

Слои «твёрдой» Земли: кора, мантия и ядро

Земля внутри устроена слоями: кора тонкая снаружи, мантия самая объёмная, ядро в центре.

Как люди узнали, что находится внутри Земли

Заглянуть вглубь напрямую почти невозможно: скважины доходят лишь до верхней части коры. Поэтому учёные изучают сейсмические волны после землетрясений, а также вулканические породы и лаву. Сравнение состава помогает и метеоритами.

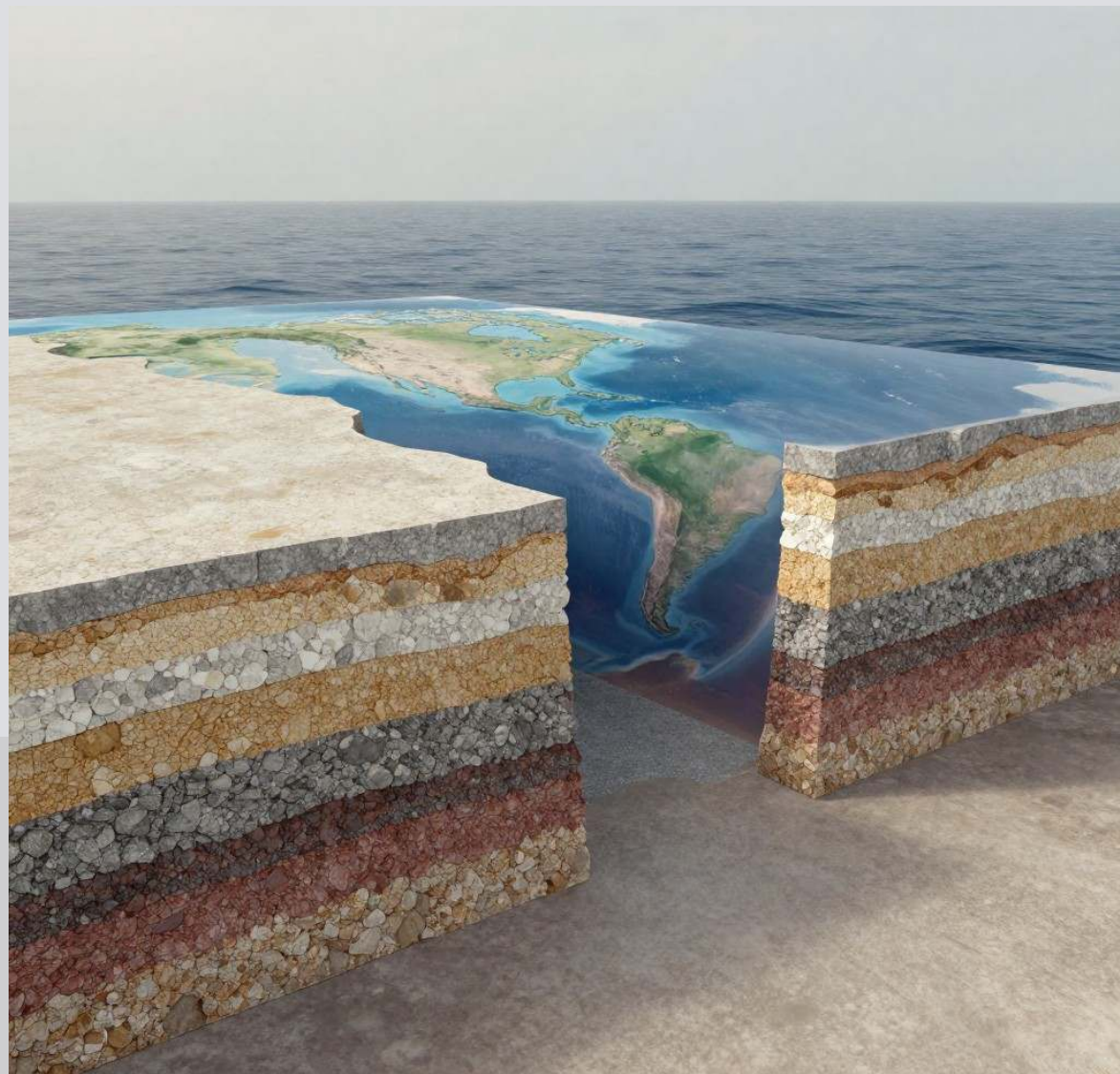


5–10 км

При океанах кора особенно тонкая, поэтому её легче «разглядеть» косвенно по сигналам волн.

Толщина земной коры меняется: под океанами обычно 5–10 км, а под материками около 30–70 км. Кора состоит из горных пород и осадков, богатых элементами вроде кислорода и кремния.

