

# 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 «Плотность горных пород»

Разработчик:

Мадишева Р.К., PhD

Ассоциированный профессор каф.  
ГРМПИ

Караганда 2025





# Геофизическое исследование: полный цикл

Анализ гравитационного поля требует построения непротиворечивой физико-геологической модели. Плотность — единственное физическое свойство, определяющее аномалии гравитационного поля. Геологическая интерпретация начинается на этапе планирования работ.

Два ключевых этапа:

1

## Проектирование

Построение априорной плотностной модели и оценка ожидаемых геофизических полей

2

## Выполнение проекта

Решение обратной задачи, геологическое и петрофизическое истолкование результатов

# Классификация горных пород

Все горные породы проходят геологический цикл формирования и изменения. Геологические процессы, такие как выветривание и консолидация, приводят к изменению структуры и плотности пород.

## Осадочные

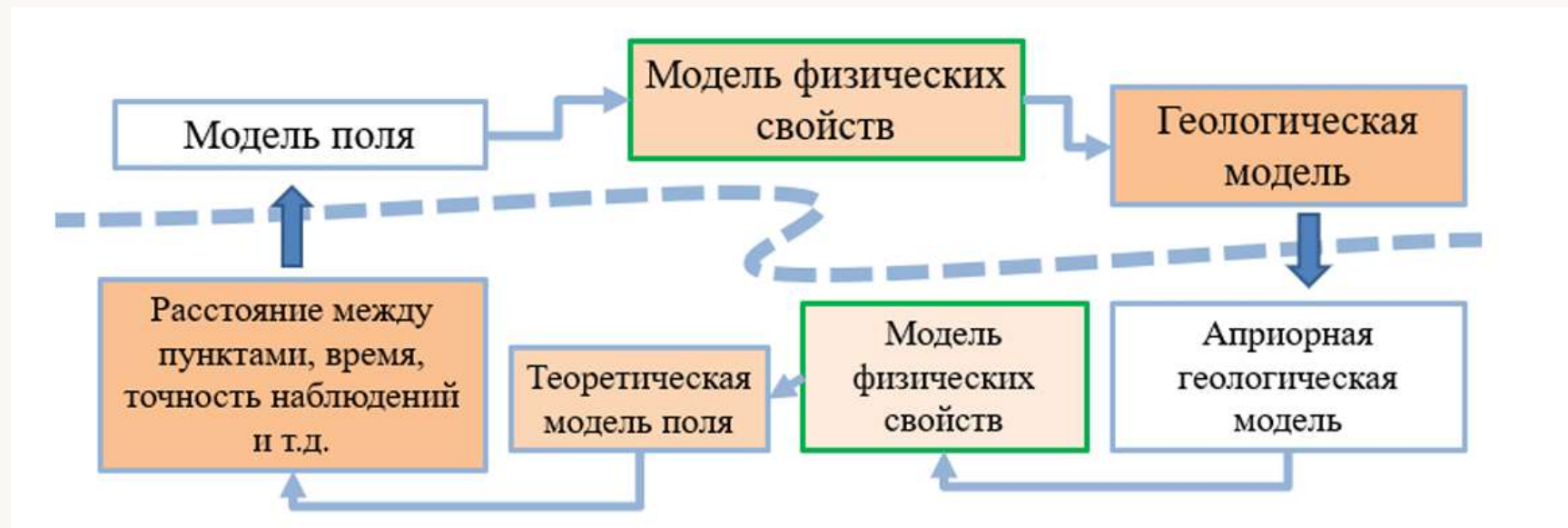
Образованы из обломков других пород, зависят от пористости и заполнителя пор

## Магматические

Образованы из магмы, плотность зависит от содержания  $\text{SiO}_2$

## Метаморфические

Образованы под высокими температурой и давлением, плотность сопоставима с магматическими



