

Карагандинский технический университет им. А. Сагинова

Кафедра «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

Дисциплина

«Введение в теоретические основы полевых геофизических
методов»

Специальность 6В07201

«Геология и разведка месторождений полезных
ископаемых»

Лекция 8

«Магнитная восприимчивость»

Разработчик:

Мадишева Р.К., PhD

Ассоциированный профессор
каф. ГРМПИ

Караганда 2025

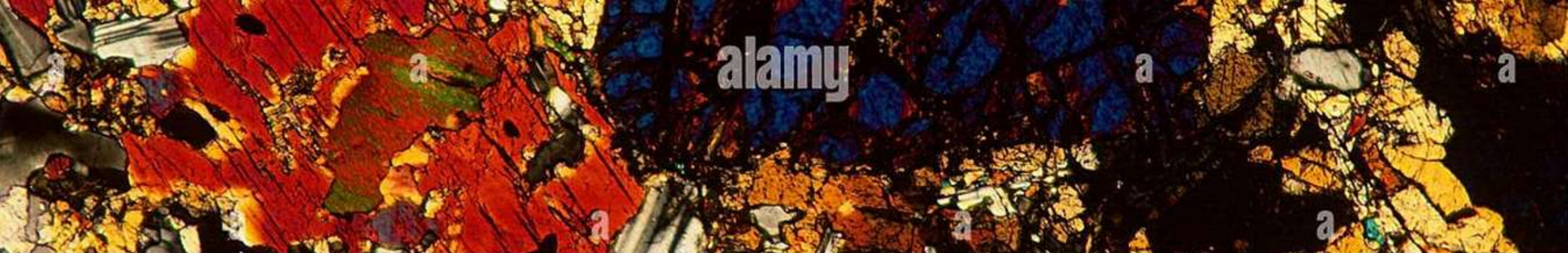


Carbonate Minerals:	
Calcite, CaCO_3	-0.4839
Dolomite, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	-0.4804
Magnesite, MgCO_3	-0.4762
Barite, BaCO_3	-0.3643
Anglesite, PbCO_3	-0.2855
Malachite, FeCO_3	122.57
Rhodochrosite, MnCO_3	124.628
Sulfate Minerals:	
Quartz, SiO_2	-0.6191
Gypsum, CaSO_4	-0.4508
Epsomite, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-0.5461
Halite, NaCl	-0.6451
Albite, $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$	-0.6474
Pyrophyllite, $(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH}_2, \text{H}_2\text{O})]$	15
Magnetite, Fe_3O_4	20,000-110

Магнитные свойства горных пород: основные различия

Магнитная восприимчивость является ключевым параметром при геофизических исследованиях. Осадочные горные породы, в общем случае, не магнитные и не картируются по аномалиям магнитного поля. Однако магматические горные породы становятся магнитными и легко картируются по магнитным аномалиям, что делает их идеальными объектами для магнитометрических исследований.

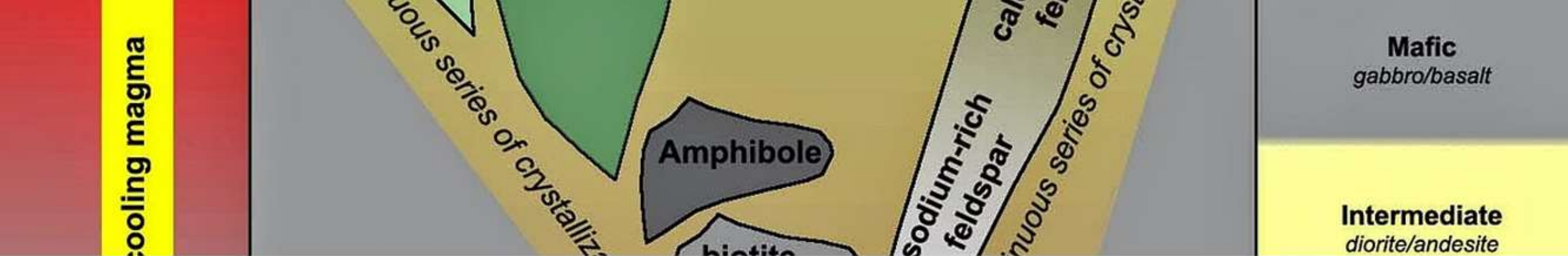
Это фундаментальное различие между осадочными и магматическими породами позволяет геофизикам эффективно разделять геологические структуры и выявлять скрытые магматические интрузии. Магнитная восприимчивость зависит от минерального состава пород и содержания магнитных минералов, особенно магнетита и других железооксидных фаз.



