

## Программа по аэрогеофизической съемке Намибии с высоким разрешением – История успеха в продвижении разведочных работ в поиске месторождений полезных ископаемых

Д.Г. Хатчинс<sup>[1]</sup>, Р. Уакерле<sup>[1]</sup>

1. Геологические исследования, Уиндхоук, Намибия

### КРАТКИЙ ОБЗОР

*В текущей глобальной рыночной экономике, страны конкурируют за инвестиции, и это особенно важно в горнодобывающей промышленности. Многие правительства приняли современное законодательство по добыче и обеспечению благоприятных налоговых режимов для привлечения инвестиций на разведку полезных ископаемых, но часто не хватает именно геонаучных данных высокого качества, предоставление которых может быть достигнуто только путем значительных государственных поддержек и инвестиций. Решению правительства Намибии по оказанию поддержки в создании и распределении современных высококачественных геонаучных данных, в частности, программы по аэрогеофизической съемке высокого разрешения, было воздано должное увеличением активной деятельности в разведке залежи полезных ископаемых.*

### ВВЕДЕНИЕ

В Намибии горная промышленность долго была краеугольным камнем экономики с начала 1900-х, когда значительная часть проведенной наземной разведки привела к открытию многих залежей полезных минералов, расположенных на поверхности. Экономические месторождения полезных ископаемых включают алмазы, уран, олово, цветные и драгоценные металлы, полезные ископаемые промышленного значения и полудрагоценные камни. Были признаны несколько предполагаемых минеральных сред. Они включают золотые прииски алмазных россыпей, цветных металлов вулканогенно-осадочного (экспалятивного) происхождения, свинец - цинк осадочного происхождения, обширные залежи цветного металла добытого из карбонатных отложений, ураносодержащие граниты, олово (и тантал), пегматиты, и вольфрам и золото из скарнового отложения.

На основании этого, намибийское правительство поручило Министерству рудных месторождений и энергетики, в частности, Управлению Геологических изысканий сбор и распределение высококачественных геонаучных данных с целью оказания содействия в разведке месторождений полезных ископаемых. Одна из основных инициатив правительства является программа по аэрогеофизической съемке высокого разрешения, которая была запущена в 1994. Начальные результаты этой программы были представлены на 4-й десятилетней Международной конференции по вопросам исследования Минеральных месторождений (Хатчинс и др. 1997).

### ПРОГРАММА АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Программа аэрогеофизической съемки высокого разрешения предназначена в первую очередь для оказания помощи и содействия разведки полезных ископаемых и направлен на полное виртуальное национальное покрытие воздушно-магнитными и радиометрическими данными с высоким разрешением.

До проведения программы по аэрогеофизической съемке высокого разрешения, правительством были профинансированы региональные съемки, начиная с 1968,

которые почти полностью охватили все залежи полезных ископаемых к началу 1990-х. Эти съемки обычно проводились с километровым интервалом между профилями, привязками к местности в 10-километров и 100 м высотой над землей, но некоторые съемки, снятые в осадочных бассейнах в поиске месторождений нефти и газа, были выполнены с профильным интервалом до 10 км. Все магнитные данные региональной программы были впоследствии скомпилированы в один непротиворечивый согласованный набор данных, и некоторые радиометрические данные были повторно откалиброваны и также объединены (Эберле и Хатчинс 1996, Эберле и др. 1997).

Несмотря на то, что результирующие региональные магнитные и радиометрические компиляции обеспечили новый взгляд на развитие земной коры территории Намибии и послужили новым стимулом в изучении ресурсов полезных минералов, но дальнейшие усовершенствования в аэрогеофизическом сборе данных, сделали эти данные устаревшими, по сравнению с данными, полученными с геофизических съемок нового поколения с высоким разрешением. Эти съемки с применением последних технических разработок, которые включают в себя увеличенную инструментальную частоту дискретизации, усовершенствованную компьютерную обработку и спутниковую навигацию, позволили проводить разведочные съемки вдоль близко расположенных сейсмических профилей. Параметры, принятые в Намибии для магнитных и радиометрических съемок высокого разрешения, это интервал между сейсмическими профилями - 200 м с привязкой на местность - 2500 м и расчетной высотой над поверхностью земли - 80 метров.

