

# ВЛИЯНИЕ МАССОВЫХ И РАЗМЕРНЫХ ЭФФЕКТОВ НА ПРОЦЕСС РАДИОЛИЗА ВОДЫ В СУСПЕНЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ BeO/H<sub>2</sub>O ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГАММА-КВАНТОВ

Я.Д. Джафаров

Институт радиационных проблем НАН Азербайджана, АЗ1143, Баку, Азербайджан  
E-mail: yadjafarov@rambler.ru

В пересчете на воду и BeO были определены количество, скорость образования и радиационно-химический выход молекулярного водорода, полученного в результате радиолиза воды внутри пористых суспензированных систем BeO/H<sub>2</sub>O под воздействием  $\gamma$ -квантов ( $^{60}\text{Co}$ ,  $P = 19,5$  рад/с,  $T = 300$  К). При этом объем воды ( $V = 5$  мл) поддерживался постоянным, а изменялись только масса ( $m_{\text{BeO}} = 0,0$  (чистая вода), 0,01; 0,02; 0,04; 0,08; 0,2 г) и размер ( $d < 4$ ,  $d = 32...53$  и  $75...106$  мкм) частиц оксида бериллия. Было обнаружено, что в этих системах количество, скорость образования и радиационно-химический выход молекулярного водорода, определяемые как для воды, так и для BeO, варьируются в зависимости от массы и размера частиц BeO, добавляемых в воду.

PACS: 07.85.-m;82.50.Kx;61.82Bd

Благодаря своим физическим свойствам, таким как высокая температура плавления, хорошая теплопроводность, небольшая атомная единица массы, малая способность удерживать водород при высокой температуре, низкое поглощение и высокая отражательная способность тепловых нейтронов, высокий модуль упругости, химическая и коррозионная стойкость при высоких температурах, бериллий и его соединения (оксид бериллия, фторбериллат аммония, фторид бериллия) используются в качестве конструкционных материалов в ядерных реакторах (MTR, ETR, ATR, EBR-II, ITER) [1–3]. Эти материалы в реакторах подвергаются одновременному воздействию температуры и ионизирующего излучения (нейтронов, протонов,  $\gamma$ -квантов, электронов,  $\alpha$ -частиц, ионов высоких энергий и т. д.) при контакте с водой, используемой в качестве замедлителя и энергоносителя. Следовательно, важно прогнозировать любые изменения режима работы внутри реактора как с точки зрения безопасности реактора, так и с точки зрения перехода на водородную энергию в реакторах следующего поколения.

С этой целью в последнее время исследователи начали изучать процесс радиационно-гетерогенного превращения в гетерогенных системах, состоящих из газов, жидкостей, в особенности воды, и нано-размерных и микроразмерных металлов или оксидов металлов под воздействием ионизирующего излучения. В связи с этим наши [4–7] и некоторые зарубежные авторы [8–16] исследовали молекулярные продукты ( $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  и др.), полученные в результате радиационно-гетерогенного превращения воды в системах металл или оксиды металлов/H<sub>2</sub>O под действием  $\gamma$ -квантов. При этом выявлено, что количество, скорость образования и радиационно-химические выходы этих молекулярных продуктов зависят от размера частиц металлов и их оксидов. С другой стороны, под влиянием  $\gamma$ -квантов в суспензированных системах металл/H<sub>2</sub>O или оксид металла/H<sub>2</sub>O [6, 17, 18] радиационно-химические выходы продуктов,

полученных превращениями молекул воды, были выше, чем в других системах.

Ouerdane H. совместно с другими авторами, используя метод Монте-Карло, выполнил расчеты, моделируя процесс переноса электронов с поверхности диоксида кремния в воду и, наоборот, на физических и физико-химических стадиях процесса под действием ионизирующего излучения в суспензированной системе вода/аморфный диоксид кремния [19]. Было обнаружено, что из-за электронов, эмитированных в воду с поверхности наночастиц SiO<sub>2</sub>, радиационно-химический выход электронов, сольватированных в воде, больше, чем в чистой воде, и это соотношение варьируется в зависимости от размера частиц диоксида кремния.

