DOI: *10.18454/PMI.2017.2.223*

Металлургия и обогащение

УДК 502:504

ХИМИЯ КАК ОСНОВА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

В.Е. КОГАН, Т.С. ШАХПАРОНОВА
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

В статье обобщен опыт более чем сорокалетней научно-производственной деятельности авторов в области физической химии и химической технологии стеклообразного состояния вещества. Показано, что экологические проблемы порождает не наука химия, а использование ее результатов экологически неграмотным человеком. Отмечается, что без химии человечество не может комфортно существовать и, что самое главное, – решать накопившиеся экологические проблемы. В подтверждение сказанному приведены некоторые примеры разработок авторов в энергетике, в высокотемпературной технике, в технологии стекла, в области стеклообразных фосфорсодержащих удобрений, в создании безотходных производств и в комплексном исследовании физико-химических закономерностей получения стеклообразных нефтесорбентов неорганической и органической природы.

Ключевые слова: экологическая безопасность в энергетике, нестандартные теплотехнические агрегаты, технология стекла, стеклообразные фосфорсодержащие удобрения, безотходное производство, стеклообразные нефтесорбенты неорганической и органической природы

***Как цитировать эту статью*:** Коган В.Е. Химия как основа для решения экологических проблем / В.Е. Коган, Т.С. Шахпаронова // Записки Горного института. 2017. Т. 224. С. 223-228. DOI: 10.18454/PMI.2017.2.223

Введение. Глобальной задачей сегодняшнего дня является преобразование природных систем и освоение природных ресурсов без нанесения ущерба экосистеме. О значимости вопросов достижения чистоты экосистемы однозначно свидетельствует тот факт, что президент Российской Федерации В.В.Путин, подписав 10.08.2012 г. Указ № 1157 «О проведении в Российской Федерации Года охраны окружающей среды в 2013 году», уже 05.01.2016 г. подписывает Указ № 7 «О проведении Года экологии в Российской Федерации в 2017 г.».

В основе многих современных экологических проблем лежат разнообразные химические процессы. Поэтому часто в химии усматривают только причину нарушения экологического равновесия в природе. Однако без химии человечество не может комфортно существовать и, что особенно важно, – решать накопившиеся экологические проблемы.

Настоящая статья направлена на рассмотрение некоторых разработок авторов, являющихся результатом их более чем сорокалетней научно-производственной деятельности в области физической химии и химической технологии стеклообразного состояния вещества, которые являются убедительным подтверждением сказанному выше.

Результаты исследований и их обсуждение. Безопасность эксплуатации энергетического оборудования является основным критерием, определяющим возможность энергогенерации. Аварийные ситуации оказывают существенное негативное влияние на окружающую среду, поэтому могут быть отнесены и к проблемам экологической безопасности.

Надежность работы линий электропередач в значительной мере обеспечивается качеством изоляции электрических систем и оборудования, в частности правильным выбором типа изоляторов на проектируемой линии. Практика строительства Асуанской ГЭС, давшей ток еще летом 1967 г., показала, что стекло является незаменимым материалом, способным работать одновременно в условиях высоких механических и электрических нагрузок, а также в агрессивных средах. Однако состав стекол, используемых для выпуска электротехнических изделий массового назначения, в том числе высоковольтных изоляторов, остается весьма ограниченным по сегодняшний день.

Разработки составов стекол для высоковольтных изоляторов начаты авторами настоящей статьи с начала 70-х гг. прошлого столетия, т.е. они стоят у самых истоков проблемы. Эти разработки, основанные на проведении комплексных физико-химических и технологических исследований стекол, всегда были направлены не только на эксплуатационную надежность изготавливаемых из них изделий, обеспечивающую, в свою очередь, экологическую безопасность в энергетике, но и на достижение экономического эффекта. Последнее обеспечивалось, в частности,

DOI: *10.18454/PMI.2017.2.223*

широким использованием при синтезе стекол природных сырьевых материалов в виде горных пород (кварцевый песок, перлитовый песок, известняк), рудных материалов (марганцевая руда II сорта) и продуктов их обогащения, а также отходов производства (баритовый шлам из отвалов).

