

Рак как квантовое явление: ученые обнаружили ограниченный набор состояний опухолевых клеток



Дата публикации: 27.08.2026

Рак принято считать болезнью огромного генетического разнообразия: опухолевые клетки накапливают мутации, отличаются друг от друга и продолжают изменяться по мере развития заболевания. Однако исследования лаборатории Андреа Калифано из Колумбийского университета предлагают посмотреть на эту сложность иначе. Несмотря на множество генетических вариантов, сами раковые клетки, возможно, способны существовать лишь в ограниченном количестве устойчивых функциональных состояний.

Калифано, начинавший научную карьеру как физик, сравнивает эту закономерность с квантованием энергетических уровней. Электрон в атоме не может обладать произвольным энергетическим состоянием, а занимает один из разрешенных уровней. Аналогия не означает, что опухоль является квантовым объектом в буквальном физическом смысле. Речь идет о дискретности: клетка может находиться в одном из относительно устойчивых биологических состояний или переходить между ними.

Эта идея возникла после анализа огромного массива данных. Исследования более 10 тысяч образцов из свыше 20 групп онкологических заболеваний выявили всего 112 уникальных клеточных состояний. При изучении отдельных типов опухолей разнообразие оказалось еще меньше: пока ученые не обнаружили ни одного вида рака, для которого потребовалось бы более семи основных состояний.

Такой результат способен изменить представление о персонализированной онкологии. Современная таргетная терапия часто строится вокруг конкретных мутаций. Например, если опухоль зависит от определенного измененного белка, препарат блокирует именно его. Проблема заключается в колоссальном количестве возможных комбинаций мутаций, из-за чего опухоли двух пациентов с одним диагнозом могут генетически сильно различаться.

Подход Калифано переносит внимание с отдельных мутаций на систему белков, управляющих поведением клетки. Исследователи называют наиболее важные из них главными регуляторами. Они поддерживают определенную программу работы опухолевой клетки, а их подавление может лишить ее возможности сохранять злокачественное состояние.

Особенно показательные результаты получены при исследовании рака поджелудочной железы. Ученые проанализировали сотни тысяч отдельных клеток и обнаружили в опухолях одни и те же шесть состояний. Пациенты различались главным образом не набором этих состояний, а их пропорциями: в одной опухоли преобладала одна клеточная программа, в другой — другая.

Это одновременно хорошая и плохая новость. Если у разных пациентов действительно присутствует один и тот же ограниченный набор состояний, теоретически можно подобрать комбинацию препаратов, способную атаковать их все. Тогда лечение перестанет зависеть от необходимости создавать отдельную стратегию практически для каждого возможного набора мутаций.

Однако клетки рака поджелудочной железы способны спонтанно переходить из одного состояния в другое. Если лекарство уничтожает клетки определенного типа, оставшиеся могут изменить свою программу и занять освободившуюся нишу. Именно пластичность опухоли может объяснять, почему некоторые препараты первоначально действуют хорошо, а затем заболевание приобретает устойчивость.

Другой пример исследователи получили при изучении диффузной срединной глиомы — редкой и чрезвычайно агрессивной опухоли головного мозга, преимущественно поражающей детей. Здесь ученые обнаружили семь клеточных состояний и с помощью вычислительных систем OncoTreat и

OncoTarget подобрали существующие препараты, потенциально воздействующие на них.

В число кандидатов вошли авапритиниб, руксолитиниб и ларотректиниб. Лабораторные эксперименты подтвердили способность отдельных препаратов воздействовать на предсказанные состояния, а большинство испытанных комбинаций двух лекарств оказалось эффективнее соответствующей монотерапии. Следующим важным этапом должно стать выяснение того, сможет ли стратегия одновременно против нескольких состояний показать преимущество в клинических исследованиях.

Если концепция подтвердится для разных опухолей, она может предложить новый способ классификации рака. Вместо практически бесконечного каталога комбинаций мутаций врачи смогут определять, какие функциональные состояния присутствуют в опухоли, и подбирать набор препаратов для их одновременного подавления.

При этом термин квантовый рак необходимо воспринимать осторожно. Исследователи используют квантовую механику прежде всего как аналогию для объяснения ограниченного набора допустимых состояний. Работа не показывает, что рак возникает из-за квантовых процессов или что для его лечения необходимы методы квантовой физики.

Наиболее важен другой вывод: кажущийся почти бесконечным генетический хаос опухоли может приводить к сравнительно небольшому числу устойчивых вариантов поведения клеток. Если эти состояния действительно универсальны для пациентов с одним типом рака, поиск лечения потенциально становится значительно более управляемой задачей.

Ссылка: «Факторы транскрипции, реагирующие на развитие и МАРК, регулируют различные злокачественные состояния клеток и связанные с ними генетические зависимости при раке поджелудочной железы» DOI: [10.1038/s41588-026-02714-8](https://doi.org/10.1038/s41588-026-02714-8).