Первые съемки, снятые согласно программе по аэрогеофизической съемке высокого разрешения, профинансировались программой «СИСМИН» Европейского союза. Качество и детальные данные этих съемок возобновили интерес организаций по разведке месторождений полезных ископаемых к Намибии и вдохновили правительство Намибии на ежегодное финансирование съемок с высокой разрешающей способностью. Первая съемка, полностью финансируемая и контролируемая правительством Намибии, была не большой линейной съемкой в 34.000 пог.км, проведенной в 1997.

За эти годы количество последующих поступлений средств из годового бюджета увеличилось, и к настоящему времени мы располагаем больше чем 3.5 миллиона профиль-километров данных, общенациональный охват которых приближается к 80%, доступных для геологоразведочных изысканий. Стоимость этих съемок составляет приблизительно N\$120 миллионов (16 миллионов долларов США), и расчетная стоимость завершения этой программы составляет N\$150 миллионов (20 миллионов долларов США).

Несмотря на то, что годовые магнитные и радиометрические съемки составляют основную направленность программы, другие аэрометоды, такие как ЭМ (Электро Магнитный метод), Гравиразведка и Гиперспектральная съемка также использовались, чтобы решить определенные задачи в исследованиях. Местоположение всех этих исследований показано на рисунке 1а, в то время как закрашенная северо-

западная часть изображения в методе «ТМ1» (напряженности магнитного поля) на рисунке 1b дают представление о сложности геологического строения коры Намибии. Показанные данные являются компоновкой всех имеющихся данных высокого разрешения и региональных магнитных данных с наложением на них данных аэромагнитических/радиометрических съемок с высокой разрешающей способностью. На изображение влияет магнитный резонанс, полученный от трех складчатых поясов протерозойского времени, окружающих Кратон Конго на севере и Кратон Калахари - на востоке. Эти складчатые пояса являются поясом плато Каоко на северо-западе, мультizonным поясом г.Дамара, которая пересекает центральную Намибию от центрального побережья к северной Ботсване и простирается в юго-восточном направлении до пояса Намакуа на юге страны.

