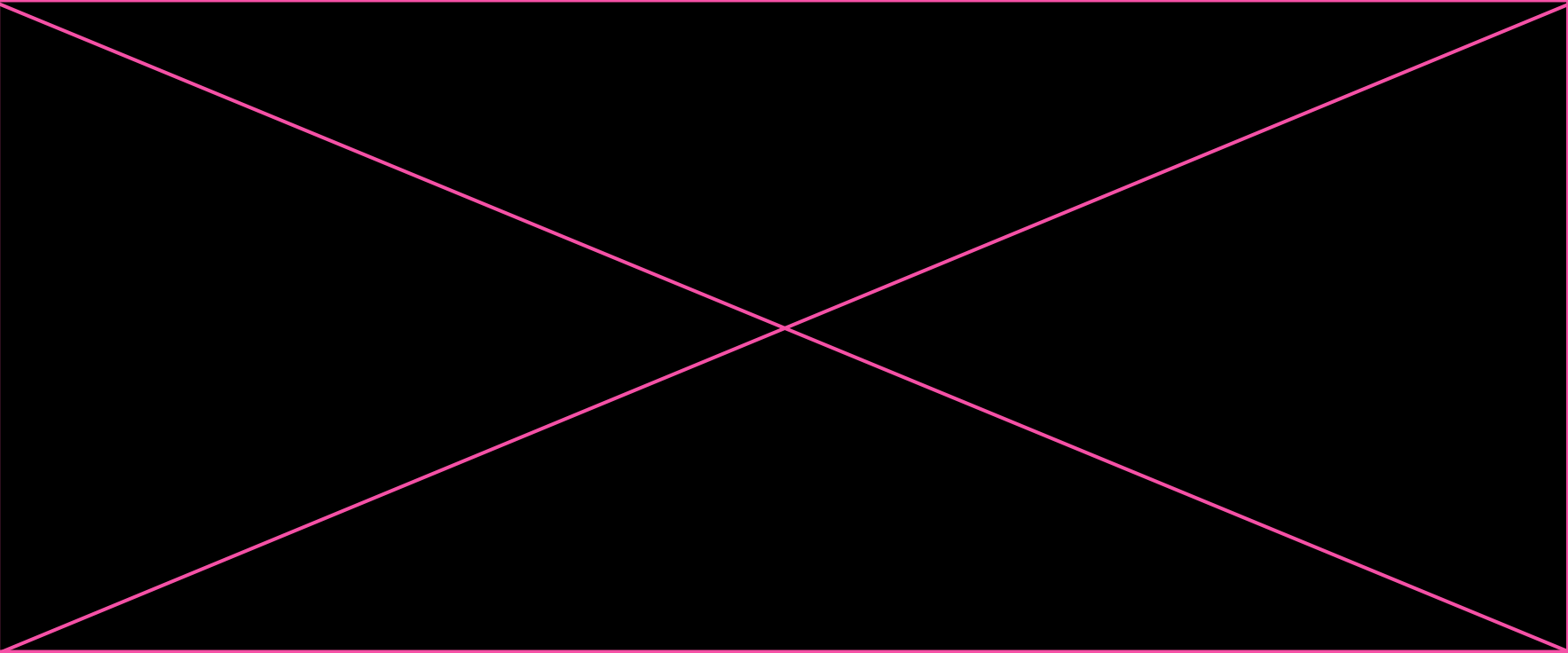


	<i>ВВЕДЕНИЕ: ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕМЛИ — МАССА И ПЛОТНОСТЬ</i>			
	Масса и плотность Земли определяют её внутреннюю структуру и динамические процессы.			



ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ МАССЫ И ПЛОТНОСТИ ЗЕМЛИ

От древних измерений до спутниковых технологий: эволюция методов оценки масса Земли и её плотности отражает рост научных знаний и технологического прогресса.

МАССА ЗЕМЛИ ВКЛЮЧАЕТ ЯДРО, МАНТИЮ, КОРУ, ОКЕАНЫ И АТМОСФЕРУ, ЧТО ВАЖНО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОРБИТ И ГЕОФИЗИКИ.

$$5,972 \times 10^{24}$$

КГ

Это значение служит фундаментом для изучения гравитационных взаимодействий и динамики планеты.

NASA, научные публикации

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ ЗЕМЛИ



Гравитационные измерения с использованием спутников

Спутники, вращающиеся вокруг Земли, позволяют точно измерять её гравитационное поле. Такие данные помогают уточнять массу и распределение вещества внутри планеты.



Гравиметрические исследования ускорения свободного падения

Специализированные приборы фиксируют локальные изменения ускорения свободного падения, связанные с вариациями плотности и структурных особенностей земли.