Примером такой разработки может служить стекло состава ПП-80, подробно рассмотренное в работе [7]. Отметим, что это стекло обладает высокими выработочными показателями. Несколько уступая стеклу львовского состава, используемого для промышленного производства электроизоляторов по объемному удельному электрическому сопротивлению при 20 °С, стекло состава ПП-80 превосходит его по пробивной прочности и обладает гораздо более низкими значениями тангенса угла диэлектрических потерь, что оказывает существенное влияние на уменьшение габаритных размеров, массы, а следовательно, и стоимости электроизоляторов. Отличительной чертой стекла состава ПП-80 является его повышенная коррозионная устойчивость, расширяющая область применения.

Для традиционных электроизоляционных силикатных материалов (стекло, фарфор и т.п.) самым уязвимым является их низкая термостойкость, а также невозможность механической обработки обыкновенным графиторежущим инструментом. Поэтому практической целью наших разработок, начатых еще в 1975 г., являлось создание материалов, характеризующихся одновременно высокими диэлектрическими и механическими показателями, термостойкостью (в том числе к циклическим нагрузкам) и механической обрабатываемостью (резание, сверление, фрезеровка, нарезка резьбы и т.п.) обычным графиторежущим инструментом.

Наши исследования, подробно рассмотренные в работе [15], привели, в частности, к разработке стеклослюдокристаллических композиций, получаемых по стекольной технологии из расплавов, ликвирующих по типу жидкость – кристалл. Эти материалы обладают высокой прочностью на сжатие (до 314 МПа), повышенной термостойкостью к циклическим нагрузкам (до 100 циклов 0 – 500 – 0 °С), удельным объемным электрическим сопротивлением 10^4-10^9 Ом·м, рабочей температурой не менее 850 °С в условиях агрессивных сред, нулевой пористостью и механической обрабатываемостью графиторежущим инструментом (скорость обработки достигает 20 мм/с).

Данные материалы успешно используются для изготовления электроизоляторов специального назначения, резистивных элементов, узлов стекловаренных печей и печей для вторичной термической обработки оптических стекол, подложек микросхем, а также хлораторов для хлорирования марганецсодержащего сырья в расплаве хлорида марганца. Их применение обеспечивает безаварийную работу соответствующих агрегатов, а следовательно, способствует решению проблем экологической безопасности.

Ухудшению экологической обстановки существенно способствуют отходы различных производств, накапливающиеся из года в год в отвалах. Основным путем решения данной проблемы является нахождение областей их использования (создание безотходных технологий). Пример подобного решения уже отмечался выше – это использование при синтезе стекла ПП-80 баритового шлама из отвалов. Еще одним, но далеко не последним примером создания безотходных технологий является разработанный нами способ получения монофоконов из кварцевого стекла, подробно рассмотренный в работе [17], основанный на взаимодействии кварцевого стекла с расплавами и растворами фторидов. При работе с расплавом фторида кадмия отработанный расплав использовался как для получения стеклокристаллического материала, механически обрабатываемого графиторежущим инструментом, так и фотохромного стекла, т.е. был решен вопрос реализации безотходного производства.

Все рассмотренные выше примеры относятся к производству стекла и композиционных материалов, включающих стекло, и связаны с реализацией высокотемпературных процессов.

Стекольная промышленность – это одна из неблагополучных в экологическом отношении отраслей, которая занимает второе место по удельной энергоемкости на единицу продукции после производства алюминия. Поэтому любые новые разработки в этой отрасли должны быть направлены на достижение экологической чистоты процессов и решение вопросов, связанных с энергосбережением.

На современном уровне эффективное решение вопросов, связанных с реализацией высокотемпературных процессов, должно включать комплекс задач, среди которых следует выделить, по крайней мере, следующие три: экологическую чистоту; энергосбережение; универсальность –

DOI: 10.18454/PMI.2017.2.223

возможность использования для производства подавляющего большинства ассортимента отрасли и применение в других отраслях промышленности.

