

Что у Земли внутри

Земля — слоистая планета: кора, мантия и ядро. Их различия объясняют вулканы, землетрясения и магнитное поле.

Как люди узнали о внутреннем строении Земли

Добраться до глубин почти невозможно: Кольская сверхглубокая скважина достигла 12 262 м. Это мизер относительно радиуса Земли — около 6371 км. Помогают сейсмические волны, породы, лава и данные о магнитном поле.

Три главные оболочки Земли

1

Земля состоит из трёх крупных слоёв: коры, мантии и ядра. Кора — самый верхний и тонкий слой, на котором мы живём и который «видят» скважины и горные породы.

2

Мантия занимает большую часть объёма планеты и лежит под корой. В ней вещество очень горячее, поэтому оно способно медленно перемещаться, хотя и остаётся твёрдым на ощупь.

3

Ядро находится в самом центре Земли. Оно отличается самой высокой температурой и плотностью. Учёным важно, что именно здесь формируются условия для магнитного поля планеты.

Земная кора — тонкая оболочка планеты



Виды коры

Земная кора бывает океанической и континентальной. Океаническая обычно тоньше: примерно 5–10 км. Континентальная кора толще — около 30–70 км.

Что видно на поверхности

Кора сложена твёрдыми горными породами. Её верхние части образуют материки, горы и равнины, а также дно океанов. На разрезах видно, что она очень тонкая по сравнению с глубинами.

Сравнение слоёв Земли

Слой	Толщина	Состояние	Основные вещества
Кора	5–70 км	твёрдая	горные породы и минералы
Мантия	~2900 км	твёрдая, пластичная	силикаты с Mg и Fe
Внешнее ядро	~2200 км	жидкое	железо и никель
Внутреннее ядро	r ~1220 км	твёрдое	железо и никель

Слои отличаются толщиной, состоянием вещества и составом. Чем глубже, тем сильнее растут температура и давление.

Самый мощный слой — мантия. В ядре — металл (железо и никель), а при увеличении глубины растут температура и давление.

Сводные учебные представления о строении Земли (обобщённые диапазоны).

