

"... новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть ноосфера."

В.И. Вернадский

УДК 54:502/54:008

С.В.Волков, А.А.Омельчук

РЕАЛИЗАЦИЯ БИОСФЕРНЫХ И НООСФЕРНЫХ КОНЦЕПЦИЙ В.И.ВЕРНАДСКОГО В РАБОТАХ ИНСТИТУТА ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ им. В.И.ВЕРНАДСКОГО НАН УКРАИНЫ

Еще в начале XX века наш великий ученый и соотечественник В.И.Вернадский, организатор Академии наук Украины и Химической лаборатории — будущего Института общей и неорганической химии им. В.И. Вернадского НАН Украины — обратил внимание на возникающую соизмеримость масштабов хозяйственной деятельности Человека с планетарными природными явлениями и несколько позже выдвинул концепцию о “ноосфере”. Но лишь в июне 1972 года Организация Объединенных Наций провела в Стокгольме Первую международную конференцию, на которой было показано, что результаты практической деятельности Человека отрицательно влияют не только на окружающую среду, но и на население планеты в целом. Участники конференции пришли к выводу, что Человек из субъекта, изучавшего экологию животных и растений, в условиях научно-технического прогресса должен стать объектом многосторонних экологических исследований. На конференции было принято, что теоретической основой природоохранной политики человечества может быть разработанное В.И.Вернадским учение о биосфере Земли и преобразование ее в ноосферу.

В.И.Вернадский считал, что одним из необходимых условий существования ноосферы является разумное преобразование природы Земли с целью создания жизни и условий, способных удовлетворять все материальные, эстетические и духовные потребности численно возрастающего ее населения.

На Второй международной конференции по окружающей среде и развитию, состоявшейся в 1992 году в Рио-де-Жанейро, на основе теоретических положений учения В.И.Вернадского о био-

сфере и ноосфере был принят программный документ “Повестка дня XXI века”.

По сути, после этих конференций понятийные термины ноосфера и экология приобрели то содержание, которое мы вкладываем в них в настоящее время, а именно — охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов.

Существенного прогресса в решении сформулированных проблем можно достичь, используя результаты фундаментальных исследований последних лет в области общей и неорганической химии, в том числе и полученные в нашем институте.

Так, по прогнозам специалистов уже в нынешнем тысячелетии почти полностью будут исчерпаны месторождения самых важных для деятельности человека видов природного сырья. К ним, в частности, относятся залежи практически всех благородных и цветных металлов. Более длительный период эксплуатации (100, возможно, и более лет) будут иметь месторождения энергоносителей — нефти, природного газа, урана-235. Примерно на такой же период времени хватит залежей никеля, кобальта, молибдена, марганца, алюминия. Втрое дольше можно будет эксплуатировать месторождения хрома и железа. Наибольшими к настоящему времени (согласно оценкам — более чем на 800 лет) являются запасы угля. В то же время анализ сложившейся ситуации показывает, что извлеченные из природного сырья металлы и их компоненты накапливаются в промышленных и бытовых отходах, так называемом техногенном сырье, в соизмеримых количествах.

Только в техногенном сырье Украины со-

держится алюминия — до 200, свинца — около 100, цинка — 60, титана — до 6, никеля — 3, олова — 2 тыс. т, примерно 0.2—0.3 тыс. т молибдена и кобальта, а также многих других металлов. Около 80 % извлеченных индия и галлия высокой чистоты попадает в промышленные отходы только на стадии изготовления современных полупроводниковых устройств на основе интерметаллических соединений $A^{III}B^V$. Большое, в масштабах страны, количество благородных и платиновых металлов находится в электронных приборах военного и гражданского назначения, утилизация которых после окончания срока эксплуатации, как правило, осуществляется бесконтрольно. Значительный ресурсный потенциал для генерации вольфрама, молибдена и кобальта представляют бронебойные снаряды и некоторые другие элементы военной техники, отходы бурового и твердосплавного инструмента.

