

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ РЕЛЬЕФА (МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ)

А. В. Костин



Алексей Валентинович Костин,
доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораториями геологии и минералогии благородных металлов и геологических информационных технологий Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН.

В последние годы данные цифрового рельефа становятся всё более открытыми. Их использование связано с современными компьютерными технологиями создания ГИС и даёт совершенно уникальный инструмент для анализа самых разных природных явлений.

Современные геологические исследования предъявляют высокие требования к точности привязки данных и их размещению на разноцелевых картах. Основой всех построений является максимально детальные топографические карты, но, к сожалению, они порой менее доступны, чем материалы космической съёмки или данные цифрового рельефа.

Радарная топографическая съёмка (Shuttle radar topographic mission – общепринятое сокращение – SRTM) большей части территории земного шара, за исключением самых северных ($>60^\circ$) и южных широт ($>54^\circ$), а также океанов, проведена NASA за 11 дней в феврале 2000 г. Объем собранной информации составил более 12 терабайт данных, а их обработка продолжается до сих пор. Часть этой информации находится в свободном доступе.

Сегодня наиболее популярны данные SRTM-4: исходные сведения распространяются квадратами размером 1 1, при максимальном доступном разрешении 3 арксекунды (90 м). Один дополнительный ряд (нижний) и одна колонка (правая) являются дублирующими и повторяются на соседней матрице, что позволяет при объединении квадратов избежать пикселей без сведений.

Данные являются простым 16-битным растром (без заголовка), значение пиксела соответствует высоте над уровнем моря в выбранной точке, а значение -32768 соответствует «по data» (нет сведений). Данные на территорию севернее 60 широты были подготовлены в 2009 г. [1]. Название квадрата данных соответствует координатам его левого нижнего угла. Например, квадрат, в котором расположен г. Якутск, выглядит так: N62E129 и соответствует 62° с.ш., 129° в.д.

Можно перечислить следующие основные направления использования цифрового рельефа в научных и практических целях:

- визуализация рельефа и создание 3D моделей;
- построение гидросети;
- анализ затопляемых территорий в период паводка;
- построение карт теневого рельефа для анализа разрывной тектоники;
- анализ территорий, благоприятных для поиска россыпных месторождений золота.

Визуализация рельефа и создание 3D моделей

Объёмная модель рельефа представляет собой широкий спектр возможностей по настройке изображения (изменение градиентной раскраски поверхности, добавление теней, изменение точки и угла просмотра, положение источника освещения и т. д.). На первом этапе обрабатываются исходные данные о рельефе, полученные в ходе миссии SRTM и хранимые в формате *.HGT. Обработка включает несколько шагов:

1) объединение в более крупные полигоны, например, номенклатурные листы м-ба 1:1 000 000;

2) преобразование из HGT в ASCII ArcGRID;

3) в ArcCatalog в инструментах ArcToolbox выбираем путь Conversion tools → To Raster → ASCII to raster. Получаем ArcGIS GRID;

4) перепроектируем GRID в проекцию Transverse Mercator WGS84.

В итоге получен файл цифрового рельефа, который используется в ГИС-проекте, разрабатываемом в Институте геологии алмаза и благородных металлов СО РАН.

Для построения цифрового рельефа из первичных файлов формата *.HGT размером 1 1 с помощью программы Microdem собирается необходимая площадь, которая объединяется командой «Open and Merge DEMs». На рис. 1 из первичных файлов DEM, преобразованных в систему координат UTM, собран участок долины