Материковая и океаническая кора



Чем отличается материковая кора

Материковая кора толще океанической и в среднем достигает около 35 км. Она формирует материки и часто включает древние горные породы, накопившиеся за очень долгую геологическую историю.

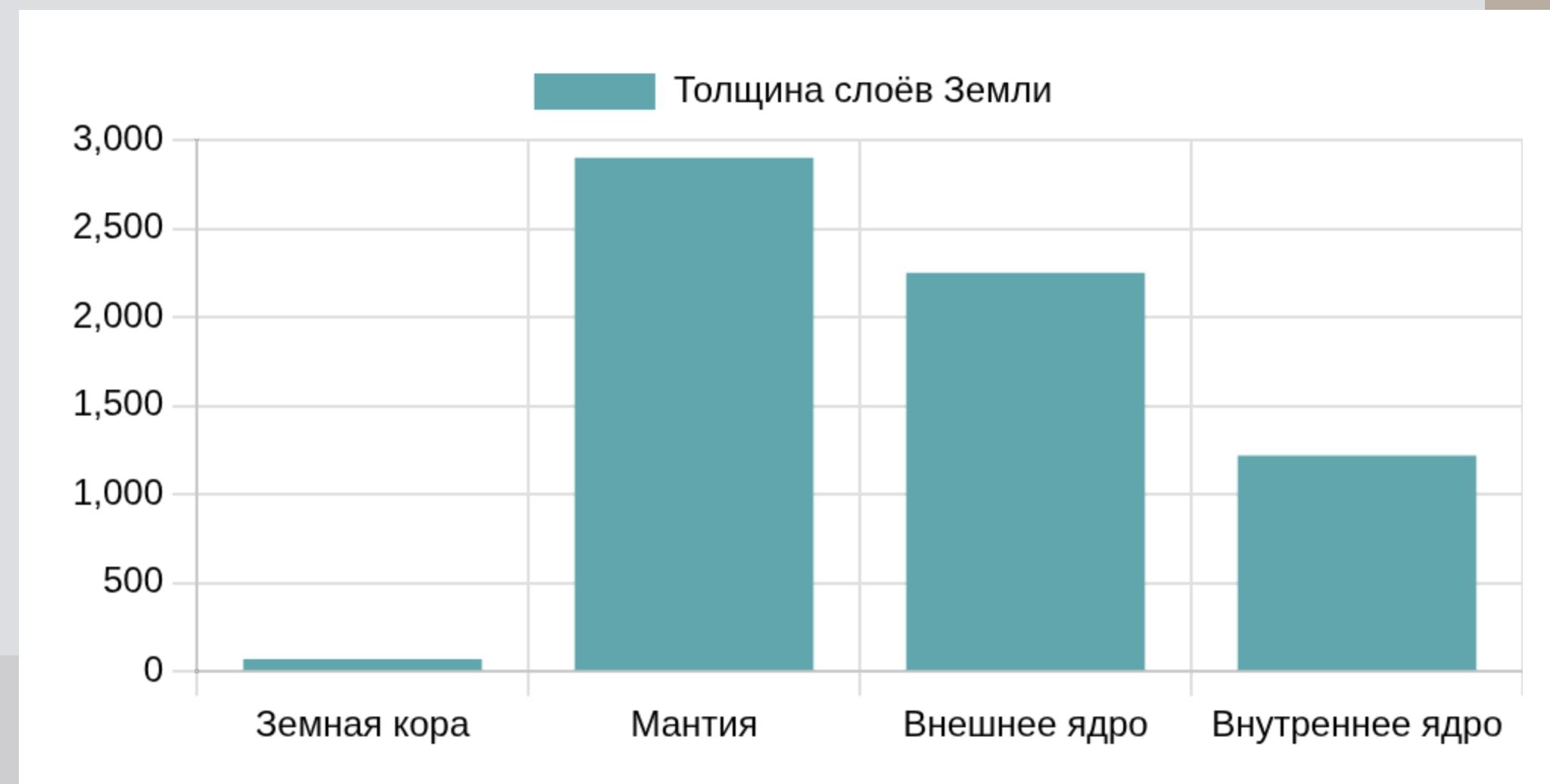
Чем отличается океаническая кора

Океаническая кора тоньше, плотнее и обычно моложе материковой; её возраст чаще не превышает 200 миллионов лет. Поэтому океанические участки меняются быстрее, когда плиты раздвигаются или сталкиваются.

Толщина слоёв Земли в сравнении

Хотя верхний слой кажется «главным», он занимает лишь небольшую часть глубины Земли. Основной объём планеты приходится на мантию.

По диаграмме видно: чем глубже, тем крупнее слой. Это помогает понять, почему большинство процессов Земли связаны с мантией.



