



**Конкурс работ молодых ученых «Просто о сложном»
Научно-популярная статья призера III степени Иканиной Елены
Васильевны (к.х.н., доцент, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина», г.Екатеринбург)**

Материалы заданного мира¹

Каждый новый день несет за собой череду привычных событий. Дети спешат в школу за новыми знаниями, новыми – для них, а фактически являющимися давно известной и проверенной десятилетиями или даже веками информацией. Взрослые мчатся в скоростных поездах метрополитена, неотъемлемого атрибута современного мегаполиса, чтобы приступить к четко обозначенным профессиональным обязанностям, навыки выполнения которых сначала формируются при обучении, а затем оттачиваются в течение всей трудовой деятельности. Глядя на этот механизм слаженных каждодневных действий, иногда кажется, что человек полностью подчинил природу, превратив в удобную для себя окружающую среду, и ничто не может поставить его в тупик.

Действительно, многие проблемы прошлых лет перестали быть таковыми, так как найдено их научное решение. Многие, но не все. Есть вопросы, на которые наука пока не дала ответа, а с развитием цивилизации, как ни странно, на смену уже решенным проблемам приходят еще более сложные. Одни из самых злободневных – это экологические проблемы, в частности, загрязнение Мирового океана и его последствия: угроза вымирания водной флоры и фауны, сокращение запасов питьевой воды и ухудшение здоровья населения планеты.

Загрязнение происходит из-за сброса в природные водоемы стоков промышленных предприятий, которые в большинстве своем недостаточно очищены ввиду широкого применения экономически доступных, но безнадежно устаревших технологий. Созданием новых и модернизацией существующих технологий очистки стоков заняты ученые всего мира.

Деятельность ученых не похожа на работу других людей. Ее невозможно полностью регламентировать должностными инструкциями и временными рамками, потому что никто, даже сами ученые, не знают наверняка, к чему могут привести их опыты и когда настанет момент великого открытия. Ученые немного похожи на детей, они тоже открывают мир, только учебников для них никто не написал, их единственный учебник – это матушка-природа. Со временем открытия ученых становятся общественным достоянием, той самой проверенной временем информацией, которую изучают другие, так человечество постепенно переходит на новый виток научно-технического развития.

При работе над вопросом защиты гидросферы ученым по ряду причин необходимо найти не только высокоэффективное, но и легко внедряемое решение. Во-первых, технологии очистки стоков не могут дорого стоить, так как направлять большие средства на экологические цели наше общество пока не готово. Во-вторых, финансовая и кадровая составляющие тесно

¹ Научно-популярная статья основана на материалах публикаций:

1. Ikanina E.V., Markov V.F. Mathematical Modeling of Iron(III) Ion Equilibrium for Removing Heavy Nonferrous Metals from Sulfate Solutions. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2017, 51 (1), 45 – 51.
2. Ikanina E.V., Kalyaeva M.I., Markov V.F. Modeling Data of Copper(II) Sorption onto the Composite Sorbent Based on Cation Exchanger and Tin(IV) Hydroxide. AIP Conference Proceedings. 2017, 1886 (1), 020066-1 – 020066-5.

связаны, поэтому приоритет следует отдавать легкому в эксплуатации и максимально автоматизированному оборудованию, не требующему частого обслуживания. В-третьих, сами очистные процессы должны быть энерго- и ресурсосберегающими и ни в коем случае не оказывать негативного влияния на природу, иначе их экологическое назначение будет потеряно.

Для соответствия технологий очистки стоков этим жестким, продиктованным временем требованиям нужны современные материалы. Наибольший практический интерес представляют композиционные материалы с заданными свойствами. Например, необходимо очистить кислые стоки, нагретые до 80 °С, значит, взаимодействующий с ними материал должен быть термо- и кислотоустойчивым. Для придания материалам указанных свойств или каких-то иных, если в них есть необходимость, были разработаны специальные методики получения. Если не вдаваться в научные тонкости, то суть методик такова: сначала подбирают ряд соединений, обладающих одним или несколькими требуемыми свойствами, затем из них с помощью передовых физико-химических методов получают один композиционный материал с заданным набором свойств. Естественно, что кроме свойств, значимых для очистки стоков, у исходных соединений есть и другие, при этом не всегда полезные свойства, из-за которых их применение по отдельности бывает неэффективно. Изюминка разработанных методик в том, что в ходе получения гранул композиционного материала активными остаются только свойства, интересующие ученого, а все остальные, образно говоря, выключаются.