Работы в данном направлении, ведущиеся нами уже более 30 лет, позволяют заключить, что наиболее эффективные результаты достигаются при разработке нетрадиционных теплотехнических агрегатов, позволяющих реализовать на практике весь комплекс сформулированных выше задач без ущерба для качества получаемой продукции.

Одним из таких теплотехнических агрегатов является разработанная нами стекловаренная печь с рекламным названием ИК-1 и ряд ее модификаций, наиболее подробно рассмотренные в работе [8]. Конструкции стекловаренной печи ИК-1 и ее модификаций гарантируют реализацию экологической чистоты процесса, в частности за счет резких (вплоть до десятикратного) понижений летучести компонентов и энергоемкости (вплоть до десятикратного) высокотемпературных процессов, а также проведение в пределах одной печи нескольких процессов. Разработанные конструкции универсальны и многофункциональны.

Еще одним разработанным нами нетрадиционным теплотехническим агрегатом является рассмотренная в работе [14] нагревательная камера для вытяжки цилиндрических заготовок из стекла для получения самофокусирующих оптических элементов и волокон. В качестве источников лучистой энергии в нагревательной камере могут быть использованы, в частности, лампы накаливания инфракрасного излучения и ультрафиолетовые нагреватели с длиной волны испускания, соответствующей длине волны поглощения используемого стекла, что обеспечивает экологическую чистоту процесса.

Одним из основных факторов, обеспечивающих преобразование природных систем и освоение природных ресурсов без нанесения ущерба экосистеме, является рациональное природопользование. Рассмотрение этого вопроса нашло отражение в монографии [5], в которой, в частности, освещена разработка экологически безопасного стеклообразного удобрения пролонгированного действия, восстанавливающего природные ресурсы, его промышленная реализация и весьма широкое агрохимическое применение.

Население нашей планеты неуклонно растет, и поэтому требуется все большее количество продуктов питания, в том числе и растительной пищи. Однако увеличить посевные площади в мире не хватает возможностей. Поэтому основным путем выхода из сложившейся ситуации является быстрое и значительное повышение урожайности, что возможно только при своевременном сбалансированном питании растений. Наряду с вопросом повышения урожайности, не менее остро встает вопрос о разумном, наукообоснованном использовании земельных ресурсов. При этом большое внимание требует к себе проблема восстановления утраченного плодородия почв вплоть до их полной сельскохозяйственной непригодности, приводящей к необходимости проведения сложных, длительных и дорогостоящих работ по рекультивации.

Решение всех сформулированных выше вопросов однозначно невозможно без использования удобрений. Разработчики и производители удобрений, как органических, так и минеральных, должны стремиться к решению сложной, но, безусловно, разрешимой задачи – получению пищевой добавки для сельскохозяйственных культур, максимально исключающей имеющиеся на сегодня недостатки, присущие удобрениям независимо от их происхождения. Нахождение путей и методов оперативного решения этой задачи имеет большое социально-экономическое и экологическое значение, должно способствовать открытию практически неисчерпаемого источника обеспечения сельскохозяйственных предприятий технически и экономически доступной продукцией для восстановления, сохранения и повышения плодородия почв, а также создания благоприятной экологической обстановки.

Объективная оценка показывает, что принципиальные недостатки всех основных типов выпускаемых промышленностью и используемых агрохимическим комплексом минеральных удобрений связаны с их поликристаллическим строением, приводящим к ускоренному растворению, вымыванию и выветриванию и, наконец, к избирательному выщелачиванию грунтовыми водами. Вымывание и выветривание приводят не только к тому, что внесение удобрений не всегда приводит к подкормке растений, но и к ухудшению экологического состояния водоемов.