Это исследование было проведено в двух направлениях:

1 – суспензия в воде добавленного металла или оксидов металлов при поддержании постоянного объема воды;

2 – в виде адсорбции воды на поверхности металла или оксидов металлов.

В каждом из этих случаев радиационно-химические выходы продуктов радиационно-гетерогенного превращения воды ( $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  и др.) варьируются в зависимости от типа, ширины запрещенной зоны, размера частиц, степени заполнения адсорбированной водой поверхности частиц и массы взвешенного металла и оксидов металлов, а также от общей температуры системы.

В представленной работе были исследованы: влияние массы ( $m = 0,01$ ; 0,02; 0,04; 0,08 и 0,20 г) и размера ( $d < 4$  мкм,  $d = 32...53$  и  $75...106$  мкм) частиц BeO во взвешенной с помощью вибратора системе, состоящей из бидистиллированной воды объемом  $V = 5$  мл и добавленных туда частиц BeO, на количество, скорость образования и радиационно-химический выход молекулярного водорода, полученного радиоллизом воды в данной системе при облучении  $\gamma$ -квантами ( $^{60}\text{Co}$ ,  $P = 19,5$  рад/с,  $T = 300$  К).

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследования был высокочистый (99,9%)  $\text{BeO}$  с удельной поверхностью  $60 \text{ м}^2/\text{г}$ , прошедший через специальное сито и разделенный на частицы размерами  $d < 4 \text{ мкм}$ ,  $d = 32 \dots 53$  и  $75 \dots 106 \text{ мкм}$ . Испытуемую частицу подвергали термической обработке на открытом воздухе при температуре  $T = 773 \text{ К}$  в течение  $t = 72 \text{ ч}$ , затем после взвешивания необходимой массы ( $m = 0,01$ ;  $0,02$ ;  $0,04$ ;  $0,08$  и  $0,20 \text{ г}$ ) добавляли в специально приготовленную и термически обработанную ( $T = 773 \text{ К}$ ) молибденсодержащую стеклянную ампулу ( $V = 19 \text{ мл}$ ). После  $4 \text{ ч}$  термической обработки  $\text{BeO}$  внутри ампулы ( $T = 673 \text{ К}$ ) в вакууме ( $P = 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$ ) ее охлаждали, потом методом перегонки добавляли очищенную от воздуха бидистиллированную воду объемом  $V = 5 \text{ мл}$  и запаивали [20].

Ампулу облучали при комнатной температуре в особых условиях (при условии, что во время облучения частица  $\text{BeO}$  оставалась суспензированной в воде с помощью вибратора) на источнике  $^{60}\text{Co}$  с мощностью дозы  $P = 19,5 \text{ рад/с}$ . Мощность поглощенной дозы определялась с помощью ферросульфатного и метанового методов, а мощность поглощенной дозы в конкретном объекте исследования была рассчитана методами сравнения электронной плотности [20, 21].

В системе  $\text{BeO}/\text{H}_2\text{O}$  конечные молекулярные продукты радиационно-гетерогенного превращения воды были идентифицированы как  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Поскольку часть  $\text{O}_2$  схватывается на поверхности, а  $\text{H}_2\text{O}_2$  остается в растворе, определение их количества вызывает затруднения. Поэтому более точная информация о кинетической закономерности продуктов, полученных в результате процессов радиационно-гетерогенного превращения воды, была получена на основе количества молекулярного водорода.