Следует также отметить, что содержание металлов в техногенном сырье значительно выше, чем в природном: например, индия и галлия в отходах полупроводниковой промышленности — более чем на два порядка, тяжелых цветных металлов в отходах и полупродуктах цветной металлургии — более чем в десять раз и т.д. Кроме того, подавляющее большинство металлов в техногенном сырье находится в качественном новом состоянии. Это уже не сложные оксидные или халькогенидные соединения, а, в основном, смесь металлов или сплавов, солей минеральных кислот, поэтому на их переработку требуется значительно меньше энергии и реактивов, чем на переработку минерального сырья.

Отходы металлургической промышленности и вторичное сырье, являясь ценным сырьевым источником для получения стратегически важных металлов, в свою очередь, также наносят значительный ущерб окружающей среде (отработанные свинцовые и кадмий-никелевые аккумуляторы, промышленные стоки гальванических производств, содержащие соединения никеля, хрома, кадмия и т.д.).

По причине качественного и количественного состава техногенного сырья существующие металлургические технологии непригодны для его переработки, нужны принципиально новые, более совершенные.

Приоритет в разработке новых технологических процессов принадлежит Институту общей

и неорганической химии им. В.И.Вернадского — одному из старейших научно-исследовательских институтов Украины. Благодаря фундаментальным исследованиям в области физической химии и электрохимии ионных расплавов в практику цветной металлургии впервые в мире были внедрены новые технологические процессы извлечения свинца, висмута, олова, сурьмы, индия и других металлов из полупродуктов и отходов свинцово-цинкового производства. В основу созданных технологических разработок положены выявленные закономерности массообмена при электролизе в ионных расплавах (перенос с катода на анод, тонкослойный электролиз, использование соединений низших степеней окисления и т.д.).

Практическое значение созданных процессов трудно переоценить. В настоящее время вторичные сырьевые ресурсы в балансе производства цветных металлов могут приобрести доминирующее значение. Так, например, свинец относят к числу наиболее востребованных цветных металлов, причем более 55 % производят из вторичного сырья. По объему промышленного производства (~6 млн. т в год) он занимает четвертое, после алюминия, меди и цинка, место, не уступая им в практическом применении. Примерно 60.4 % мирового потребления свинца приходится на производство аккумуляторов, 23.1 % — изделий специального назначения (защитные листы, трубы, оболочки кабелей и т.д.) и сплавов для разных отраслей промышленности, атомной и военной техники, 16.5 % — на изготовление пигментов для краски и химических соединений. Следует отметить, что доля свинца, расходуемого на производство аккумуляторов, постоянно возрастает. Известные ныне технологические процессы (восстановительная шахтная плавка) характеризуются большим количеством (до 10 % от массы исходного сырья) токсичных отходов (возгоны фильтро-вентиляционных установок), которые содержат до 50 % свинца, 20—25 % связанного хлора и до 5 % серы. Разработанные в ИОНХ НАН Украины технологические процессы лишены этих недостатков.

Не менее привлекательными являются разработки института, использующие ионные расплавы в качестве реакционных сред, направленные на решение актуальных проблем не только ресурсосбережения, но энергетики и экологии.

Общеизвестно, что в отработанном ядерном топливе ныне действующих атомных электростанций накапливается значительное количество долгоживущих радионуклидов, основную массу которых составляет ^{239}Pu . Количество плутония в отработанном топливе АЭС значительно превышает его содержание в арсеналах ядерного оружия. Поэтому одной из главных проблем современности является утилизация не только оружейного плутония, но и отходов АЭС. Не случайно, осознавая угрозу, которую таит в себе такое количество радиоактивных отходов для планеты Земля, мировое сообщество в 2002 году приняло программный документ "A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems", определяющий стратегию развития ядерной энергетики на ближайшее будущее.

В числе предлагаемых к разработке концептуальных решений ядерных реакторов нового поколения одним из наиболее привлекательных является реактор, в котором в качестве носителя ядерного топлива предложено использовать расплавленные солевые смеси определенного состава. Как правило, они состоят из фторидов металлов (литий, бериллий, натрий, цирконий) с небольшими сечениями захвата тепловых нейтронов. В отличие от ныне действующих, в реакторах нового поколения можно использовать в качестве ядерного топлива соединения тория, природные запасы которого значительно превышают запасы урана. В отработанном ядерном топливе не будут накапливаться долгоживущие радионуклиды, в том числе и изотопы ^{239}Pu . Кроме того, созданные реакторы смогут работать в режиме, исключающем возможность возникновения самопроизвольной цепной реакции, станет возможным использование в качестве топлива радиоактивных отходов действующих электростанций и оружейного плутония. И если физика ядерных превращений в реакторах такого типа досконально изучена, то химия расплавленных солевых топливных смесей находится в зародышевом состоянии, несмотря на то, что в Японии и США интенсивно ведутся исследования в данном направлении.