Авторы работы [5] отмечают кардинальный путь преодоления сформулированных недостатков, а именно: отказ от традиционных поликристаллических удобрений и обращение для разработки принципиально новых высокоэффективных удобрений к аморфным материалам, среди ко-

DOI: *10.18454/PMI.2017.2.223*

торых главенствующая роль принадлежит стеклу. Целенаправленная разработка составов стекол для использования в качестве минеральных удобрений, не говоря уже об их промышленном выпуске [2, 9, 10], до реализуемого авторами работы [5] проекта практически никем не рассматривалась. Результатом проекта явилась разработка конкурентоспособных отечественных материалов и технологий для производства экологически безопасного стеклообразного удобрения пролонгированного действия «Агравитаква-AVA», восстанавливающего природные ресурсы, и его различных модификаций.

В 2000 г. на Маловишерском стекольном заводе АООТ «Светлана» (в настоящее время ООО «Светлана-Маловишерский стекольный завод») впервые в мировой практике под руководством проф. В.Е. Когана был реализован синтез фосфатного стекла (удобрения AVA) в ванной стекловаренной печи. Все успехи в данной области по состоянию на сегодняшний день отражены в работе [5].

В ходе проведения работ было установлено, что функциональное назначение материалов типа AVA выходит далеко за рамки удобрений. Как отмечается в работе [5], в засушливое лето в г. Малая Вишера, где синтезировалось стекло, урожай перца сорта «Ласточка» был получен только на участках, где использовалось это удобрение. Эксперименты показали, что огурцы могут быть выращены непосредственно на полученном стекле. В зоне заражения после аварии на Чернобыльской АЭС урожай земляники садовой (клубники) не «светил» при использовании удобрения типа AVA. Это еще одно направление для исследований и практического использования фосфатных стекол, для решения экологических проблем.

Следствием добычи все большего количества нефти является увеличение объемов загрязнения в штатных ситуациях и, что самое опасное, учащаются случаи аварий при транспортировке нефти и нефтепродуктов, среди которых наиболее тяжелыми по масштабам и последствиям являются аварии при водной транспортировке.

В работе [8] отмечалось, что для очистки водных поверхностей от загрязнений нефтью разработан новый тип биосорбента, представляющий собой ассоциации штаммов – деструкторов углеводородов, иммобилизированных на пористом сорбенте – пеностекле, полученном из пылевидной фракции стеклообразного фосфорного удобрения. Говоря об этом биосорбенте, как и о биосорбентах в целом [13], следует отметить его основные недостатки, к которым относятся недостаточно высокая плавучесть, возможность использования лишь при температурах более 8 °С, а также срок хранения, не превышающий 2 лет, и невозможность обеспечения необходимой оперативности при ликвидации аварийных разливов нефти. Вопрос плавучести биосорбента из пылевидной фракции стеклообразного фосфорного удобрения в настоящее время решен, но все остальные недостатки остаются в силе.

С 2012 г. под руководством проф. В.Е. Когана на кафедре общей и физической химии Горного университета начаты комплексные исследования физико-химических закономерностей получения стеклообразных нефтесорбентов неорганической и органической природы и протекания процессов поглощения ими нефти и нефтепродуктов. В частности, получены практически непотопляемые нефтесорбенты на основе стекла типа AVA. Результаты указанных комплексных исследований отражены в ряде публикаций (см., например [3, 4, 11, 12, 16, 18, 19]) и в своем большинстве обобщены в работе [6].

В аспекте рассматриваемого в настоящей работе вопроса следует подчеркнуть некоторые из полученных результатов.

Для разработанных нефтесорбентов на основе фосфатных и силикатных пеностекол нами предложены способы регенерации, позволяющие достичь высокой кратности их использования с частичным возвратом поглощенной нефти. При этом отработанные сорбенты вновь используются в первичном цикле производства.

Регенерация в случае фосфатных систем основана на том факте, что их составы лежат в области составов стеклообразного удобрения AVA [5]. Для разработанных нами в этой системе пеностекол, отвечающих требованиям, предъявляемым к нефтесорбентам [1], вопрос их регенерации решался высыпанием после процесса сорбции сорбента с нефтью на грунт и нанесением на него ассоциации штаммов – деструкторов углеводородов. После этого сорбент может быть вновь использован, т.е. достигается кратность его использования, или применен в качестве удобрения.

