

## ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПРИ СЖИГАНИИ БИОТОПЛИВ

**Ю.А. Кожевников, кандидат технических наук**  
**ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт**  
**электрификации сельского хозяйства, г. Москва, Россия**  
**В.Г. Николаев, финансовый директор**  
**ООО «Интер ФинансКапитал», г. Москва, Россия**  
**e-mail: jviesh@yandex.ru**

*Аннотация.* Рассмотрены теоретические основы использования управления спинами валентных электронов веществ топливной смеси при решении задач повышения качества процесса горения и каталитического ускорения химических реакций (спиновый катализ).

**Ключевые слова:** лабораторные гипотезы, спиновая химия, эффект Зеемана, обменное взаимодействие

Рассмотрим две гипотезы:

1. Возможность нейтрализации отрицательных воздействий компонентов топочной смеси (дисперсионных фаз) на процесс горения и окисления веществ, непосредственно не задействованных в этих процессах.

2. Возможность задействовать воду (дисперсионную среду) в химических реакциях окисления и горения для повышения общего КПД процесса.

Замечено, что ориентация угловых моментов (спинов) электронов и ядер на протекание химических процессов, которые строго сохраняются в адиабатических химических реакция. Все химические реакции являются спин-селективными – они разрешены только для таких спиновых состояний реагентов, у которых полный спин одинаков со спином продуктов, и полностью запрещены, если спин реагентов не равен спину продуктов.

Примером является радикальная пара метильного и гидроксильного радикалов. Рекомбинация их в метанол происходит только в синглетном состоянии, так как электронный спин пары ( $S = 0$ ) тождествен в этом состоянии спину  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Однако диспропорционирование этих же радикалов из синглетного состояния с образованием  $\text{H}_2\text{O}$  и триплетного метилена (полный спин продуктов  $S = 1$ ) запрещено по спину. Напротив, рекомбинация триплетной радикальной пары ( $S=1$ ) запрещена по спину, но диспропорционирование разрешено, хотя оно и требует значительной энергии активации  $\sim 6$  кКал  $\cdot$  моль<sup>-1</sup>.

Химией процессов (особенно процессов горения) управляют 3 фундаментальных фактора – энергия, спин и фаза. Последнее характерно для когерентной химии.

В когерентной химии замечательна не столько сама когерентность, сколько новые и нетрадиционные способы управления химической реакционной способностью. Забросив волновой пакет на одну из потенциальных поверхностей первым импульсом, можно вторым импульсом вмешаться в его эволюцию: забросить его дальше на новую поверхность или вернуть назад на исходную поверхность (рамановский процесс). Это можно сделать до или после прохождения волновым пакетом точки бифуркации, что достигается изменением интервала между первым, накачивающим импульсом и вторым (пробным), управляющим импульсом. Другими словами, можно управлять динамикой волновых пакетов, их химической судьбой, изменять соотношение химических каналов их превращений, выходы продуктов реакций. Появляется новый фактор управления химической реакцией – фаза когерентного ансамбля. Воздействуя на волновой пакет в разных фазах его эволюции, можно изменять его химию [1].

Следующий уровень когерентности – квантовая периодичность в системе, состоящей из двух частиц, каждая из которых является носителем электронного спина (например, пара радикалов). Такая спиновая пара может находиться в двух состояниях: синглетном (реакционноспособном) и триплетном (химически инертном). Ансамбль таких пар, приготовленный импульсным воздействием (фотолизом или радиоллизом) в заданном спиновом состоянии (например, в триплетном), осциллирует синхронно между двумя состояниями. Движущей силой осцилляции является разность зеемановских энергий двух спинов-партнеров или сверхтонкое электрон-ядерное взаимодействие (если в радикалах есть магнитные ядра). Величина этих взаимодействий – порядка нескольких мегагерц (именно с такой частотой происходит периодическая осцилляция ансамбля между синглетом и триплетом). Ясно, что выход продуктов химической реакции (а они образуются только тогда, когда частицы находятся в синглетном состоянии) модулирован во времени этой частотой [2].