Закон всемирного тяготения в практике

Использование формулы Ньютона для анализа силы притяжения между Землёй и спутниками даёт точную оценку массы планеты и помогает моделировать движение небесных тел.



ЭКСПЕРИМЕНТ КАВЕНДИША: ИЗМЕРЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ

Генри Кавендиш применил крутильные весы для определения силы притяжения между свинцовыми шарами, что позволило впервые измерить гравитационную постоянную.

01

Эксперимент 1798 года обеспечил основу для точных вычислений массы Земли, подтверждая теории Ньютона.

02

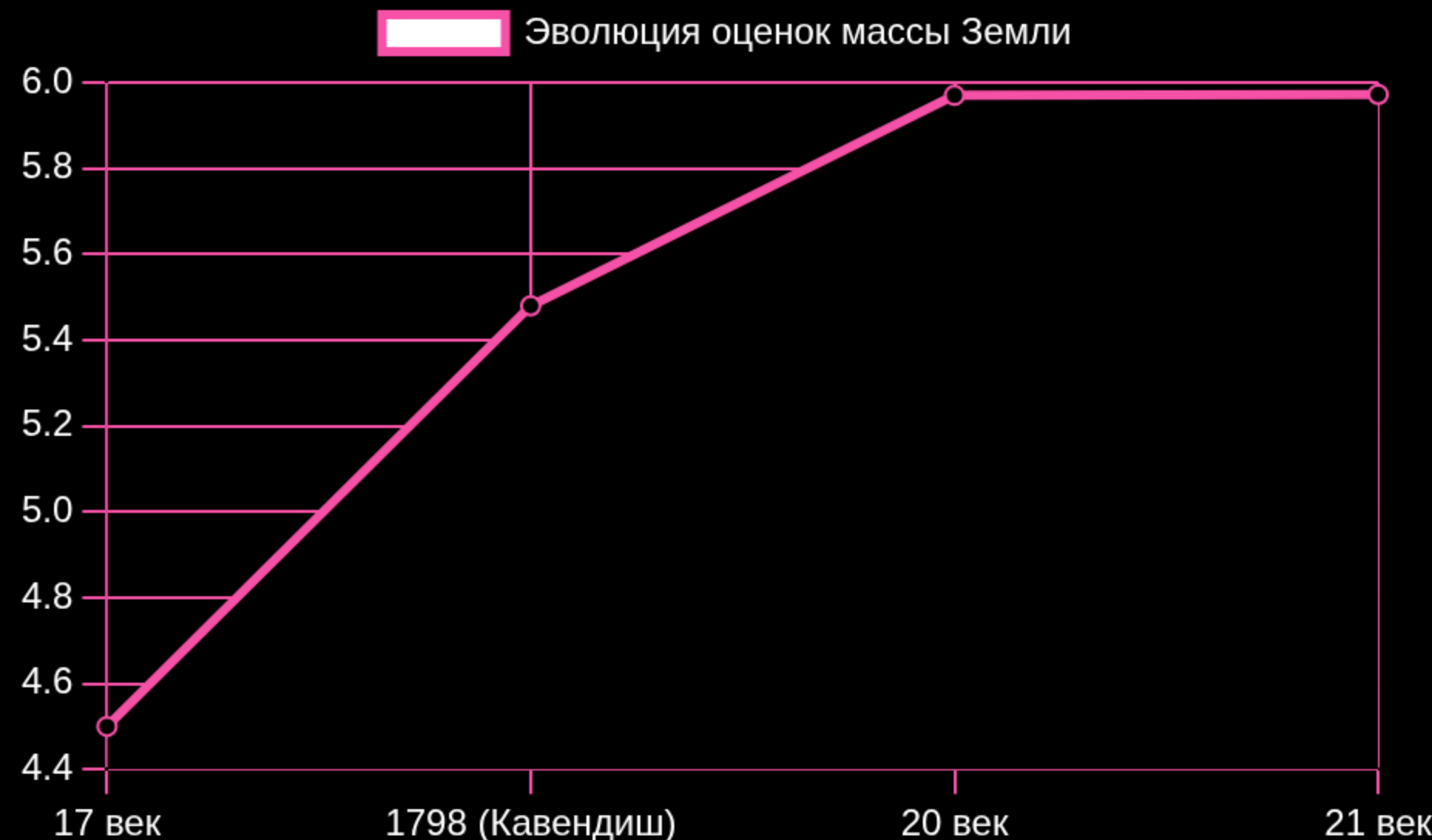
Результаты стали важным этапом в развитии гравитационной физики и способствовали углублению знания о строении планеты.