Обобщённые оценки глубин по геофизическим данным (школьные учебные материалы по внутреннему строению Земли).

Литосфера и астеносфера



Литосфера как «жёсткая оболочка»

Литосфера состоит из земной коры и верхней части мантии. Она твёрдая, поэтому образует крупные плиты, похожие на огромные куски твёрдого «пазла».



Плиты движутся медленно

Плиты способны перемещаться, хотя это занимает очень много времени. Именно такое постепенное движение связывают с землетрясениями, вулканами и горообразованием.

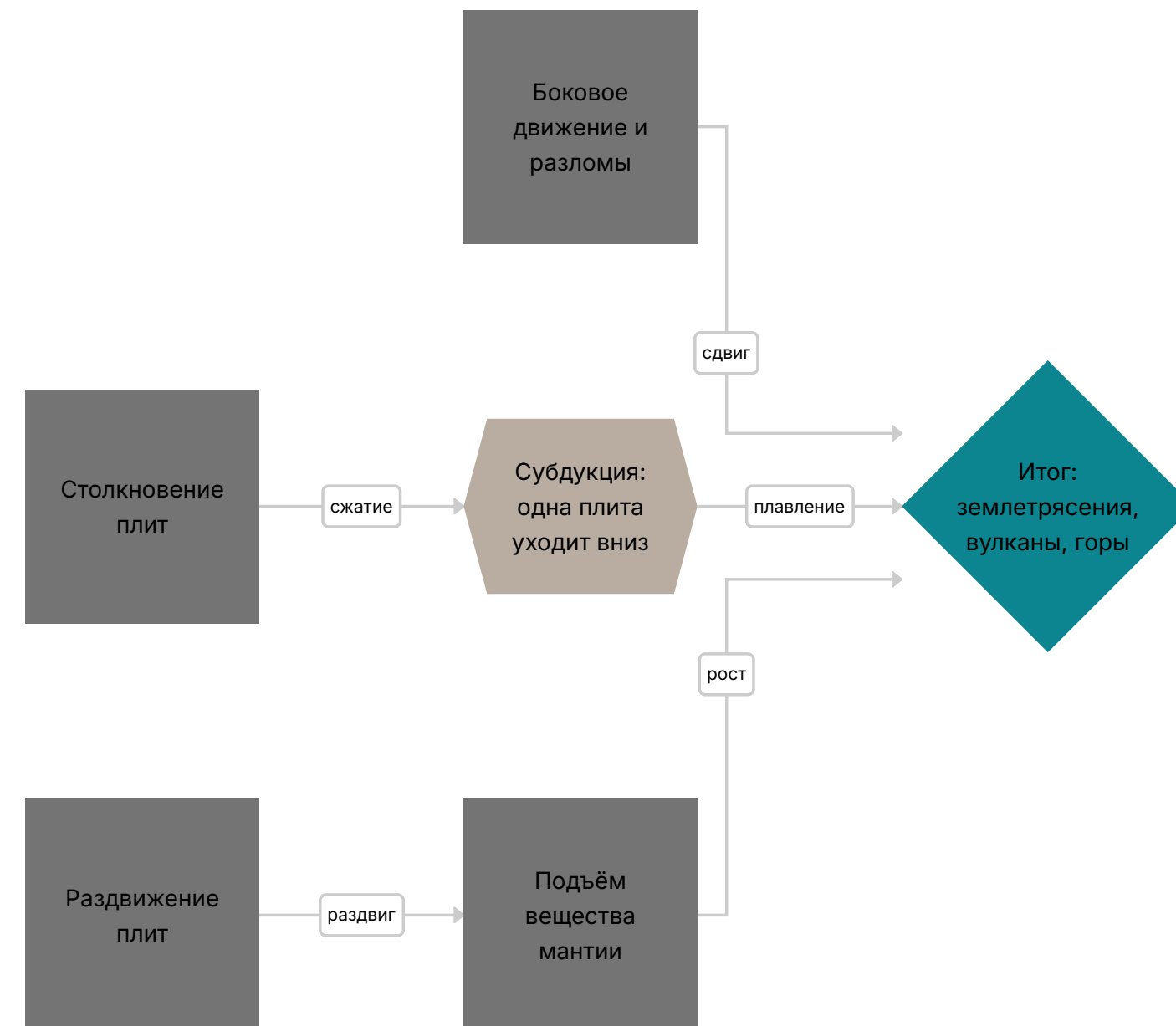


Астеносфера — более пластичный слой

Под литосферой находится астеносфера: слой верхней мантии, который более мягкий и пластичный. Благодаря этому плиты могут «скользить» по поверхности.

Как движутся литосферные плиты

Три ключевых сценария движения плит: раздвижение, столкновение и перемещение вдоль разломов.



