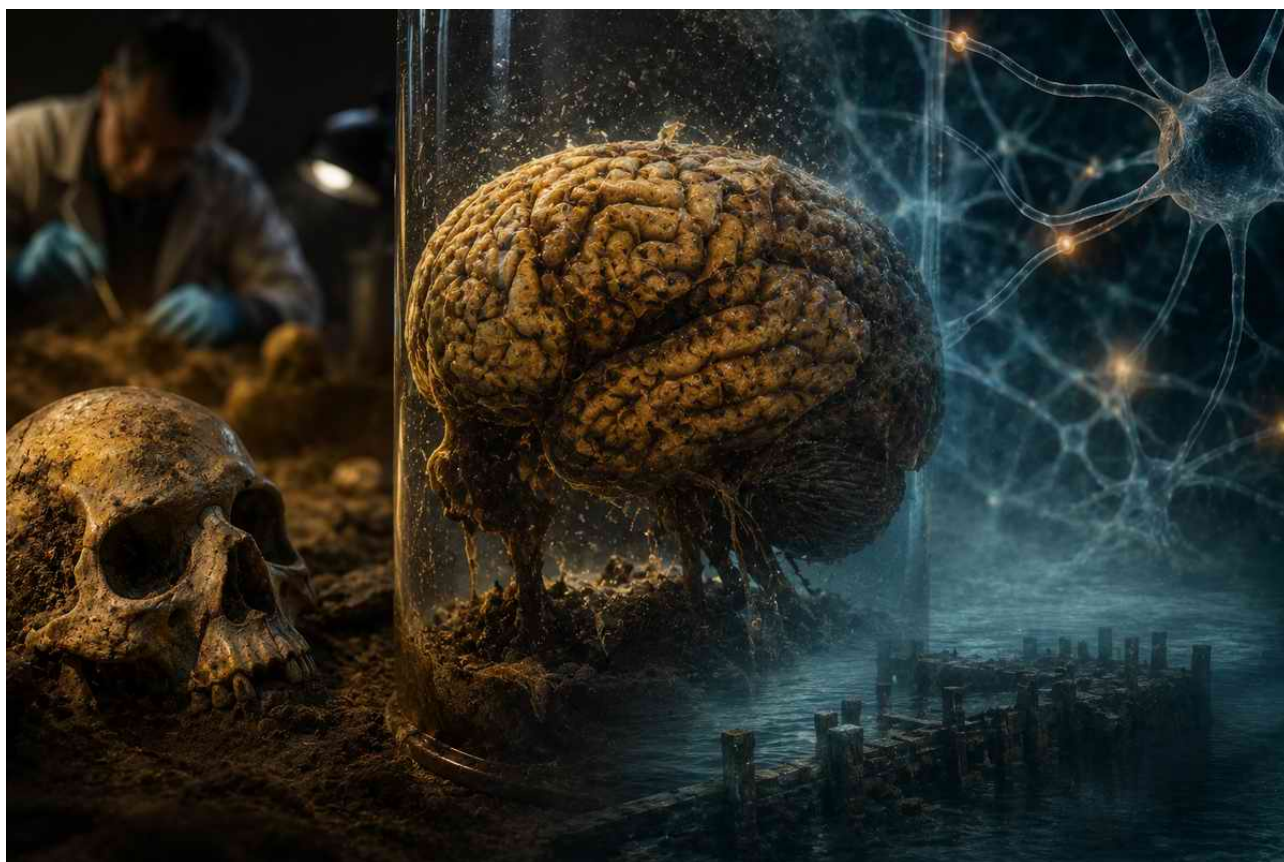


Ученые выяснили, почему человеческий мозг может сохраняться тысячи лет после смерти



Дата публикации: 21.07.2026

Человеческий мозг считается одним из самых уязвимых органов после смерти. Уже в первые часы и дни после прекращения кровообращения его ткани начинают быстро разрушаться, а спустя сравнительно короткое время превращаются в бесструктурную массу. Именно поэтому многие десятилетия ученые считали невозможным длительное сохранение мозга без специальных условий консервации. Однако археологические находки последних лет поставили эту точку зрения под сомнение. По всему миру были обнаружены тысячи древних человеческих мозгов, возраст которых достигает 12 тысяч лет, причем нередко именно мозг оставался единственной сохранившейся мягкой тканью среди полностью разложившихся внутренних органов.

Это необычное явление давно оставалось одной из самых загадочных проблем современной археологии, судебной медицины и биохимии. Почему орган, который должен разрушаться одним из первых, иногда переживает все остальные ткани организма? Именно на этот вопрос попыталась ответить международная исследовательская группа под руководством специалистов

Оксфордского университета.

За последние десятилетия археологи зарегистрировали более 4400 случаев обнаружения хорошо сохранившихся человеческих мозгов. Особенно удивительным оказалось то, что более чем в 1300 находках никакие другие мягкие ткани практически не сохранились. Чаще всего подобные останки обнаруживаются в переувлажненных могилах с крайне низким содержанием кислорода, однако до настоящего времени механизм такой необычной сохранности оставался неизвестным.

Чтобы разобраться в происходящих процессах, исследователи разработали серию лабораторных экспериментов. В качестве модели использовались ткани мозга лабораторных мышей, поскольку основные биохимические процессы разрушения тканей после смерти у млекопитающих во многом схожи. Всего было исследовано 72 образца мозга, которые помещали в различные условия, имитирующие наиболее распространенные варианты древних захоронений.