Как изменяется температура с глубиной

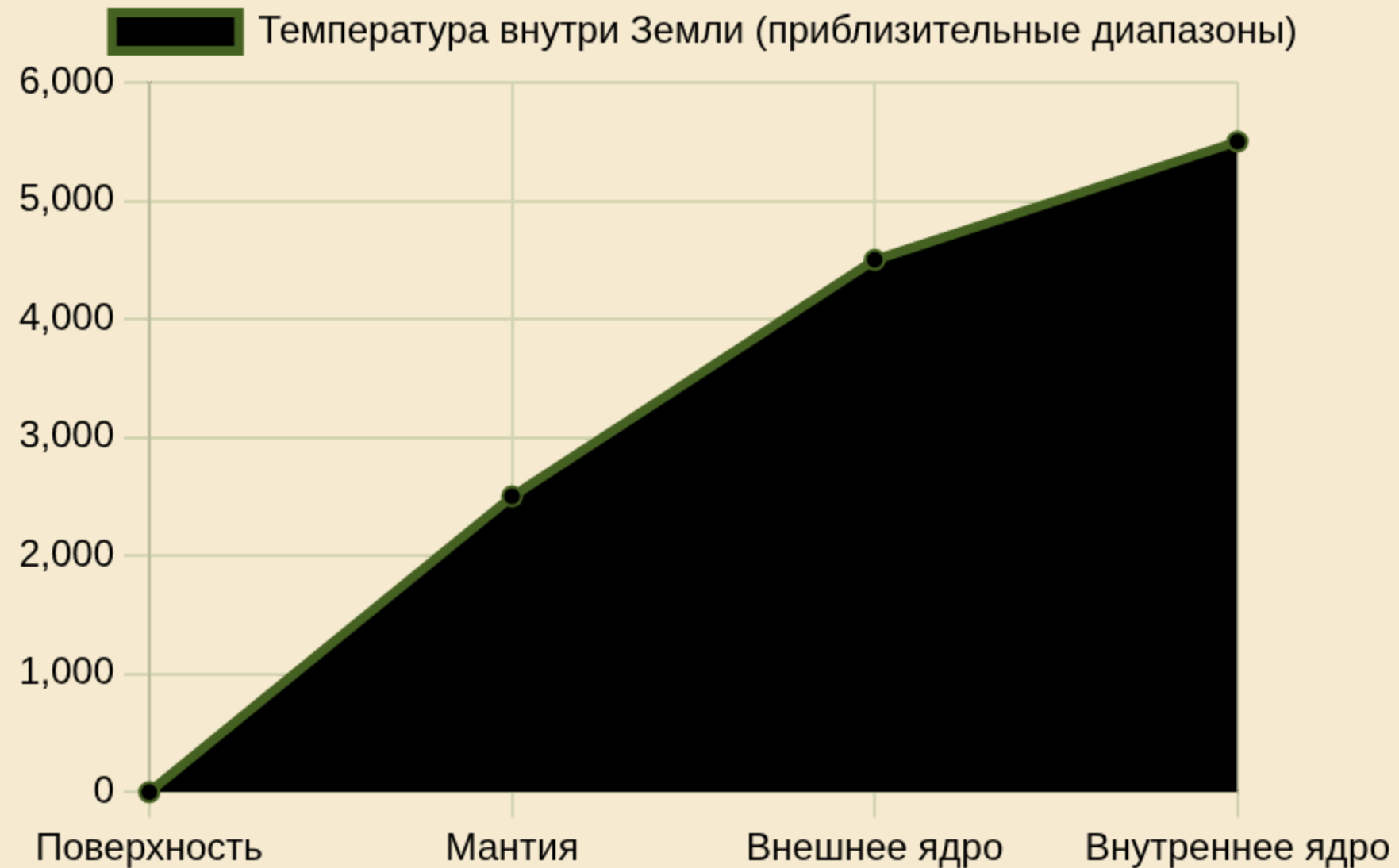


График показывает общий тренд: от поверхности к центру температура растёт, поэтому под корой условия постоянно меняются.

Температурный рост согласуется с тем, что глубже вещество становится более «тяжёлым» и требовательным к давлению.

Учебные обобщения температур внутри Земли, ориентиры по диапазонам (без привязки к точным измерениям).

Мантия — самый большой слой Земли



Самая большая толщина

Мантия лежит под земной корой и простирается примерно до глубины 2900 км. Это главный по объёму слой, поэтому именно в нём сосредоточено много тепла и «работы» для планеты.



Состав с железом и магнием

В составе мантии много силикатов — пород, в которых есть магний и железо. Такая «смесь» отличается от коры и помогает объяснить, почему разные слои по-разному реагируют на тепло и давление.



Горячее вещество

В верхней части мантии вещество очень горячее. Из-за нагрева оно может медленно перемещаться, даже если в целом сохраняет прочность. Это меняет условия под корой.



Подвижность и плиты

Медленные движения в мантии вместе с нагревом поддерживают движение литосферных плит. Поэтому изменения глубоко внутри со временем отражаются на поверхности: горах, разломах и вулканах.

Как движутся литосферные плиты

Схема показывает перенос тепла в мантии и связь этого процесса с движением плит и геологическими явлениями.

Магма и вулканы



- Магма — это расплавленная горная порода, которая образуется в глубинах Земли в горячих зонах. Поднимаясь вверх, она проходит по трещинам и каналам, постепенно приближаясь к поверхности.

- Когда магма выходит наружу, её называют лавой. Извержения происходят из-за движения магмы из мантии к поверхности. Поэтому вулканы можно считать «окнами», через которые выходит вещество изнутри Земли.

Внешнее ядро Земли

1

Внешнее ядро располагается примерно на глубине от 2900 до 5150 км. Там слишком высокая температура, поэтому вещество находится в жидком состоянии.