Мантия — самый толстый слой Земли

1

Мантия располагается под земной корой и простирается почти до глубины 2900 км. Она занимает большую часть объёма планеты и поэтому влияет на многие процессы.

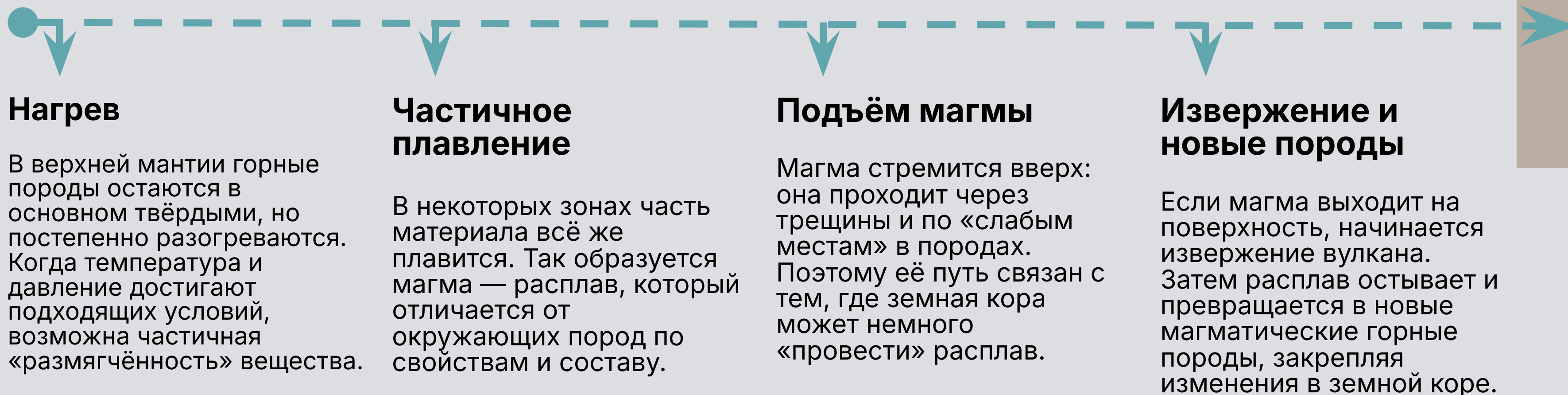
2

В мантии преобладают силикатные породы с магнием и железом. Эти материалы помогают представить, что глубоко внутри Земля не «воздух» и не «пустота», а плотные породы.

3

Температура в мантии намного выше, чем в коре, и с глубиной растёт. Из-за этого вещество может вести себя по-разному — твёрдо, но при этом способно очень медленно менять форму.

Верхняя мантия и образование магмы



Переходная зона и нижняя мантия

1

В мантии есть глубины примерно 410 км и 660 км, где минералы меняют свои свойства. Такой участок называют переходной зоной, потому что там как будто происходит «перестройка» материала.

2

Под переходной зоной начинается нижняя мантия. На этой глубине давление становится очень большим, и вещество остаётся твёрдым, даже если температура очень высока.

3

При огромном давлении породы становятся более плотными. Поэтому в нижней мантии материал упакован иначе, чем ближе к поверхности, и это отражается на том, как проходят сейсмические волны.

4

Понимание переходной зоны важно: она помогает геофизикам точнее описывать строение Земли по данным землетрясений и расчётам внутренней структуры.

Главные свойства слоёв твёрдой Земли

Слой	Толщина/ глубина	Состояние	Состав
Кора	5–70 км	твёрдая	горные породы, осадки
Мантия	до 2900 км	твёрдая и пластичная	силикаты Mg и Fe
Ядро	с ~2900 км	внешн. жидкое, внутр. твёрдое	Fe и Ni

Слои различаются по толщине, составу и тому, как ведёт себя вещество: от относительно жёсткой коры до более пластичной мантии и внутреннего твёрдого ядра.

Каждый слой выполняет свою «роль»: влияет на рельеф и процессы в коре, на движение вещества в мантии и на уникальные свойства центра Земли.

Обобщение школьных курсов геологии и данных сейсмологии.

2900 км

Начиная с этой глубины условия становятся настолько экстремальными, что ядро отличается по плотности и поведению от пород ближе к поверхности.

На глубине около 2900 км начинается ядро — самый плотный слой Земли. В его составе преобладают железо и никель. Огромное давление и высокая температура меняют свойства вещества.

Внешнее ядро и магнитное поле Земли

Жидкое внешнее ядро



Внешнее ядро окружает внутреннее и остаётся жидким. В расплавленном железе и никеле возникают движения, благодаря которым энергия частично превращается в электрические токи.



