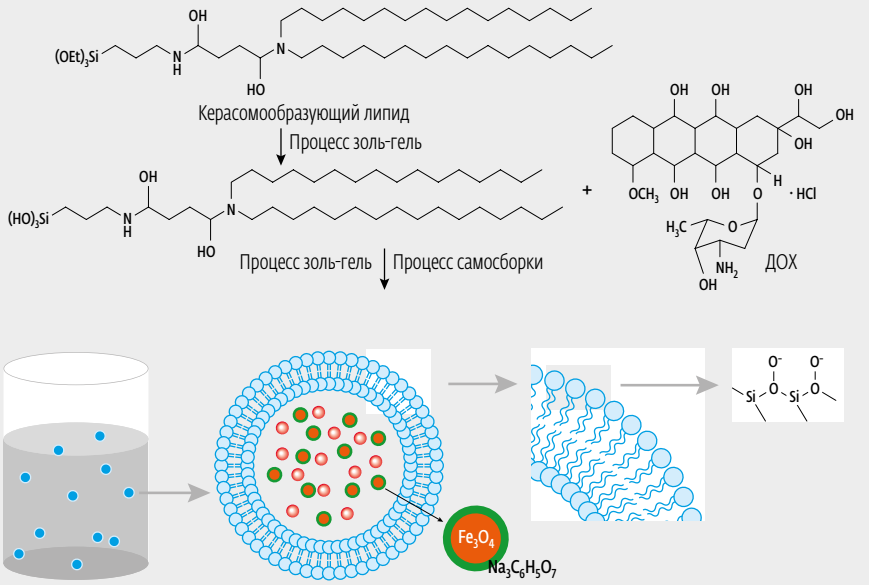
Наноматериалы и биосистемы: как оценить возможности и риски взаимодействия?

В лаборатории геохимии и аналитической химии благородных металлов Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН) исследуют возможности методов атомной спектрометрии (ЭТААС, АЭС/МС-ИСП) при изучении взаимодействия наноразмерных магнитных материалов с биологическими системами. Отличительной чертой подходов, реализуемых при решении задач с использованием таких материалов, является совместное применение большого числа инструментальных методов. Результаты исследования опубликованы в «Журнале аналитической химии» (Кубракова и др., 2023)*.



Пример строения магнитоуправляемых частиц-везикул для доставки и высвобождения лекарственных средств

Одним из современных направлений развития науки стало внедрение высокотехнологичных инноваций, включая нанотехнологии, в природные системы. Последствия такого внедрения неоднозначны, поэтому важна максимально полная информация о поведении новых материалов в биологических средах.

Наиболее распространен природный магнитный материал, встречающийся в живых организмах, в виде наночастиц оксида железа. Они же являются основой искусственно получаемых магнитных наночастиц, некоторые из которых уже разрешены к клиническому применению в качестве носителя лекарственных средств для направленной доставки лекарств к органам и тканям. Многофункциональные магнитные наночастицы, перемещаемые под действием внешнего магнитного поля, участвуют не только в доставке, но и в высвобождении целевых соединений (рис. 1). В качестве таких средств широко используются препараты, содержащие благородные металлы (Au, Ag, Pt, Pd) в виде инкорпорированных молекулярных форм, нанослоев на поверхности магнитных наночастиц или наночастиц в их структуре.

Исследование поведения наночастиц в биологических средах направлено на детальную характеристику их преобразований, происходящих в естественных условиях. В случае магнитных наночастиц как краткосрочные последствия применения (время циркуляции в крови, распределение в органах и клетках), так и долгосрочные (токсичность, скорость деградации частиц и выведения из организма) не вполне ясны. Из-за сложности биологических систем для исследования свойств и поведения в них наночастиц необходимо применение наиболее совершенных инструментальных аналитических методов, к числу которых относятся и различные виды атомной спектрометрии – атомно-абсорбционная спектроскопия с электротермической атомизацией (ЭТААС), атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП), различные варианты масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП), включая режимы высокого разрешения, мониторинга одиночных частиц (SP-ICP-MS) или анализа отдельных клеток (SC-ICP-MS). Несмотря на многообразие технических возможностей, даже наиболее совершенные методы нуждаются в предварительном упрощении состава анализируемого материала, что достигается путем мягкой деструкции органической основы посредством ферментативного или щелочного гидролиза или применением высокоэффективных способов разделения (в первую очередь капиллярного электрофореза, различных вариантов хроматографии и фракционирования в потоке).

В обзоре проанализированы данные о применении прямых и комбинированных методов для изучения состава синтетических наноразмерных частиц и их превращений в модельных и реальных биологических средах. Рассмотрены способы и особенности подготовки таких систем к анализу при определении растворенных и наноразмерных форм в биообъектах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России.

Пресс-служба ГЕОХИ им. В. И. Вернадского РАН

* И. В. Кубракова, О. Н. Гребнева-Балюк, Д. В. Пряжников, М. С. Киселева, О. О. Ефанова. Атомно-спектральные методы в исследовании свойств и поведения наноразмерных магнитных материалов в биологических системах. *Журнал аналитической химии*. 2023;78(10):897–913. DOI: 10.31857/S0044450223100122, EDN: UYOXMY.