03

ИЗМЕНЕНИЕ ОЦЕНОК МАССЫ ЗЕМЛИ С XVII ПО XXI ВЕК

Погрешности оценки существенно снижались благодаря развитию научных методов и технологий.

Современные данные обеспечивают высокую точность измерения массы Земли, близкую к общепринятому значению.



Исторические исследования и современные геофизические данные



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА МАССЫ ПЛАНЕТЫ

Сила притяжения между двумя телами определяется законом Ньютона: $F = G \times (m_1 \times m_2) / r^2$, где G – гравитационная постоянная.

01

Зная силу гравитации спутников и расстояние до них, можно вычислить массу Земли с высокой точностью.

02

Для расчётов важно точно измерять ускорение свободного падения в различных точках поверхности Земли.

03

Использование этих формул и методик позволяет моделировать гравитационные взаимодействия в Солнечной системе.

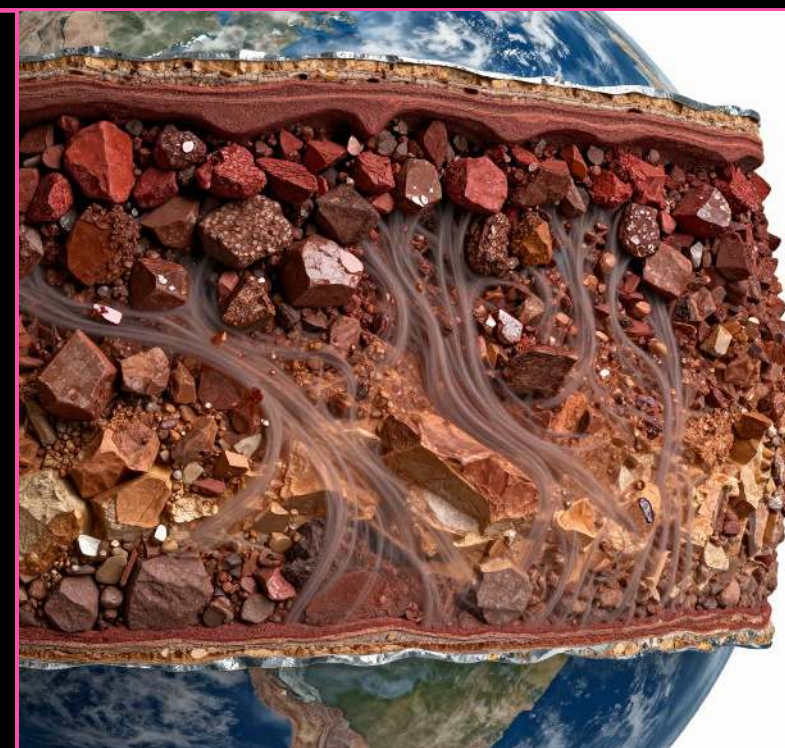
04

СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ПО СЛОЯМ



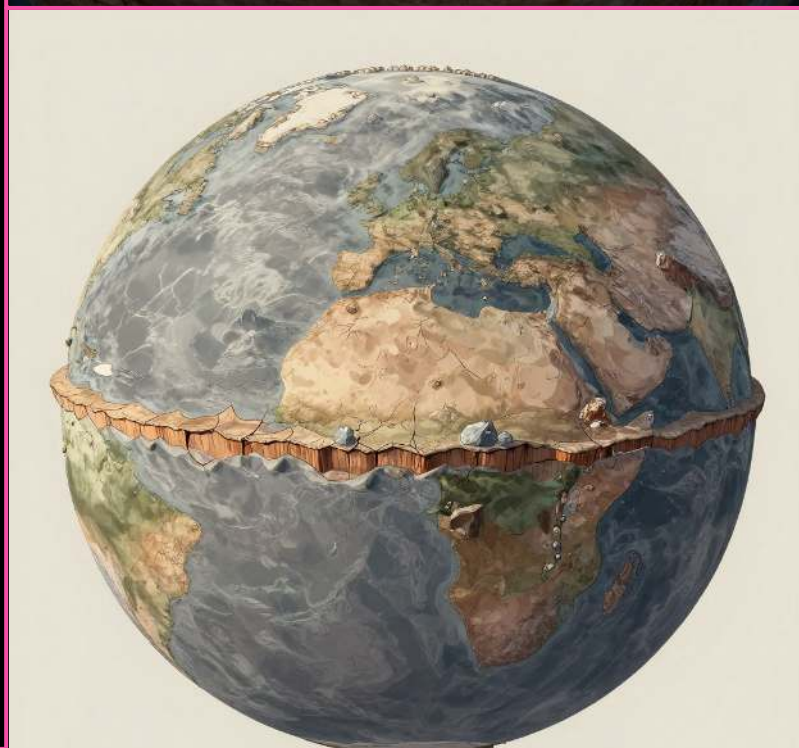
ВНУТРЕННЕЕ ЯДРО — ЦЕНТР ПЛАНЕТЫ

Состоит из плотных металлов, в основном железа и никеля, обладает максимальной плотностью. Ядро отвечает за генерацию магнитного поля Земли.