Источник земного магнитного поля

Движения проводящего жидкого металла поддерживают магнитное поле Земли. Поэтому вокруг планеты образуется область, где компас обычно показывает направление на север.



Защита от части излучения

Магнитное поле отклоняет заряженные частицы от солнечного ветра. В результате уменьшается воздействие на атмосферу и живые организмы, а иногда возникают полярные сияния.

Внутреннее ядро — твёрдый центр Земли

1

Внутреннее ядро находится в самом центре Земли. Его радиус составляет около 1220 км, поэтому именно здесь концентрируются наибольшие нагрузки и самые сложные условия для вещества.

2

Температура достигает примерно 5000–6000 °С, но из-за огромного давления вещество остаётся твёрдым. Такую «твёрдость» поддерживает не холод, а сжатие.

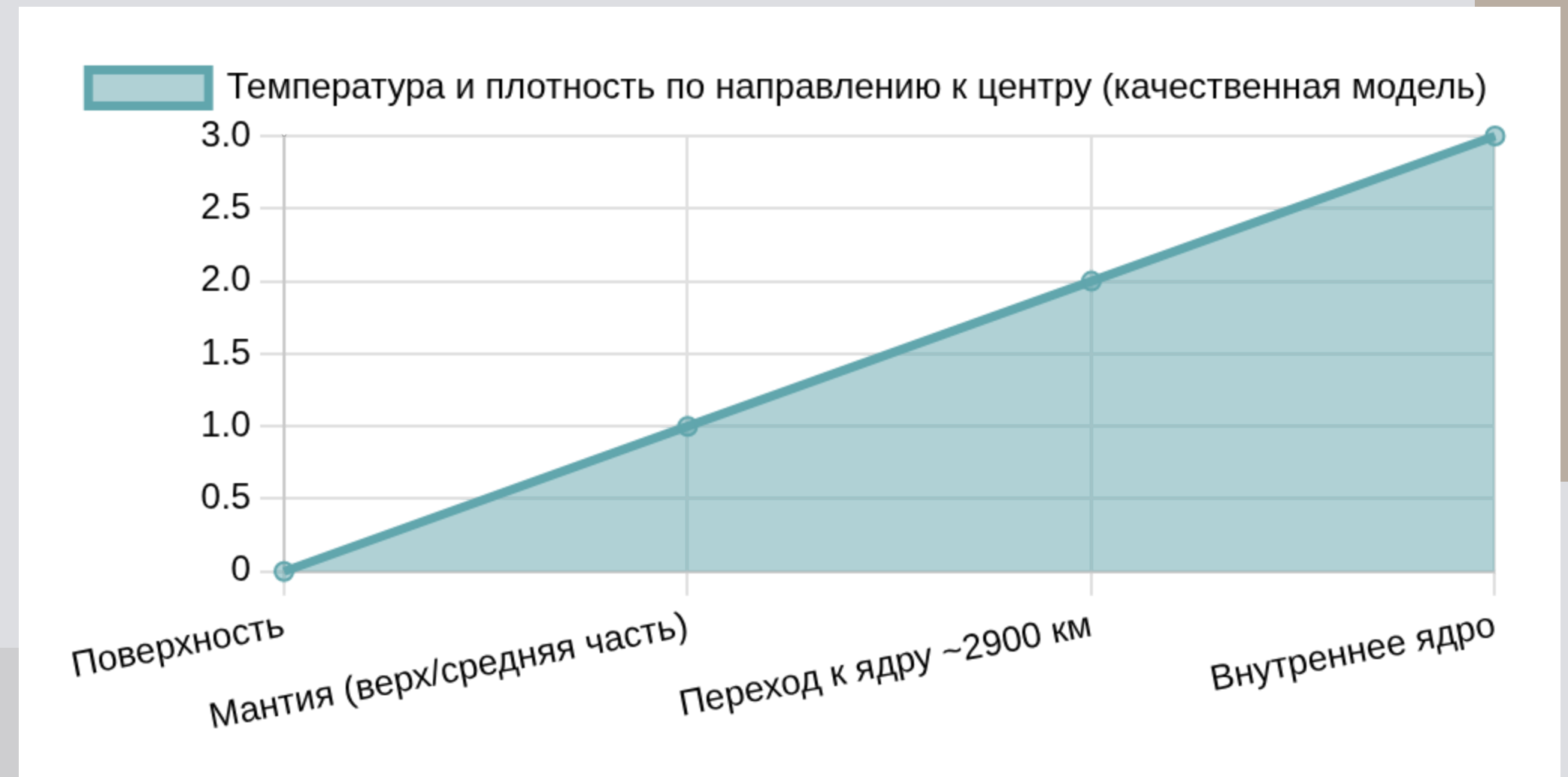
3

Плотность внутреннего ядра максимальна среди слоёв планеты. Из-за этого его масса заметно влияет на общую структуру Земли и на то, как распространяются сейсмические волны.

