

СПИСОК БАЗОВЫХ ПОНЯТИЙ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ

D₀ — (произносится Д-ноль) и **D₃₇** — (произносится Д-37) — дозы излучения, вызывающие снижение выживаемости клеток, определяемой по их клоногенной способности, в \sqrt{e} раз, до 37% от исходной, на линейном участке кривых доза—эффект, построенных в полулогарифмических координатах.

G₁-период — период клеточного цикла между образованием клетки и началом репликации ДНК.

G₂-период — период клеточного цикла между окончанием синтеза ДНК и вступлением клетки в деление.

G-период — период клеточного цикла, в течение которого происходит синтез ДНК; причем в каждый момент времени реплицируется только один из участков клеточной ДНК.

А

Аберрации (хроматидные и хромосомные) — изменение расположения генетического материала, его частичная утеря или приобретение нового, а также увеличение числа его копий.

Активность (нуклеотида) — скорость, с которой происходит распад нуклеотида; в Международной системе единицей активности является

Альфа(а)-частицы — частицы, состоящие из двух протонов и двух нейтронов, вылетающие из ядра при его радиоактивном распаде; обладают энергией до 8,8 МэВ, высокой ЛПЭ и пробегом в воде в несколько десятков мкм; а-частицами называют и ядра гелия, также состоящие из двух протонов и двух нейтронов, которым на ускорителе тяжелых частиц может быть придана энергия в сотни МэВ.

Анафаза — фаза митоза, во время которой хроматиды «материнской» хромосомы отделяются друг от друга, превращаются в хромосомы дочерних клеток и направляются к полюсам деления — местам формирования ядер дочерних клеток.

Аноксия — полное отсутствие кислорода в клетке или ткани.

Апоптоз, программируемая клеточная гибель — гибель клетки в результате запуска специальной программы последовательной активации ряда ферментов, последние из которых разрезают ДНК на участки длиной в -185 пар оснований; одним из сигналов к запуску апоптоза является обнаружение повреждений ДНК во время прохождения клеткой сверточных точек генерационного цикла; эти повреждения ДНК, однако, не столь велики, чтобы вызвать некроз (см).

Б

Беккерель — единица радиоактивности в СИ, соответствующая 1 распаду в секунду.

Беспороговая концепция действия радиации — концепция, предполагающая возможность линейной экстраполяции зависимости доза—эффект, получаемой для больших доз, на область значений малых доз (ниже 0,2 Зв острого облучения или 1 Зв пролонгированного облучения).

Бета (р)-частицы — электроны, вылетающие из ядер при радиоактивном распаде.

Биопсия — взятие небольшого кусочка опухоли, обычно объемом в несколько кубических миллиметров, для различного рода исследований, в том числе для изучения радиочувствительности клеток данного новообразования.

Брэгга пик (по имени Л. Брэгга, англ, физика) — повышение ЛПЭ, передаваемой среде энергии в расчете на единицу пути частицы в конце ее пробега.

Бэр — биологический эквивалент рентгена, доза излучения, по биологической эффективности равная действию рентгеновского излучения в расчете на 1 Р экспозиционной дозы.

В

Взвешивающий коэффициент (Wt), характеризует отношение стохастического риска для ткани Т к общему стохастическому риску при равномерном облучении всего тела.

Восстановление — восстановление исходной структуры или жизнеспособности клетки, ткани, органа, системы, организма после облучения.

Г

Гамма (γ)-излучение — волновое (фотонное) излучение высокой энергии, возникающее при радиоактивном распаде или аннигиляции электрона и позитрона.

Генотип — совокупность всех наследственных факторов, входящих в геном.

Гипергликемия — повышенное по сравнению с нормой содержание глюкозы в крови; кратковременная гипергликемия способствует усилению повреждающего действия гипертермии за счет снижения рН в результате накопления в опухоли лактата из-за характерного для новообразований гликолитического пути образования АТФ.