Продукты реакции анализировали на хроматографе Agilent-7890. Параллельно для подтверждения результатов применялся модернизированный хроматограф «Цвет-102» (точностью  $8 \dots 10\%$ ), в котором использовали колонку длиной  $1 \text{ м}$  и с внутренним диаметром  $3 \text{ мм}$ . Колонка содержала активированный уголь размером частиц  $d = 0,25 \dots 0,6 \text{ мм}$ , а в качестве газ-носителя на обоих хроматографах использовался аргон чистотой  $99,99\%$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

На рис. 1 приведены временные графики зависимости количества молекулярного водорода, полученного при разложении бидистиллированной воды объемом  $V = 5 \text{ мл}$  (кр. 1), и системы, состоящей из такого же количества воды с добавкой определенной массы  $\text{BeO}$  ( $m, \text{ г} = 0,01$  (кр. 2);  $0,02$  (кр. 3);  $0,04$  (кр. 4);  $0,08$  (кр. 5);  $0,2$  (кр. 6)) с размером частиц  $d < 4 \text{ мкм}$ , взвешенных вибратором во время облучения, под воздействием  $\gamma$ -квантов ( $^{60}\text{Co}$ ,  $P = 19,5 \text{ рад/с}$ ,  $T = 300 \text{ К}$ ).

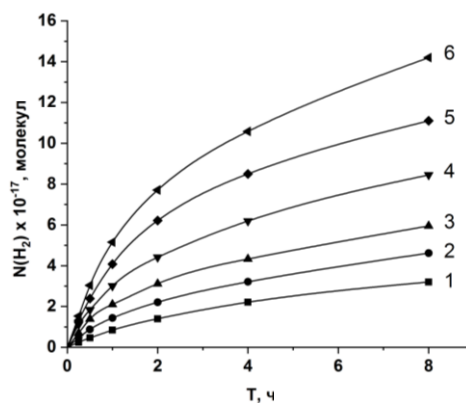


Рис. 1. Временные графики зависимости количества молекулярного водорода, полученного при разложении бидистиллированной воды и системы, состоящей из такого же количества воды с добавкой определенной массы  $\text{BeO}$ , взвешенной вибратором во время облучения

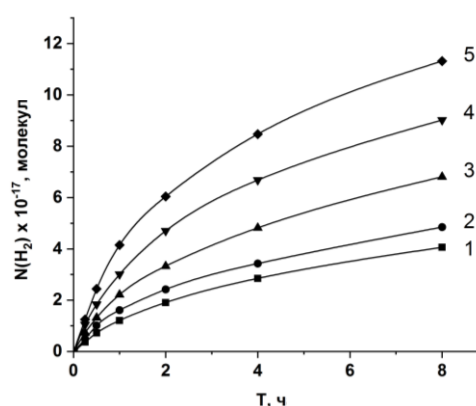


Рис. 2. Временные графики зависимости количества молекулярного водорода, полученного радиационно-каталитической конверсией системы, состоящей из бидистиллированной воды с добавкой  $\text{BeO}$ , взвешенной вибратором во время облучения

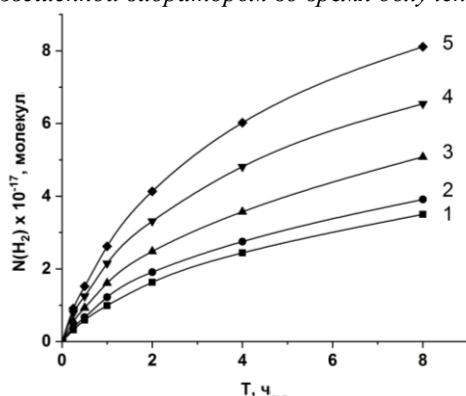


Рис. 3. Временные графики зависимости количества молекулярного водорода, полученного радиационно-каталитической конверсией системы, состоящей из бидистиллированной воды объемом  $V = 5 \text{ мл}$  с добавкой  $\text{BeO}$  массой  $m, \text{ г} = 0,01$  (кр. 1),  $0,02$  (кр. 2),  $0,04$  (кр. 3),  $0,08$  (кр. 4),  $0,20$  (кр. 5) и размером частиц  $d = 75 \dots 106 \text{ мкм}$ , взвешенной вибратором во время облучения под воздействием  $\gamma$ -квантов ( $^{60}\text{Co}$ ,  $P = 19,5 \text{ рад/с}$ ,  $T = 300 \text{ К}$ )