# Связи между осадочными, магматическими и метаморфическими горными породами



В геологии выделяются следующие группы пород

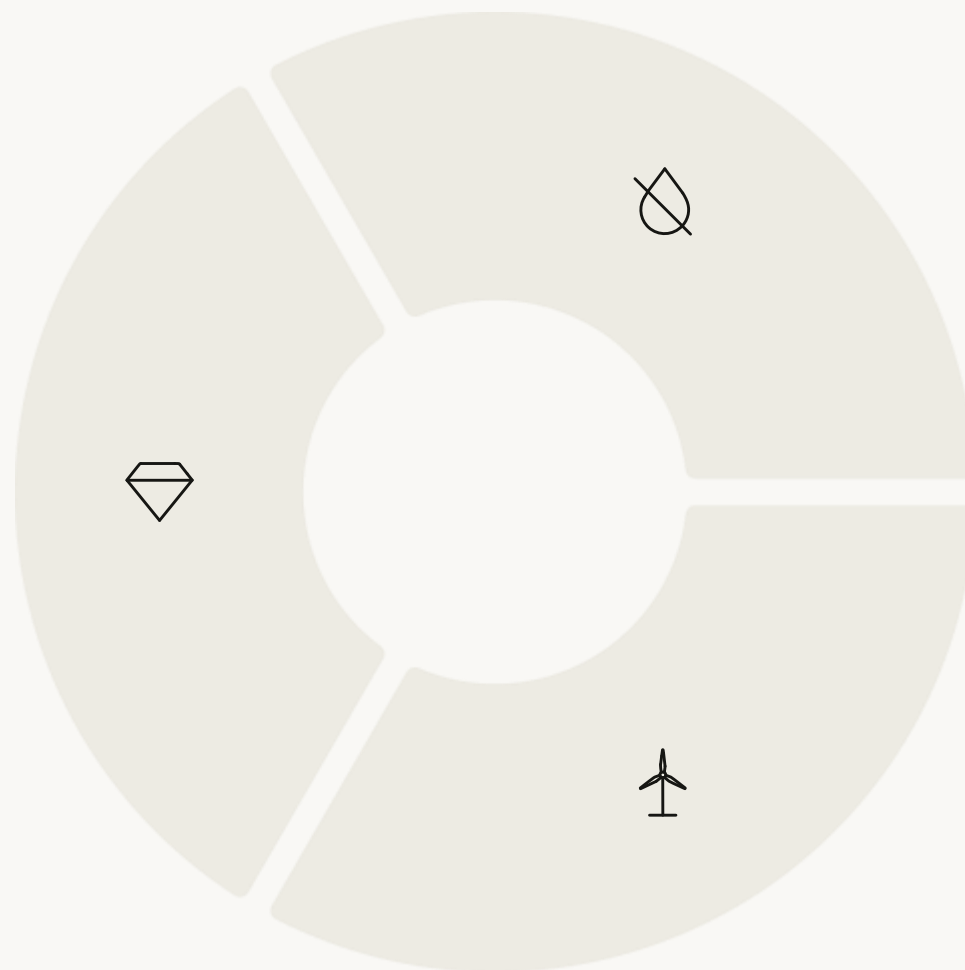
- осадочные породы;
- магматические породы;
- метаморфические породы.

Породы проходят цикл формирования, изменения. Геологические процессы приводят к изменению структуры и плотности горных пород. Так, например, при выветривании породы будут становиться более рыхлыми, менее плотными.

# Модель горной породы: структура

Горная порода — это трёхкомпонентная система, состоящая из минеральной матрицы, флюида (воды) и газа. Пропорции компонентов определяют физические свойства породы.