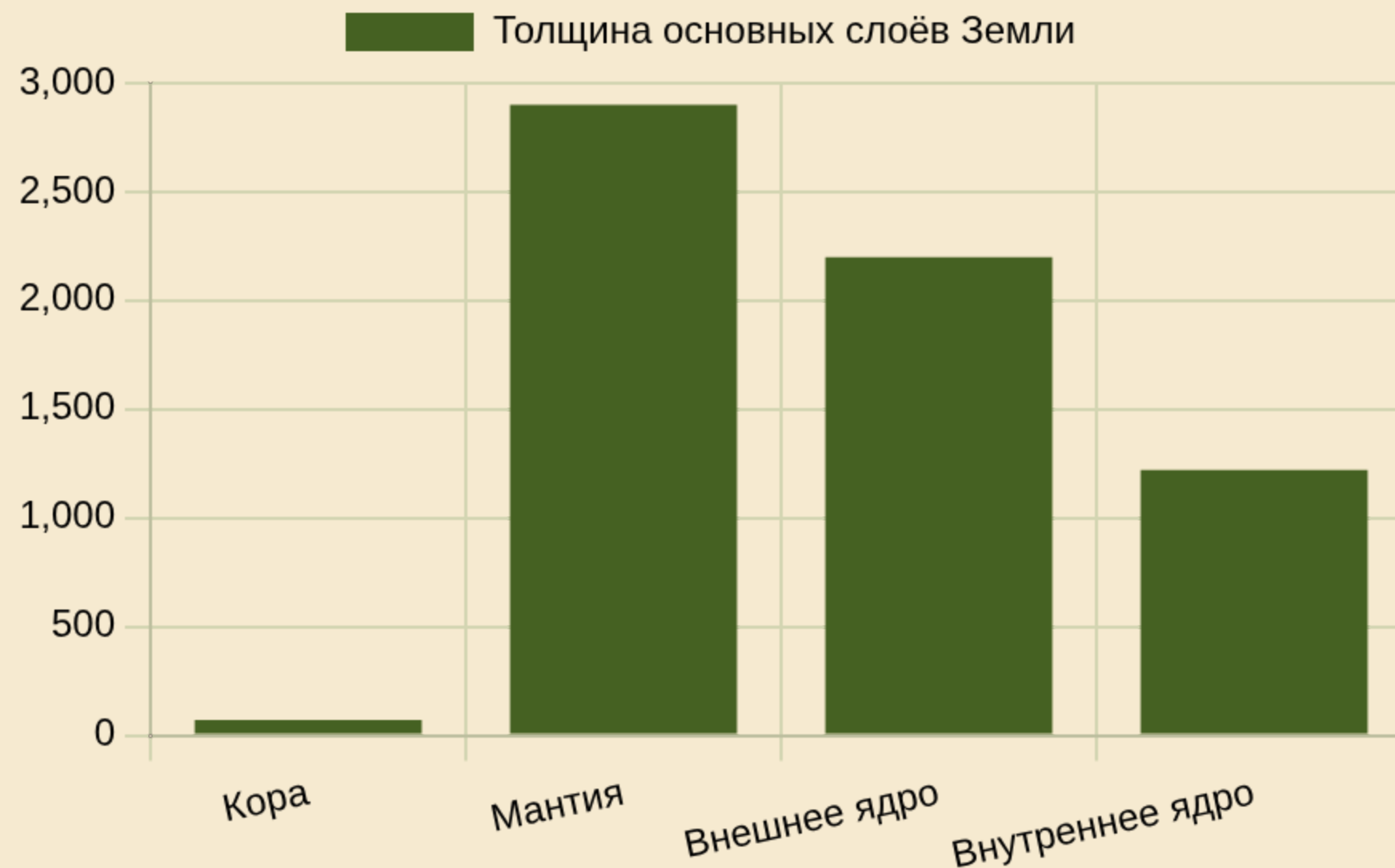
2

Основную часть внешнего ядра составляют железо и никель. Благодаря этому слой по свойствам отличается и от мантии, и от более плотного внутреннего ядра.

3

Движение расплавленного металла во внешнем ядре помогает создавать магнитное поле Земли. Это поле влияет на поведение заряженных частиц вблизи нашей планеты.

Слои Земли по толщине



Хотя кора встречается на всей поверхности Земли, её толщина сильно меняется: от тонких участков под океанами до более мощных зон под материками.

Диаграмма показывает, что наибольшую долю объёма занимает мантия, а кора — самый небольшой по толщине слой.