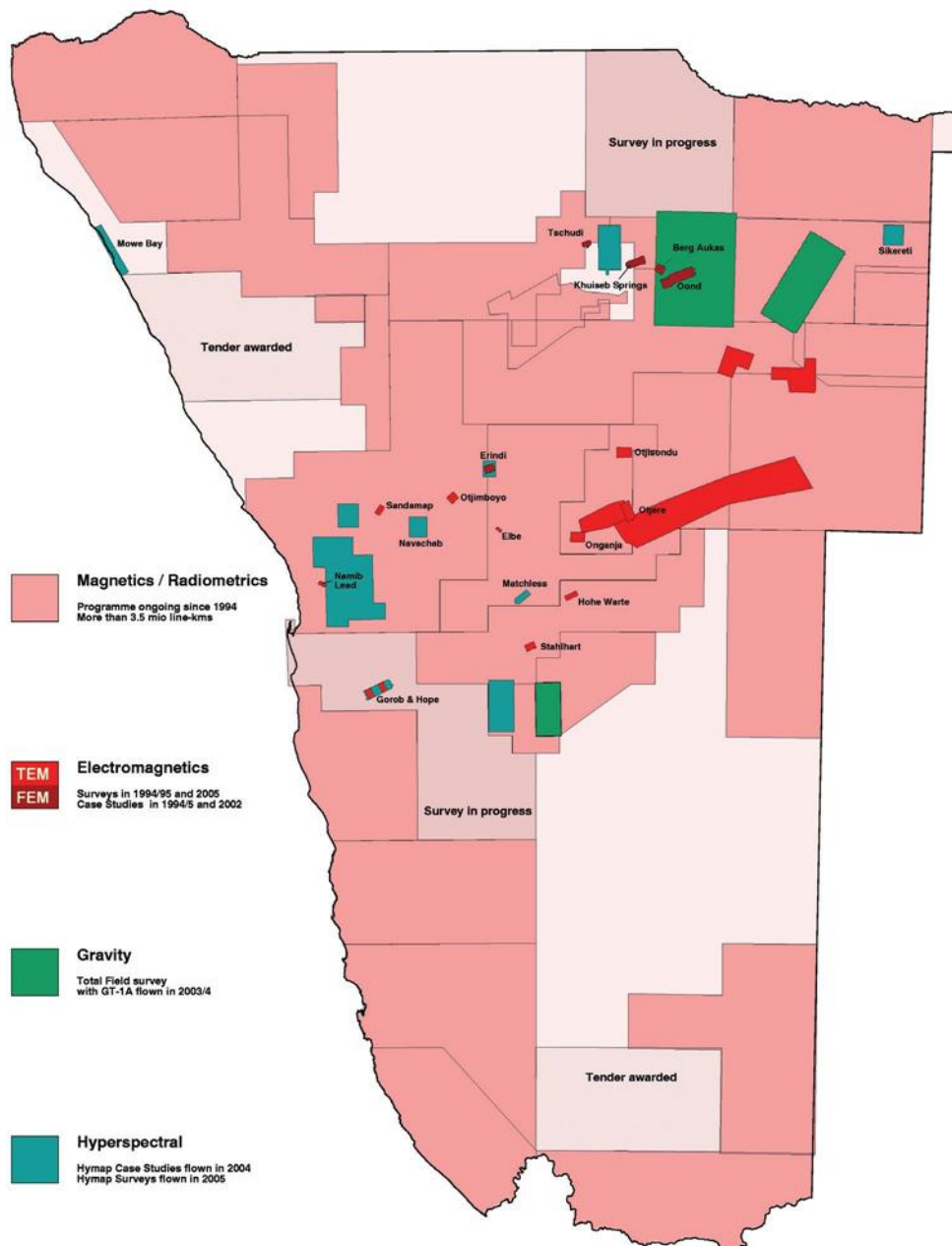


Рисунок 1а: Аэрогеофизические съемки высокого разрешения, Карта расположения профилей