Периодичность генерации продукта является следствием когерентности поведения спиновых пар; это и есть электронно-спиновые квантовые биения в химических реакциях.

Известны такие реакции как осцилляции рН, электрохимического потенциала в гетерогенных системах типа вода-масло и волновое горение.

Макроскопическая когерентность является фундаментальным свойством, которое в когерентных режимах позволяет ожидать увеличения выходов реакции, селективности процессов, само очистки поверхностей от каталитических ядов и т.д. И эти ожидания подтвердились, особенно в химических осцилляторах с вынужденными, принудительными осцилляциями [4].

Химически осциллирующими процессами, в частности, являются восстановление NO водородом и окисление CO кислородом [5].

Изменить спин могут **нехимические магнитные взаимодействия**, т.к. только они способны преобразовать спин-запрещенные (нереакционноспособные) состояния реагентов (например, радикальных пар) в состояния спин-разрешенные (реакционноспособные).

**Цель исследований** – установление влияния внешнего магнитного поля на скорость химических реакций горения.

**Материалы и методика исследований.** Будучи ничтожно малыми по энергии, магнитные взаимодействия переключают каналы реакции: открывают закрытые каналы и, напротив, закрывают открытые (разрешенные) – в зависимости от стартового состояния реагентов. Фактически они пишут новый, магнитный сценарий химической реакции [3].

Взаимосвязь магнитной чувствительности (спиновой селективности) химических реакций с физическими эффектами показан на рис. 1.



**Рис. 1. Взаимосвязь эффектов спиновой химии и физических эффектов**

В зависимости от стартового спинового состояния реагентов и от их магнитных параметров (энергия сверхтонкого взаимодействия, g-факторы, дипольное взаимодействие) химические реакции могут ускоряться или замедляться внешним магнитным полем. В создании условий для управления процессом горения, больше всего проявляются **эффект Зеемана** и **обменное (в т.ч. спин-орбитальное) взаимодействие**.

Но прежде, чем перейти к вопросам рассмотрения физических эффектов, разберемся, какими свойствами обладают элементарные частицы. Таких свойств четыре:

1. Корпускулярные.
2. Волновые.
3. Квантовые.
4. Поляризационные.

Следовательно, все эти свойства и проявляются при взаимодействии элементарных частиц внешними воздействиями, и прежде всего с внешним магнитным полем.

Что касается спина, то он в свою очередь также является одним из 4-х квантовых чисел (главное, орбитальное, магнитное, спин), которые определяют квантовую природу объекта под условным названием «элементарная частица» в структуре атома.

Наличие этого квантового числа позволяет разобраться с тем, как плотно «элементарные частицы», например электроны, укладываются в свои атомные орбитали. Именно в структуре атома, электроны ведут себя как объекты, объемные размеры которых намного размеров самой не связанной (свободной частицы). А их поведение описывается известными вероятностными функциями с волновыми свойствами, параметры которых и есть квантовые числа из определенного набора множеств, характерного для конкретной атомной структуры (в том числе и изотопной ее разновидности).

Одно из самых уникальных свойств заряженных элементарных частиц и ионизированных атомов является то, что при движении они являются источником собственного электромагнитного поля, которое при размерах больше атомных является главной основой их взаимодействия с внешним окружением. В свою очередь, магнитное поле превалирует над электрическим полем при взаимодействии движущихся заряженных объектов, будь то отдельные элементарные частицы (с наличием массы покоя или без нее) или их поток (ток для проводников).

Но даже если атом, молекула или более крупный объект нейтрален (не заряжен), магнитное поле способно взаимодействовать с образующими его элементарными частицами через их собственные магнитные поля, порождаемые их квантовыми свойствами.

Исследования эффекта Зеемана (расщепление атомных спектров при воздействии внешнего магнитного поля) позволило открыть два важных эффекта, которые проявляются под воздействием внешнего магнитного поля и влияют на протекание химических реакций: химическую поляризацию ядер (ХПЯ) и химическую поляризацию электронов (ХПЭ).