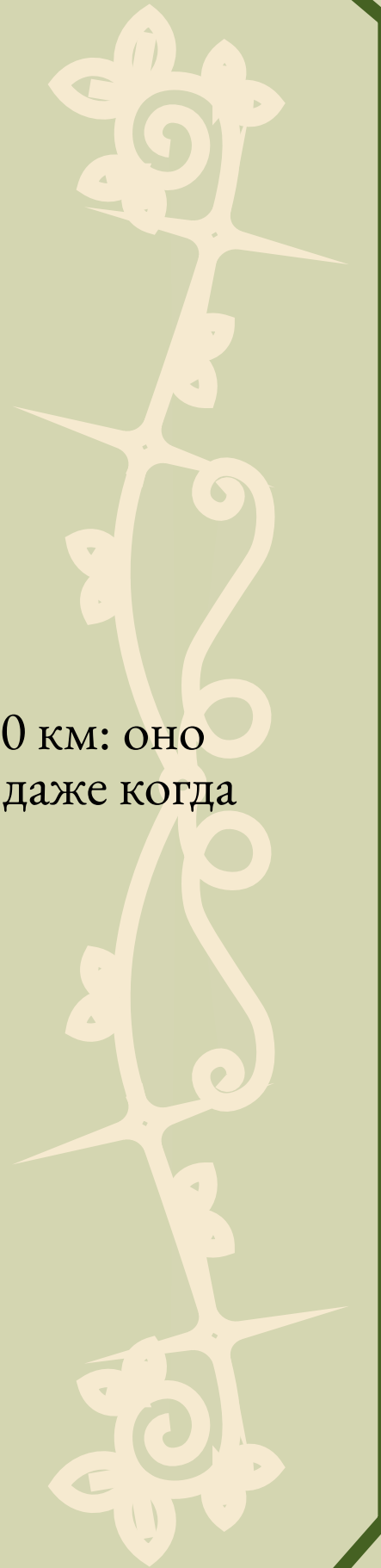
USGS (United States Geological Survey), справочные материалы о строении Земли

≈1220 КМ

Такие размеры делают внутреннее ядро самым дальним от поверхности и самым труднодоступным для прямых наблюдений слоем.

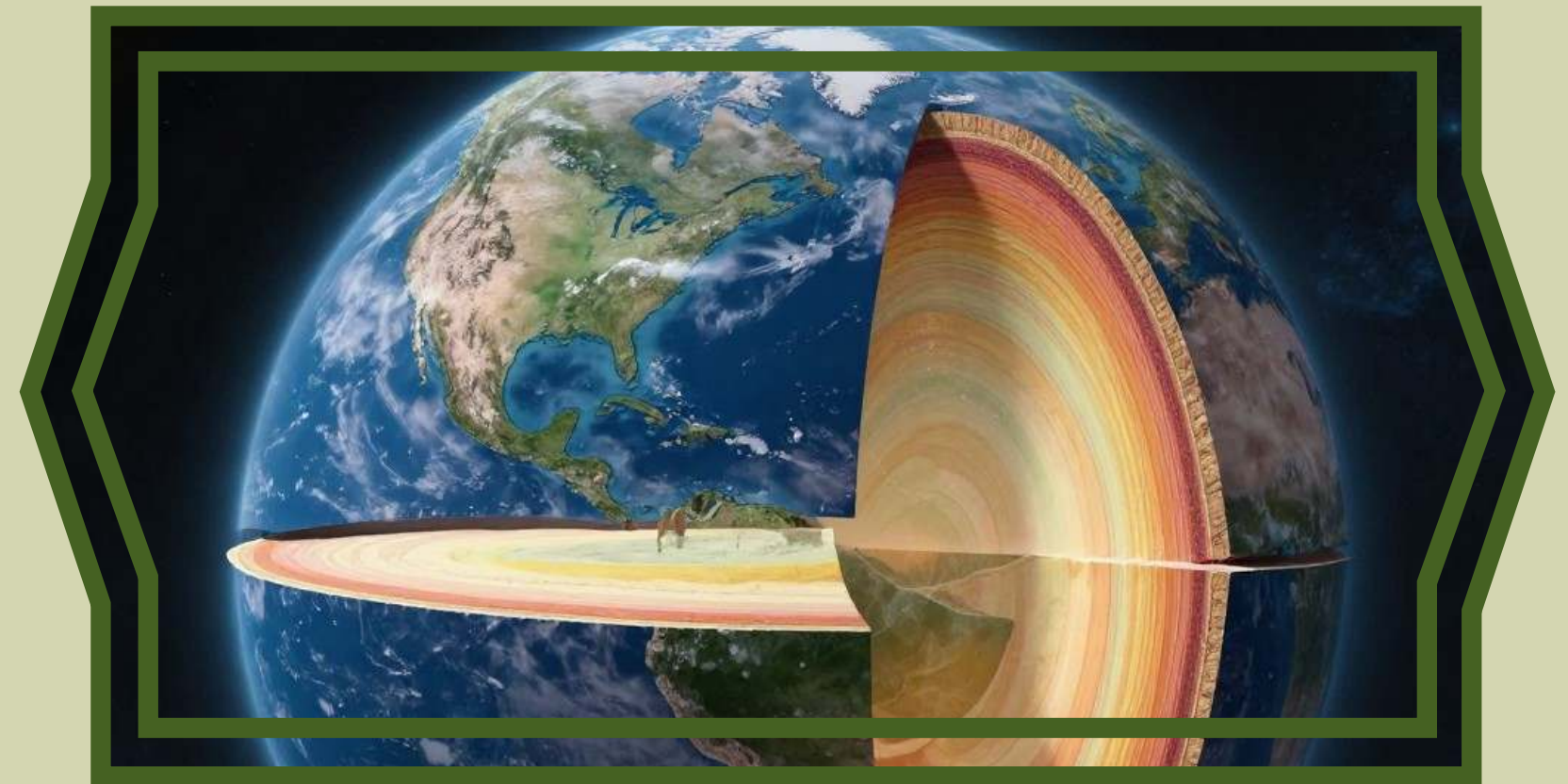
Encyclopaedia Britannica; учебные справочники по геологии (числа округлены)