При апробации на стоках различных предприятий лучший результат очистки показали композиционные материалы, одновременно включающие в себя неорганические и пористые органические соединения. Этому найдено строгое научное объяснение, попытаться передать которое без специальной терминологии и сложного математического аппарата можно исключительно благодаря воображению.

Все в детстве играли в песочнице. Брли формочку, заполняли ее песком, переворачивали, и в результате получалась красивая песчаная фигурка. Если представить, что нужна фигурка, которую можно разглядеть только в микроскоп, значит, формочку для ее изготовления надо уменьшить в десятки тысяч раз. При получении композиционных материалов поры органического соединения выступают именно в роли формочек, а в роли песчаных фигурок – формирующаяся в них неорганическая фаза. Если использовать соединение с порами цилиндрической формы, то частицы неорганической фазы принимают форму игл диаметром 20-25 нм (рис. 1).

При взаимодействии со стоками уже готового композиционного материала содержащееся в нем органическое соединение выполняет другую важную функцию – носителя. Подобно тому, как грузы доставляют на орбиту ракетой-носителем, так и частицы неорганической фазы транспортируют в реакционную зону очистного оборудования в порах. Непосредственно в процессе очистки органическое соединение не участвует, это предназначение неорганической фазы, но исключить его из состава композиционного материала, например, выжечь или растворить и вымыть, нельзя, иначе мельчайшие неорганические частицы сольются, как снежинки в снежный ком, и потеряют важные для очистки стоков свойства.

Очистить стоки, то есть превратить их в обычную воду, – задача далеко не простая. Дело в том, что, с научной точки зрения, стоки – это водные растворы сложного состава, которые могут содержать в различных соотношениях опасные, малоопасные и безвредные

компоненты. С другой стороны, водопроводная вода, идущая из-под крана, как бы парадоксально это не звучало, тоже раствор, а не одно вещество, но в ней, в отличие от стоков, опасных соединений быть не должно, безвредных – допускается только в пределах установленных нормативов.

Вообще говоря, даже природные воды на незатронутых человеческой деятельностью территориях никогда не бывают абсолютно чистыми. В дождевой воде или воде, образующейся при таянии горных ледников, растворено немного газов: оксидов азота, кислорода и углекислого газа. В природных водоемах вода контактирует с самыми разнообразными веществами, поэтому всегда содержит то или иное их количество. В зависимости от водоема состав и свойства воды могут сильно отличаться. Например, вода из Кисловодских месторождений Ставропольского края, известная под названием «Нарзан», благодаря своему химическому составу имеет целебные свойства.

Из всего выше сказанного следует, что основная и в то же время наиболее сложная стадия очистки стоков – это извлечение токсичных компонентов. Проблема здесь в том, как, фигурально выражаясь, научить материалы узнавать данные вещества и не путать их с безвредными.

В композиционных материалах для этого заложено две степени идентификации загрязнителей, которые можно условно назвать пространственной и энергетической. Описать первую степень в научно-популярном стиле нетрудно, достаточно представить головоломку тетрис, где игрок должен составить сплошной горизонтальный ряд из падающих фигур различной формы. Аналогично и с композиционным материалом, из всех растворенных веществ он сорбирует, то есть поглощает, из стоков только частицы с формой, позволяющей встроиться в структуру активной неорганической фазы (рис. 2). Так называемые свободные места в структуре фазы задаются под конкретный загрязнитель при получении композиционного материала.

Энергетическая степень распознавания загрязнителей более сложная, и для ее характеристики одним сравнением с детской игрушкой не обойтись, лучшим примером здесь будут многогранные человеческие отношения. Каждого из нас на улице, на работе, в транспорте окружают люди. Даже дома, в своей крепости, которая нынче превратилась в квартиру в высотке, всегда рядом соседи. Везде и всюду люди, с одной стороны, похожие друг на друга, но вместе с тем такие разные, и при большом, казалось бы, выборе очень непросто найти единомышленника. И самое главное: как его искать? В психологии на этот счет есть следующее разъяснение: мировоззрение формируется в детстве, затем трансформируется под влиянием образования, социально-экономических и других фоновых условий жизни, и зачастую красивое образное выражение «встретить родственную душу» имеет вполне прозаичный смысл – найти человека с похожей судьбой, общими интересами и взглядами.