При поляризации ядер сортировка ядер осуществляется не только по их магнитным моментам, но и по их ориентации. Химическая реакция отправляет ядра с разной ориентацией в различные продукты, создавая неравновесные заселенности «зеемановских» ядерных уровней в этих продуктах. Причем избыточная населенность нижнего «зеемановского» уровня соответствует положительной поляризации ядер, перенаселенность верхнего уровня – отрицательной поляризации. Последний случай особенно важен, т.к. когда

перенаселенность верхнего уровня превышает некоторый допустимый предел, то населенности инвертируют. Реакция становится радиочастотным эмиттером, квантовым генератором с химической накачкой (подобно химическим лазерам). Энергия «зеemanовского» резервуара превосходит порог генерации. Тогда движение ядерных спинов спонтанно становится когерентным, и такая когерентная система ядер становится квантовым генератором [6].

Химическая поляризация электронов возникает из электронно-спиновой селекции реакции и приводит к неравновесной населенности электронных «зеemanовских» уровней в радикалах и парамагнитных молекулах. Об этом было сказано в самом начале статьи.

Использование обменного взаимодействия в атомах позволяет управлять с помощью внешнего магнитного поля скоростью химических реакций. Такой эффект представляет собой чисто физический катализ или спиновый катализ.

Спиновый катализ ускоряет рекомбинацию радикалов, уакс-изомеризацию соединений с двойной связью (на семь-восемь порядков), рекомбинацию спин-поляризованных атомов и т. д. [7]

Будучи пренебрежимо малыми по энергии спиновые взаимодействия частиц вещества, тем не менее, контролируют их химическую реакционную способность и новый создают магнитный «сценарий» реакции.

Тогда главная цель воздействия внешнего магнитного поля – это снятие вырождения по спину в спин-орбитальном взаимодействии валентных электронов. После этого электроны с противоположным направлением спина смещаются вдоль оси энергии, значительно влияя на реакционную (химическую) способность веществ.

**Результаты исследований.** Обменное взаимодействие – взаимодействие тождественных частиц в квантовой механике, приводящее к зависимости значения энергии системы частиц от её полного спина.

Характер обменного взаимодействия между частицами с целым спином (бозонами) и полуцелым спином (фермионами) различен. Для фермионов характер обменного взаимодействия обусловлен принципом Паули, согласно которому два фермиона не могут находиться в совершенно одинаковых состояниях. Принцип Паули запрещает двум электронам с параллельными спинами находиться в перекрывающихся допустимых областях. Поэтому на малых расстояниях порядка длины волны де Бройля между электронами, спины которых параллельны, возникает как бы дополнительное отталкивание. В случае антипараллельных спинов возникают силы притяжения, которые играют важную роль при образовании химических связей между атомами. При образовании некоторых молекул, в частности воды и водорода, определённую роль играет обменное взаимодействие между протонами. Обменное взаимодействие характерно для всех фермионов и существует независимо от того, имеются ли между ними другие взаимодействия. Противоположный характер имеет обменное взаимодействие бозонов: чем больше бозонов

находится в данном состоянии, тем с большей вероятностью в это состояние переходит ещё один бозон. Это равносильно эффекту притяжения бозонов.

Обменное взаимодействие (и эффекты спинового катализа) рассматриваются через учёт спин-орбитального взаимодействия.

Возмущение, созданное внешним магнитным полем на атом, зависит от ядерного и электронного магнитных моментов. Однако ядерным магнитным моментом, который на несколько порядков меньше электронного, можно пренебречь, поэтому сосредоточим наше внимание на свойствах электронов.

Спин-орбитальное взаимодействие электронов — это взаимодействие между движущимся электроном и его собственным магнитным моментом, определяемым в свою очередь спином электрона. Любой электрон в атоме может обладать двумя видами углового момента: орбитальным угловым моментом и спином. Первый в свою очередь создает дипольный магнитный момент за счет замкнутого контурного орбитального тока. Именно дипольный магнитный момент в основном и характеризует магнитные свойства вещества.