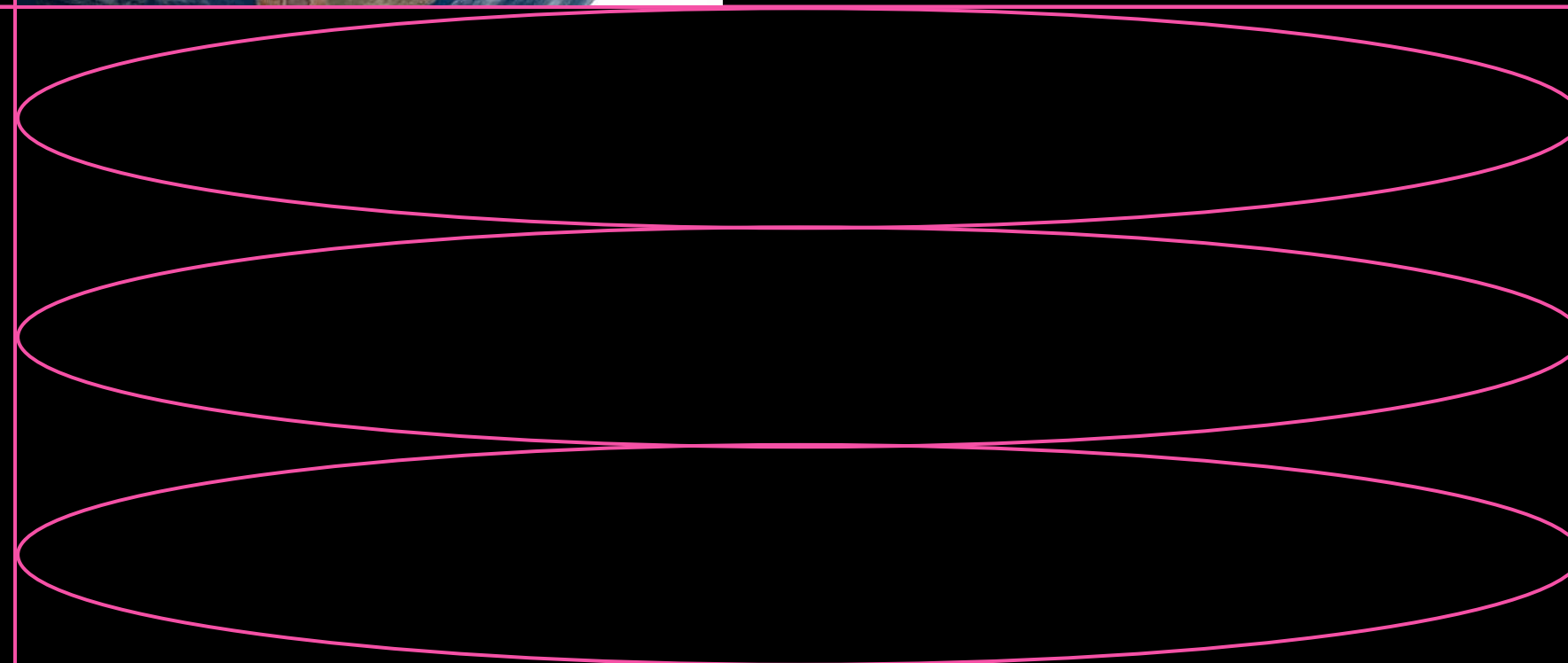
МАНТИЯ — ОСНОВНОЙ ОБЪЁМ МАССЫ

Составляет около 84% массы Земли, включает плотные породы и отвечает за геодинамические процессы, такие как конвекция и движение литосферных плит.



КОРА — ТОНКИЙ ВЕРХНИЙ СЛОЙ

Имеет наименьшую массу и плотность, образует поверхность планеты и содержит разнообразные горные породы и минералы.



ПЛОТНОСТЬ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ КАК МАССА, ДЕЛЁННАЯ НА ОБЪЁМ ПЛАНЕТЫ, ЧТО ВАЖНО ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЕЁ ВНУТРЕННЕГО СОСТАВА И ДИНАМИКИ.

5,513 Г/СМ³

Это показатель указывает на преобладание тяжёлых металлов в недрах планеты.