Интрузивные породы: закономерности плотности и основности

Внутри группы интрузивных пород наблюдаются четкие закономерности: происходит постепенное увеличение плотности в зависимости от основности. Чем выше основность породы, тем выше её плотность. Эта связь позволяет предсказывать физические свойства пород на основе их минерального состава.

Интрузивные породы образуют последовательность от кислых (гранитов с низкой плотностью) к ультраосновным (дунитам и перидотитам с высокой плотностью). Средние типы интрузивных пород включают диориты, габбро и другие разновидности, каждая из которых имеет характерный диапазон плотности. Эти пределы изменения плотности хорошо изучены и табулированы для различных регионов, что облегчает геологическую интерпретацию геофизических данных.



Кислые породы

Граниты, гранодиориты. Низкая плотность, низкая магнитная восприимчивость.

Средние породы

Диориты, монцониты. Средняя плотность и магнитная восприимчивость.

Основные породы

Габбро, норит. Высокая плотность и магнитная восприимчивость.

Ультраосновные

Дуниты, перидотиты. Максимальная плотность и восприимчивость.

Классификация интрузивных пород по основности: Последовательное увеличение содержания магнезиально-железистых минералов (оливина, пироксена) от кислых к ультраосновным породам приводит к систематическому возрастанию плотности и магнитной восприимчивости.



Эффузивные породы: палеотипные и кайнотипные

Эффузивные породы демонстрируют более широкий диапазон изменения плотности по сравнению с интрузивными. Это связано с различной степенью их изменения и преобразования после излияния.

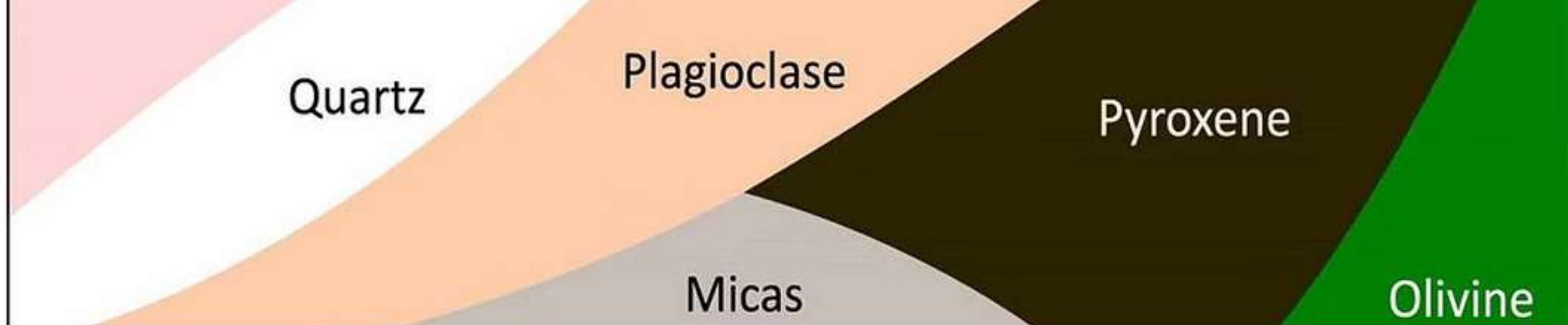
Палеотипные эффузивные

Измененные в результате диагенеза и метаморфизма. Включают диабазы, порфириды и другие древние вулканические породы. Характеризуются переменной плотностью из-за вторичных изменений минерального состава.