DOI: *10.18454/PMI.2017.2.223*

Регенерация нефтесорбентов на основе силикатных систем базируется на низкой величине коэффициента линейного термического расширения базисного стекла С52-1, что делает его термостойким к циклическим нагрузкам. Отмеченное позволило использовать для регенерации сорбента процесс выжигания нефти. В результате регенерации часть нефти десорбировалась, а часть сгорала. В лабораторных условиях была проведена апробация регенерированного сорбента при кратности использования, равной 30. При этом никаких видимых признаков разрушения у сорбента после этой кратности использования не наблюдалось, т.е. данная кратность является далеко не предельной величиной. Для разработанного нефтесорбента отсутствует необходимость решения вопроса утилизации. Лабораторные исследования показали, что 40 % по массе можно успешно использовать в качестве стеклобоя при варке стекла С52-1, а также 10 % по массе – при изготовлении из стекла С52-1 нефтесорбента. Таким образом, разработанный нами нефтесорбент позволяет реализовать замкнутый цикл, обеспечивающий безотходность производства. Данный факт способствует минимизации количества нефтесорбента, которым следует снабжать объекты возможных разливов нефти, в частности нефтеналивные танкеры и суда, с одновременным оснащением их автономными устройствами, обеспечивающими регенерацию сорбента непосредственно на месте разлива.

Заключение. Рассмотрение некоторых разработок авторов, являющихся результатом их более чем сорокалетней научно-производственной деятельности в области физической химии и химической технологии стеклообразного состояния вещества, однозначно указывает на то, что ошибочно рассматривать химию как виновницу всех экологических бед. Экологические проблемы порождает не наука химия, а использование ее результатов экологически неграмотным человеком. Без химии человечество не может комфортно существовать и, что особенно важно, – решать накопившиеся экологические проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Каменщиков Ф.А.* Нефтяные сорбенты / Ф.А.Каменщиков, Е.И.Богомольный. М. – Ижевск: R&C Dynamics, 2005. 278 с.

2. *Карапетян Г.О.* Экологически безопасное стеклообразное удобрение «Агровитаква-AVA», восстанавливающее природные ресурсы / Г.О.Карапетян, К.Г.Карапетян, В.Е.Коган // Тр. юбилейной научно-технической конференции АИН РФ; СПбГТУ. СПб, 2001. С. 56-60.

3. Кинетика нефтепоглощения стеклообразными сорбентами органической природы / В.Е.Коган, П.В.Згонник, Т.С. Шахпаронова, В.А.Черняев // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №5 (47). Ч. 5. С. 104-107. Doi: 10.18454/IRJ.2016.47.173.

4. *Коган В.Е.* Лабораторные исследования возможности изготовления сорбентов нефти и нефтепродуктов на основе малощелочных алюмоборосиликатных стекол / В.Е. Коган, П.В. Згонник, А.А. Гафиуллина // Нефтяное хозяйство. 2015. № 8. С. 125-127.

5. *Коган В.Е.* Поликристаллические и стеклообразные фосфорсодержащие удобрения / В.Е. Коган, К.Г. Карапетян. СПб: ЛЕМА, 2015. 160 с.

6. *Коган В.Е.* Стеклообразные пеноматериалы неорганической и органической природы и перспективы очистки окружающей среды от загрязнений нефтью и нефтепродуктами // Записки Горного института. 2016. Т. 218. С. 331-338.

7. *Коган В.Е.* Экологическая эффективность использования высоковольтных изоляторов из стекла / В.Е. Коган, Т.С. Шахпаронова // Неразрушающий контроль и диагностика окружающей среды, материалов и промышленных изделий: Межвузовский сб.; СЗТУ. СПб, 2009. Вып. 17. С. 403-407.

8. *Коган В.Е.* Энергосбережение в высокотемпературных процессах / В.Е. Коган, Т.С. Шахпаронова // Там же. 2010. Вып. 18. С. 18-35.