Радиус внутреннего ядра составляет примерно 1220 км: оно остаётся твёрдым благодаря огромному давлению, даже когда температура очень высока.



Почему тяжёлые вещества оказываются глубже

1 Под действием силы тяжести более тяжёлые материалы стремятся опуститься к центру планеты, а более лёгкие дольше сохраняются ближе к поверхности. Так формируется слоистость недр.



2 По мере роста плотности слоёв от коры к ядру легче объяснить, почему железо и никель сосредоточены глубже, чем многие горные породы мантии и коры. Это соответствует общей картине распределения плотности.

Насколько трудно изучать недра Земли

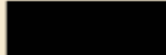
Прямое бурение почти не позволяет заглянуть внутрь Земли: даже рекордные глубины составляют лишь крошечную часть пути к центру.

Даже рекордная скважина даёт информацию только о верхнем слое. Поэтому границы и свойства глубинных оболочек уточняют косвенными методами.

Результаты и описания проекта «Кольская сверхглубокая скважина»; данные о радиусе Земли из справочных астрономических источников (значения округлены).

Объект	Значение
Кольская сверхглубокая скважина	12 262 м
Радиус Земли	≈ 6371 км
Доля глубины скважины от радиуса	< 0,2%

Как сейсмические волны помогают изучать Землю

-  Р-волны (проходят через твёрдые и жидкие слои)
-  S-волны (не проходят через жидкое внешнее ядро)



Поскольку Р- и S-волны по-разному ведут себя в жидкостях и твёрдых средах, их записи дают геологам подсказки о границах оболочек.

Различия в прохождении волн позволяют отличать твёрдые и жидкие зоны, уточняя модель коры, мантии и ядра.

USGS (United States Geological Survey), материалы о сейсмических волнах и внутреннем строении Земли

Откуда берётся внутреннее тепло Земли

- 1 Внутреннее тепло Земли частично сохранилось со времени её образования. Земля охлаждается очень медленно, поэтому глубинные области остаются активными в течение миллионов и миллиардов лет.
- 2 Тепло также постоянно пополняется за счёт распада радиоактивных элементов. В учебных и справочных источниках чаще всего называют уран, торий и калий.
- 3 Часть тепла выходит наружу: через вулканы, горячие источники и через поверхность планеты. Это создаёт условия, при которых горные породы в недрах могут плавиться.
- 4 Когда подогретое вещество поднимается, а остывшее опускается, запускаются процессы в мантии. Именно поэтому внутри Земли поддерживаются движения, связанные с тектоникой плит.

Как учёные изучают внутреннее строение Земли

Основа процесса — наблюдение за сейсмическими волнами и их регистрация приборами во время землетрясений.