Геофизические исследования, 2020



ПЛОТНОСТЬ ОСНОВНЫХ СЛОЁВ ЗЕМЛИ: СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА

Слой	Плотность (г/см ³)
Кора	2,7–3,0
Мантия	~4,5
Внешнее ядро	9,9–12,2
Внутреннее ядро	12,8–13,1

Плотность увеличивается с глубиной от коры к внутреннему ядру, что отражает различия в составе и свойствах материалов.

Рост плотности глубже свидетельствует о повышенном содержании тяжёлых металлов и изменениях структуры породы.

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ЗЕМЛИ С ГЛУБИНОЙ

Переход от мантии к ядру сопровождается резким ростом плотности, что отражает смену минералов и концентрацию металлов в глубинах планеты.

Плотность заметно увеличивается с глубиной, указывая на гетерогенный состав и механизмы формирования слоев Земли с высокой концентрацией тяжелых элементов в ядре.



РОЛЬ ПЛОТНОСТИ В ПОНИМАНИИ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ

Средняя плотность Земли служит базовым индикатором состава и строения, отражая пропорции минералов и металлов в разных слоях планеты.

Локальные вариации плотности связаны с изменениями породы и физическими процессами, что помогает исследовать динамику мантии и ядра.

Понимание плотности каждого слоя важно для моделирования гравитационных и сейсмических процессов, обеспечивая связь с данными наблюдений.

СРАВНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЗЕМЛИ И ДРУГИХ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ



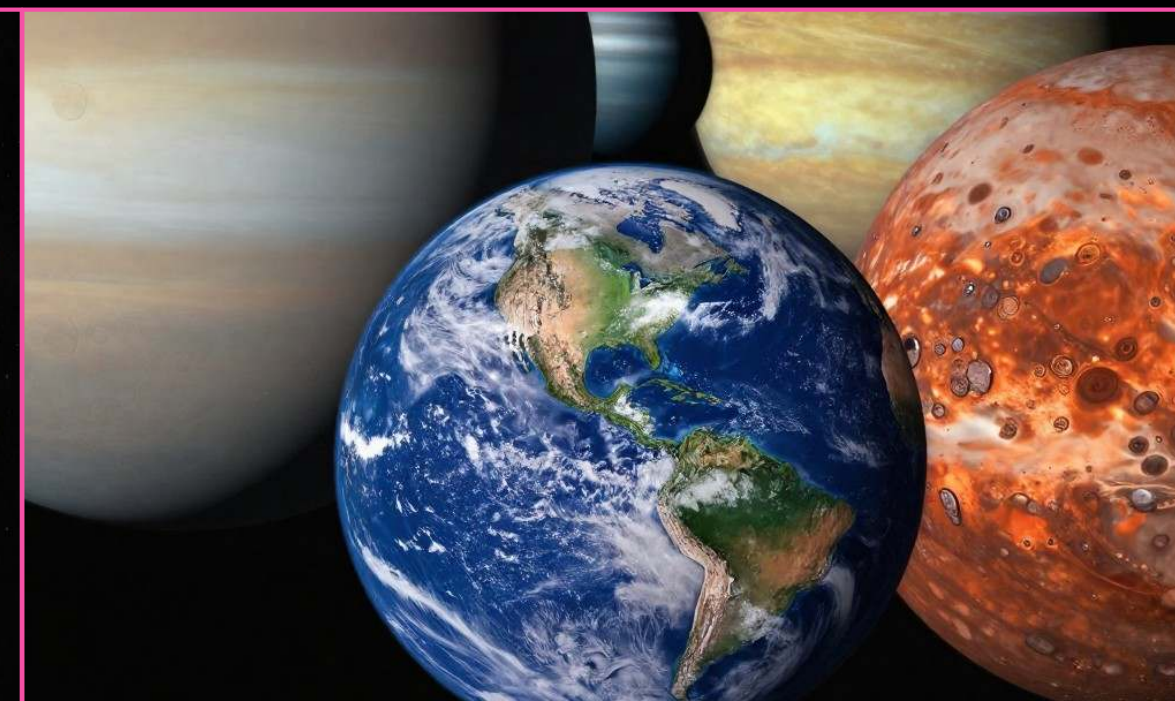
Плотность Земли превзошла
Марс и Венеру

Средняя плотность Земли выше, чем у Марса и Венеры, что свидетельствует о большем содержании тяжелых металлов в ее ядре и более сложном внутреннем строении.



Меркурий обладает плотностью,
близкой к Земле

Меркурий отличается высокой плотностью благодаря массивному металлическому ядру, составляющему большую часть его объема, что объясняет близость по значению к Земной плотности.

