

Возможности методов аэрокосмического мониторинга для дистанционного зондирования глубинных морфологических особенностей активных тектонических разломов и прогноза аварий на технических объектах

А.Л. Харитонов

*Федеральное Государственное Бюджетное Научное Учреждение Институт
земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им.
Н.В.Пушкова Российской академии наук, Москва, 108808, Россия*

E-mail: ahariton@izmiran.ru

Разработана технология аэрокосмического мониторинга и прогнозирования аварийных ситуаций на технических объектах нефтегазового комплекса. Для этого создана многоступенчатая система компьютерных программ для математической обработки и компьютерного анализа данных аэрокосмического геофизического мониторинга (используются векторные электромагнитные данные для глубинного ДЗЗ), на всем протяжении всех действующих трубопроводных линий Российской Федерации (и других стран). Разработанная технология аэрокосмического мониторинга включает многоступенчатую систему компьютерных программ обработки данных, которая позволяет выделять определенные предаварийные участки нефтегазопроводов, на которых проявляется усталость материала (микротрещины) в результате возникновения слабых сейсмических событий (с магнитудой $M < 2$), которые не выявляются в начальной стадии по данным традиционных наземных локальных методов контроля нефтегазопроводов, приспособленных только для контроля на определенных коротких сильно поврежденных участках нефтегазопроводов. Для построения многоступенчатой системы компьютерных программ математической обработки аэрокосмических данных, включающей алгоритмы различных математических методов, таких как анализ и синтез гармонических составляющих сферического гармонического анализа, различные спектральные методы, метод естественных ортогональных компонент, вейвлет анализ, методы решения прямых и обратных задач теории потенциала и другие, необходимо рассмотреть физическую основу для применения вышеперечисленных методов для решения поставленной задачи.

Ключевые слова: аэрокосмический мониторинг, тектонические разломы, аварии на технических объектах

Наблюдаемое нами на низкоорбитальных (высота полета 300-500 км) космических аппаратах (КА) «MAGSAT», «CHAMP», «SWARM», (рис. 1) и с помощью авиации, электромагнитное поле (Kharitonov et al., 2006) является следствием воздействия различных внешних и внутренних физических процессов (магнитных бурь (рис. 2), связанных с солнечно-магнитосферными процессами (рис. 3), сейсмических (рис. 4), геоэлектрических и некоторых других).



Рис. 1. Возможное использование данных космического аппарата «SWARM» для аэрокосмического мониторинга методом дистанционного электромагнитного зондирования Земли (ДЭЗЗ) и прогноза аварийных ситуаций на протяженных технических объектах

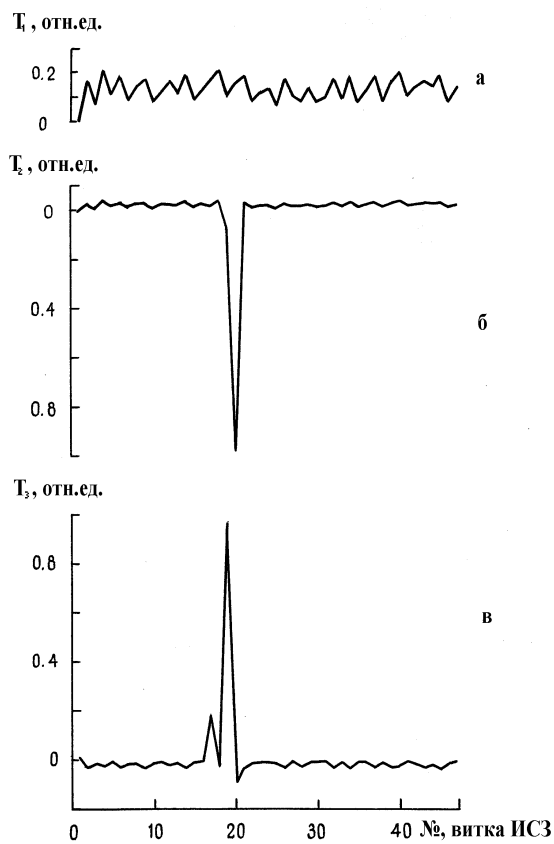


Рис. 2. Пример выделения некондиционных витков КА «MAGSAT» методом естественных ортогональных составляющих, вследствие воздействия на измерительную аппаратуру магнитных бурь и суббурь.