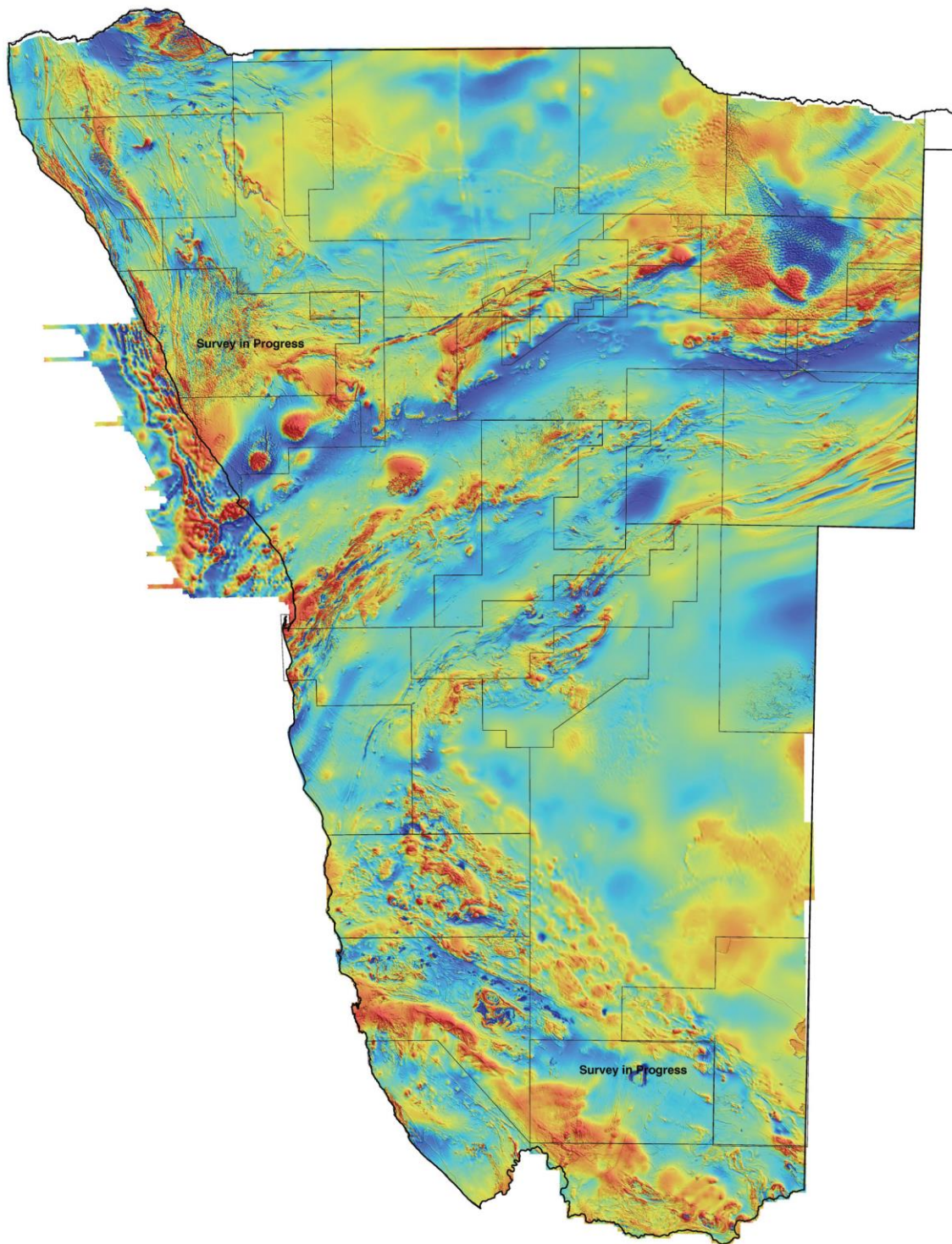


Рисунок 1b: Закрашенная северо-западная часть Намибии изображена методом «ТМ1» в результате объединения данных съемки с высокой разрешающей способностью и региональной магнитной съемки

## ПРОДАЖА ДАННЫХ

Во время первых стадий программы данные были проданы на 10% от первоначальной стоимости с идеей создать возобновляемый оборотный фонд, на средствах которого могли быть профинансированы дальнейшие исследования. Однако с продаж данных никогда не поступало достаточно средств для возможности финансирования будущих исследований, и в 1996 идея о создании оборотного фонда была оставлена. С этого времени данные были проданы за номинальную цену 1 N\$ за профиль- километр (приблизительно 2% от первоначальной стоимости) и вместе с денежными средствами, падали на долю Фонда разработки полезных ископаемых, созданного правительством Намибии с целью поддержания горнодобывающей промышленности.

Изменяющийся объем данных от растущего числа запросов данных и интересов клиентов все это привело к необходимости разработки специализированной онлайн системы хранения данных и системы управления. Вследствие этого, Геологическая служба Намибии заключила контракт сотрудничества с Австралией и с Фондом Развития стран Африки о совместной разработке и адаптации системы по просмотру, обработке и архивации данных под нужды клиентов. Система хранит все архивы стратиграфических сеток и профайлов в одном согласованном формате, который гарантирует целостность данных и упрощает процесс распределения данных. В случае, если сфера интересов клиентов охватывает больше чем одну

разведочную съемку, данные с координатной привязкой предоставляют как отдельные сетки исследования и также как основную сетку с оконным интерфейсом. Основная сетка состоит из всех имеющихся данных с высокой разрешающей способностью и региональных данных, которые ежегодно обновляются, вследствие чего, всегда имеются обновленные данные об исследованиях.

Успех программы по аэрогеофизической съемке с высоким разрешением в поддержке и продвижении разведки месторождений полезных ископаемых в Намибии наглядно демонстрируется на рисунке 2, где километры исследований и продажа данных идут параллельно для сравнения с числом полученных активных лицензий на исследования. Увеличение количества разведочных съемок служат прямым показателем соответствующего увеличения разведочной деятельности, которая послужила стимулом для инвестиции в разработки полезных ископаемых в Намибии на приемлемых уровнях даже в течение предыдущих 2002 году лет, характеризующихся низкими ценами на товары. После недавнего подъема на товарном рынке, Намибия с высококачественными геофизическими доступными данными почти обо всей стране, вызвала значительный дальнейший интерес к исследованиям. Также интересно отметить, что разведочная деятельность, по крайней мере, частично, следовала за все более увеличивающимся количеством новых аэросъемок с высокой разрешающей способностью, все это послужило тому, что привлекло геологоразведочные организации к ранее слабоизученным областям, покрытым молодыми отложениями.