Спиновый магнитный момент обусловлен наличием у электронов квантовой природы и, следовательно, собственный момент импульса — спина, который не связан с перемещением его как целой частицы.

Магнитный момент электрона является суммой орбитального и спинового угловых моментов, умноженных на соответствующие гиромагнитные отношения:

$$\vec{\mu} = \vec{\mu}_L + \vec{\mu}_S = \frac{2\pi \cdot \mu_B}{h} (g_L \vec{L} + g_S \vec{S}), \quad (1)$$

где

$$\mu_B = \frac{e \cdot h}{4\pi \cdot m_e} - \quad (2)$$

единица элементарного магнитного момента (магнетон Бора);

$h = 6,626\ 069\ 57(29) \cdot 10^{-34}$  Дж·с — постоянная Планка;

$e = 1,602\ 176\ 565(35) \cdot 10^{-19}$  Кл — элементарный электрический заряд (заряд электрона), фундаментальная физическая постоянная, минимальная порция (квант) электрического заряда,

$m_e$  — масса электрона,

$\frac{e}{m_e} = 1,759 \cdot 10^{11}$  Кл / кг — отношение заряда электрона к его массе,

$\vec{L}$  — орбитальный угловой момент электрона,

$\vec{S}$  — спиновой угловой момент электрона,

$g$  — факторы или гиромагнитные отношения,

$g_L = 1$  — для орбитального момента электрона,

$g_S = -2,00231930436153(53) \approx 2$  — для спинового момента электрона.

С помощью этого  $g$ -фактора можно также определять поведение атомов в магнитном поле, но тогда  $g$ -фактор называют множителем Ланде, который для лёгких атомов определяется как:

$$g = 1 + \frac{J(J+1) - L(L+1) + S(S+1)}{2J(J+1)}, \quad (3)$$

где определены векторные величины для валентного электрона:

$L$  – орбитальный момент,

$S$  – спиновый момент,

$J$  – полный момент.

Под действием внешнего магнитного поля каждый атом диамагнетика приобретает магнитный момент, пропорциональный магнитной индукции и направленный навстречу полю. Поэтому магнитная восприимчивость у диамагнетиков всегда отрицательна (таблица).

**Магнитная восприимчивость некоторых диамагнетиков  
(в нормальных условиях)**

Вещество	Магнитная восприимчивость, $\times 10^{-6}$
Азот, $N_2$	-12,0
Водород, $H_2$	-4,0
Вода (жидкая), $H_2O$	-13,0

Для объяснения эффекта Зеемана (расщепление атомных спектров) Лоренц рассматривал электрон как классический гармонический осциллятор, уравнение движения которого было представлено в следующем виде:

$$m_e \frac{d\vec{v}}{dt} = -m_e \omega_0^2 \vec{r} - e\vec{v} \times \vec{B}, \quad (4)$$

где  $\vec{v}$  – линейная скорость электрона,

$\vec{r}$  – радиус вектор электрона, проведенный от центра атома,

$\omega_0$  – резонансная частота электронного диполя,

$\vec{B}$  – магнитная индукция внешнего электромагнитного поля.

Решение уравнения движения показывает, что резонансная частота дипольного момента в присутствии магнитного поля расщепляется на три частоты:

$$\omega \cong \omega_0 \pm \Omega_L, \quad (5)$$

где  $\Omega_L = \frac{e|\vec{B}|}{2m_e}$  — ларморовская частота. (6)

Такое расщепление спектра называют лоренцевским или простым зеемановским триплетом. Таким образом, в магнитном поле электрон вместо простого вращения вокруг ядра атома начинает совершать сложное движение относительно выделенного магнитным полем направления. Электронное облако атома прецессирует (т.е. момент импульса меняет своё направление в

пространстве под действием момента внешней силы) вокруг этой оси с частотой Лармора.

