

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОИСКА КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ГЕОХИМИЧЕСКИМИ АНОМАЛИЯМИ И СПЕКТРАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Старченко Е. А.

Научный руководитель канд. техн. наук, доц. Романов А. А.

*Сибирский Федеральный Университет*

Технологии дистанционного зондирования применяются в геологии с середины прошлого века. Цели и задачи применения варьируются очень широко: от задач картографирования и построения цифровых моделей рельефа, до аналитических задач по геоморфологии, геологоразведки. Согласно основным постулатам дистанционного зондирования Земли из космоса часть солнечной энергии при взаимодействии с подстилающей поверхностью поглощается и перераспределяется. С другой стороны, из современной геологии известно, что крупные залежи полезных ископаемых, сопровождающиеся геохимическими аномалиями, имеют также ярко-выраженные спектральные характеристики. В настоящей работе были поставлены задачи с общей целью разработки концепции корреляционного анализа визуализированных в растровой форме данных геологических геохимических аномалий и спектральных характеристик подстилающей поверхности, зарегистрированных сканерными системами SPOT, Landsat.

В качестве объекта исследований в данной работе была взята территория Нойбинского месторождения (Северо-Енисейский район Красноярского края, р. Нойба), где последние три года проводятся поисковые геологические работы и изыскания на предмет обнаружения запасов золота и др. полезным ископаемых. В качестве тестового участка для разработки методики корреляционного анализа была выбрана область размером около 2,5 на 1 км. За время полевых работ с нее было собрано 2189 проб породы. Пробы брались в равноудаленных точках подстилающей поверхности (по 200 – 300 грамм каждая); тем самым был формирован ГРИД данных полевых исследований с параметрами: расстояние между профилями – 200 м, расстояние между узлами внутри профиля – 40 м.

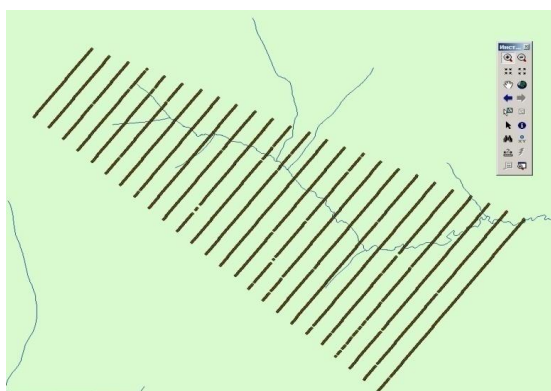


Рисунок 1 – Схема ГРИДА данных на исследуемую территорию

Каждая точка ГРИДА характеризуется набором параметров: уникальный идентификационный номер, координаты, и результаты геохимических исследований по 14 элементам. В таблице 1 приведен пример такого описания.

Name	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	As_	Br	Pb	Rb	Sr	Zr	LE
309_01_001	286	447	139	1902	4432	218	1715	281	313	212	586	235	96	123,289
309_01_002	282	637	167	2742	6517	236	1612	322	395	232	696	240	97	152,343

В настоящей работе источником данных системы SPOT 4 является архив Сибирского федерального университета. Снимки системы SPOT4 имеют достаточно высокое качество внутренней геометрии растра. Однако, необходимо заметить, что перед практическим исследованием и работой с данными, необходимо проводить уточняющую географическую привязку, коррекцию снимка.

Источником данных системы Landsat в данной работе являлись информационные архивы. Эти данные имеют менее точное пространственное разрешение, однако, как правило, снимки Landsat не требуют дополнительной уточняющей географической коррекции.

Исходные данные, которые являются результатом работ полевых исследований, представляют собой ГРИД, общий объем узлов, которого составляет 2189 равноудаленных точек. Данные ДЗЗ представляют собой «непрерывные» растры, поэтому прежде чем перейти к корреляционному анализу спектральных характеристик подстилающей поверхности и геохимических аномалий, необходимо выбрать структуру исследуемых растров. В работе рассматривалось два варианта:

- 1) Производить корреляцию только между точками растра ДЗЗ, которые пересекаются с узлами ГРИДА;
- 2) Произвести интерполяцию растра геохимических аномалий по узлам ГРИДА, и в таком случае можно производить корреляцию по всем точкам растра ДЗЗ.

В первом варианте существует очень высокая вероятность ошибки, фатальной для исследования, которая обуславливается точностью географической привязкой: в случае если узлы ГРИДА будут не совпадать с соответствующими узлами растра ДЗЗ – не представится возможности привести адекватный корреляционный анализ. Поэтому, было принято решение о формировании непрерывных растров геохимических аномалий по интерполяционным данным, хранящимся в узлах ГРИДА. Для каждого набора растровых данных ДЗЗ формировался отдельный набор растровых данных геохимических аномалий. Ячейки растра соответствовали пространственному разрешению спутниковых данных. Спектральная характеристика растра формировалась на основе нормировки показателей геохимии по конкретным элементам: максимальному содержанию элемента в узле ГРИДА соответствует максимальная спектральная интенсивность; распределение яркости между узлами ГРИДА производилось на основе внутренних алгоритмов функционала «Интерполяции растра». Всего было построено 15 растровых моделей (K, Ca, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Br, Pb, Rb, Sr, Zr, Ag, Au). Ниже на рисунке представлена растровая модель геохимической аномалии Меди (Cu).