Гипертермия (в онкологии) — способ лечения опухолей, состоящий в их локальном нагреве, или нагреве всего тела, до температуры 40—43°C; обычно применяется в сочетании с лучевой и/или химиотерапией, повышая их эффективность.

Гипоксирадиотерапия — лучевая терапия злокачественных новообразований, проводимая в условиях *преимущественной* защиты нормальных тканей за счет снижения в них рО₂ при дыхании больным во время сеанса облучения смесью азота и 8—9% кислорода, позволяющая повысить подводимую к опухоли дозу облучения; при проведении гипоксирадиотерапии принимается, что одновременно увеличивается радиорезистентность и нормальных тканей, и опухоли, но последней — в меньшей степени.

Гипоксия — состояние пониженного (по сравнению с тем, что считается нормой) содержания кислорода в окружающей объект среде, без указания на степень такого понижения.

Гомеостаз — поддержание устойчивого равновесия в системе клеточного обновления (см.) или в организме.

Грей — единица поглощенной дозы в Международной системе единиц (в СИ, Системе Интернациональной), равная 1 Дж/кг массы; в литературе встречается написание грэй (Гр).

Д

Делеции — отсутствие части хроматиды или хромосомы, вызванное нерепарированным двойным разрывом молекулы ДНК.

Доза минимально летальная — минимальная доза излучения, вызывающая гибель всех облученных объектов.

Доза поглощенная — количество излучения, поглощенное облученным объектом, в расчете на единицу массы. Единицей поглощенной дозы в Международной системе является грей (Гр), который соответствует поглощению 1 Дж/кг.

Доза толерантная — доза фракционированного облучения определенного органа или его части, или определенной ткани, получаемая ими в процессе лучевой терапии злокачественных новообразований, при которой тяжелые, но купируемые (излечиваемые) лучевые осложнения возникают не более чем у 5 или 10% больных; последние величины условны, так что в разных лечебных учреждениях в качестве «толерантных» могут рассматриваться несколько разные дозы.

Доза удваивающая — доза излучения, при которой в потомстве облучаемого объекта вдвое возрастает частота мутирования определенного ло-куса по сравнению с фоновым значением.

Доза эквивалентная — доза излучения, поглощенная в органе или ткани и умноженная на взвешивающий коэффициент для данного вида излучения, характеризующий его эффективность в индуцировании биологического эффекта; единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

Доза экспозиционная — доза излучения, измеренная в воздухе.

Доза эффективная — сумма произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты для этих тканей, учитывающие разную чувствительность тканей в отношении канцерогенного эффекта радиации, — единицей эффективной дозы является зиверт (Зв).

Доза—эффект кривые — кривые, описывающие зависимость поражения объекта от поглощенной дозы.

З

Защита фармакологическая — снижение тяжести лучевого поражения объекта с помощью химических соединений, вводимых до облучения и действующих на уровне физико-химических процессов.

Зиверт(Зв) — единица эквивалентной дозы.

И

Интерфаза — промежуток времени между двумя последовательными делениями клетки.

Ионизирующее излучение — излучение, энергия которого достаточна для разрыва межатомных связей путем удаления электрона с орбиты (ионизации).

К

Канцерогенное действие — способность агента индуцировать образование злокачественных новообразований (от лат. *Cancer*— **рак, краб**).

Катаракта радиационная — помутнение роговицы, наступившее вследствие воздействия на нее ионизирующего излучения.

Кислородный эффект — увеличение степени радиационного поражения объекта по мере возрастания его концентрации в окружающей клетки среде от нулевых значений pO_2 (аноксии) до 20 мм.

Кишечный синдром — гибель от поражения клеток эпителия тонкого кишечника, у мышей наступающая на 4—6-й день после облучения.

Клетка гигантская — клетка, имеющая два и большее количество ядер и занимающая площадь (в культуре), в 10 и более раз превышающую площадь интактной клетки; образование гигантских клеток — типичный признак лучевого патоморфоза.