На рис. 2 приведены временные графики зависимости количества молекулярного водорода, полученного при радиационно-каталитической

конверсии системы, состоящей из бидистиллированной воды объемом  $V = 5$  мл с добавкой  $\text{BeO}$  массой  $m$ ,  $\gamma = 0.01$  (кр. 1),  $0.02$  (кр. 2),  $0.04$  (кр. 3),  $0.08$  (кр. 4),  $0.20$  (кр. 5) и размером частиц  $d = 32 \dots 53$  мкм, взвешенной вибратором во время облучения под воздействием  $\gamma$ -квантов, а на рис. 3 показаны те же графики, но для частиц  $\text{BeO}$  размером  $d = 75 \dots 106$  мкм при тех же условиях.

По кинетическим кривым (рис. 1–3) были определены скорости образования молекулярного водорода, вычисленные как для воды, так и для  $\text{BeO}-w(\text{H}_2)$ , а также соответствующие им радиационно-химические выходы –  $G(\text{H}_2)$ . В кинетической части графика, если количество молекулярного водорода, полученного в результате превращения воды при  $\gamma$ -облучении, принять

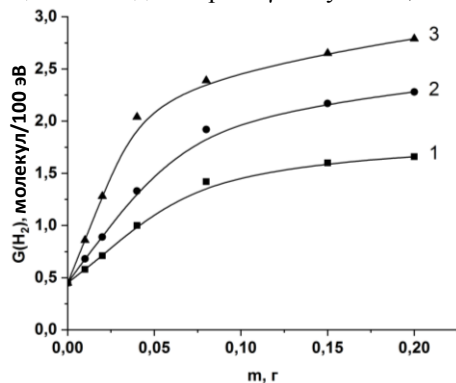


Рис. 4. Зависимости радиационно-химических выходов молекулярного водорода в пересчете на воду от массы  $\text{BeO}$  при воздействии  $\gamma$ -квантов ( $^{60}\text{Co}$ ,  $P = 19,5$  рад/с,  $T = 300$  К)

на суспензированную с помощью вибратора систему, состоящую из бидистиллированной воды объемом  $V = 5$  мл и добавленных в нее частиц  $\text{BeO}$  размером  $d = 75 \dots 106$  (кр. 1),  $d = 32 \dots 53$  (кр. 2) и  $d < 4$  мкм (кр. 3)

Если изменение в количестве молекулярного водорода с добавлением  $\text{BeO}$  определить как

$$\Delta N = N(\text{H}_2) - N_0(\text{H}_2), \quad (1)$$

то после простых превращений скорость образования молекулярного водорода в пересчете на  $\text{BeO}$  можно вычислить на основании следующего выражения:

$$w_{\text{BeO}}(\text{H}_2) = \frac{\Delta N}{m_{\text{BeO}}t} = \frac{N(\text{H}_2) - N_0(\text{H}_2)}{m_{\text{BeO}}t} = \frac{m_{\text{вода}}}{m_{\text{BeO}}} \frac{N(\text{H}_2) - N_0(\text{H}_2)}{m_{\text{вода}}t} = \frac{m_{\text{вода}}}{m_{\text{BeO}}} \left[ \frac{N(\text{H}_2)}{m_{\text{вода}}t} - \frac{N_0(\text{H}_2)}{m_{\text{вода}}t} \right] = \frac{m_{\text{вода}}}{m_{\text{BeO}}} [w_{\text{вода}}(\text{H}_2) - w_0(\text{H}_2)], \quad (2)$$

где  $m_{\text{BeO}}$  – масса  $\text{BeO}$ , добавленного в воду.

Радиационно-химический выход молекулярного водорода по  $\text{BeO}$  рассчитывался на основе скорости, определенной по выражению (2).

