

Что означает «биологическое действие ультрафиолета» и почему оно выделяется среди других участков спектра?

Что означает биологическое действие ультрафиолета и почему оно так заметно?

Ультрафиолетовое излучение оказывает на живые организмы значительно более сильное воздействие, чем другие участки оптического спектра. Основным механизмом заключается в фотохимических изменениях молекул биополимеров — прежде всего в верхних слоях тканей, поскольку глубина проникновения УФ невелика и не превышает примерно одного миллиметра. Поэтому основное действие излучения ограничивается поверхностными слоями кожи, эпителия или листа растения.

Для растительных организмов влияние ультрафиолета проявляется в изменении активности ферментов и гормонов, воздействии на синтез пигментов и на скорость фотосинтеза. В диапазоне длин волн 280–320 нм преобладают угнетающие эффекты, а при 320–400 нм, наоборот, отмечается регулирующее действие. Таким образом, биологический отклик определяется не только дозой излучения, но и его спектральным составом.

Как глубина проникновения ультрафиолета связана с безопасностью?

Поскольку УФ поглощается в пределах долей миллиметра, биологический эффект полностью зависит от состояния поверхности, на которую он падает. Даже незначительное изменение угла облучения или структуры тканей может изменить степень воздействия. Этот факт объясняет, почему при одинаковой УФ-дозе реакция кожи или слизистых может различаться, а также почему для инженерных расчетов важно учитывать геометрию облучения и отражающие свойства поверхностей.

Почему спектр определяет характер воздействия — от витамина D до бактерицидного эффекта?

Длина волны — главный фактор, определяющий, будет ли ультрафиолет полезен или опасен. В диапазоне 315–390 нм излучение действует слабо.

При 280–400 нм, в умеренных дозах, оно оказывает общеукрепляющее, «витальное» действие на организм человека и животных. В области 280–315 нм наблюдается антирахитное воздействие, связанное с образованием витамина D. А диапазон 200–315 нм активен против микроорганизмов, обеспечивая их инактивацию. Эти три зоны отражают разную «направленность» биологических эффектов ультрафиолета — от поддержания обменных процессов до обеззараживания.

Что такое эритема и как определяется эритемная доза?

Классическая реакция кожи на ультрафиолет — эритема, то есть покраснение, которое позже переходит в загар. Для оценки её выраженности введено понятие эритемной дозы. За единицу принимается мощность 1 Вт на длине волны 297 нм, действующая одну секунду (1 эр). Эритемную облучённость выражают в эр/м². Для профилактики ультрафиолетового дефицита достаточно около одной десятой такой дозы — 60–90 (мкэр·мин)/см². Эти значения служат ориентиром при установлении безопасных режимов облучения и нормировании экспозиций.

Чем опасен дефицит ультрафиолетового излучения?

Недостаток УФ приводит к сбоям обменных процессов, снижению устойчивости организма, а у детей — к рахиту из-за дефицита витамина D и нарушения фосфорно-кальциевого обмена. Человек становится вялым, снижается иммунная реактивность. Особенно часто такое состояние наблюдается в зимний период, когда солнечная активность минимальна. В этот сезон допускается профилактическое искусственное облучение специальными люминесцентными лампами под наблюдением специалистов. Соблюдение дозировок и временного режима позволяет компенсировать нехватку естественного ультрафиолета без вреда для здоровья.

Как УФ влияет на гормональный баланс и эмоциональное состояние?

Даже малые дозы ультрафиолета влияют на выработку гормонов. При воздействии УФ повышается уровень серотонина — вещества, регулирующего настроение, и снижается концентрация мелатонина, который оказывает угнетающее действие на нервную систему и эндокринные железы. Эти процессы помогают организму поддерживать суточные ритмы активности и сна, а также стабилизируют

эмоциональное состояние. Отсюда понятна роль ультрафиолета как фактора, регулирующего биоритмы и общее самочувствие человека.

Какие диапазоны УФ считаются безопасными для кожи, а какие — вредными?

Разные участки ультрафиолетового спектра по-разному проникают в кожу. УФ-А воздействует глубже и связан с синтезом витамина D. УФ-В вызывает покраснение и загар, при превышении дозы может спровоцировать ожог. УФ-С практически не проникает в кожу, но обладает самой высокой биологической активностью: именно этот диапазон отвечает за разрушение клеток и развитие опухолевых процессов. Минимальная эритемная доза на длине волны 300 нм составляет 15,6 мДж/см², и превышение этого уровня уже считается небезопасным.

Как ультрафиолет влияет на глаза?

Глаза особенно чувствительны к ультрафиолету. В диапазоне 220–290 нм возможны воспаления роговицы и конъюнктивы — фотокератит и фотоконъюнктивит. При длительном и интенсивном воздействии излучения возможно помутнение хрусталика, то есть катаракта. Пороговые дозы для этих повреждений различны: фотокератит возникает при 10 мДж/см² на длине волны 288 нм, фотоконъюнктивит — при 5 мДж/см² на 260 нм, катаракта — при 500 мДж/см² на 295 нм и около 3000 мДж/см² при 315 нм. Чем короче длина волны, тем ниже порог возникновения поражения.

Почему диапазон 200–315 нм эффективен для обеззараживания, но опасен для человека?

Этот спектральный интервал активно воздействует на ДНК микроорганизмов, нарушая их способность к размножению. Поэтому УФ-С применяют для обеззараживания воды, воздуха и поверхностей. Но те же длины волн вызывают повреждения в биологических тканях человека. Отсюда важное правило: эффективность обеззараживания всегда должна сочетаться с защитой персонала и исключением рассеянного излучения. При правильной локализации источников можно использовать мощный бактерицидный эффект без угрозы для здоровья.

Как сочетание дозы и длины волны позволяет управлять эффектом?



Ультрафиолет может быть и лечебным, и опасным — всё зависит от спектра и дозы. Для получения полезных эффектов подбирают определённую длину волны и время экспозиции, а для исключения негативных последствий контролируют мощность и отражение. Поскольку глубина проникновения мала, даже структура поверхности кожи или материала может существенно влиять на локальное распределение излучения. В инженерной практике управление биологическим эффектом фактически сводится к управлению дозой и спектром.

Почему сезонность имеет значение и как компенсировать дефицит света?

В осенне-зимний период интенсивность естественного УФ заметно снижается. Организм испытывает «световое голодание», что отражается на метаболизме и психоэмоциональном состоянии. Для компенсации применяют профилактическое облучение специальными лампами, создающими спектр, близкий к солнечному. Процедуры проводят в контролируемых условиях, чтобы избежать превышения доз. Это пример безопасного использования УФ для поддержания естественного баланса, а не для лечения.