Клеточный (генерационный цикл) — время, а также последовательность событий от деления клетки до деления одной из двух ее дочерних клеток (для простоты об этом говорится как о промежутке времени между двумя последовательными делениями клетки).

Клонообразование — способность клетки образовывать колонию; при этом в качестве произвольно выбранного критерия образования колонии служит наличие в ней 50 клеток (в случае животных клеток) или возможность ее увидеть невооруженным

глазом; утеря способности к колониеобразованию рассматривается как показатель гибели клетки.

Коллективная эффективная доза (см. эффективная доза) — доза, полученная группой людей от какого-либо источника радиации.

Костно-мозговой синдром — гибель от поражения стволовых клеток костного мозга, у мышей наступающая в период с 6-го (в основном с 12-го) по 30-й день после облучения.

Костный мозг — ткань, в которой происходит образование всех форменных элементов крови; расположена в эпифизах трубчатых костей и в плоских костях таза, черепа и ребер.

Коэффициент кислородного усиления (ККУ) — коэффициент, показывающий, во сколько раз доза облучения в аноксических или гипоксических условиях должна быть больше, чем доза облучения в стандартных условиях, для получения одного и того же эффекта.

Критические органы (системы) — жизненно важные органы или системы, первыми выходящими из строя в исследуемом диапазоне доз излучения, что обуславливает гибель организма в определенные сроки после облучения; примеры: система кроветворения, тонкий кишечник, ЦНС.

Критический орган — наиболее радиочувствительный из нескольких органов, оказавшихся в зоне воздействия ионизирующей радиации.

Кюри — внесистемная единица радиоактивности, равная $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/с (распадов в секунду).

Л

ЛД₅₀ — Летальная доза 50 — доза излучения, вызывающая гибель 50% особей.

ЛД_{50/30} — доза излучения, вызывающая гибель 50% объектов в течение 30 дней после воздействия (соответствующих завершению гибели мышей от поражения кишечника и костного мозга).

Лейкозы — группа заболеваний крови, характеризующихся неуправляемым размножением лимфоцитов; наиболее ранние проявления канцерогенного действия радиации.

Линейные потери (передача) энергии (ЛПЭ) — потери энергии на мкм пути, выраженные в эВ.

Лучевая болезнь — клинический синдром, развивающийся вследствие общего облучения.

Лучевая болезнь (острая) — наступившая вследствие однократного облучения.

Лучевая болезнь (хроническая) — наступившая вследствие длительного непрерывного или фракционированного воздействия.

М

МАГАТЭ — Международное агентство по атомной энергии, отвечает за ее безопасное использование; штаб-квартира расположена в Вене.

Мейоз — процесс «редукционного», без удвоения хромосом, деления зародышевых клеток, в результате которого дочерняя клетка приобретает половину хромосомного набора родительской клетки.

Метафаза — центральная фаза митоза, при которой хромосомы собираются в центре клетки, образуя метафазную пластинку; в метафазе каждая хромосома состоит из двух хроматид.

Митоз — деление клетки.

Митотическая активность — характеристика пролиферативной активности ткани или органа, определяемая процентом клеток, находящихся на стадии митоза в единицу времени.

Мишени теория (принцип) — высказанное в 30-е годы XX в. представление о неравнозначности поражения различных частей клетки для ее судьбы; догадка о существовании в клетке радиочувствительных структур, поражение которых и приводит к ее гибели; в настоящее время такой структурой является ДНК.

Мощность (поглощенной) дозы (см. интенсивность облучения) — количество энергии излучения, поглощаемой массой вещества в единицу времени (1 с, 1 мин, 1 ч, 1 сут).

Мутации — изменения ДНК; соматические мутации могут передаваться в клеточных поколениях в тканях самого облученного объекта, генетические — наследуются в потомстве облученных родителей.

Н

Некроз — форма клеточной гибели, реализуемая в случае накопления в ДНК несовместимого с жизнью количества повреждений, а также вследствие повреждения мембран.

Нестабильность генома — сохранение повышенного мутационного фона в ряду поколений облученной клетки.