Кайнотипные эффузивные

Неизмененные или слабоизмененные молодые вулканические породы. Включают базальты, андезиты, риолиты. Сохраняют первичный минеральный состав и характеризуются более стабильными физическими свойствами.

composition
based on
percent by
volume



Сравнение плотности интрузивных и эффузивных пород

Анализ пределов изменения плотности показывает, что эффузивные породы имеют более широкий диапазон значений по сравнению с интрузивными. Это объясняется несколькими факторами:

- Различной степенью кристаллизации: интрузивные породы полностью кристаллизованы, эффузивные могут содержать стекловидную фазу
- Пористостью: эффузивные породы часто содержат пузырьки газа, снижающие плотность
- Вторичными изменениями: палеотипные эффузивные породы подвергались диагенезу и метаморфизму
- Минеральным составом: одна и та же эффузивная порода может иметь различный состав в зависимости от условий кристаллизации

Несмотря на более широкий диапазон, средние типы эффузивных пород все еще демонстрируют четкие тренды, позволяющие использовать их для геофизической интерпретации.

Петрофизические связи: плотность и намагниченность

Петрофизические связи описывают корреляции между различными физическими свойствами горных пород. Основные рассматриваемые связи включают:

Плотность-Намагниченность (ρ -M)

Прямая корреляция между плотностью и магнитной восприимчивостью, особенно для магматических пород, содержащих магнитные минералы.

Скорость-Плотность (V_p - ρ)

Связь между скоростью сейсмических волн и плотностью, используемая для интерпретации сейсмических данных.

Комплексирование свойств

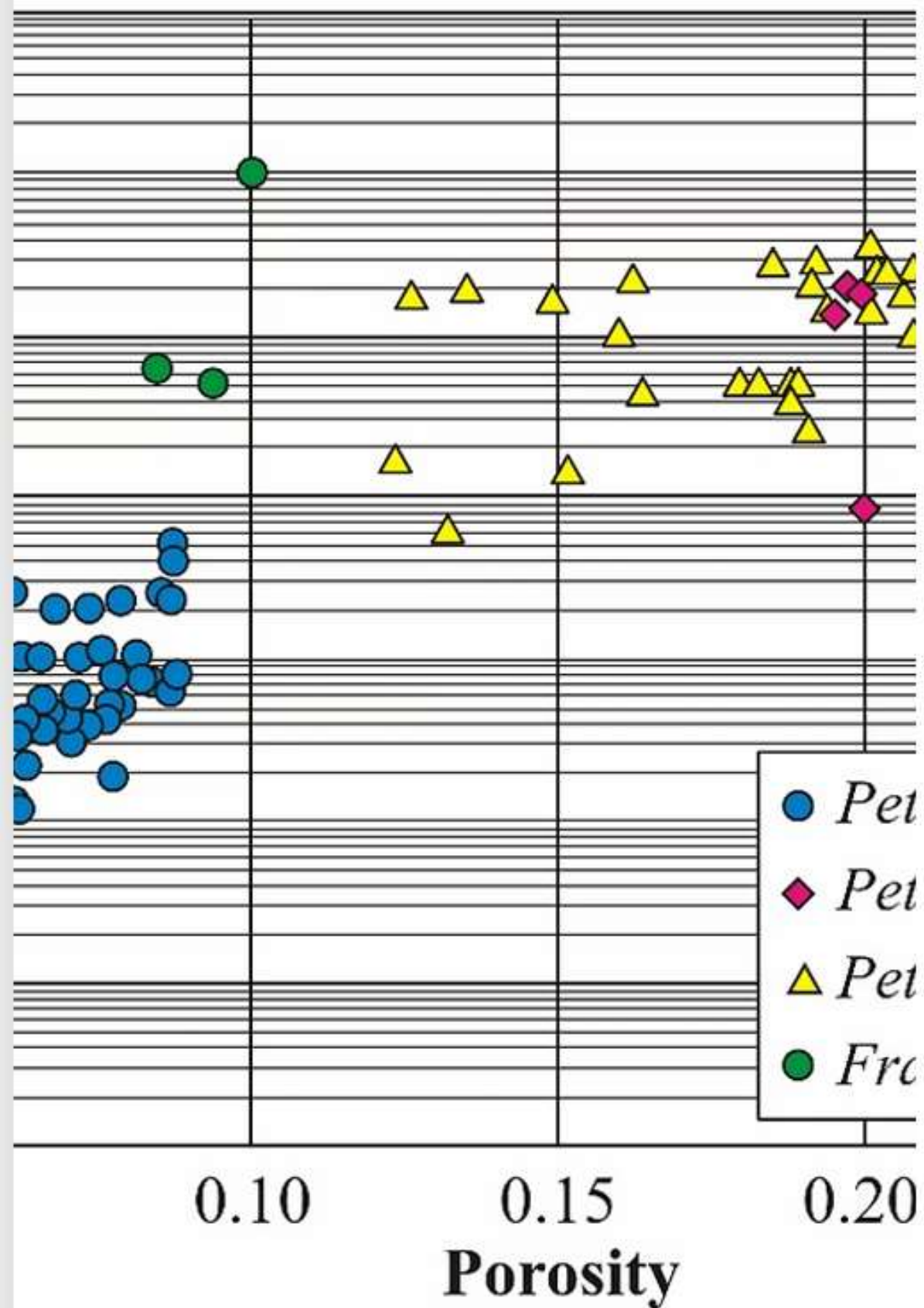
Совместное использование нескольких физических свойств для повышения надежности геологической интерпретации.