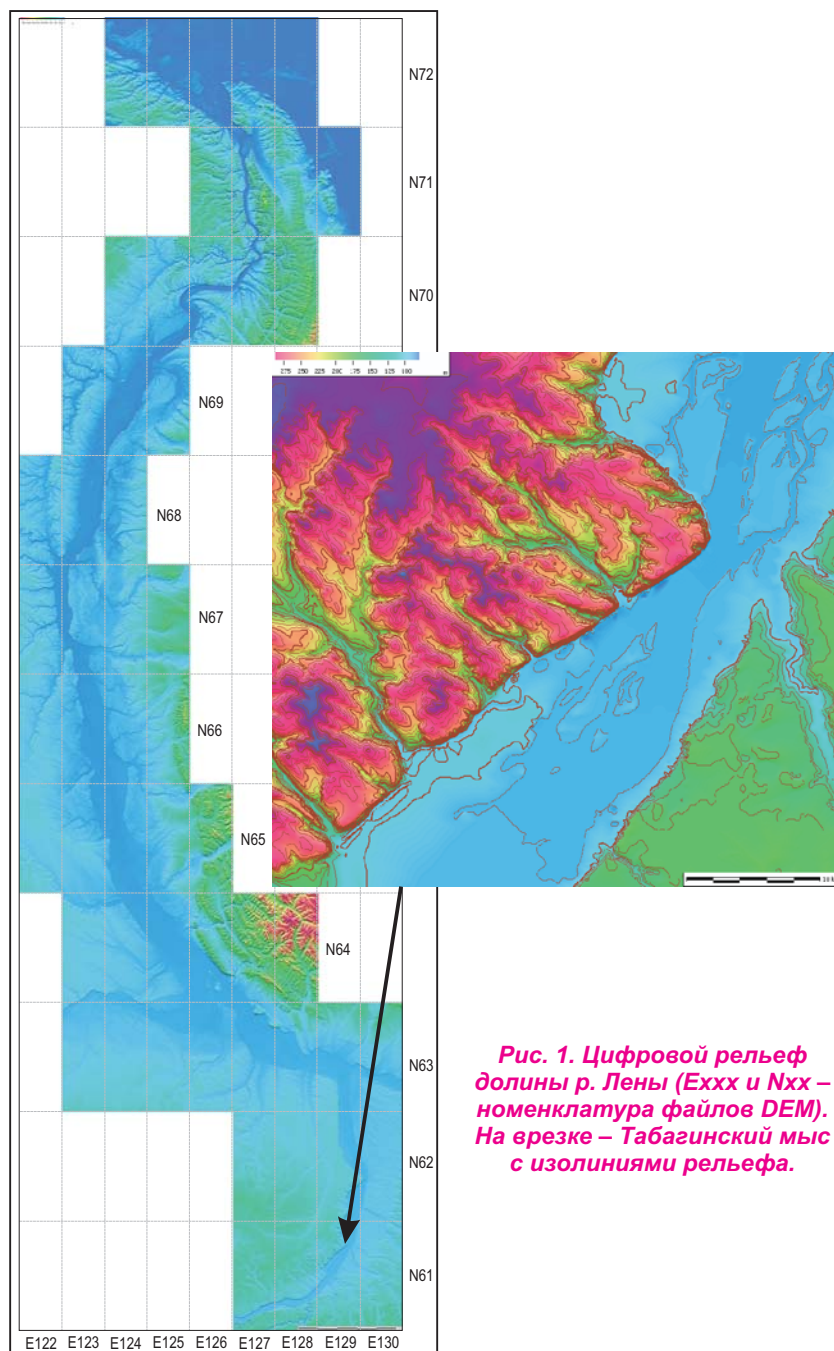


Рис. 1. Цифровой рельеф долины р. Лены (Еххх и Nxx – номенклатура файлов DEM). На врезке – Табагинский мыс с изолиниями рельефа.

р. Лены. Манипулируя опцией «Увеличить» программы Microdem, можно достичь высокого разрешения, на котором отчетливо просматриваются такие мелкие детали, как речные острова. Программа позволяет без существенных искажений переинтерполировать DEM до размеров пикселя = 10 м и на этой основе строить изолинии рельефа.

Для построения комбинированного рельефа находится слой с данными DEM, которые используются в качестве источника высот. ArcGIS предоставляет разные

возможности для создания моделей рельефа с помощью приложений ArcView, ArcScene и ArcGlobe. В ArcView можно создавать только плоские модели и модели теневого рельефа. ArcScene и ArcGlobe – два специализированных 3D-вьюера, которые являются частью ArcGIS 3D Analyst. Оба позволяют эффективно управлять 3D данными ГИС, проводить анализ и редактировать 3D объекты, создавать слои с 3D свойствами, а также 3D объекты по существующим двумерным данным.