О

Облучение — воздействие ионизирующей радиации на биологические объекты.

Облучение внешнее — от наружных источников излучения.

Облучение внутреннее — от инкорпорированных в организм радионуклидов.

Облучение локальное (см. местное) — облучение отдельных участков (сегментов) тела.

Облучение многократное (см. фракционированное) — облучение несколькими отдельными фракциями через различные промежутки времени.

Облучение неравномерное — следствие ослабления излучения по глубине тела или в результате экранирования (см.) его отдельных сегментов.

Облучение острое — облучение, длительность которого не превышает нескольких часов, чаще всего составляя минуты.

Облучение пролонгированное — облучение, продолжающееся в течение многих дней, месяцев и лет.

Облучение хроническое — длительное при низкой мощности дозы.

Оксигенорадиотерапия — способ облучения злокачественных опухолей при дыхании чистым кислородом в расчете на усиление радиочувствительности (см.) гипоксических клеток (см. Кислородный эффект).

Онкоген — генетическая программа, способствующая возникновению опухолей, либо присутствует в геноме в репрессированном состоянии под контролем регуляторных генов, либо образуется из разобщенных фрагментов ДНК, каждый из которых в отдельности не может вызвать опухолевую трансформацию.

Отдаленные последствия облучения — развивающиеся через несколько месяцев или лет после облучения — нестохастические эффекты — эпиляция, катаракта, стерильность, сокращение продолжительности жизни; **стохастические эффекты** (см.) — злокачественные новообразования, генетические (наследуемые в потомстве) болезни.

П

Поражения потенциально летальные — способные к **восстановлению** (см.) при изменении условий в первые часы после облучения.

Позитрон — элементарная частица, в ядерной физике относимая к лептонам, которая имеет *положительный* заряд и массу, равную массе электрона, т. е. 1/1837 от массы протона (или нейтрона).

Полная коллективная эффективная доза — **коллективная эффективная доза**, которую получают поколения людей от какого-либо источника за все время его существования.

Поражения сублетальные — поражения клеток, которые могут быть репарированы, выявляемые по увеличению выживаемости клеток при разделении дозы однократного облучения на две фракции с интервалом между ними до нескольких часов.

Пороговая доза — доза, ниже которой не отмечено проявления данного эффекта облучения.

Принцип попаданий и мишени — формальное объяснение первичных механизмов биологического действия ионизирующих излучений, в том числе явления, называемого радиобиологическим парадоксом: принцип попаданий характеризует особенности действующего агента — дискретность поглощения энергии, а принцип мишени учитывает особенность облучаемого объекта — клетки — высокую гетерогенность и значимость ее структур в морфологическом и функциональном отношениях, а следовательно, различие в ответе на одно и то же попадание.

Р

Рад — (*rod — radiation absorbed dose*) — старая (внесистемная) единица поглощенной дозы, соответствующая поглощению энергии 10^{-2} Дж/кг; в Международной системе единиц используется грей (Гр); 1 Гр = 100 рад.

Радиационная безопасность — система мероприятий, направленных на минимизацию последствий облучения, регламентацию радиационного воздействия в виде международных рекомендаций и национальных санитарных правил и норм радиационной безопасности для разных категорий профессионалов — работников атомной промышленности и населения.

Радиационная защита (син. **противолучевая**) (1) — система регламентации воздействия ионизирующих излучений, направленная на защиту населения и профессиональных работников; (2) — измерение степени ослабления воздействия облучения; (3) — химические и биологические способы ослабления поражающего действия ионизирующих излучений.

Радиационная онкология — методы лечения злокачественных новообразований при помощи ионизирующих излучений (методы лучевой терапии).

Радиационная стерилизация — применение ионизирующих излучений (1) для половой стерилизации растительных и животных объектов; (2) для стерилизации различных материалов медицинского назначения, пищи и обеззараживания отходов.