Результаты показывают, что в вышеуказанных системах скорость образования и радиационно-химический выход молекулярного водорода, определенный для воды, растут прямо пропорционально при малых значениях массы  $\text{BeO}$  (см. рис. 4), а при больших ее значениях угол наклона графика уменьшается. Скорость

равным  $N_0(\text{H}_2)$ , а в суспензионной системе  $\text{BeO}/\text{H}_2\text{O}$  – за  $N(\text{H}_2)$ , то скорости образования молекулярного водорода, вычисленные в пересчете для воды, определяются соответственно как

$$w_0(\text{H}_2) = \frac{N_0(\text{H}_2)}{m_{\text{вода}}t} \quad \text{и} \quad w_{\text{вода}}(\text{H}_2) = \frac{N(\text{H}_2)}{m_{\text{вода}}t},$$

где  $m_{\text{вода}}$  – масса воды. Радиационно-химические выходы молекулярного водорода определялись на основе этих скоростей. На основании полученных результатов показаны зависимости радиационно-химических выходов молекулярного водорода, определенные как для воды (рис. 4), так и для  $\text{BeO}$  (рис. 5), от массы  $\text{BeO}$ .

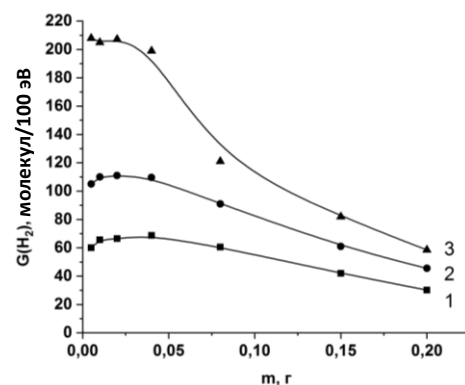


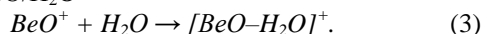
Рис. 5. Зависимости радиационно-химических выходов молекулярного водорода в пересчете на  $\text{BeO}$  от массы  $\text{BeO}$  при воздействии  $\gamma$ -квантов ( $^{60}\text{Co}$ ,  $P = 19,5$  рад/с,  $T = 300$  К) на суспензированную с помощью вибратора систему, состоящую из бидистиллированной воды объемом  $V = 5$  мл и добавленных в нее частиц  $\text{BeO}$  размером  $d = 75 \dots 106$  (кр. 1);  $d = 32 \dots 53$  (кр. 2) и  $d < 4$  мкм (кр. 3)

образования и радиационно-химический выход молекулярного водорода, определенный для  $\text{BeO}$ , остаются практически постоянными при малых значениях массы  $\text{BeO}$  (см. рис. 5), а при больших ее значениях наблюдается их уменьшение. В этих системах при размере частиц  $\text{BeO}$ , равном  $d < 4$ ,  $d = 32 \dots 53$  и  $75 \dots 106$  мкм, максимальный радиационно-химический выход молекулярного водорода, определенный для воды, составляет  $2,79$ ;  $2,29$  и  $1,66$  молекул/100 эВ соответственно. В пересчете для  $\text{BeO}$  в тех же системах эти значения

равны соответственно 208, 111 и 68,7 молекул/100 эВ.

Зависимость процесса получения молекулярного водорода при радиационно-гетерогенном превращении воды в системе BeO/H<sub>2</sub>O от массы и размера частиц BeO можно объяснить на основе существующих механизмов радиационно-гетерогенных процессов. Когда  $\gamma$ -кванты (<sup>60</sup>Co, E <sub>$\gamma$</sub>  = 1,25 МэВ) проходят через систему BeO/H<sub>2</sub>O, комптоновское рассеяние происходит в основном в обеих фазах из-за взаимодействия с атомами и молекулами, составляющими систему, в отличие от других процессов (фотоэффекта, образования электрон-позитронных пар и т. д.). В зависимости от угла рассеяния кинетические энергии комптоновских электронов изменяются в диапазоне 0...1,02 МэВ. Комптоновские электроны с высокой кинетической энергией и каждое новое поколение  $\delta$ -электронов, которые они создают, постепенно теряют свои кинетические энергии при упругих и неупругих столкновениях в обеих фазах и становятся тепловыми электронами.