ArcGlobe даёт возможность размещения больших объёмов данных, пространственно привязанных на 3D поверхности глобуса, и просмотра от глобального до локального уровней. ArcGlobe поддерживает векторные и растровые данные. Векторные могут быть драпированы по подстилающей поверхности рельефа. На рис. 2 показаны два примера совмещения снимков мозаики Landsat ETM+ (формат MrSID) и 3D поверхности. Опираясь на признак Z-фактор для слоя DEM, можно сделать рельеф более контрастным.

Построение гидросети

Одна из проблем, с которой постоянно сталкиваются пользователи ГИС, – это несовпадение разномасштабных векторных слоёв гидросети с гидросетью на космоснимках. Решение проблемы состоит в использовании модуля «Гидрология» для вычисления гидросети по слою DEM. В целом, этот вопрос проработан в инструментах ГИС достаточно подробно, благодаря чему задача является стандартной и включает следующие шаги:

- расчёт поверхности направления речного стока (flow direction);
- расчёт суммарного стока (flow accumulation) на основе п. 1;
- вычленение гидросети (stream network), основанного на указанном размере ячейки flow accumulation.

На рис. 3 показана гидросеть м-ба 1:1 000 000 и вычисленная с помощью модуля «Гидрология» сеть водотоков. Достоинством метода является точность прорисовки гидросети, а недостатком – разрывы линий водотоков, что, скорее, относится к вопросу технологии интерполяции.