Радиационная терапия (син. **радиотерапия, лучевая терапия**) — лечение различных (в основном онкологических) заболеваний разными видами ионизирующих излучений.

Радиационное нормирование — регламентация уровней облучения отдельных категорий людей (профессионалов и населения), предусмотренная международными рекомендациями и национальными законодательными органами и документами.

Радиационное старение — отдаленное последствие облучения, проявляющееся в склерозировании сосудов, поседении, ослаблении эластических свойств кожи и сокращении продолжительности жизни.

Радиационные синдромы — симптомокомплексы (костномозговой, кишечный, церебральный), развивающиеся вследствие поражения соответствующих **критических**

органов (см.) после облучения в определенном диапазоне доз—1 — 10 Гр, > 10 Гр, > 100 Гр, соответственно.

Радиационный фон — естественный — за счет радионуклидов земного и космического происхождения; **технологически измененный и техногенный** — за счет антропогенной деятельности человека.

Радиация (ионизирующая) — электромагнитное или корпускулярное излучение, способное при взаимодействии с веществом прямо или опосредованно вызывать в нем образование ионов; примеры: рентгеновское излучение, фотоны, заряженные атомные частицы, нейтроны.

Радикалы свободные — короткоживущие продукты радиолитического распада воды и органических молекул, содержащие неспаренные электроны, а потому высоко реактивные и легко реагирующие с растворенным субстратом, что приводит к его повреждению.

Радиоактивность — способность всех нестабильных элементов к распаду с выделением энергии в форме фотонов (γ -излучение) или частиц (электроны, α -частицы и др.); единицей радиоактивности служит беккерель (Бк) — одно ядерное превращение в 1 с.

Радиоактивные изотопы (син. радионуклиды) — одна из форм существования элементов, различающихся по атомному весу и содержащих нестабильное ядро, испускающее ионизирующее излучение.

Радиомодификация — искусственное изменение **радиочувствительности** (см.) с помощью **радиомодифицирующих агентов** (см.)

Радиотоксины — различные неидентифицированные гуморальные токсические агенты, образующиеся в тканях под действием облучения, в частности, клеточный детрит и другие продукты распада тканей, возможно, определяющие дистанционное действие радиации.

Радиочувствительность — относительная восприимчивость клеток, тканей, органов или организмов к воздействию ионизирующего излучения, мерой которой служит доза излучения, вызывающая определенный уровень гибели облучаемых объектов: для инактивации клеток — показатель O или D_a на кривой выживаемости, для организмов — доза, вызывающая гибель 50% особей за определенный срок наблюдения.

Радиочувствительность видовая — радиочувствительность отдельных биологических видов.

Радиочувствительность индивидуальная — варьирование степени радиочувствительности внутри одного вида.

Радон (^{222}Rn) — тяжелый радиоактивный инертный газ (период полураспада 3,8 дня); возникает вследствие последовательного деления урана; выделяется из почвы, особенно из скальных пород, а также из строительных материалов, изготовленных из таких пород; опасность представляют радиоактивные продукты распада радона, не являющиеся газами и потому захватываемые пылевыми частицами, оседающими в верхних дыхательных путях.

Регенерация — восстановление численности популяции клеток после утраты некоторых из них.

Репарация ДНК — биохимические процессы, ведущие к восстановлению исходного состояния молекулы ДНК после разрыва в ней межатомных связей, вызванных воздействием ионизирующего излучения.

Рецидив — возобновление роста злокачественной опухоли в течение 5-летнего периода после проведенного лечения.

Риск (канцерогенный, генетический) — вероятность появления тех или иных стохастических и нестохастических последствий.

Риск абсолютный — риск наступления неблагоприятного эффекта облучения, который не зависит от действия других факторов, приводящих к тому же эффекту.

pO_2 — парциальное напряжение кислорода в окружающей клетку среде, выраженное в мм рт. ст.

С

Сенсибилизация — наблюдаемое при комбинированном применении агентов усиление действия одного из них другим, который сам по себе наблюдаемый эффект не вызывает.