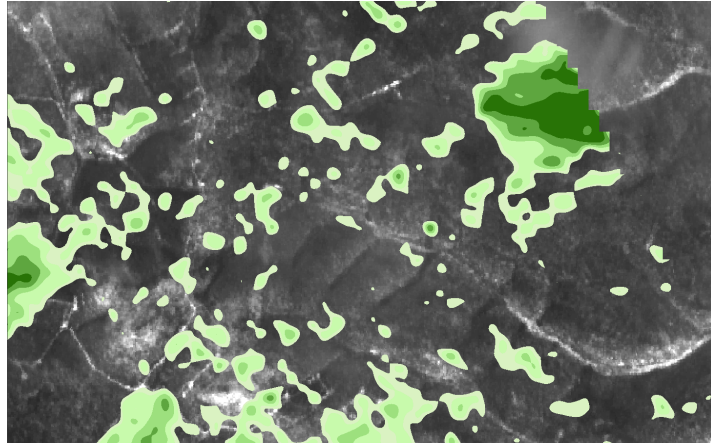


Рисунок 2 – Фрагмент растровой модели результатов геохимических исследований (Cu)

С помощью алгоритмов автоматической классификации были подготовлены наборы растров, соответствующие конкретным спутниковым данным (идентификационные показатели брались из метаданных на конкретный снимок). Для алгоритмов автоматической классификации необходимо указать ряд параметров. В данной работе не ограничивалось количество классов или число итераций. Основным критерием останова автоматической классификации являлся порог сходимости.

Управляемая классификация основывалась на экспертных заключениях, например, одним из которых является: высокое содержание золота (значимые для промышленных масштабов объемы) сопровождается наличием геохимических аномалий таких элементов, как – мышьяк, медь, железо, свинец. Формирование обучающей выборки для классификации снимков происходило на основе растровых моделей геохимических аномалий и результатов автоматической классификации.

Корреляционный анализ проводился с использованием растровых моделей геохимических аномалий и двух типов растровых моделей данных ДЗЗ:

- Собственные растры космических снимков;
- Растры, полученные в результате обработки космических снимков.

Разбиение на два типа обусловлено желанием проанализировать все возможные варианты связей спектральных характеристик подстилающей поверхности и геохимических аномалий. Из набора каналов собственных растров космических данных для корреляционного анализа были исключены видимые каналы.

Понятие методики предполагает совокупность опробованных методов и приемов. В результате проведенной работы в рамках данного исследования не было обнаружено показателей высокой степени «прямой» корреляции между спектральными характеристиками подстилающей поверхности, определенными с помощью систем SPOT и Landsat, и геохимическими аномалиями. Тем не менее, это не отрицает возможность применения данных ДЗЗ других (более специализированных) спутниковых систем для поисковых геологических работ.

Концептуально методику корреляционного анализа данных ДЗЗ и геохимических аномалий можно представить в виде трех этапов, каждый из которых состоит из набора функциональных модулей.

#### I Подготовительный этап

Модуль предварительного анализа исходных данных:

- Выбором применяемых технологических процессов, а также приемов;

- Оценка качества топографической основы на исследуемую территорию;
- Оценка качества/объема данных – результатов геохимических обследований исследуемой территории;
- Формирование набора экспертных правил для исследуемой территории

Модуль поиска данных ДЗЗ:

- Поиск космических снимков на исследуемую территорию, Критериями отбора материалов ДЗЗ являются: высокая радиометрическая и пространственная точность материалов; период и время съемки (выбираются согласно экспертным правилам);
- Вырезка сцен на исследуемую территорию (для более точной географической привязки).

Модуль формирования исходных растров геохимических аномалий:

- поиск космических снимков на исследуемую территорию, Критериями отбора материалов ДЗЗ являются: высокая радиометрическая и пространственная точность материалов; период и время съемки (выбираются согласно экспертным правилам);
- формирование растровых моделей геохимических аномалий. Основной критерий – линейный размер ячейки растра должен совпадать с пространственным разрешением материалов ДЗЗ на исследуемый участок;
- географическая привязка растровых моделей.

II Этап предобработки:

- формирование набора растровых моделей и масок вспомогательных классов на основе методов автоматической классификации;
- формирование растровых моделей на основе методов управляемой классификации по предварительно сформированным маскам вспомогательных классов;
- экспертный отбор спектральных «оригинальных» слоев космических снимков для корреляции без предварительной классификации.

III Заключительный этап

- - Формирование матрицы наборов растровых моделей корреляции на основании экспертных правил;
- - Корреляционный анализ.

По результатам анализа можно сделать вывод, что спектральные возможности систем SPOT и Landsat недостаточны для детектирования геохимических аномалий. При этом необходимо учитывать, что целевое назначение этих аппаратов не предполагало использование их данных для решения задач геологоразведки. Однако, представленную в работе методику необходимо апробировать на данных других специализированных космических систем. Возможными причинами, по которым в рамках данной работы не удалось выявить прямых корреляционных связей, являются: недостаток экспертных правил для выбора спектральных каналов; отсутствие данных с современных специализированных спутниковых систем. Маловероятной причиной является техническая реализация поиска корреляции, поскольку в процессе исследования проводился экспертный пространственный анализ результатов обработки.