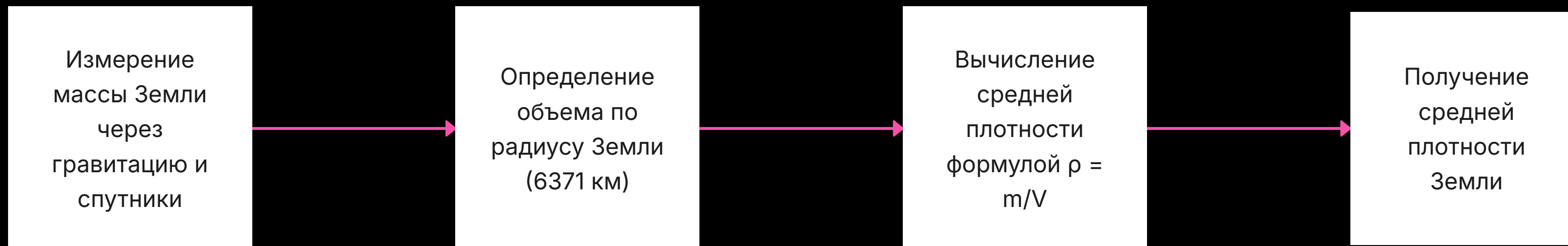


Различия в составе объясняют
вариации плотности

Различия в металличности и силикатном составе пород влияют на плотность планет, отражая их геологическую историю и условия формирования в ранней Солнечной системе.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ ЗЕМЛИ

Процесс вычисления включает измерения массы, объема и расчет плотности



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И ГРАВИМЕТРИИ

Спутники GRACE и GOCE обеспечивают высокоточные данные о гравитационном поле Земли с глобальным охватом и детальной пространственной разрешающей способностью.

Гравиметры регистрируют мельчайшие изменения ускорения свободного падения, выявляя локальные вариации плотности и структурные особенности земной коры.

Точность спутниковых измерений позволяет проводить мониторинг изменений массы и плотности, важных для понимания геодинамических процессов.

Комплексный анализ спутниковых и наземных гравиметрических данных способствует прогнозированию природных катаклизмов и оценке состояния земной коры.

ВЛИЯНИЕ МАССЫ И ПЛОТНОСТИ НА СИЛУ ТЯЖЕСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ



ЭКВАТОРИАЛЬНОЕ РАСШИРЕНИЕ СНИЖАЕТ УСКОРЕНИЕ ГРАВИТАЦИИ

Из-за вращения Земли экваториальный радиус больше, что уменьшает силу гравитации на экваторе до $9,78 \text{ м/с}^2$, по сравнению с $9,83 \text{ м/с}^2$ на полюсах.



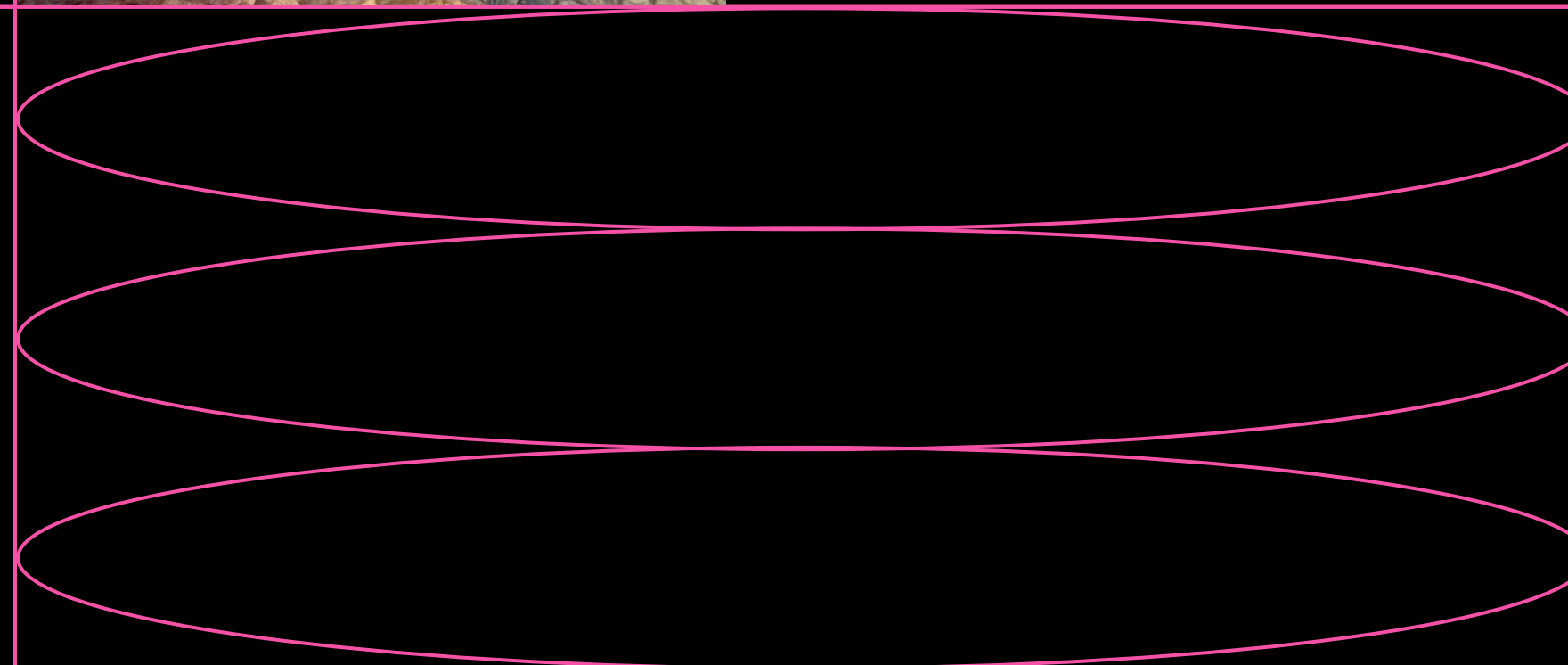
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ВЛИЯЕТ НА ЛОКАЛЬНЫЕ ВАРИАЦИИ ТЯЖЕСТИ