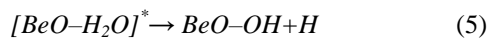
Процесс переноса энергии на границе BeO/H<sub>2</sub>O и образование молекулярного водорода можно объяснить следующим образом. Положительные ионы внутри частицы оксида бериллия, образованные ионизирующим излучением, мигрируют и локализуются частично в объеме и частично на поверхности посредством ловушек. Положительно заряженные локальные центры BeO<sup>+</sup> в результате ион-дипольного взаимодействия на границе BeO/H<sub>2</sub>O



образуют комплекс (3). Затем этот комплекс рекомбинирует с туннельными и тепловыми электронами по схеме



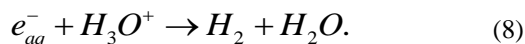
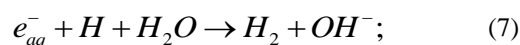
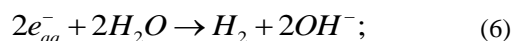
образуя электронно-возбужденный комплекс (4). Энергия электронного возбуждения, генерируемая в комплексе и внутри твердой частицы, передается адсорбированной молекуле воды, вызывая ее диссоциацию, в результате чего образуются высокореактивные промежуточные продукты H и OH:



и далее – молекулярный водород по схеме: H + H → H<sub>2</sub>.

Тот факт, что радиационно-химический выход молекулярного водорода в суспензионных системах выше, чем в других системах, можно объяснить электронами, эмитируемыми в жидкость с поверхности твердого тела. Таким образом, в результате миграции электроны, образующиеся внутри частицы, могут частично локализоваться в объемных и поверхностных дефектах и испускаться с поверхности частицы в воду. Благодаря электронам, испускаемым из твердой фазы в жидкую, в последней концентрация электронов вокруг твердой частицы [17–19] выше, чем в других частях. Электроны, эмитируемые в воду, постепенно теряют свою кинетическую энергию в результате столкновения и превращаются сначала в тепловые, а затем в сольватированные электроны.

Молекулярный водород образуется из следующих реакций между сольватированными электронами и молекулами воды, а также между протонированными молекулами воды и атомами водорода:



Следовательно, если масса и размер частиц BeO изменяются, то переносимые в воду энергоносители, а также соответствующие им радиационно-химические выходы молекулярного водорода также изменяются. Однако после определенной концентрации частиц каждого размера в окружающей среде устанавливается баланс между процессами образования энергоносителей и промежуточных продуктов.

На основании проведенных исследований получены следующие результаты.

- При воздействии  $\gamma$ -квантов (<sup>60</sup>Co, P = 22 рад/с, T = 300 К) на систему, состоящую из бидистиллированной воды объемом V = 5 мл и добавленных в нее и суспензированных с помощью вибратора частиц BeO массой m = 0,01; 0,02; 0,04; 0,08; 0,20 г и размером d < 4, d = 32...53 и d = 75...106 мкм, скорость образования и радиационно-химический выход молекулярного водорода, определенный для воды, растут прямо пропорционально при малых значениях массы BeO (см. рис. 4), а при больших ее значениях угол наклона графиков уменьшается. В этих системах максимальные радиационно-химические выходы молекулярного водорода, определенные для воды, равны 2,79; 2,29 и 1,66 молекул/100 эВ соответственно.