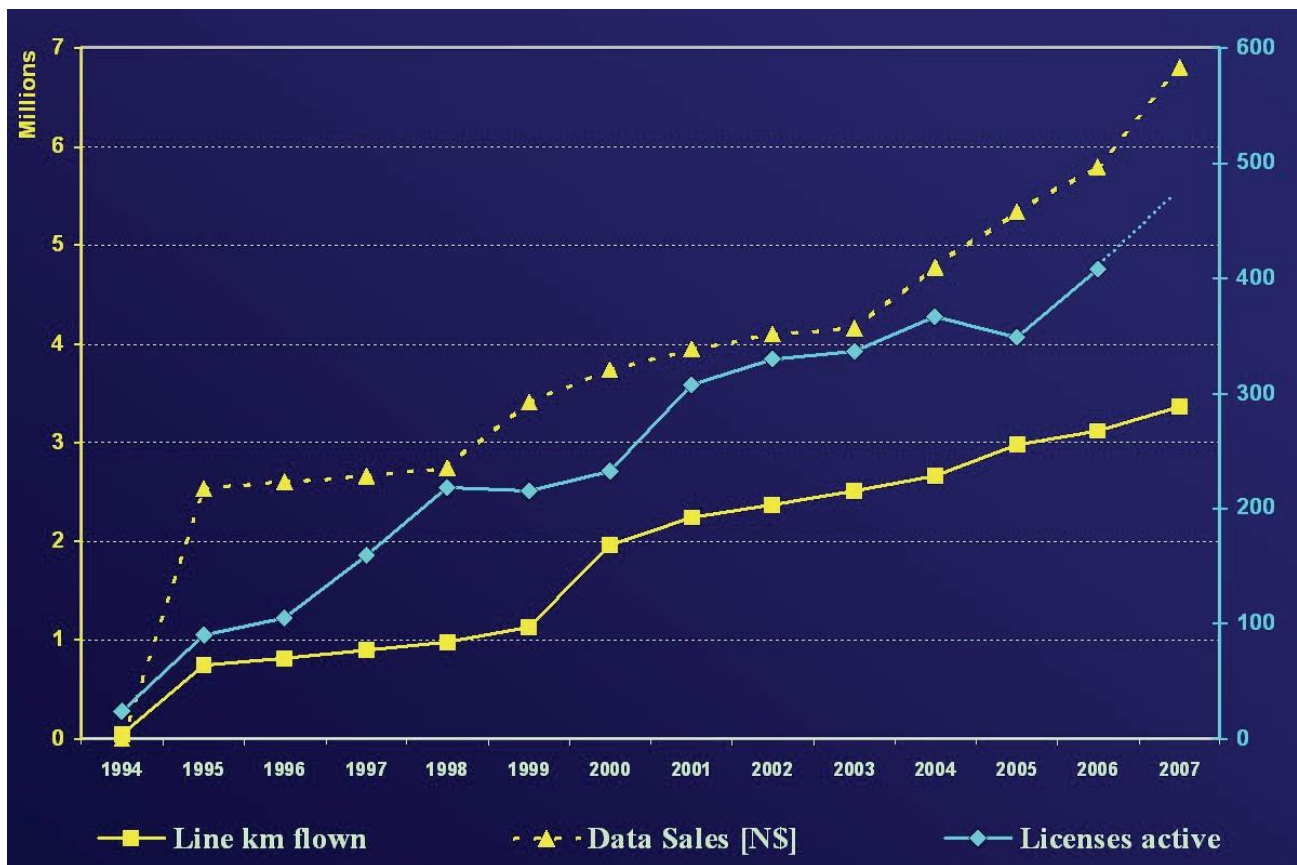


Рисунок 2: Данные аэрогеофизической съемки и данные продаж представлены параллельно для сравнения с количеством полученных активных лицензий на исследования

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Несмотря на то, что главная направленность программы находится между учениями магнетоэлектроникой и радиометрией, но фактически полный обзор исследований с объединением этих учений стал возможен к 2009 году. Другие геофизические методы также применялись, чтобы решить определенные задачи в геологических изысканиях:

### Электромагнетизм

- В 1994/95 Электромагнитное съемка была сфокусирована на расширении Несравненного пояса Амфиболита богатого содержанием меди, расположенного под молодыми отложениями Калахари. Данное исследование поддерживается интенсивной программой по разведке полезных ископаемых, запущенной международной горной промышленностью.

- В 2005 две съемки были выполнены в северо-восточной Намибии, в области, полностью покрытой отложениями Калахари, где аэромагнитные данные указали на возможное тройное сочленение Дамары Орегон с минеральным потенциалом. Результаты исследований указывают на то, что при помощи современных систем ЭМ (электромагнитной разведки) можно будет просканировать отложения Калахари и на то, что данные отложения не слишком толстые, чтобы препятствовать исследованию их минералогического состава.