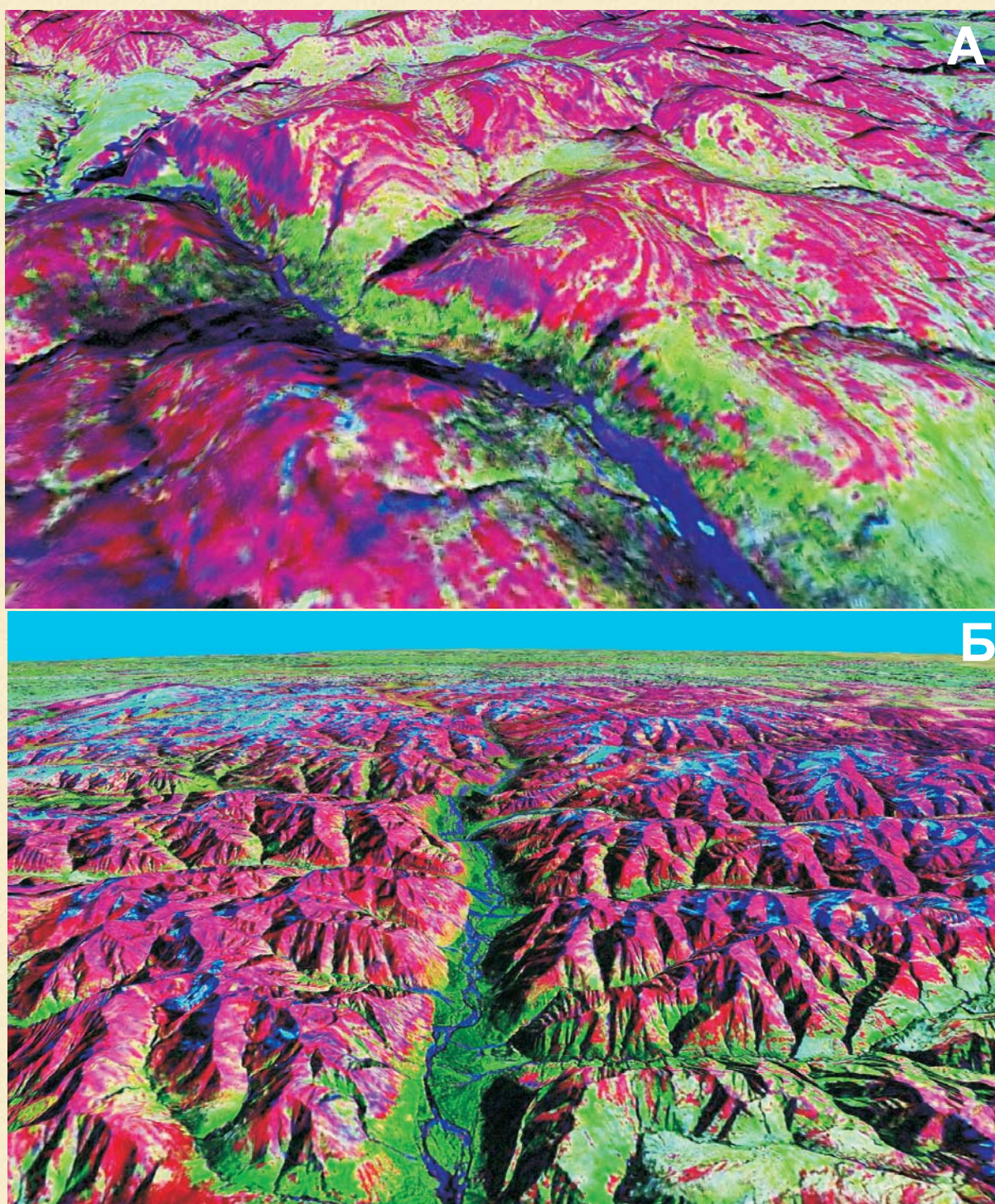


Рис. 2. Трёхмерный рельеф золоторудного месторождения Аркачан (А) и долины р. Дянышка (Б).

Анализ затопляемых территорий в период паводка

Определить границы затопляемых в период паводка территорий, например в долине Туймаада, можно путём

вычисления контуров границ равных высот, которые будут отвечать уровням подъёма воды с шагом 1 м и нанесения их на космоснимок в Google Earth. Нижняя граница паводкоопасной территории совпадает с урезом воды при нормальном подпорном уровне в районе Кангалас-

ского мыса и составляет по цифровому рельефу DEM 82 м над уровнем моря. В долине Туймаада по данным Якутского управления гидрометеослужбы пик подъёма воды в р. Лене был зарегистрирован 23 мая 2001 г. в

Функция «отмывки рельефа» создает эффект искусственного освещения поверхности, определяя значения освещённости в каждой ячейке раstra. Для этого устанавливается позиция гипотетического источника света и

