Если по форме Земля похожа на шар, эллипсоид или так называемый геоид – в зависимости от того, с какой точностью оценивать кривизну поверхности в каждой точке – то по структуре её лучше всего сравнивать с луковицей. Твёрдое металлическое ядро «обёрнуто» вязкой мантией, многими слоями коры, атмосферой, также слоистой, несколькими оболочками из заряженных частиц… И учёные постоянно открывают новые «одёжки». Например, в сентябре 2012-го года непродолжительное время наблюдался радиационный пояс, который раньше никто не замечал.

Радиационные пояса, называемые также поясами Ван Аллена, были открыты после полёта спутника «Эксплорер-1» в 1958-м году. Они имеют форму кольца со сложным сегментированным сечением. Если у самого простого кольца, например, бублика, сечение круговое (такая поверхность называется тором), то в случае поясов Ван Аллена речь идёт скорее о нескольких серповидных сечениях, меняющих свои размеры в зависимости от солнечной активности.

Интерес к поясам Ван Аллена с самого начала был значительным, поскольку их радиация способна причинять немало хлопот; мощное излучение может выводить из строя электронику спутников и космических кораблей уже на ранних этапах полёта. Например, сам «Эксплорер-1», спутник-первооткрыватель радиационных поясов, в высшей точке своей орбиты никакой радиации не регистрировал, потому что установленный на его борту счётчик Гейгера не был рассчитан на столь высокие интенсивности излучения.

Структурно пояса Ван Аллена имеют две выделенные области: внутреннюю, состоящую из электронов и высокоэнергетических протонов, расположенную на высоте 4000 км над уровнем моря, и внешнюю, состоящую из высокоэнергетических электронов, на высоте 17000 км. В феврале 2013-го года, после длительной обработки данных с космических спутников, исследователи опубликовали информацию о ещё одном поясе, неизвестном ранее. Он был замечен в сентябре 2012-го на высотах 1000-50000 км, «продержался» всего месяц, а по составу значительно отличался от постоянных поясов; его основу составили ультрарелятивистские (движущиеся со скоростями, близкими к скорости света) электроны. Ранее предполагалось, что все электроны радиационных поясов Земли имеют одно и то же происхождение, однако выбивающиеся из общей картины быстрые частицы заставили учёных передумать.

Вообще радиационные пояса – это области, где магнитное поле планеты удерживает прилетевшие с солнечным ветром или космическими лучами частицы на более-менее постоянных орбитах. Скорости таких частиц слишком велики, чтобы они «упали» на планету, но слишком малы, чтобы им удалось преодолеть воздействие магнитного поля. В зависимости от заряда, массы и энергии частицы, она занимает определённую высоту и приобретают примерно эллиптическую орбиту; низкоэнергетические электроны встречаются примерно в одинаковых количествах во всей области магнитосферы и движутся хаотично. Пояс ультрарелятивистских электронов, вероятно, образовался во время солнечной бури, «сорвавшей» часть внешнего пояса и перенесшей их на более низкую орбиту. Основанная на этой гипотезе модель, которую создали учёные из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, показала весьма близкие к реально наблюдаемым результаты.

Обычно частицы, попавшие в щель между основными радиационными поясами, быстро теряют энергию; точной теории этого процесса не существует, но предполагается, что он вызван своеобразной расчисткой пространства электромагнитными волнами радиодиапазона, возможно, возникающими из-за гроз в атмосфере планеты. Интересно, что аналогичный процесс – резонанс электромагнитных волн с движением отдельных частиц – и является причиной появления в верхнем поясе Ван Аллена ультрарелятивистских электронов, тех самых, из которых образовался новый пояс. В этом случае электромагнитные поля служат естественным ускорителем. Исследователи полагают, что в силу «нестандартных» собственных частот колебаний ультрарелятивистских электронов «расчистка» промежутка между поясами на них не действовала. Если бы не ударная волна от очередной солнечной бури, пояс бы просуществовал куда дольше, чем месяц.

Поскольку ультрарелятивистские электроны имеют энергии много большие, чем у прочих частиц радиационных поясов, отслеживание временных поясов в будущем является чрезвычайно важной для космонавтики задачей. Даже при малой плотности высокоэнергетических частиц они могут наносить значительный ущерб выводимой на орбиту технике. По этой причине космические аппараты чаще всего проходят область радиационных поясов с отключением лишённых серьёзной защиты от радиации систем. Спутники Van Allen Probes (также известные как Radiation Belt Storm Probes или RBSP) – редкое исключение из этого правила. Созданные специально для исследования радиационных поясов, эти два научно-исследовательских аппарата вращаются по вытянутой орбите, так, чтобы периодически погружаться в каждый из двух основных поясов Ван Аллена. Для защиты приборов инженерам из Университета Джона Хопкинса пришлось разработать особо устойчивый к радиации корпус спутника.