Синдром — очерченный симптомокомплекс (группа симптомов), характерный для того или иного определенного заболевания.

Синхронизация — концентрация клеток в определенной стадии цикла.

Система клеточного обновления — самоподдерживающая активно пролиферирующая клеточная система, состоящая из нескольких пулов (компарментов), в которой на каждую отмирающую клетку (в пролиферирующем пуле) появляется новая из стволового пула, примеры: костный мозг, слизистая тонкого кишечника.

Смерть под лучом — гибель организма во время или в первые минуты после облучения в дозах более 1000 Гр, обусловленная массивным поражением мембран и структурных белков клеток ЦНС («молекулярная гибель»).

Стволовые (клоногенные) клетки — недифференцированные предшественники специфических клеточных линий, составляющие самоподдерживающийся фонд, который обеспечивает постоянную скорость клеточного обновления.

Стохастические эффекты — вероятность развития злокачественных новообразований в отдаленные (годы, десятки лет) сроки после облучения животного или человека и/или наследственных заболеваний в потомстве.

Т

Терапевтический индекс радиопротекторов — отношение летальной дозы (обычно ЛД₅₀) препарата к его дозе, обеспечивающей эффективную защиту.

Тератогенные эффекты — пороки развития и уродства, развившиеся вследствие облучения эмбриона или плода *in utero* (в матке).

Терморрадиотерапия — комбинированное применение ионизирующих излучений с гипертермией.

Термотолерантность (индуцированная) — повышение устойчивости клеток и тканей к прогреванию, наступающее в первые часы после сеанса предыдущего прогревания.

Ф

Фактор изменения дозы (ФИД) — количественный критерий эффективности того или иного радиомодифицирующего агента (см.).

Фенотип — совокупность признаков, проявляющаяся только у данного организма.

Х

Химера (радиационная) — организм, в котором живут и размножаются клетки животного другого вида.

Хроматида — часть хромосомы; две хроматиды, объединенные центромерой, образуют одну хромосому.

Хромосомы — внутриклеточные структуры, хорошо видимые в световом микроскопе, в которых в суперспирализованной форме находится ДНК во время деления клетки.

Хромосомные aberrации (перестройки) — возникающие под влиянием облучения структурные повреждения ДНК, при которых разорванные концы хромосом соединяются неправильно, а отдельные их фрагменты могут при делении клетки утрачиваться.

Ц

Цистамин, цистафос, цистеин, цистеинамин — серосодержащие **радиопротекторы** (см.) из класса меркаптоалкиламинов.

Э

Эквивалентная доза — **поглощенная доза** (см.), умноженная на взвешивающий коэффициент, отражающий поражающую способность данного вида излучения; используется в области радиационной безопасности.

Экранирование (от облучения) — физический способ ослабления действия излучений с помощью поглощающих энергию материалов, помещаемых между источником излучения и объектом воздействия.

Эндомитоз — возникновение патологических, гигантских клеток, содержащих несколько наборов хромосом вследствие их редупликации в пределах одной неразделившейся клетки.

Эффект детерминированный — эффект, у которого с увеличением дозы облучения возрастает как частота появления, так и тяжесть; обычно возникает после превышения некоего лозового порога; часто рассматривается как ранний эффект облучения, однако как частота, так и тяжесть детерминированного эффекта могут возрастать спустя многие годы после воздействия.

Эффект избыточного поражения, перепоражения (*overkill*) — после оптимального значения ЛПЭ (см.) наступает насыщение, и каждая последующая частица теряет энергию уже в убитой клетке, т.е. действует вхолостую.

Эффект стохастический — эффект, у которого с увеличением дозы облучения возрастает только частота появления, но не тяжесть; к стохастическим эффектам облучения относят индукцию злокачественных новообразований и генетические изменения в потомстве облученной особи.

Эффективная доза — **эквивалентная доза** излучения, умноженная на взвешивающий коэффициент, учитывающий роль поражения облучаемой ткани в развитии стохастических эффектов.