

«Военная экология» для слушателей военной академии (20 часов). В дополнение к лекционному курсу в лабораторном практикуме предусмотрено: определение качества воды и почв по действующим стандартизированным методикам; оценка ионизирующего  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - излучения на живые организмы с помощью современных дозиметрических приборов [2]; компьютерные расчеты вредных выбросов в атмосферу автомобильным транспортом, котельными и другими источниками загрязнений окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Макаревич Н.А.* Основы экологии и радиационная безопасность: учеб. пособие для курсантов УО «ВА РБ»/ Н. А. Макаревич, Н. П. Машерова, О. Ф. Скурко, Е. П. Прохорова, Н. Н. Самуль, В. П. Полищук, А. В. Черный. – Минск: ВА РБ, 2013. – 305 с.

2. Н.А. Макаревич, Н.П.Машерова, О.Ф.Скурко. Безопасность жизнедеятельности человека. Ионизирующее излучение: пособие/ Макаревич Н.А. [и др.] – Минск: ВА РБ, 2016. – 43 с.

УДК 620.9

### АЛЮМОВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГИИ И НА ТРАНСПОРТЕ

*Е.О. Чудотворова, П. И. Бестужев, В.В. Козляков*

*ФГБОУ ВПО «Московский Государственный Университет Дизайна и  
Технологии», Москва, Россия*

Техногенная деятельность человечества в течение последнего столетия привела к серьезному загрязнению нашей планеты разнообразными отходами производства. Ежегодные выбросы промышленных предприятий и транспорта России составляют около 25 млн. т. Эти загрязнения влияют на природу и на все живое, вызывая негативные последствия, связанные с изменением климата и, вызывая мутации и болезни [1-2].

Чтобы снизить загрязнения окружающей среды, следует выйти на новый путь развития технологий. Экологические проблемы традиционных источников энергии побуждают к поиску альтернативных видов энергоносителей и в первую очередь к водороду. Основное преимущество внедрения топливных элементов в наземные транспортные средства (например, на автомобилях): предполагаемый высокий КПД. КПД современного автомобильного двигателя внутреннего сгорания достигает 35 %, а КПД водородного топливного элемента — 45 % и более. Во время испытаний автобуса на водородных топливных элементах канадской компании Ballard Power Systems был продемонстрирован КПД в 57 %. Но основной фактор, сдерживающий массовое производство электромобилей — дороговизна и несовершенство аккумуляторов. На автомобилях и автобусах устанавливают, как правило, топливные элементы на протонообменной мембране (РЕМ). Их основные преимущества: компактность, малый вес и низкая температура процесса.

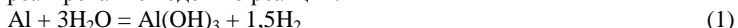
Перспективным решением аккумулялирования энергии может стать

промежуточный энергоноситель – алюминий. Использование процесса электрохимического окисления алюминия для получения электроэнергии из водорода при разложении воды в топливных элементах известно давно. Тепловой эффект составляет от 15 до 16,2 МДж на 1 кг алюминия. Количество водорода по массе составляет более 11% от массы окисляющего алюминия, что является лучшим показателем хранения водорода. При окислении алюминия образуются оксиды алюминия, которые являются ценным сырьем и широко используются во всех отраслях экономики. Это позволяет говорить о создании безотходной технологии производства электрической и тепловой энергии.

Основной причиной отсутствия практического применения алюминия в качестве универсального энергоносителя является отсутствие общей кинетической схемы физико-химических процессов получения водорода при химическом разложении воды алюминием для обоснования и создания энергоустановок, обеспечивающих устойчивую работу на заданном уровне производительности (мощности) в течение длительного времени.

Использование алюминия и его сплавов в реакции окисления водой в щелочных средах известно достаточно хорошо. Имеется огромное число практических примеров осуществления этого процесса. Однако, создание энергоустановки, основанных на этой технологии, сдерживается отсутствием работ, посвященных изучению кинетики получения водорода при химическом разложении воды алюминием и его сплавами в водных растворах щелочи, оптимизации условий проведения реакции и исследованию продуктов реакции.

Алюминий находится в ряду напряжения металлов намного левее водорода (стандартный электродный потенциал алюминия –1,66 В) и он должен был бы реагировать с водой по реакции:



Однако в обычных условиях реакция (1) не протекает из-за наличия на поверхности алюминия очень тонкой, но большой плотности, оксидной пленки, образующейся почти мгновенно по реакции (2):



и надежно предохраняющий алюминий от взаимодействия с водой.

Защитная оксидная пленка легко реагирует с растворами щелочей по реакции (3):

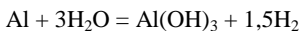


В результате алюминий энергично взаимодействует с водой по реакции (4) в присутствии щелочи NaOH:

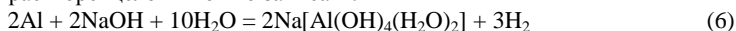


Дальнейшему взаимодействию алюминия с водой в отсутствие NaOH препятствует нерастворимость в воде образующегося гидроксида алюминия, поэтому алюминий практически с водой не реагирует.

Гидроксид алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$  является амфотерным соединением, проявляя при этом как основные, так и кислотные свойства. Он устойчив в интервале pH от 4,1 до 11,9. Алюминий будет реагировать с водой, если пленка образующегося гидроксида все время будет растворяться. Такое условие создается при прибавлении в реагирующую среду щелочи, то есть при увеличении значения pH выше 11,9. В этом случае осуществляются последовательно реакции (5):



в результате образуется легко растворимое комплексное соединение  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ . В более общем виде суммарное уравнение (6) растворения алюминия в водном растворе щелочи можно записать:



Продуктами реакции являются водород и растворимое комплексное соединение – тетрагидроксодиакваалюминат натрия. Алюминий выделяет водород именно из воды, а не из щелочи. Роль щелочи сводится лишь к растворению, образующегося гидроксида алюминия. Подтверждением тому является то, что алюминий с расплавленными (сухими) щелочами не взаимодействует.

Для изучения механизма взаимодействия алюминия с водными растворами щелочи проведены экспериментальные исследования.

Выводы:

1. Выявлено, что оптимальная концентрация щелочного раствора для получения водорода за максимальный короткий срок достигается при концентрации 6 М.

2. Удельный объем, выделившегося водорода с единицы площади поверхности не зависит от размера площади поверхности пластины алюминия, он растворится приблизительно за один и тот же промежуток времени при условии, что они находятся в растворе с одной концентрацией [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Варшавский И.Л. Энергоаккумулирующие вещества и их использование. – Киев: Наукова думка, 1980. – 240 с.

2. Подгорный А.Н., Варшавский И.Л. Водород – топливо будущего. – Киев: Наукова думка, 1977. – 136 с.

3. Ballard Power Pre-Production Fuel Cell Bus Fleet Program Advancing for 2010 Olympic Winter Games ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Водородный\\_транспорт](https://ru.wikipedia.org/wiki/Водородный_транспорт)).

4. Чудотворова Е.О., Козляков В.В. Исследование кинетики получения водорода при взаимодействии алюминия и его сплавов с водными растворами щелочи. - XXVII Международная инновационно-ориентированная конференция молодых ученых и студентов (МИКМУС - 2015): Труды конференции (Москва, 2-4 декабрь 2015 года) / М: Изд-во ИМАШ РАН, 2015 - с. 544-545.