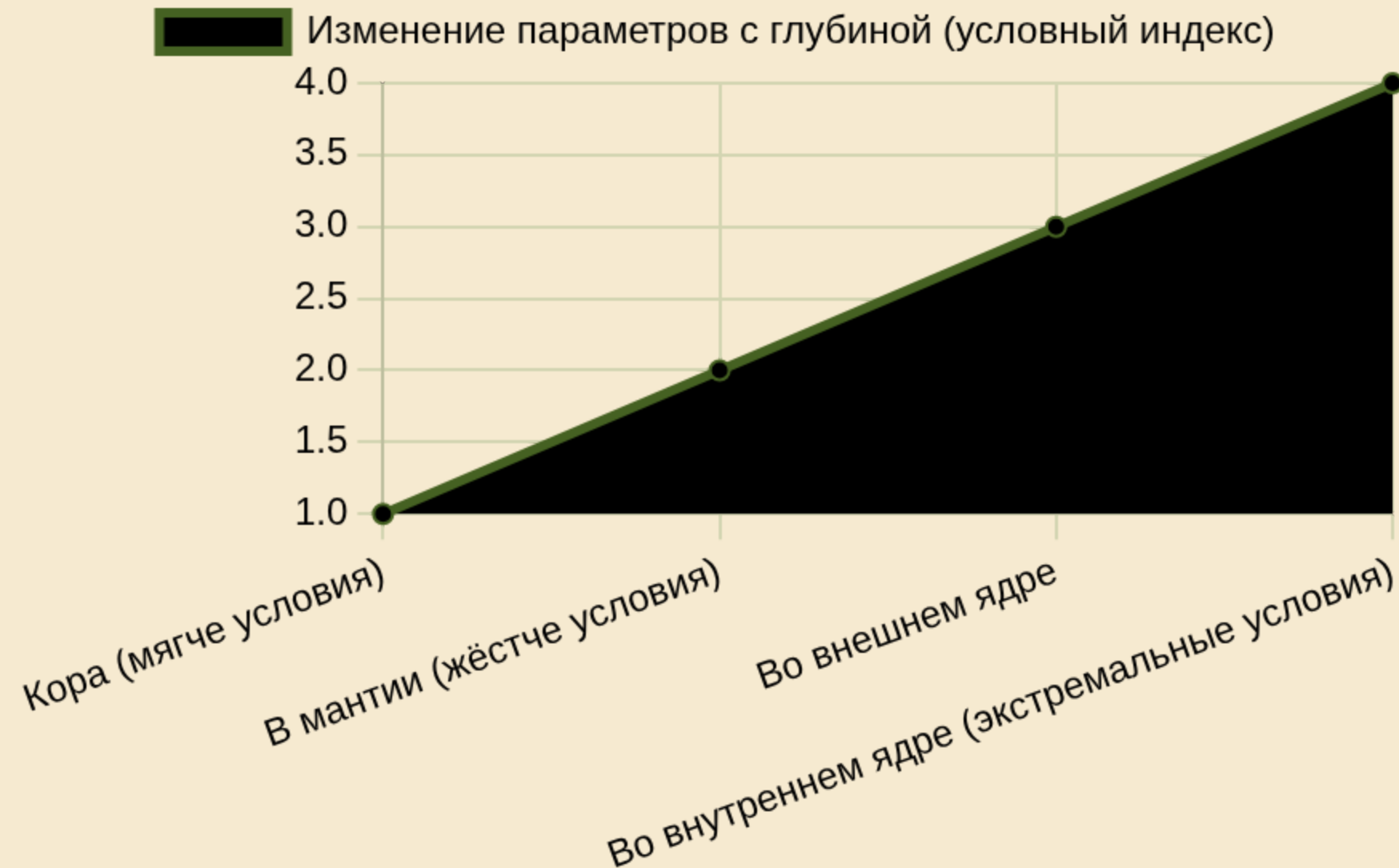
Как недра Земли связаны с явлениями на поверхности



- Внутреннее тепло «включает» движение литосферных плит: одни участки расходятся, другие сталкиваются или уходят вниз. Там, где напряжение растёт, возникают землетрясения.

- В зонах разломов и над горячими участками мантии часть вещества может подниматься и плавиться, образуя магму и вулканизм. Также внешнее ядро помогает поддерживать магнитное поле Земли.

Что меняется с глубиной



При увеличении глубины растут температура, давление и плотность. Поэтому внутри Земли условия для пород всё сильнее меняются от слоя к слою.

Ступенчатая шкала показывает: переходы между оболочками сопровождаются резким усилением «экстремальности», особенно в области ядра.

Справочные геологические сведения о росте температуры, давления и плотности с глубиной (обобщённые оценки; точные значения зависят от модели).



Земля внутри — слоистая, активная и живая

Земля устроена слоями: тонкая кора, мощная мантия и плотное ядро. Внутреннее тепло и движение вещества поддерживают активность планеты, создавая горы, вулканы, землетрясения и магнитное поле.