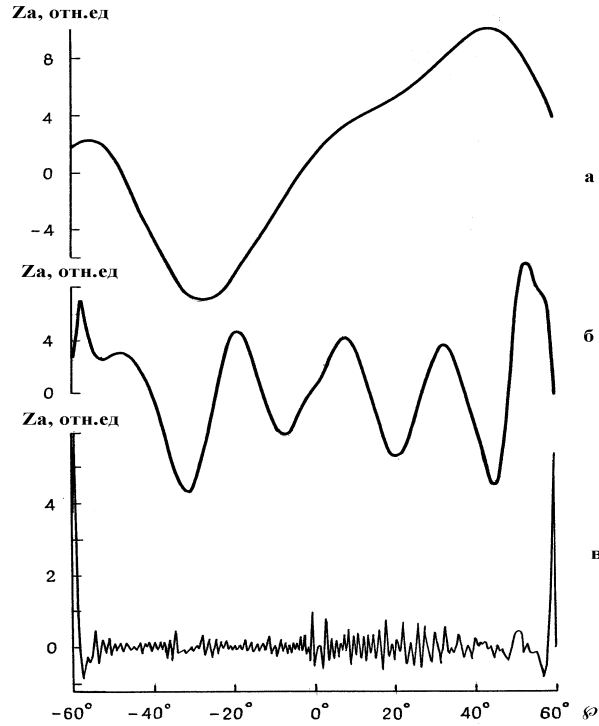
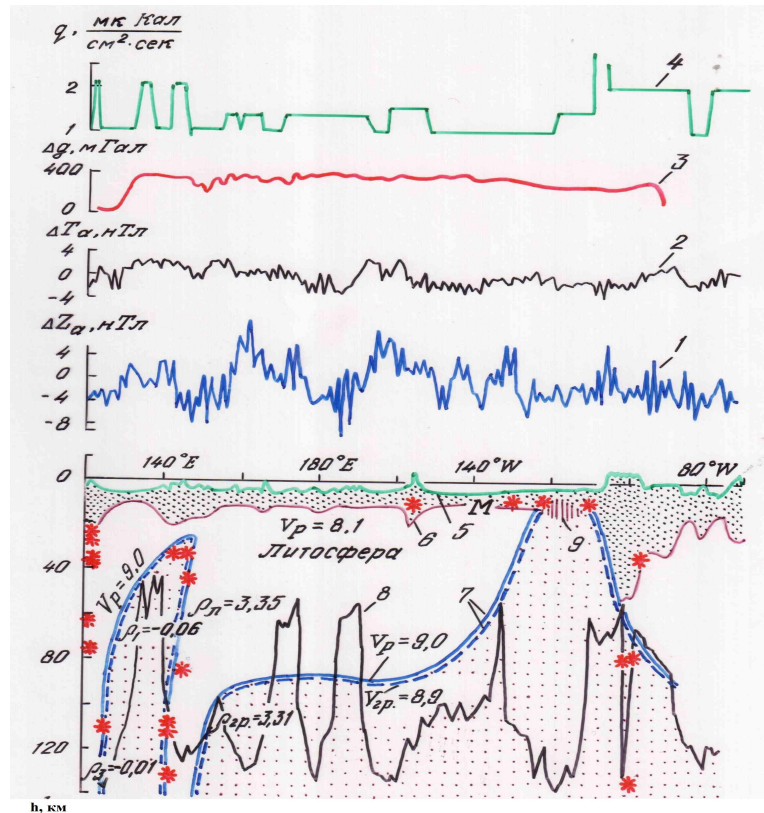


Рис. 3. Пример разделения методом обратного вейвлет-преобразования измеренного на КА «СНАМР» электромагнитного поля на составляющие, связанные с магнитосферным трендом (а), нижней мантией (б), литосферой (в)



В. КМ

Рис. 4. Пример решения обратной задачи теории потенциала по данным КА «MAGSAT» и выявления по этим данным пространственно-глубинной корреляции электромагнитных неоднородностей верхней мантии и расположения гипоцентров землетрясений

Для выявления сейсмоактивных разломов – основных источников аварийных ситуаций на магистральных нефтегазопроводах, мы использовали в основном данные ортогональных компонент вектора индукции электромагнитного поля и его аномального приращения. По спутниковым данным аномального электромагнитного поля может исследоваться электромагнитная структура всех типов крупных тектонических разломов, даже скрытых под мощным слоем осадочных пород (рис. 5) или морской воды (например, определение крупных подводных разломов – рис. 6), а с учетом сейсмических данных можно выявить их связь с расположением гипоцентров землетрясений одновременно во всех географических районах Земли и с временной периодичностью анализа их изменения - несколько суток (Rotanova N.M., Kharitonov A.L. et al., 1997).