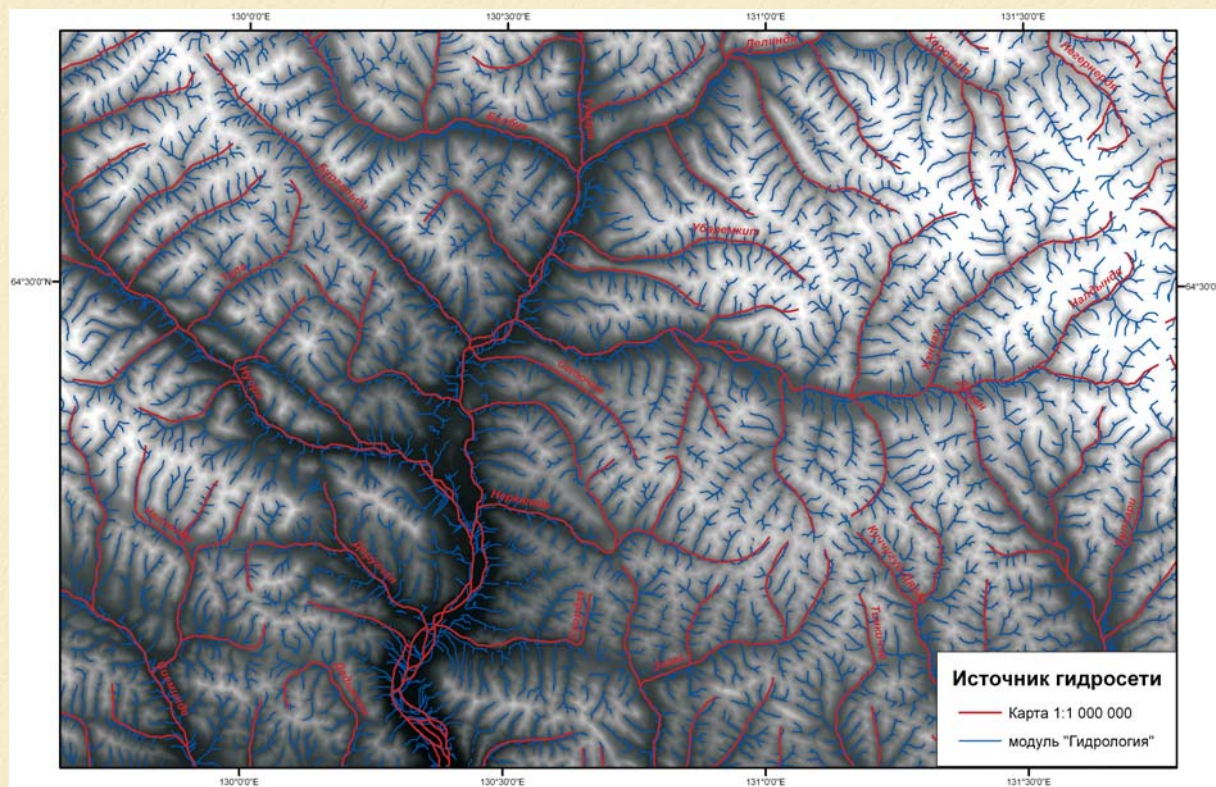


Рис. 3. Верховья р. Тумара: гидросеть масштаба 1:1 000 000 и построенная модулем «Гидрология».

пос. Табага и составлял 10,85 м. На этом основании мы проводим анализ границ затопляемых территорий с учётом максимального подъёма воды +10 м и без учёта уже построенных дамб, так как их наличие на DEM не учтено.

Используя модуль Spatial Analyst → Surface Analysis → Contour, генерируем изолинии с интервалом 1 м и экспортируем полученный результат в формат KMZ, который можно использовать в качестве слоя Google Earth¹. Этот вариант совмещения наиболее удачен, поскольку на территорию долины Туймаада выложены снимки высокого разрешения и можно с высокой точностью дать прогноз затопляемых участков (рис. 4).

Построение карт теневого рельефа для анализа разрывной тектоники

Построение карт теневого рельефа получило название «отмывка рельефа», а его применение позволяет делать карты более привлекательными и даёт дополнительную информацию для анализа.

вычисляется значение освещённости для каждой ячейки относительно других.

Для построения теневого рельефа можно пользоваться программами ArcGIS, Surfer или Microdem, поскольку в них можно работать с файлами GRID, представляющими собой регулярный массив точек. Программа определяет ориентацию каждой ячейки GRIDa и вычисляет её отражательную способность (на примере программы Surfer: в меню Map нужно выбрать Shaded relief map и указать на GRID-файл, по умолчанию параметры освещения азимут 31545). Те части поверхности, которые повернуты в сторону от источника света, будут выглядеть более тёмными, так как отражают меньше света.

Если расположить источник света под углом 90°, т.е. вертикально, то обычный горный рельеф будет равномерно рассеивать свет, не проявляя теневых участков. При этом равнинные поверхности выглядят более светлыми, а на их фоне более контрастно проявляются выступающие части рельефа. Это свойство ранее было

¹При паводке уровень воды в реке поднимается, и уже до начала выхода реки из берегов, т.е. до начала затопления, происходит развитие подпора, который вызывает подъём уровня грунтовых вод на прилегающей территории и её подтопление. В связи с этим площадь подтопления оказывается больше площади затопления. Эта ситуация в данной задаче не моделируется.



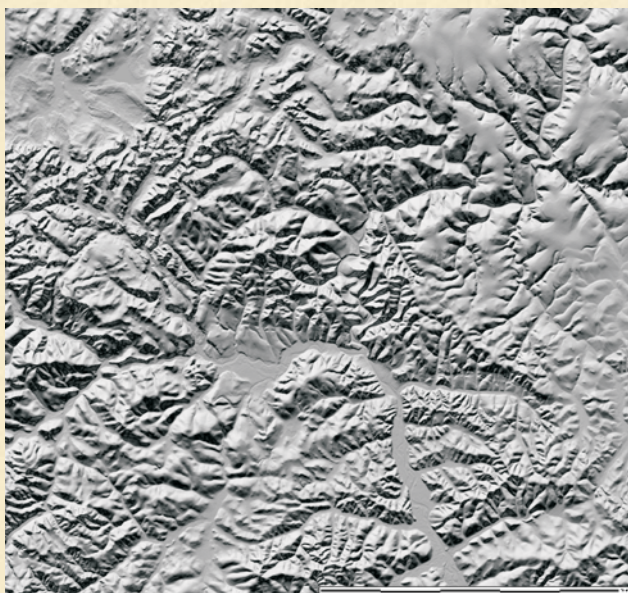


Рис. 5. Теневой рельеф одного из сейсмоопасных участков р. Олёкмы.