- В дополнение к этим более крупным исследованиям, 15 тематических исследований – образцов были проведены для анализа известной минерализации, чтобы в дальнейшем по этим образцам можно было определить состав полезных ископаемых при наглядном изучении ЭМ съемки.

### Аэрогравиметрические измерения

- В начале 2004 года геологическая служба провела две аэрогравиметрические съемки, чтобы проверить работоспособность нового модульного гравиметра GT-1A. Одна съемка была проведена с аппаратурой записи и обработкой данных, чтобы проверить, может ли аэрогравиметрия экономично объединена с магнитным и радиометрическим сбором данных.

- Вторая съемка проводилась традиционно на постоянной барометрической высоте над интересным местом с точки зрения магнетизма (Аномалия Шлема) в области Каванго, в северо-восточной Намибии, которая также покрытой молодыми отложениями. Результаты данных гравиметрических измерений расшифровали сложную магнитную аномалию в широкополосную линейную, возможно интрузивную, структуру, у которой может быть минеральный потенциал.

### Гиперспектральная съемка

В 2004 году некоторые Гиперспектральные съемки были проведены над известными минералами, чтобы проверить применимость метода в геологической среде Намибии. Воодушевленные положительными результатами несколько съемок было осуществлено в 2005/06 и около 20000 кв-км гиперспектральных данных теперь доступны (Hausknecht и др, 2006):

- **Нагорная съемка Отави** была выполнена в целях повышения уровня знаний о процессах минерализации наиболее известного минерального района Намибии. Это заинтересовало, по крайней мере, одну крупную

международную горнодобывающую компанию. В дополнениях, данные в настоящее время используются для изучения экологических проблем, вызванных более чем 100 летней горнодобывающей деятельностью в области Цумеб.

- **Съемка HSU (при помощи голографической сканирующей установки)** проведена над центральной частью пояса Дамара для оказания поддержки в разведке этой области, которая является очень перспективным местом по добыче урана, и многие компании закупили эти данные.

- **Съемка Хаиб (Haib)** на юге Намибии раскрыла возможность дальнейшей разработки минерально-сырьевого потенциала этого региона, но, пока, интерес к этому региону не удалось привлечь.

- Два расширенных тематических исследований были выполнены для разведки залежей алмазов: **Съемка залива Моув (Mowe)** вдоль северного побережья Намибии показала, что гиперспектральное отображение на карте может помочь в определении палеографии береговой террасы. **Съемка Сикерети (Sikereti)** в области Каванго северной Намибии была направлена на выявление минералов – индикаторов - кимберлит, покрытых тонкими осадками Калахари.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение правительства Намибии оказать поддержку в приобретении и распространении современных высококачественных геонаучных данных, особенно с Программой по аэрогеофизическим съемкам высокого разрешения, было оправдано увеличением разведочной деятельности в поиске полезных ископаемых. Текущая программа должна быть завершена в 2009 году, и к тому моменту когда будет достигнуто завершение съемок национального масштаба, предвидится приобретение многоцелевых геофизически-ориентированных данных.

Первоначальные цели разведки будут определяться на основе согласованного толкования существующих магнитных и радиометрических данных. Это будет сопровождаться соответствующими подробными аэрогеофизическими съемками в тех областях, представляющих интерес и дальнейшую интерпретацию, на основании которых будут проводиться стратиграфическое бурение.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Эберле, D. и Хатчинс, D.G. 1996. Региональный бортовой магнитный набор данных Намибии: комментарии к компиляции и геологическому обзору. Бюллетень 2, геологическая служба Намибии, 40pp.

Эберле, D., Хатчинс, D.G. и В.Петцель., 1997. Региональный Радиометрический Набор данных Намибии: Комментарии к Компиляции Данных из Западной Центральной и южной Намибии и на Образцах Аномалии этого. Бюллетень 3, Геологическая служба Намибии 50 стр.

Р.Хауснехт, Р.Уакерле Хатчинс, D.G. и Джурза, Р. 2006. Крупномасштабные Гиперспектральные съемки для Исследования и Гео-наносыящий-на-карту в использовании Намибии Нумар. Представленный на 13-й Австралиазийской Конференции по Дистанционному зондированию, Канберре, ноябрь 2006

Хатчинс, D.G., Милнер, Южная Каролина, Коркиакоский, Е., 1997. Региональная бортовая геофизика и геохимия: намибийская перспектива. Геофизика и геохимия в тысячелетие: слушания четвертой международной конференции Decennial минерального исследования