Минеральная матрица  
Твёрдая основа из  
кристаллических минералов

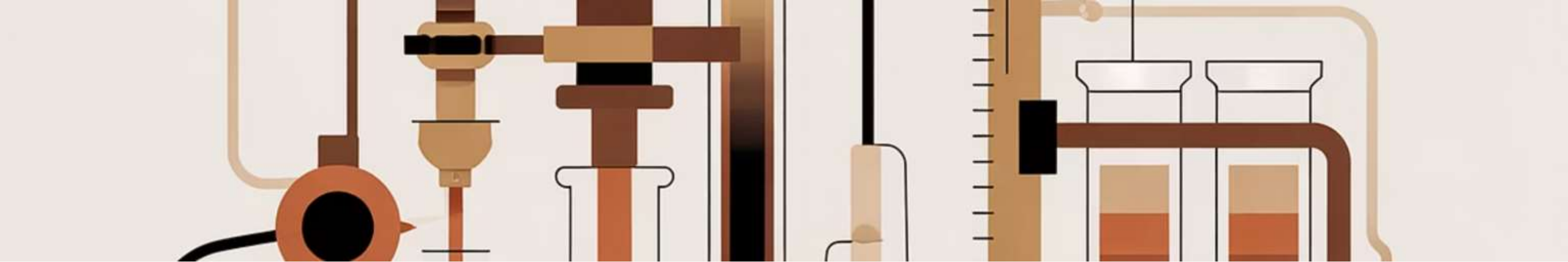


Флюид

Вода, нефть или рассол,  
заполняющие поры

Газ

Воздух или природный газ в  
пустотах



# Физические свойства в геофизике

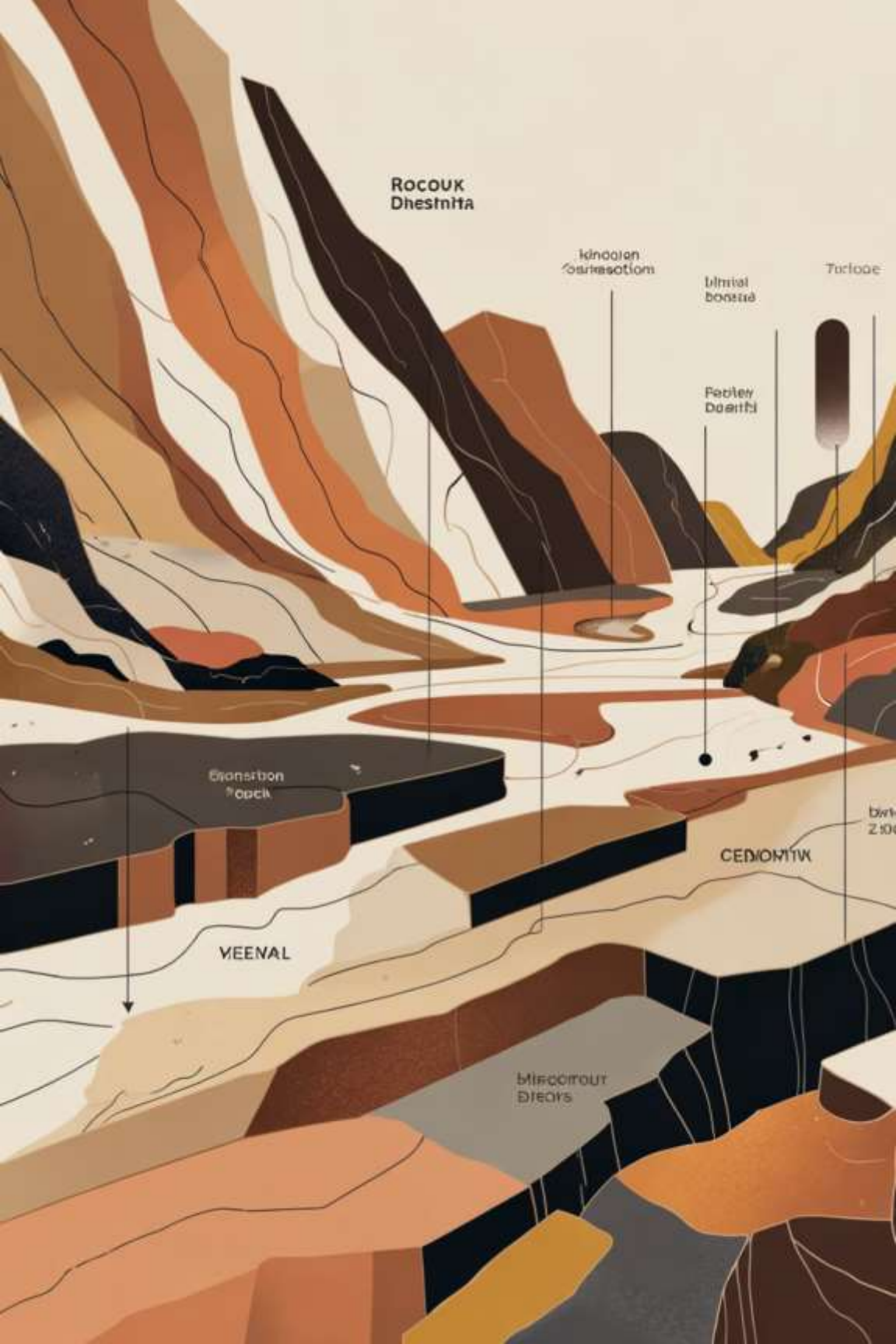
Геофизические исследования получают множество физических параметров пород. Каждое свойство связано с геологическими характеристиками через петрофизические соотношения.