- В вышеуказанных системах скорость образования молекулярного водорода и радиационно-химический выход, определяемый для BeO, в зависимости от размера частиц BeO, добавляемых в воду, остаются практически постоянными при малых значениях массы и уменьшаются при больших ее значениях. Максимальные радиационно-химические выходы молекулярного водорода в пересчете на BeO равны соответственно 208; 111 и 68,7 молекул/100 эВ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Technical Basis for the ITER Final Design Report. G A0 FDR 1 01-03-05 W0.2. ITER Garching Joint Work Site, 2001.
2. Safety Analysis Data List (SADL-3). Ed. by H.-W. Bartels, L. Topilski, and T. Honda. G 81 RI 5 00-02-29. ITER Garching Joint Work Site, 2000.
3. В.Е. Матясова, М.Л. Коцарь, С.Л. Кочубеева, В.И. Никонов. Получение облучения бериллиевых материалов для ядерной и термоядерной энергетики из бериллийсодержащих отходов // *Вопросы атомной науки и техники*. 2013, №2(84), с. 110-117.
4. Y.D. Jafarov, N.K. Ramazanova, S.R. Gadzhiev, K.T. Eyubov. Molecular Hydrogen Production at termocatalytic and termocatalytic and-radiation

transformation of water in the BeO+H<sub>2</sub>O system // *Problems of Atomic Science and Technology*. 2018, N 5(117), p. 136-140.

5. А.А. Гарибов, Т.Н. Агаев, Г.Т. Иманова, С.З. Меликова, Н.Н. Гаджиева. Изучение радиационно-термического разложения воды на нано-ZrO<sub>2</sub> методом ИК-спектроскопии // *Химия высоких энергий*. 2014, т. 48, с. 239-243.

6. Я.Д. Джафаров, С.М. Баширова, А.А. Гарибов, К.Т. Эюбов. Влияние массового и размерного эффектов кремния на процесс радиолитического разложения воды, протекающего в системе Si/H<sub>2</sub>O под воздействием гамма-квантов // *Вопросы атомной науки и техники*. 2018, №2(114), с. 35-39.

7. Я.Д. Джафаров, С.М. Баширова, А.А. Гарибов, К.Т. Эюбов. Получение молекулярного водорода, образованного термическим и радиационно-термическим превращением воды в системе нано-Si+H<sub>2</sub>O // *Вопросы атомной науки и техники*. 2019, №2(120), с. 55-60.

8. G. Merga, B.H. Milosavijevic, D. Meisel. Radiolysis hydrogen yields in aqueous suspensions of gold particles // *J. Phys. Chem. B*. 2006, v. 110, p. 5403-5408.

9. N.G. Petrik, A.B. Alexandrov, A.I. Vall. Interfacial energy transfer during gamma-radiolysis of water on the surface of ZrO<sub>2</sub> and some other oxides // *Journal of Physical Chemistry B*. 2001, v. 105, p. 5935-5944.

10. T. Schatz, A.R. Cook, D. Meisel. Capture of charge carriers at the silica nanoparticle – water interface // *Journal of Physical Chemistry B*. 1999, v. 103, p. 10209-10213.

11. J.A. LaVerne. H<sub>2</sub> formation from the radiolysis of liquid water with zirconia // *Journal of Physical Chemistry B*. 2005, v. 109, p. 5395-5397.

12. J.A. LaVerne, L. Tandon. H<sub>2</sub> production in the radiolysis of water on UO<sub>2</sub> and other oxides // *Journal of Physical Chemistry B*. 2003, v. 107, p. 13623-13628.

13. J.A. LaVerne, S.E. Tonnie. H<sub>2</sub> production in the radiolysis of aqueous SiO<sub>2</sub> suspensions and slurries // *Journal of Physical Chemistry B*. 2003, v. 107, p. 7277-7280.

14. J.A. LaVerne, L. Tandon. H<sub>2</sub> production in the radiolysis of water on CeO<sub>2</sub> and ZrO<sub>2</sub> // *Journal of Physical Chemistry B*. 2002, v. 106, p. 380-386.

15. T. Schatz, A.R. Cook, D. Meisel. Charge carrier transfer across the silica nanoparticle/water interface // *Journal of Physical Chemistry B*. 1998, v. 102, p. 7225-7230.