Анализ изменения физических свойств пород

При изучении любого региона геофизики исследуют физические свойства, характерные для пород этого региона. В этих исследованиях часто составляются общие таблицы изменения свойств. В некоторых случаях наблюдается согласованное изменение некоторых физических свойств $\rho_2 = f(\rho_1)$, например связь скорость-плотность.

Это позволяет формализовать геологическую интерпретацию модели физических свойств. Когда две переменные коррелируют, можно использовать одну для предсказания другой, что значительно облегчает обработку и интерпретацию геофизических данных. Такие зависимости часто представляются в виде графиков, где каждая точка соответствует образцу горной породы, а линия тренда показывает общую закономерность.

Однако следует помнить, что такие связи часто имеют значительный разброс, отражающий естественную вариабельность горных пород в природе.



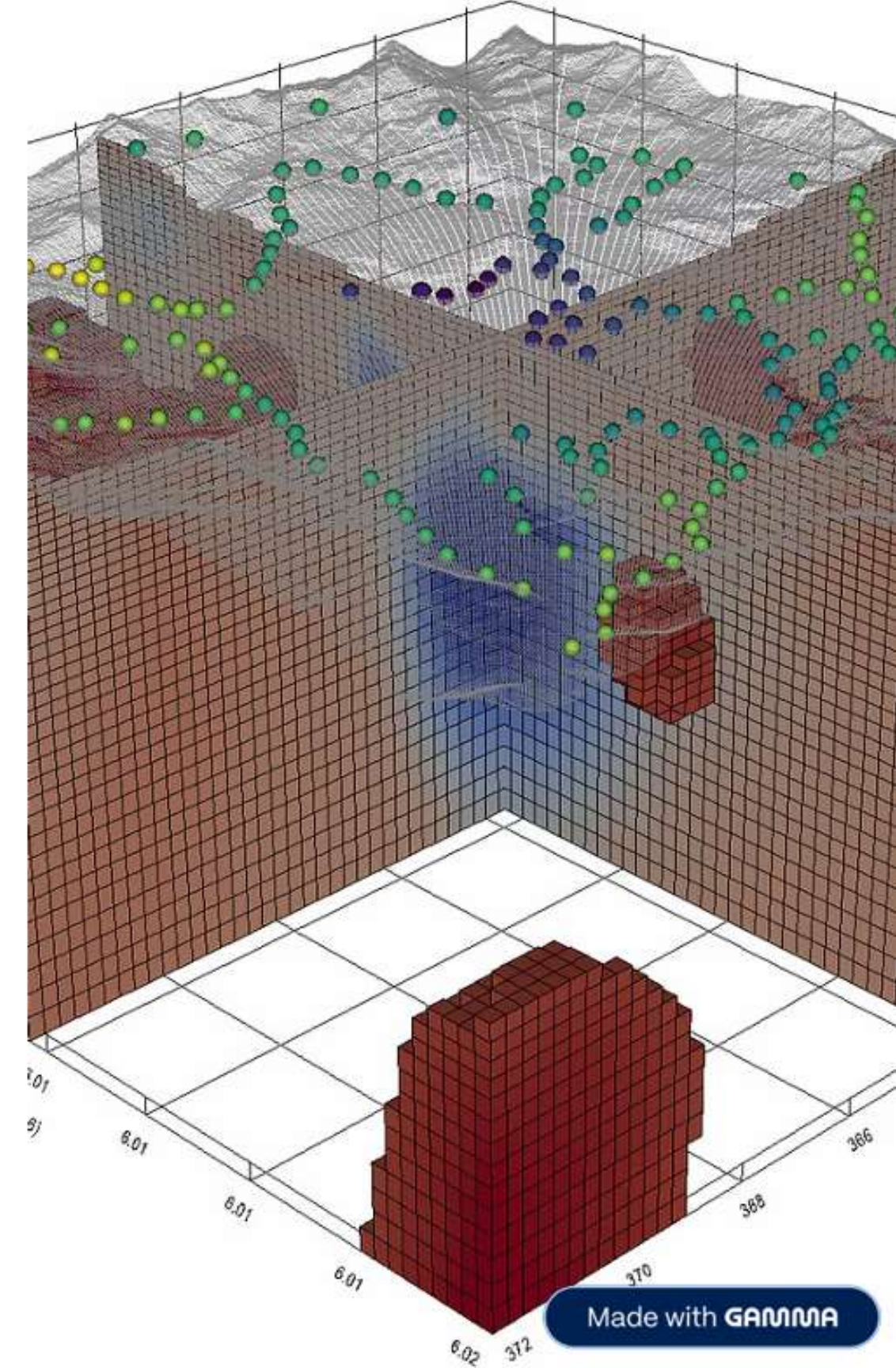
Комплексирование физических свойств и петрофизические модели