## Геофизические свойства

- Плотность
- Намагниченность
- Упругие свойства
- Электрические свойства
- Теплофизические свойства
- Радиоактивность

## Геологические характеристики

- Пористость
- Тип насыщения
- Проницаемость
- Минеральный состав
- Возраст и глубина



# Факторы, влияющие на плотность

Плотность горных пород определяется несколькими взаимосвязанными факторами. Для осадочных пород критичны пористость и состав флюида, для магматических — минеральный состав.

## Осадочные породы

Зависят от объёмной плотности зёрен, пористости, водонасыщенности и состава заполнителя пор. Увеличиваются с глубиной и возрастом.

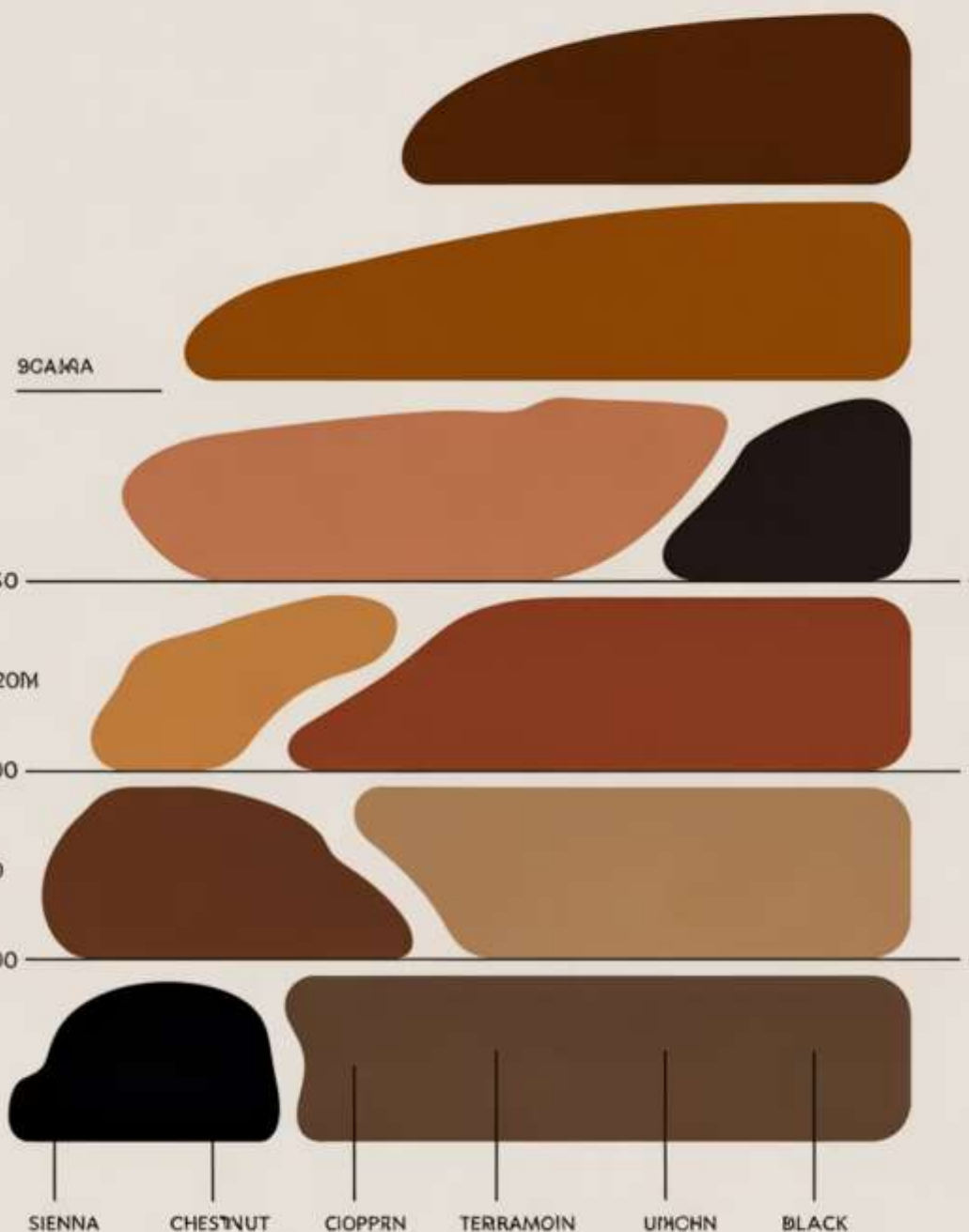
## Магматические породы

Определяются химико-минеральным составом. Плотность растёт при переходе от кислых к основным и ультраосновным породам.