Эффект обменного взаимодействия объясняется следующим выводом.

Спин-орбитальное состоит из двух частей. Ларморовская часть связана с взаимодействием магнитного момента электрона с магнитным полем ядра в сопутствующей системе электрона. Второй вклад связан с прецессией Томаса при учете орбитального (дипольного) момента электрона.

Энергию  $W$  спин-орбитального взаимодействия можно определить следующим выражением:

$$W = \vec{\mu} \cdot \vec{B} = W_L + W_T = \mu_S \cdot \vec{B} + \vec{\phi}_T \cdot \vec{S}, \quad (7)$$

где  $\vec{B}$  – индукция магнитного поля,

$\vec{\mu}$  – магнитный момент электрона (1),

$W_L$  – энергия магнитного поля ларморовского спинового взаимодействия,

$W_T$  – энергия магнитного поля томасовской прецессии орбитали.

По теореме Лоренца сила, действующая на электрон, движущийся со скоростью  $\vec{v}$  в электромагнитном поле атома, равна:

$$\vec{F} = e(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = 0 \text{ или } \vec{E} = -\vec{v} \times \vec{B}, \quad (8)$$

где  $\vec{H}$  – напряжённость магнитного поля,

$\vec{E}$  – напряжённость электрического поля.

Учитывая, что  $\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$  и  $|\vec{E}| = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \cdot |\vec{H}|$ , получим:

$$|\vec{B}| = \mu_0 |\vec{H}| = \mu_0 \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} |\vec{E}| = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = \frac{|\vec{E}|}{c}, \quad (9)$$

или

$$|\vec{E}| = c \cdot |\vec{B}|,$$

где  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$  – скорость света в вакууме.

$\epsilon_0 = 8,85419 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$  – электрическая постоянная,

$\mu_0 = 1,25664 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$  – магнитная постоянная,

Подставляя выражения (9) в уравнение (8) получим следующую связь для индукции магнитного поля с напряженностью электрического поля:

$$\vec{B} = -\frac{\vec{v} \times \vec{E}}{c^2}. \quad (10)$$

Используя определения импульса и электрического потенциала, получим:

$$\vec{B} = \frac{\vec{p} \times \vec{r}}{m_e c^2 r} \frac{dU}{dr}, \quad (11)$$

где  $\vec{p} = m_e \vec{v}$  – импульс движения электрона,



$\vec{E} = -grad(\vec{U}) = -\frac{\vec{r}}{r} \frac{dU}{dr}$  – напряженность электрического поля,

$U$  – потенциал электростатического Кулоновского поля ядра атома,

$r = |\vec{r}|$  – длина радиус-вектора.

Вводя момент импульса электронной орбитали, окончательно получим:

$$\vec{B} = \frac{1}{e \cdot m_e c^2 r} \frac{dV}{dr} \vec{L}, \quad (12)$$

где  $\vec{L} = \vec{p} \times \vec{r}$  – момент импульса электрона,

$U = \frac{V}{e}$  – потенциал электростатического поля в объеме  $V$  электронной орбитали.

Из уравнений (1) и (2) определим спиновый момент электрона:

$$\vec{\mu}_s = \frac{e \cdot g_s}{2 \cdot m_e} \vec{S} \approx \frac{e}{m_e} \vec{S}. \quad (13)$$

Известно, что Томасовская угловая скорость прецессии описывается соотношением:

$$\vec{\varphi}_T = -\frac{1}{2(m_e)^2 c^2 r} \frac{dV}{dr} \vec{L}. \quad (14)$$

Подставляя выражения (12), (13) и (14) в уравнение (7) получим:

$$W = \frac{1}{2(m_e)^2 c^2 r} \frac{dV}{dr} \vec{L} \cdot \vec{S}, \quad (15)$$

или

$$W = \frac{2\pi\mu_B}{h \cdot e \cdot m_e c^2 r} \frac{dU}{dr} \vec{L} \cdot \vec{S}. \quad (16)$$

Последнее выражение показывает, что энергия спин-орбитального взаимодействия электрона в атоме определяется орбитальным  $\vec{L}$  и спиновым  $\vec{S}$  угловыми моментами этого электрона. Отсюда и название – спин-орбитальное взаимодействие [9–11].