положено нами в основу поиска малых изометричных магматических тел трубчатого типа [2].

Карты теневого рельефа позволяют лучше понять и выявлять структуры повышенной сейсмической опасности. Например, в среднем течении р. Олёкмы отчетливо видны современные разноориентированные сейсмоактивные разрывные нарушения, смещающие долину реки почти под прямым углом (рис. 5). Изучение теневого рельефа с разными вариантами освещения позволяет максимально эффективно устанавливать такие структуры.

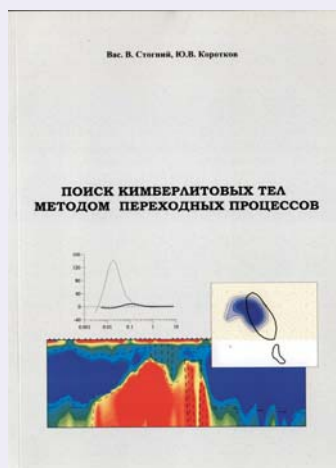
Рассмотренные в статье материалы – лишь малая часть того, где можно использовать цифровой рельеф. Безусловно, что цифровые модели рельефа найдут применение у геологов-производственников, горняков, биологов, мерзлотоведов, сотрудников МЧС. Использование этого метода может стать хорошим импульсом для создания совместных научных проектов в области ГИС-технологий и развития данного направления в Якутии.

Список литературы

1. Jonathan de Ferranti B.A. Digital elevation of North Eurasia: Viewfinderpanoramas // Last upload. – 21 August 2009.
2. Костин, А. В. Моделирование карты теневого рельефа Якутии средствами ГИС для прогнозирования потенциальных рудно-магматических систем / А. В. Костин // Наука и образование. – 2010. – № 1. – С. 63–70.

НОВЫЕ КНИГИ

Стогний Вас. В. Поиск кимберлитовых тел методом переходных процессов / Вас. В. Стогний, Ю. В. Коротков. – Новосибирск: Издательство «Малотиражная типография 2D», 2010. – 121 с.



В монографии рассмотрены геоэлектрические модели поисковых объектов и материалы трёхмерного моделирования неустановившихся электромагнитных полей. Приведены результаты опытных работ, выполненных методом переходных процессов на кимберлитовых трубках Якутской и Архангельской алмазоносной провинций, находящихся в различных геологических условиях. Показана высокая информативность импульсной индуктивной электроразведки для локализации кимберлитовых тел. Большое внимание уделено факторам, осложняющим применение метода переходных процессов в условиях криолитозоны Якутии – быстропротекающим процессам индукционно вызванной поляризации, магнитной вязкости и низкочастотной индукционно вызванной поляризации. Выявлено, что кроме аномалий повышенной электропроводности над изученными кимберлитовыми диатремами Якутской алмазоносной провинции регистрируются аномалии, обусловленные повышенной индукционно вызванной поляризуемостью кимберлитов, которые являются дополнительным критерием при поиске новых кимберлитовых тел.

Разработана и апробирована методика проведения полевых работ и обработки материалов электромагнитных зондирований, обеспечивающая разделение эффектов индукции и поляризации. При аппроксимации низкочастотной дисперсии электропроводности была применена формула Cole-Cole. В работе рассмотрена геологическая эффективность измерения горизонтальных компонент неустановившегося электромагнитного поля. Применение предложенных технологий позволяет резко повысить эффективность электроразведочных работ, направленных на поиски кимберлитовых тел, а также решения инженерно-геологических и гидрогеологических задач в условиях криолитозоны.

Книга рассчитана на геологов и геофизиков, занимающихся поисками рудных месторождений, а также исследованием криолитозоны.