Неоднородности в структуре Земли вызывают региональные колебания силы тяжести, что влияет на навигационные и геофизические измерения.



ГЛОБУС ОТРАЖАЕТ ЗОНЫ РАЗЛИЧИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО УСКОРЕНИЯ

Иллюстрация демонстрирует распределение зон с разной силой тяжести, что важно для исследований гравиметрии и коррекции спутниковых данных.



ГЛОБАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗНАЧЕНИЯ МАССЫ ЗЕМЛИ

Масса Земли задаёт размер и форму орбиты планеты, влияя на климатические условия и взаимодействия с другими телами в Солнечной системе.

Удержание атмосферы и магнитного поля зависит от достаточной массы, обеспечивающей защиту поверхности от космического излучения.

Баланс между поступлением и потерей вещества сохраняет стабильность массы, что критично для долговременной геофизической и климатической устойчивости.



ПЛОТНОСТЬ, ТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА ЗЕМЛИ

Границы между слоями с разной плотностью вызывают конвекционные потоки в мантии, стимулирующие движение литосферных плит.

01

Плотностный градиент влияет на образование гор и вулканов, формируя рельеф планеты и ее геологическую активность.

02

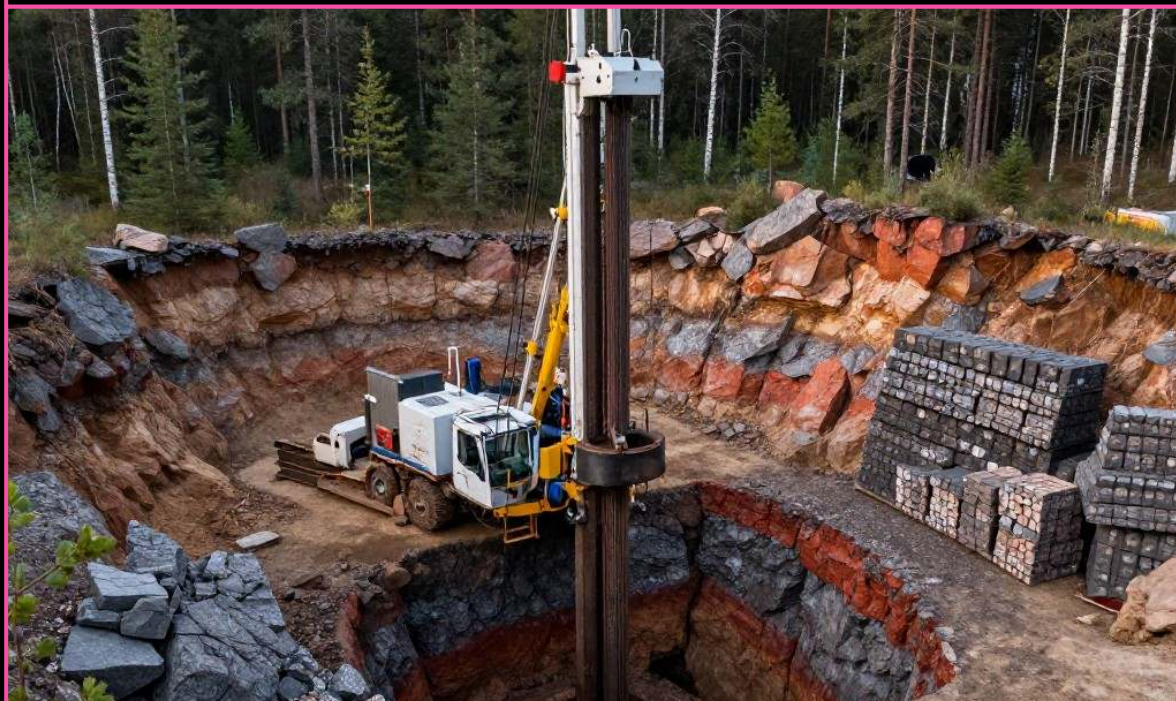
Различия плотности являются существенным фактором тектонического дрейфа и зоны концентрации сейсмических явлений.

