission in the earthquake epicentral areas detected by the remote sensing frequency-resonance data processing // NCGT Journal, 2016. V. 4. No. 3, December 2016. P. 601-614.