9. *Лимбах И.Ю.* Ноосферная технология рационального природопользования / И.Ю. Лимбах, К.Г. Карапетян, В.Е. Коган // Экономика, экология и общество России в XXI столетии: Тр. 3-й Международной научно-практической конференции; СПбГТУ. СПб, 2001. С. 865-870.

10. *Напсиков В.В.* Некристаллические минеральные удобрения и их промышленное производство / В.В. Напсиков, В.Е. Коган, К.Г. Карапетян // Записки Горного института. 2005. Т. 165. С. 123-127.

11. Нефтесорбенты на основе стекол системы K_2O – (Mg,Ca)O – P_2O_5 и кинетика поглощения ими нефти и нефтепродуктов / В.Е. Коган, П.В. Згонник, Т.С. Шахпаронова, Д.О. Ковина // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 11 (42). Ч. 3. С. 50-53. Doi: 10.18454/IRJ.2015.42.121.

12. Рецептурно-технологические параметры получения нефтесорбентов на основе электровакуумного стекла С95-2 и закономерности сорбции ими нефти / В.Е. Коган, П.В. Згонник, Т.С. Шахпаронова, Д.О. Богатенко // Там же. 2016. № 4 (46). Ч. 6. С. 146-149. Doi: 10.18454/IRJ.2016.46.030.

13. *Тенизбаева С. А.* Биологическая очистка акваторий от загрязнений нефтью и нефтепродуктами / С.А. Тенизбаева, Т.С. Шахпаронова // Актуальные проблемы химического и экологического образования: Сб. научных трудов 63-й Всероссийской научно-практической конференции химиков / РГПУ им. А.И.Герцена. СПб, 2016. С. 402-406.

14. *Шахпаронова Т.С.* Повышение качества и обеспечение экологической чистоты при получении цилиндрических заготовок для самофокусирующих оптических элементов и волокон // Актуальные проблемы химического и экологического образования: Сб. научных трудов 61-й Всероссийской научно-практической конференции химиков / РГПУ им. А.И. Герцена. СПб, 2014. С. 343-347.

15. *Шахпаронова Т.С.* Физико-химические основы получения композиционных материалов в системе стекло – слюда / Т.С. Шахпаронова, В.Е. Коган // Проблемы машиноведения и машиностроения: Сб. трудов / СЗТУ. СПб, 2010. Вып. 40. С. 80-84.

16. *Kogan V.E.* Glass and polymer materials: effective oil sorbents / V.E. Kogan, P.V. Zgonnik, D.O. Kovina, V.A. Chernyaev // Glass and Ceramics. 2014. Vol. 70. N 11-12. P. 425-428. Doi: 10.1007/s10717-014-9594-1.

17. *Kogan V.E.* New ways to obtain monofocons from quartz glass / V.E. Kogan, T.S Shakhparonova // Glass and Ceramics. 2014. Vol. 71. N 7-8. P. 263-265. Doi: 10.1007/s10717-014-9665-3.

18. *Kogan V.E.* Physical and chemical fundamentals of obtaining reusable oil sorbents based on low-alkali aluminoborosilicate glasses and regularities of oil absorption by them / V.E. Kogan, A.A. Gafiullina, P.V. Zgonnik // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Vol. 11. N 9. P.6155-6159.

19. *Zgonnik P.V.* The effect of polyurethane production temperature on its oil absorbtion capacity / P.V. Zgonnik, T.S. Shakhparonova, V.A. Chernyaev // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2016. Vol. 13 (1). P. 515-522.

***Авторы*: В.Е.Коган**, *д-р хим. наук, профессор, vek51@list.ru* (*Санкт-Петербургский горный университет*, *Санкт-Петербург*, *Россия*), **Т.С.Шахпаронова**, *канд. хим. наук, доцент, 52tamara@mail.ru* (*Санкт-Петербургский горный университет*, *Санкт-Петербург*, *Россия*).

Статья принята к публикации 11.10.2016.