03

Постоянное перераспределение массы способствует геодинамическим процессам, которые регулируют структуру и динамику земной коры.

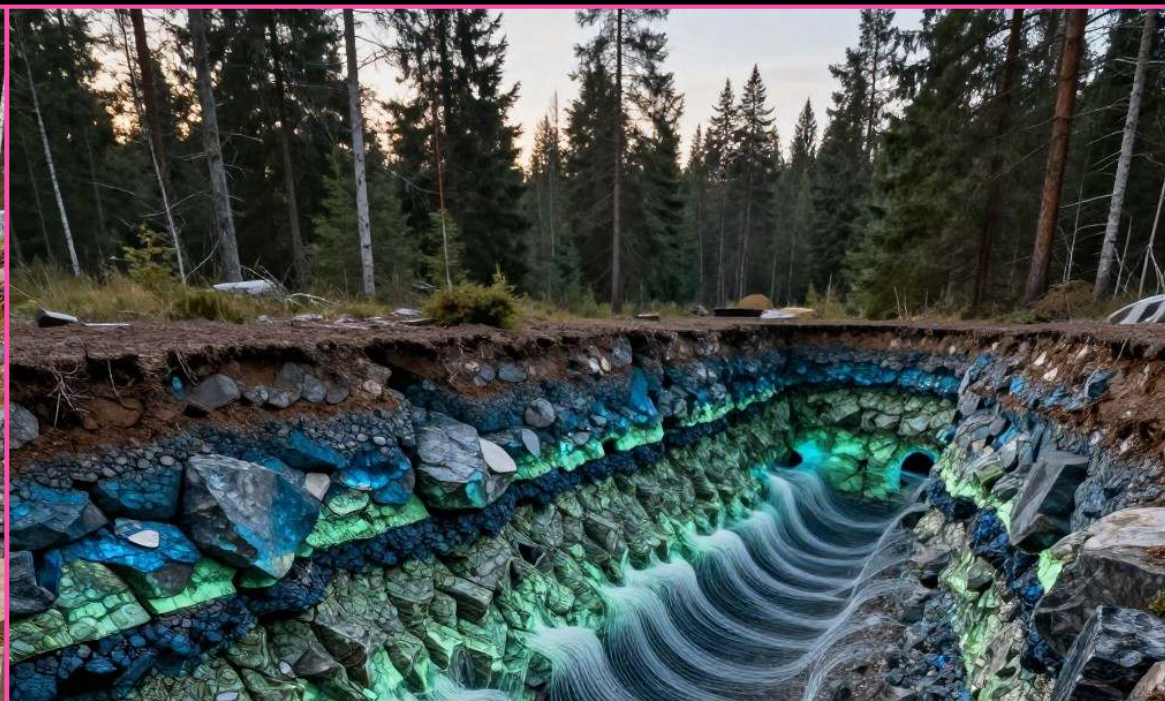
04

СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАССЫ И ПЛОТНОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ



Глубокое бурение раскрывает внутренний состав Земли

Проекты глубокого бурения позволяют получать образцы пород с большой глубины, уточняя данные о плотности и минеральном составе коры.



Сейсмотомография выявляет неоднородности структуры

Использование сейсмических волн обеспечивает трёхмерные модели распределения плотности и структуры подземных слоёв на больших глубинах.



Спутниковый мониторинг GRACE и GOCE расширяет возможности наблюдений

Эти миссии предоставляют данные о коллективных изменениях массы на поверхности, что важно для прогноза сейсмической активности и климатических изменений.

***КЛЮЧЕВАЯ РОЛЬ
ТОЧНЫХ ДАННЫХ
О МАССЕ И
ПЛОТНОСТИ
ЗЕМЛИ***



Точные знания массы и плотности обеспечивают основу для понимания планетарных процессов и предсказания природных явлений, содействуя устойчивому развитию и безопасности человечества.