Выполняются исследования по химии расплавленного солевого бланкета и в ИОНХ им. В.И.Вернадского НАН Украины. В частности, установлен механизм коррозионного разрушения конструк-

ционных материалов под действием расплавленной соли-носителя и электронного облучения, выявлены условия, позволяющие уменьшить скорость коррозии, предложены пути регенерации топливных смесей от изотопов с большим сечением захвата нейтронов.

В настоящее время для решения проблем энергетики в качестве альтернативы предлагают водородную энергетику. Водород получают в основном из природного газа ($\sim 8.5 \cdot 10^7$ т/год), при этом выбросы в атмосферу углекислого газа составляют свыше 100 млн.т/год, что противоречит рекомендациям Киотского протокола и других форумов по экологии. Следует также учесть, что примерно 25—40 % природного газа расходуется на покрытие тепловых издержек при конверсии метана в водород. Учитывая, что запасы природного газа могут быть исчерпаны уже в обозримом будущем, а углекислый газ ставит под угрозу экологическую безопасность планеты, поиск новых и совершенствование уже существующих процессов является не менее актуальной проблемой современности.

Анализируя известные методы получения водорода, следует отметить, что наиболее привлекательным и экологически безопасным путем решения данной проблемы является тот, в котором единственным расходным сырьем является вода. Ее запасы на нашей планете оцениваются величиной порядка $1.3 \cdot 10^{18}$ т, что почти на пять порядков величины больше, чем залежей каменного угля. При электролизе вода разлагается на водород и кислород, побочные экологически опасные продукты не образуются. Сегодня электролизом получают всего 10 % водорода, что обусловлено более высокой себестоимостью этого процесса по сравнению с получением методом конверсии метана. Существует несколько подходов к решению проблемы снижения себестоимости "электролитического водорода". Среди них привлекательным является высокотемпературный электролиз воды.

В ИОНХ им. В.И.Вернадского НАН Украины разработан способ и аппаратное оформление получения водорода из отработанного водяного пара атомных электростанций при электролизе гидратированных расплавов щелочных металлов. По сравнению с электролизом водных растворов данный процесс позволяет получать водород при более высоких плотностях тока (до

3 А/см²) и более низком удельном расходе электроэнергии (примерно на 30 %).

Не менее перспективным путем решения проблем водородной энергетики представляется использование неисчерпаемых запасов солнечной энергии. Одной из нерешенных проблем применения фотоэлектрохимических систем для разложения воды на водород и кислород до последнего времени считалось отсутствие полупроводниковых электродных материалов и растворов электролитов, которые обеспечивали бы высокую эффективность превращения энергии солнечного света в видимой части спектра в электрическую. В ИОНХ НАНУ разработаны электрохимические системы, которые позволяют не только получать водород, но и аккумулировать его, используя в качестве катодов металлы и сплавы, способные образовывать гидриды. Такая фотоэлектрохимическая система может функционировать не только в режиме генератора и накопителя водорода, но и в режиме химического источника тока. Она позволяет обеспечивать не-

прерывную подачу электроэнергии потребителям как при освещении солнечным светом, так и в темноте. Полученные значения к.п.д. превращения солнечной энергии в электрическую составляют 4—5 % и могут быть существенно увеличены за счет повышения к.п.д. электродов. Есть основания полагать, что уже в недалеком будущем подобные системы могут стать основой промышленных установок не только для получения водорода, но и для производства электроэнергии.

Вот далеко не полный перечень технических решений, созданных на основе фундаментальных исследований в области общей и неорганической химии, для обеспечения условий существования *ноосферы* — разумного преобразования первичных и вторичных ресурсов природы Земли, как нам завещал великий естествоиспытатель современности и будущего, основоположник нашего института академик В.И.Вернадский, чье имя с гордостью носит Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Украины.

Институт общей и неорганической химии
им. В.И.Вернадского НАН Украины, Киев

Поступила 22.11.2012