Как меняются температура и плотность к центру Земли

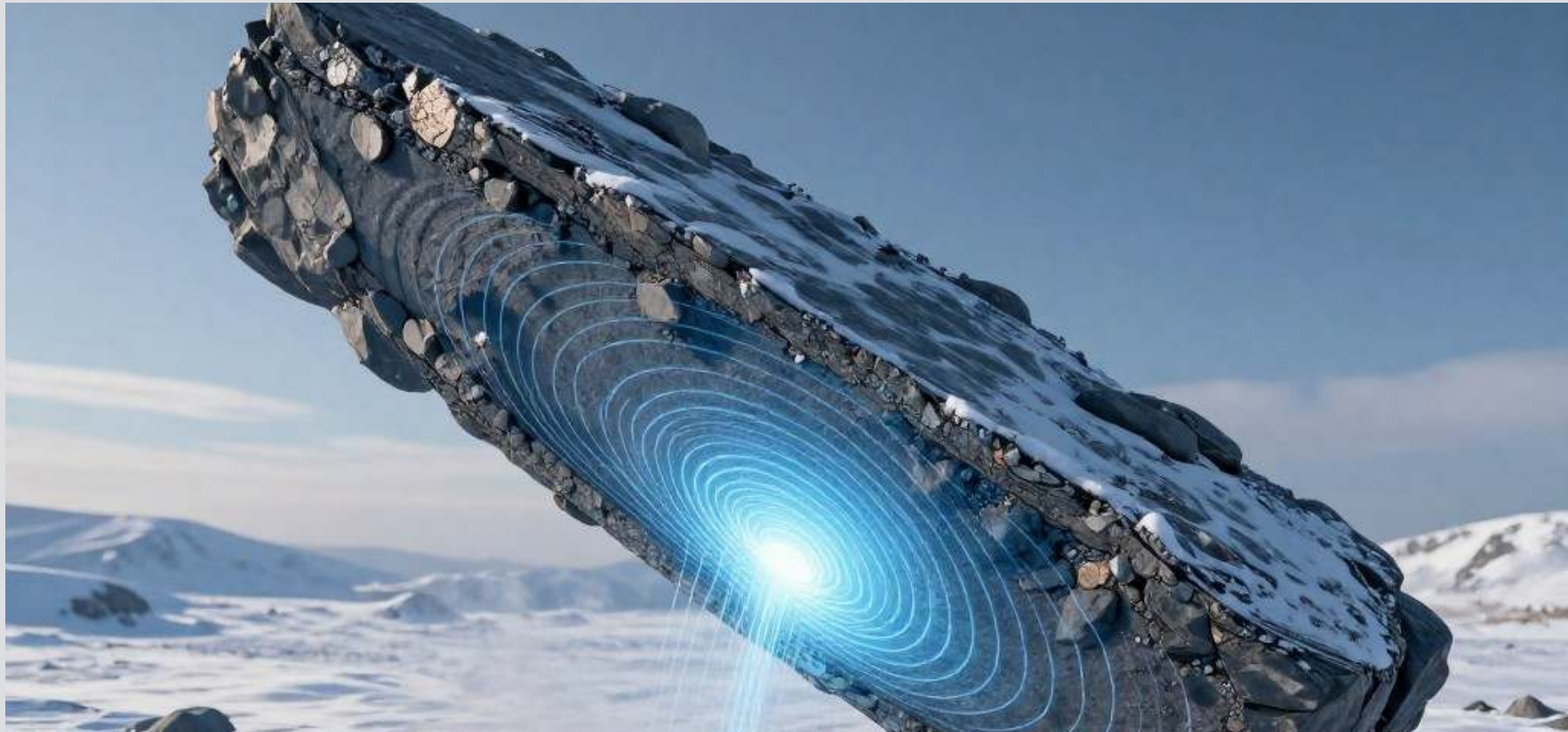
В реальных моделях данные берут по распространению сейсмических волн и термоупругим свойствам пород, поэтому кривая — результат объединения наблюдений и расчётов.

Тренд общий: к центру возрастает и нагрев, и плотность. Это объясняет, почему ядро особенно резко отличается по поведению от мантии и коры.