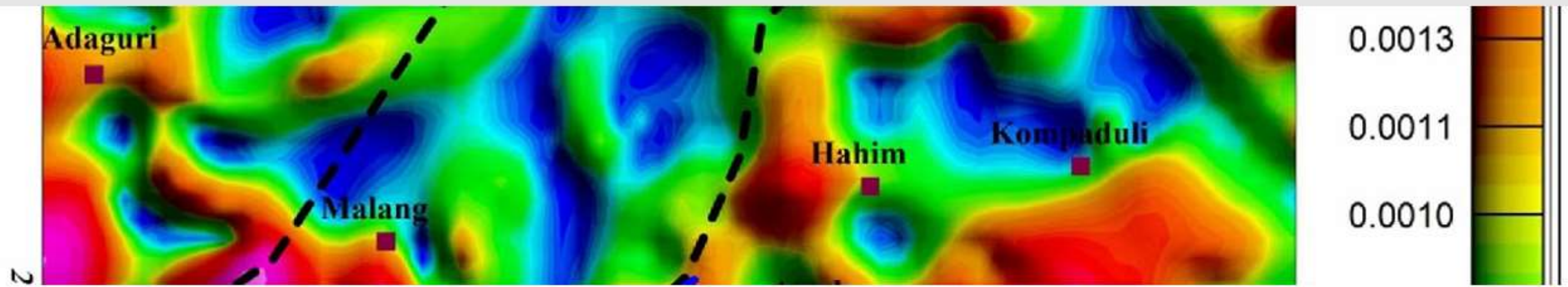
Комплексы горных пород разделяются по совокупности физических свойств. При этом свойства внутри одного комплекса меняются независимо в некоторых пределах. Это означает, что каждый комплекс характеризуется определенным диапазоном значений для каждого свойства, но эти диапазоны могут перекрываться между комплексами.

Комплексирование свойств включает:

- Одновременное использование магнитных, гравиметрических и сейсмических данных
- Построение петрофизических моделей, связывающих различные свойства
- Использование скважинных данных для калибровки геофизических моделей
- Применение статистических методов для выявления закономерностей

Такой комплексный подход позволяет повысить надежность геологической интерпретации и уменьшить неоднозначность решения обратной задачи геофизики.





Ключевые выводы: магнитная восприимчивость и петрофизика

1 Магматические породы магнитны

Магматические горные породы легко картируются по аномалиям магнитного поля, в отличие от осадочных пород, которые немагнитны.

2 Основность определяет плотность

Для интрузивных пород существует четкая закономерность: увеличение основности приводит к увеличению плотности и магнитной восприимчивости.

3 Эффузивные породы более переменны

Эффузивные породы демонстрируют более широкий диапазон плотности, особенно палеотипные, измененные диагенезом.

4 Петрофизические связи облегчают интерпретацию

Корреляции между физическими свойствами позволяют формализовать геологическую интерпретацию и повысить надежность результатов.