КОРРЕЛЯЦИЯ СПУТНИКОВЫХ ЭМ АНОМАЛИЙ С СЕЙСМО-АКТИВНЫМИ РАЗЛОМАМИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

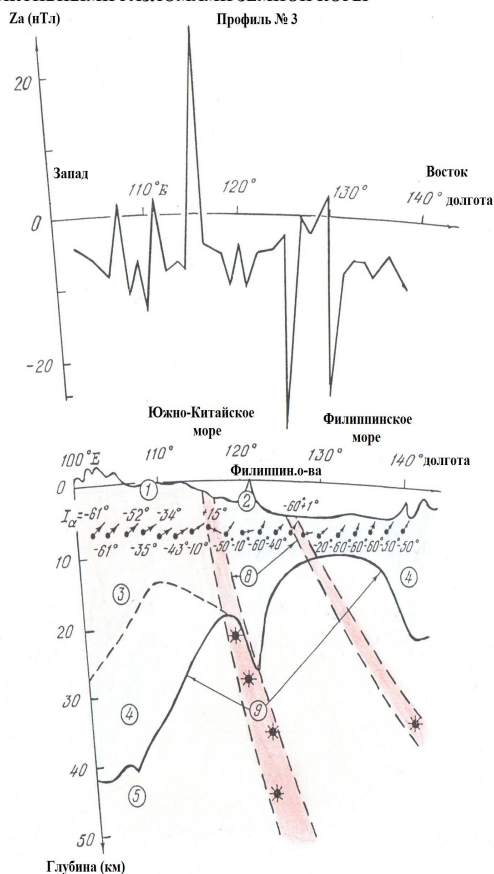


Рис. 5. Пример выделения крупных тектонических разломов методами ДЭЗЗ, скрытых под мощным слоем осадочных пород

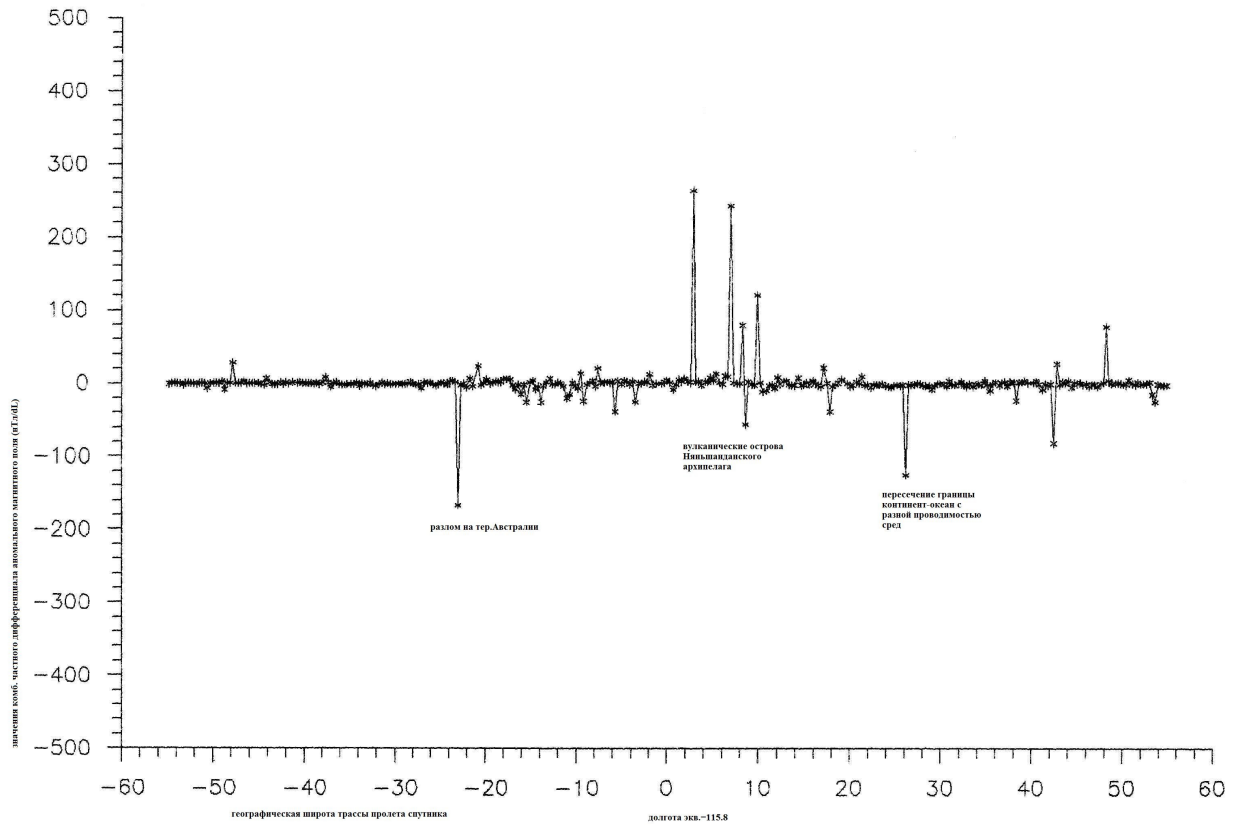


Рис. 6. Пример выделения крупных тектонических нарушений методами ДЭЗЗ, скрытых под мощным слоем (2 км - 4 км) морской воды

На нефтегазопроводах Российской Федерации и других стран (рис. 7) периодически происходит возникновение аварийных ситуаций без нахождения определенных видимых причин их разрушения.