16. T.A. Yamamoto, S. Seino, M. Katsura, et al. Hydrogen gas evolution from alumina nanoparticles dispersed in water irradiated with  $\gamma$ -ray // *Nanostructured Materials*. 1999, v. 12, N 5, p. 1045-1048.

17. Raluca M. Musat, Andrew R. Cook, Jean-Philippe Renault, Robert A. Crowell. Nanosecond Pulse Radiolysis of Nanoconfined Water // *Journal of Physical Chemistry C*. 2012, v. 116(24), p. 13104-13110.

18. A.R. Davidson, G. Ting. Average Physical Enhancement by Nanomaterials under X-ray Irradiation // *Journal of Physical Chemistry C*. 2014, v. 118(51), p. 30221-30228.

19. H. Ouerdane, B. Gervais, H. Zhou, M. Beuve, J.P. Renault. Radiolysis of water confined in porous silica: a simulation study of the physicochemical yields // *Journal of Physical Chemistry C*. 2010, v. 114, p. 12667-12674.

20. А.К. Пикаев. *Дозиметрия в радиационной химии*. М.: «Наука», 1975.

21. Я.Д. Джафаров, А.А. Гарибов, С.А. Алиев и др. Расчет поглощенной дозы гамма-облучения в оксидных диэлектриках // *Атомная энергия*. 1987, т. 63, в. 4, с. 269-270.

*Статья поступила в редакцию 20.05.2020 г.*

## **ВПЛИВ МАСОВИХ І РОЗМІРНИХ ЕФЕКТІВ НА ПРОЦЕС РАДІОЛІЗУ ВОДИ В СУСПЕНЗОВАНІЙ СИСТЕМІ BeO/H<sub>2</sub>O ПІД ВПЛИВОМ ГАММА-КВАНТІВ**

*Я.Д. Джафаров*

У перерахунку на воду і BeO були визначені кількість, швидкість утворення і радіаційно-хімічний вихід молекулярного водню, отриманого в результаті радіолізу води всередині пористих суспензованих систем BeO/H<sub>2</sub>O під впливом  $\gamma$ -квантів (<sup>60</sup>Co,  $P = 19,5$  рад/с,  $T = 300$  К). При цьому обсяг води ( $V = 5$  мл) підтримувався постійним, а змінювалися лише маса ( $m_{\text{BeO}} = 0,0$  (чиста вода); 0,01; 0,02; 0,04; 0,08; 0,2 г) і розмір ( $d < 4$ ,  $d = 32 \dots 53$  і  $75 \dots 106$  мкм) частинок оксиду берилію. Було виявлено, що в цих системах кількість, швидкість утворення і радіаційно-хімічний вихід молекулярного водню, що визначаються як для води, так і для BeO, варіюються в залежності від маси та розміру частинок BeO, що додаються в воду.

## **THE INFLUENCE OF MASS AND SIZE EFFECTS ON THE RADIOLYSIS PROCESS OF WATER IN THE BeO/H<sub>2</sub>O SUSPENDED SYSTEM BY THE GAMMA-QUANTA**

*Y.D. Jafarov*

The amount, formation rate and radiation-chemical yield of molecular hydrogen obtained from water radiolysis process within the system, have been defined according to both water and BeO by maintaining the water volume constant ( $V = 5$  ml); by changing the mass ( $m_{\text{BeO}} = 0.0$  (pure water), 0.01; 0.02; 0.04; 0.08; 0.2 g) and particle size ( $d < 4$ ,  $d = 32 \dots 53$  and  $75 \dots 106$   $\mu\text{m}$ ) of beryllium oxide in the porous BeO/H<sub>2</sub>O suspended systems by the influence of  $\gamma$ -quanta (<sup>60</sup>Co,  $P = 19.5$  rad/s,  $T = 300$  K). It has been established that the amount, formation rate and radiation-chemical yield of molecular hydrogen defined according to both water and BeO from radiation-heterogeneous transformation of water in these systems, change depending on mass and particle size of BeO added to water.