

В Политехе запатентовали способ доставки противоопухолевых молекул в наночастицах диоксида кремния

Технологию, которая позволяет «упаковывать» противоопухолевые молекулы в наночастицы диоксида кремния и доставлять их прямо в раковую опухоль, запатентовали ученые Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Поверхность наночастиц модифицируют полиэтиленгликолем, за счет чего носитель удерживает в разы больше действующего вещества и отдает его медленно и контролируемо. Метод позволяет на 30 % снизить токсическую нагрузку на организм пациента, отмечают учёные.



Современная терапия онкозаболеваний все чаще включает адресную доставку противоопухолевых веществ непосредственно в злокачественное образование. Вместе с тем многие перспективные противоопухолевые соединения, так называемые малые молекулы, по пути к опухоли могут разрушиться или же распределиться неизбирательно, что повышает токсическую нагрузку на здоровые ткани. Решает проблему «упаковка» действующего вещества в наноразмерный носитель, который защитит молекулу, доставит ее в нужную зону и будет высвобождать постепенно.

Один из самых удобных материалов для такого носителя считается диоксид кремния (SiO_2): он биосовместим, химически стабилен и обладает развитой пористой структурой. Существующие в настоящее время способы инкапсуляции малых молекул в SiO_2 требуют точного подбора pH, температуры и концентраций, нередко дают слабую загрузку или неконтролируемое высвобождение и плохо переносятся на промышленные объемы.

Способ, который обходит эти ограничения, разработали в Лаборатории нано- и микрокапсулирования биологически активных веществ Института биомедицинских систем и технологий СПбПУ. Ключевая идея учёных в том, чтобы заранее покрыть наночастицы SiO_2 полиэтиленимином (ПЭИ). Этот полимер создает на поверхности частиц множество аминогрупп с высокой плотностью положительного заряда. За счет электростатического притяжения, водородных связей и донорно-акцепторных взаимодействий действующее вещество удерживается прочно и стабильно. В роли такого вещества выступила малая молекула на основе 2-аминотиофена с противоопухолевой активностью.

Мы создавали, по сути, универсальную платформу — способ надежно зафиксировать действующее вещество и затем отдавать его постепенно, ровно там, где это нужно. Главная находка здесь в модификации поверхности наночастиц полиэтиленимином. Она кратно увеличивает количество вещества, которое удерживает носитель, причем удерживает прочно: более 90 процентов остается в наночастицах на протяжении 18 дней. При этом вся технология идет в мягких условиях и без сложной химии, поэтому ее легко воспроизвести и масштабировать. Для пациента это означает более редкий прием препарата и меньшую токсическую нагрузку, а для фарминдустрии — реальную возможность довести разработку до производства, — отметил руководитель Лаборатории нано- и микрокапсулирования биологически активных веществ СПбПУ Александр Тимин.



Весь синтез укладывается в пять этапов и происходит при комнатной температуре и нейтральной кислотности без агрессивных реагентов и сложных технологических особенностей. По данным исследователей, носитель связывает более 70% введенного вещества, а в физиологических условиях удерживает свыше 90% на протяжении 18 дней. Высвобождение при этом контролируемое и зависит от среды: в кислой среде с рН ниже 5,5, характерной для опухолевой ткани, оно ускоряется. Размер частиц — 100–200 нанометров, а свободные аминогруппы на поверхности позволяют при необходимости «навесить» дополнительные агенты, например флуоресцентные красители или диагностические радионуклиды, превратив носитель в тераностический — то есть пригодный одновременно для лечения и диагностики.

Ближайшим аналогом разработки считается американская патентная технология, в которой молекулы удерживаются за счет полиаминов или карбоксильных групп. Но такая слабая ионная функционализация дает низкую плотность заряда: носитель вмещает мало вещества и требует тонкой настройки условий синтеза. Ставка на ПЭИ позволила учёным из Политехакратно повысить ёмкость, особенно для гидрофобных, плохо растворимых соединений, сделать процесс воспроизводимым и исключить риск резкого, неконтролируемого выброса действующего вещества.



Похожие системы на основе диоксида кремния разрабатывают во всем мире, но мы отошли от привычных слабых ионных групп и сделали ставку именно на полиэтиленимин. Это дало высокую плотность заряда, а вместе с ней заметно большую ёмкость, особенно для трудных, плохо растворимых молекул. Не менее важно, что нам удалось уйти от риска резкого, лавинообразного выброса: вещество выходит плавно и ускоряется лишь в кислой среде, характерной для опухоли. Сейчас главная задача — перейти от пробирки к живым системам: оценить безопасность и фармакокинетику, проверить платформу на других классах лекарств и адаптировать методику под полупромышленные объёмы, — пояснил старший научный сотрудник Лаборатории нано- и микрокапсулирования биологически активных веществ СПбПУ Тимофей Карпов.

Среди наиболее очевидных направлений применения авторы называют рак яичников, гепатоцеллюлярную карциному и рак молочной железы. Это солидные опухоли, где особенно важны и высокая локальная концентрация препарата, и снижение системной токсичности. По оценкам исследователей, технология способна в несколько раз сократить частоту приема препаратов и снизить токсическую нагрузку на организм минимум на 30%, а выход целевого продукта при масштабировании держится на уровне 95% и выше. Дальнейшие планы команды — провести доклинические испытания на живых системах, расширить список загружаемых молекул и довести лабораторный регламент до полупромышленных объемов, открыв дорогу к трансферу

технологии в реальный сектор.

Патент получен в рамках работы FSEG-2025-0007 «Разработка подходов к созданию радиофармацевтических препаратов направленного действия на основе наноконтейнеров для комбинированной терапии злокачественных новообразований» (Дополнительное соглашение № 075-03-2025-256/1 от 25.03.2025).

Дата публикации: 2026.06.29

>>Перейти к новости

>>Перейти ко всем новостям