С процессом очистки, конечно, все более приземленно, но аналогию провести можно. Композиционный материал при контакте со стоками тоже окружает множество различных частиц. Из них в реакцию вступают только частицы, проявляющие к неорганической фазе наибольшее химическое сродство, происходит своего рода объединение единомышленников. Сродство к определенному загрязнителю, в свою очередь, задается неорганической фазе еще в ходе синтеза, подобно тому, как система взглядов на мир и место человека в нем закладывается в сознание с детства. Протекание реакции между токсичным веществом и композиционным материалом тоже зависит от ряда внешних

условий, но не от социально-экономических, о которых говорилось выше, а от физико-химических: температуры, давления и других.

Естественно, сравнивать сложные процессы микро- и наноуровня с бытовыми и описывать явления неживой природы так же, как живые разумные организмы, не совсем правильно, но цель данного повествования – не исказить научные факты, а сделать их более понятными широкому кругу лиц, в том числе детям. Возможно они после прочтения подобных научно-популярных статей захотят стать учеными, решат в будущем те экологические проблемы, с которыми пока еще никто не справился, и подарят нам всем пусть заданную, рукотворную, но чистую и безопасную окружающую среду.

Иллюстрации

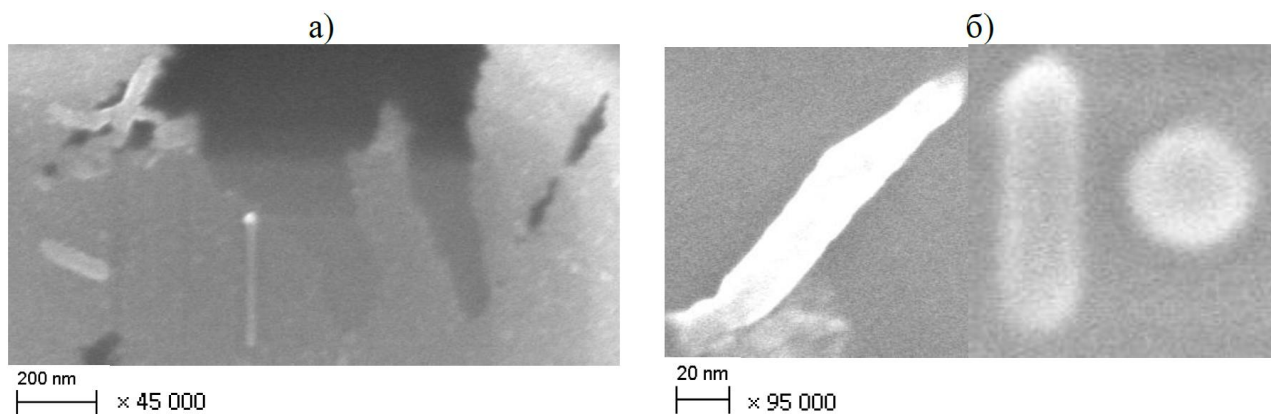


Рис.1. Электронно-микроскопические изображения поверхности гранул композиционного материала. Увеличение а) 45 000, б) 95 000 раз.

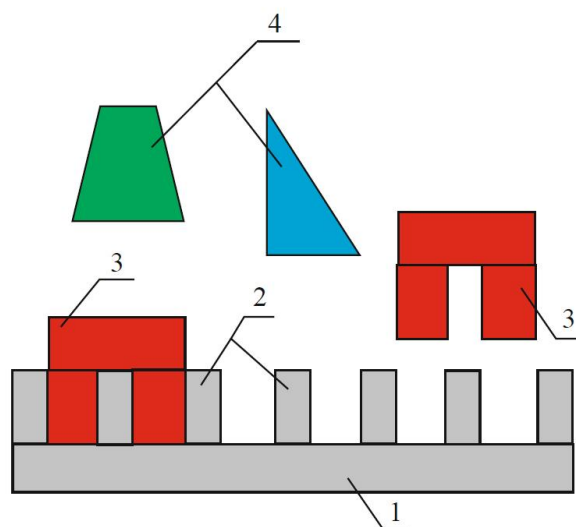


Рис.2. Схематичное представление пространственной ступени идентификации загрязнителей: 1 – поверхность композиционного материала, 2 – активная неорганическая фаза, 3 – частицы извлекаемого вещества, 4 – частицы других (фоновых) веществ.