Рис. 7. Схема прокладки нефтегазопроводов на территории Российской Федерации («Южный голубой поток» - №15) и сопредельных стран

По нашим данным, это происходит в результате постепенного, но систематического воздействия слабых ($M < 2$) сейсмических событий, возникающих внутри тектонических разломов, пересекающих эти технические объекты. К тому же большая часть всех нефтегазопроводов России и стан бывшего СНГ нуждаются в ремонте (например, на Украине - №16 на схеме рис.7). Поэтому даже слабые сейсмические воздействия способны постепенно привести к аварийным ситуациям на нефтегазопроводах. В связи с этим на наш взгляд при строительстве нового нефтегазопровода «Сила Сибири» и линии газопровода «Южный поток» (рис. 7) необходимо уделить пристальное внимание созданию и финансированию экологически безопасной и оперативной аэрокосмической системы геофизического мониторинга для прогноза координат опасных тектонических разломов и очагов не только сильных, но и всех слабых землетрясений ($M < 2$), которые не всегда сейчас анализируются на сейсмических станциях.

Кроме того, разработанные технологии позволяют на основе аэрокосмического мониторинга прогнозировать с определенной степенью вероятности возникновение аварийных ситуаций (пожаров, волн цунами) на морских нефтедобывающих платформах в любой точке нашей планеты.

Помимо вышеизложенного, разработана технология поиска ловушек углеводородов, использующая как аэрокосмические, так и наземные данные альтиметрии, гравитационного поля и аномального магнитного (аномального приращения вектора магнитной индукции) полей. Для осуществления этой задачи используются разработанные методы решения прямой и обратной задачи теории потенциала.

В результате проведенных исследований можно заключить, что используя комплекс различных спутниковых данных работающего в настоящее время на орбите Земли низкоорбитального искусственного спутника «SWARM» можно ежедневно (при необходимости чаще) проводить поиск предаварийных участков нефтегазопроводов на всем протяжении газопроводов России и опасных временных периодов добычи углеводородов на всех ее морских нефтедобывающих платформах, одновременно на всей поверхности Земли, в том числе и на акваториях Северного Ледовитого и Тихого океанов (Rotanova N.M., Kharitonov A.L. et al., 2004). Таким образом можно заключить, что без использования аэрокосмических методов трудно проводить поиски сейсмоактивных тектонических разломов – основной причины большинства аварийных ситуаций на магистральных нефтегазопроводах, одновременно во всех районах их прокладки, поскольку необходимо проводить мониторинг этих разломов одновременно на всем протяжении этих многокилометровых технических объектов.

Выводы

- По результатам применения аэрокосмических технологий выявлены субвертикальные электромагнитные неоднородности, которые коррелируют с расположением разломных тектонических структур, в которых начинают возникать электромагнитные процессы приводящие к коррозии нефтегазопроводов, связанные с очагами слабых землетрясений.
- Построенные по аэрокосмическим данным комплексные геофизические разрезы литосферы в совокупности с анализом ежесуточных электронных каталогов всех сейсмических событий (включая слабые) позволяют в оперативном режиме определять аварийно опасные для технических объектов (нефтегазопроводы, морские нефтедобывающие платформы) временные периоды и географические координаты потенциально опасных аварийных зон в любом районе Земли.

Литература

1. *Kharitonov A.L., Fonarev G.A., Serkerov S.A. et al.* The calculation of the topology of deep magnetic inhomogeneous of the Earth's mantle from MAGSAT, CHAMP geomagnetic satellite deep-sounding methods // Proceedings of the First International Science Meeting SWARM, 3-5 May 2006, European Space Agency, Nantes, France.
2. *Rotanova N.M., Kharitonov A.L. et al.* The magnetic anomaly field of Asia from MAGSAT satellite data and its physical-geological interpretation // Journal of Earthquake Prediction Research, 1997, N 6, p. 475-494.
3. *Rotanova N.M., Kharitonov A.L. et al.* Anomaly crust fields from MAGSAT satellite measurements: their processing and interpretation // Annals of Geophysics, 2004, V. 47, N 1, p. 179-190.