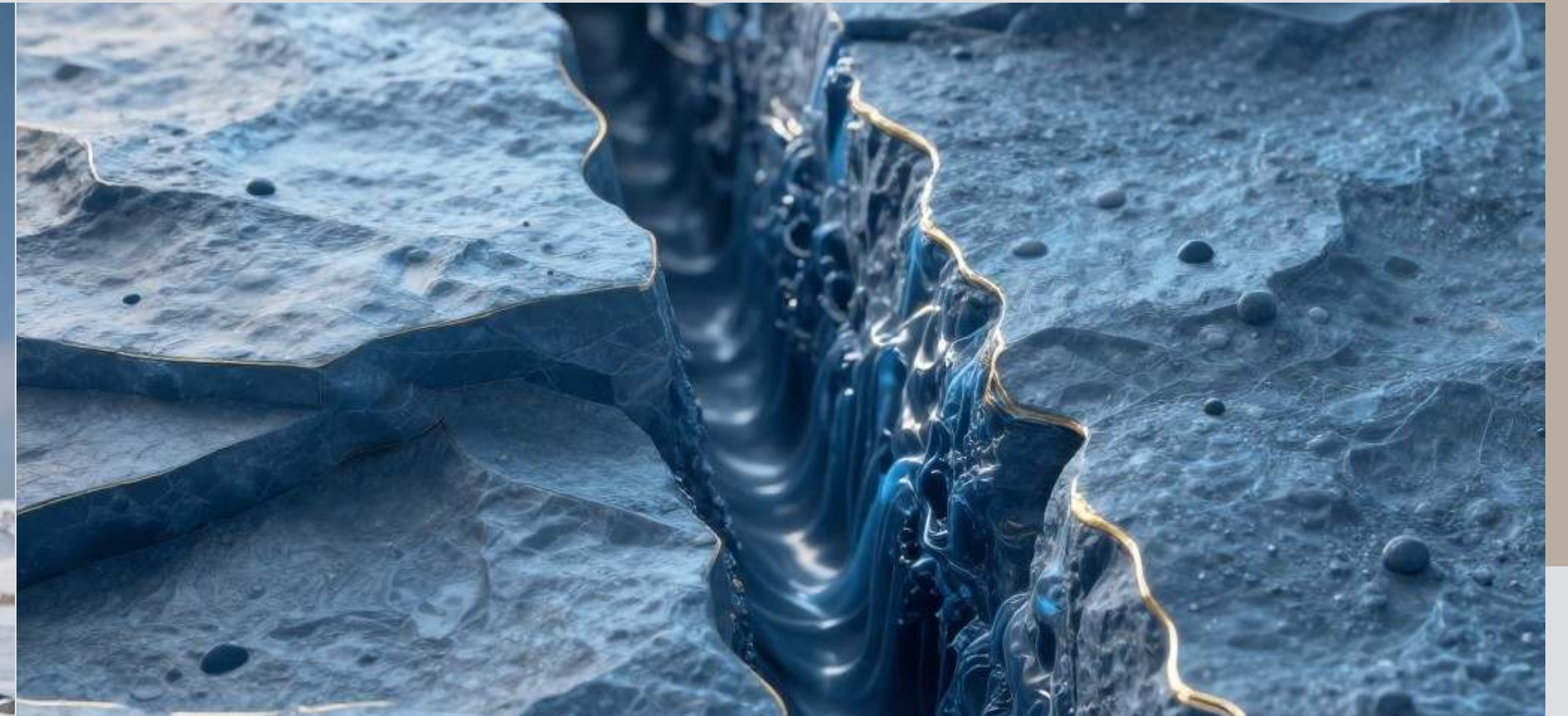
Учебные обобщения по геофизическим моделям внутреннего строения Земли (сейсмология и термодинамика), без точных «экспериментальных» значений для каждой точки.

Землетрясения помогают изучать слои Земли



«Отзвуки» под землёй: карта волн

Когда происходит землетрясение, по Земле расходятся упругие волны. Сейсмические станции измеряют время прихода сигналов, а затем по различиям делают вывод, где волна идёт быстрее или медленнее.