Эксперимент предусматривал четыре различные среды: влажную с высоким содержанием кислорода, влажную с недостатком кислорода, сухую с высоким содержанием кислорода и сухую практически без доступа воздуха. В течение полугода ученые регулярно исследовали образцы, отслеживая, какие белки разрушаются быстрее, какие сохраняются, а также каким образом меняется их химическая структура с течением времени.

Для анализа использовались современные методы протеомики, позволяющие изучать тысячи белковых молекул одновременно. На основе полученных данных исследователи построили компьютерные модели, которые позволили буквально проследить судьбу каждого отдельного белкового фрагмента по мере развития процессов разложения.

Полученные результаты оказались весьма неожиданными. Оказалось, что сохранность мозга вовсе не является случайностью или редким совпадением обстоятельств. Напротив, она подчиняется вполне определенным химическим законам, главным из которых стало содержание кислорода в окружающей среде.

Именно недостаток кислорода оказался важнейшим фактором, способствующим сохранению мозговой ткани. В условиях высокой влажности и практически полного отсутствия кислорода ученые обнаружили максимальное количество устойчивых белковых структур, способных сохраняться значительно дольше обычного. Совершенно противоположная картина наблюдалась во влажной среде с высоким содержанием кислорода, где разрушение белков происходило наиболее быстро.

На первый взгляд подобный результат кажется парадоксальным. Обычно

считается, что процессы окисления ускоряют разрушение тканей. Однако исследование показало, что химические реакции могут играть двойственную роль. При определенных условиях они не только разрушают молекулы, но и способствуют формированию новых, значительно более устойчивых структур.

Особый интерес вызвала организация сохранившихся белковых фрагментов. Выяснилось, что они вовсе не представляли собой хаотичные остатки разрушенных тканей. Напротив, многие из них обладали чрезвычайно упорядоченной пространственной организацией.

Исследователи обнаружили большое количество так называемых бета-слоев — особых элементов структуры белков, представляющих собой плотно упакованные складчатые участки. Именно такие структуры отличаются высокой механической и химической устойчивостью. Кроме того, многие белковые комплексы содержали участки, активно взаимодействующие с липидами и ионами металлов.

Авторы работы предполагают, что именно сочетание этих факторов позволяет формировать своеобразную молекулярную сеть, которая постепенно становится все более устойчивой к дальнейшему разрушению. В условиях недостатка кислорода отдельные белковые молекулы начинают связываться между собой, образуя прочный каркас, препятствующий полному распаду тканей.

Особую роль в этом процессе, вероятно, играет железо. После смерти клетки постепенно разрушаются, высвобождая большое количество ионов металлов. Они способны участвовать в сложных химических реакциях, которые приводят к образованию дополнительных связей между белковыми молекулами. В результате ткань не просто сохраняется, а буквально приобретает новую химическую организацию, значительно более устойчивую к воздействию времени.

Авторы исследования предлагают необычный взгляд на сам процесс разложения. Согласно их выводам, разрушение тканей нельзя рассматривать исключительно как процесс уничтожения органических молекул. При определенных условиях именно распад становится отправной точкой формирования новых, более стабильных молекулярных структур. Иными словами, процессы разрушения и сохранения оказываются тесно взаимосвязаны и могут происходить одновременно.

Одним из наиболее неожиданных открытий исследования стала связь полученных результатов с нейродегенеративными заболеваниями человека. При анализе структуры устойчивых белковых комплексов ученые обнаружили их

сходство с патологическими белковыми агрегатами, которые образуются при болезни Альцгеймера и некоторых других заболеваниях нервной системы.

Разумеется, речь не идет о том, что процессы разложения после смерти и развитие нейродегенерации являются одним и тем же явлением. Однако оба процесса, по всей видимости, используют сходные механизмы формирования исключительно стабильных белковых структур. Это открывает новое направление исследований, которое может помочь лучше понять причины накопления патологических белков в стареющем мозге.

Полученные результаты имеют значение сразу для нескольких научных областей. Для археологии они позволяют объяснить удивительную сохранность древних человеческих останков. Для судебной медицины открываются новые возможности более точной оценки посмертных изменений тканей. Для молекулярной биологии и геронтологии работа помогает глубже понять фундаментальные процессы стабильности белков, которые лежат в основе как естественного старения организма, так и развития некоторых тяжелых заболеваний.

Исследование также демонстрирует, насколько сложными могут быть процессы, происходящие после смерти живого организма. То, что долгое время считалось исключительно разрушением, на молекулярном уровне оказывается гораздо более сложной последовательностью химических превращений. Вместо полного исчезновения некоторые белковые структуры проходят своеобразную перестройку, приобретая неожиданную устойчивость, которая позволяет отдельным участкам мозга сохраняться на протяжении тысячелетий.

Авторы подчеркивают, что полученные результаты являются лишь первым шагом к пониманию этого необычного феномена. В дальнейшем исследователи планируют изучить аналогичные процессы непосредственно в тканях древнего человеческого мозга и выяснить, насколько универсальны обнаруженные механизмы для различных климатических условий и типов захоронений. Если эти закономерности подтвердятся, ученые смогут значительно лучше понять не только историю древних человеческих останков, но и фундаментальные принципы стабильности белков, определяющие жизнь, старение и разрушение клеток организма.

Ссылка: «Молекулярное решение парадокса сохранения древнего мозга» DOI: [10.1021/acs.jproteome.6c00200](https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.6c00200).