## Метаморфические породы

Испытывают изменения структуры под высокими температурой и давлением, что влияет на их плотность и свойства.

DND'LONNATIML



# Диапазоны плотности в природе

Плотность элементов и минералов варьируется в широких пределах, тогда как плотность горных пород находится в гораздо более узком диапазоне, что упрощает геофизическую интерпретацию.

0.5–22.5 1.6–3.5 1–1.035

Химические  
элементы  
г/см<sup>3</sup>

Горные породы  
г/см<sup>3</sup>

Вода и рассолы  
г/см<sup>3</sup>

0.8–0.94

Нефть  
г/см<sup>3</sup>

# Плотность осадочных пород

Осадочные породы охватывают наиболее широкий диапазон плотностей от 1.2 до 2.7 г/см<sup>3</sup>. Глины — наиболее рыхлые, известняки и доломиты — более плотные. Плотность сильно зависит от пористости.

Порода	Плотность (г/см <sup>3</sup> )	Примечание
Глины	1.2–2.4	Низкая плотность
Песок	1.3–2.0	Зависит от насыщения
Песчаник	2.0–2.9	Увеличивается с глубиной
Известняк	1.8–2.9	Варьируется с пористостью
Доломит	1.9–3.0	Повышенная плотность
Соль	2.1–2.3	Относительно постоянна

# Плотность магматических и метаморфических пород

Магматические и метаморфические породы имеют сопоставимые диапазоны плотности (2.1–3.4 г/см<sup>3</sup>), но могут различаться по содержанию SiO<sub>2</sub> и минеральному составу. Их невозможно разделить только по плотности.

## Магматические

- Гранит: 2.55–2.68 г/см<sup>3</sup>
- Гранодиорит: 2.62–2.78 г/см<sup>3</sup>
- Габбро: 2.85–3.05 г/см<sup>3</sup>
- Базальт: 2.10–3.06 г/см<sup>3</sup>

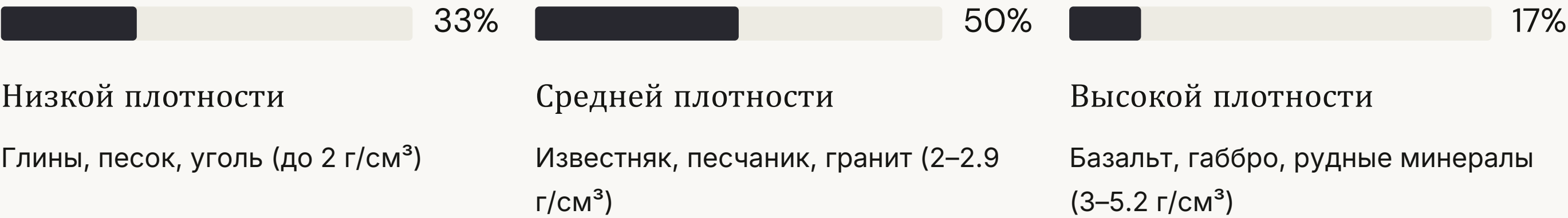
## Метаморфические

- Зеленосланцевые: 2.58–2.76 г/см<sup>3</sup>
- Гнейсы: 2.60–3.0 г/см<sup>3</sup>
- Гранулиты: 2.72–3.05 г/см<sup>3</sup>



# Классификация по плотности: плотные и рыхлые породы

На практике горные породы делят на два класса. Низкой плотности (до 2–3 г/см<sup>3</sup>) и плотные (выше этого значения). Рудные и тяжёлые минералы имеют повышенную плотность до 5.2 г/см<sup>3</sup>.



Знание диапазонов плотности критично для корректной интерпретации гравиметрических данных и построения адекватных геофизических моделей.