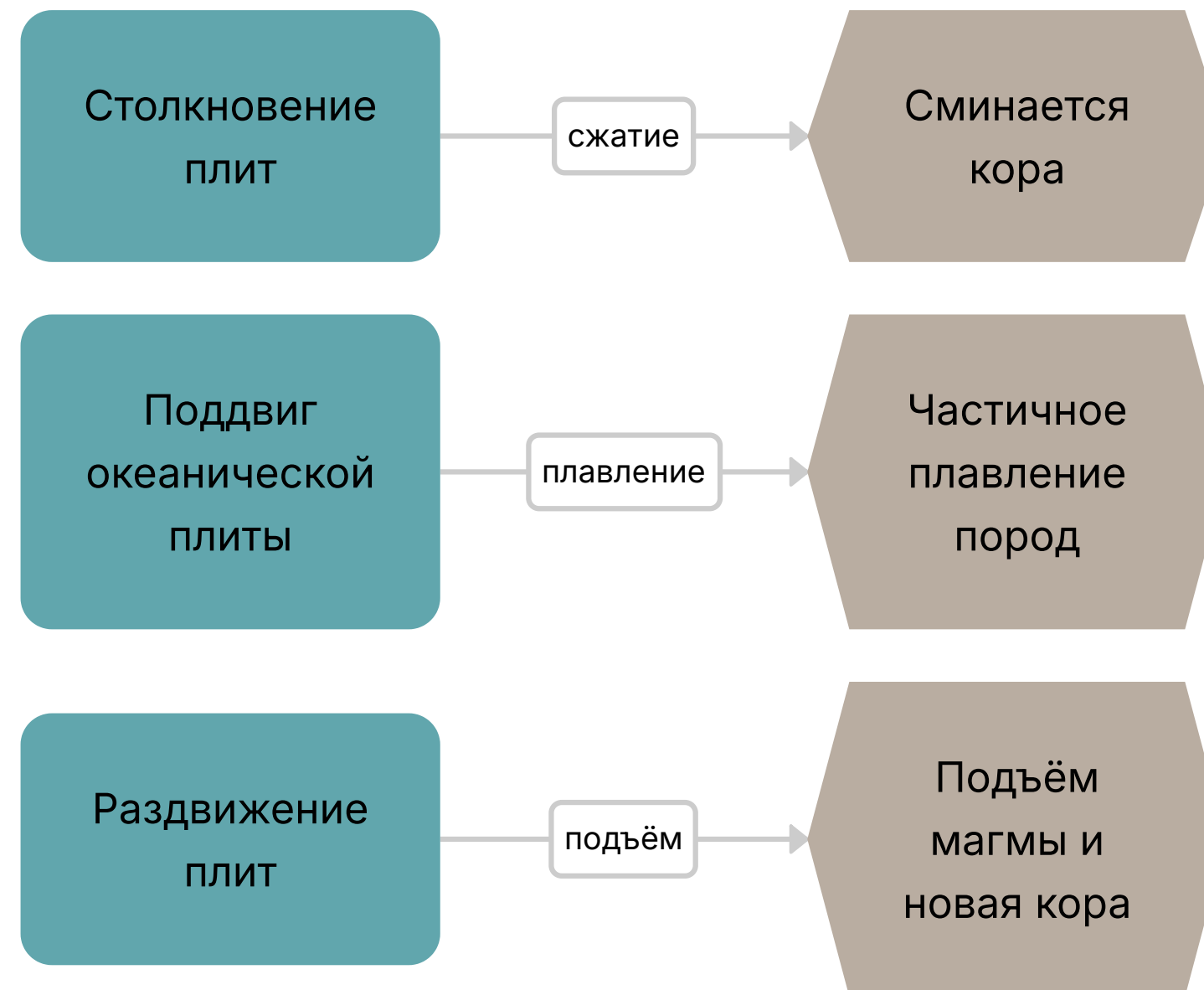


Почему одни волны «проваливаются» в ядро

Продольные волны проходят и через твёрдые, и через жидкие среды. Поперечные волны в жидком внешнем ядре не распространяются, поэтому их исчезновение служит важным признаком состава и агрегатного состояния.

Как возникают горы и вулканы

Схема трёх типов движения плит: столкновение, поддвиг и раздвижение; результат — горообразование, вулканизм и формирование новой коры.



Роль каждого слоя Земли

Слой	Что даёт
Кора	жизнь, полезные ископаемые
Мантия	медленные движения и магма
Внешнее ядро	магнитное поле
Внутреннее ядро	самый плотный центр

Слои Земли связаны между собой: процессы в мантии и ядре влияют на кору, а кора определяет условия, где возможно развитие жизни и где человек ищет полезные ископаемые.

Земля — единая система: изменения «глубоко внутри» отражаются на поверхности, формируя вулканы, горы и влияя на магнитное поле.

Почему важно знать строение Земли

1

Понимание слоёв помогает объяснять, почему возникают землетрясения: волны меняются при переходе между средами, а очаги связаны с движением плит.

2

Строение Земли важно и для вулканов. Связь мантии с образованием магмы и путями её подъёма объясняет, почему извержения появляются в определённых зонах.

3

Знания о внутреннем устройстве нужны геологам для поиска полезных ископаемых. Многие рудные месторождения связаны с магматическими процессами и осадками в коре.

4

Наконец, изучение строения показывает, что Земля меняется постоянно, хотя эти изменения идут очень медленно: раздвижение, столкновения и поддвиги меняют рельеф на длительных промежутках времени.

Главная мысль о слоях твёрдой Земли

Земля — система из коры, мантии и ядра. Каждый слой имеет свою толщину, состав и состояние вещества. Эти различия определяют рельеф, вулканы, землетрясения и работу магнитного поля.