Спиновый угловой момент количества движения электрона описывается уравнением:

$$\vec{S} = \frac{h}{4\pi} \vec{\sigma}, \quad (17)$$

где  $\sigma_i$  – матрицы Паули для описания спина электрона:

$$\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, 1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (18)$$

Причем для легких атомов наблюдается коммутирование спинового и орбитального моментов по каждому квантовому параметру для валентных электронов:

$$\vec{L} \cdot \vec{S} = \frac{1}{2}(\vec{J}^2 + \vec{L}^2 + \vec{S}^2). \quad (20)$$

В квантовой электродинамике электромагнитное взаимодействие заряженных частиц осуществляется путём обмена виртуальными фотонами между частицами. Известен эффект дельбрюковского рассеяния обменных фотонов на фотонах внешнего поля, который уменьшает кулоновскую силу взаимодействия электронов с ядром атома. Так, в сильном магнитном поле кулоновский потенциал ядра атома падает не обратно пропорционально расстоянию, а экспоненциально.

Для более эффективного влияния на спин валентного электрона планируется использовать внешнее магнитное поле  $\vec{B}$  с силовыми линиями малого диаметра (короткими магнитными вихрями). Зависимости импульса частицы  $\vec{p}$  во внешнем магнитном поле опишется выражением:

$$\vec{p} = \frac{e\mu_0}{2} \vec{H} \times \vec{R}, \quad (20)$$

где  $\vec{R}$  – радиус вектор от начала вихря внешнего магнитного поля к месту нахождения частицы.

**Выводы.** Для ускорения химических реакций сжигания композиционных биотоплив за счет магнитного поля могут применяться соленоидальная катушка, выполненная в виде тора или катушки Марко Родина, установленные в камере сжигания биотоплив.

#### Список литературы

1. Бучаченко А.Л. Химия на рубеже веков: свершения и прогнозы / А.Л. Бучаченко // Успехи химии. – 1999. – Т. 68. – №2.
2. Бучаченко А.Л. Академик, заведующий лабораторией спиновой химии Института химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, заведующий кафедрой химической кинетики Химического факультета МГУ [Электронный ресурс] . – Режим доступа:  
<http://www.chem.msu.su/rus/publ/Buchachenko/buch4.html>
3. Бучаченко А.Л. Академик, заведующий лабораторией спиновой химии Института химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, заведующий кафедрой химической кинетики Химического факультета МГУ [Электронный ресурс] . – Режим доступа:  
<http://www.chem.msu.su/rus/publ/Buchachenko/buch5.html>
4. W. Hohmann, D. Lebender, J. Muller, N. Schinor, F. Schneider J.Phys Chem A, 101, 9132 – 1997.
5. S. Jakubith, H. H. Rotermund, W.Engel, A. von Oertzen, G. Ertl. Phys. Rev. Lett, 65, 3013 – 1990.
6. Бучаченко А.Л. / А.Л. Бучаченко, В.Л. Берлинский //Успехи химии. – 1983. – Т.52. – №3.
7. A.L. Buchachenko, V.L. Berdmsky J. Phys. Chem, 100,18292 – 1996.

8. Ландау Л. Д., Лифшиц, Е. М. Теория поля / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – [7-е изд., исправленное]. – М.: Наука, 1988. – 512 с.
9. Уайт Р. Квантовая теория магнетизма: пер. с англ. / Р. Уайт – [2-е изд., испр. и доп.]. – М.: Мир, 1985. – 304 с.
10. Бьёркен Дж. Д., Дрелл С. Д. Релятивистская квантовая теория. Т.2 / Дж. Д. Бьёркен, С. Д. Дрелл. – М.: ИО НФМИ, 2000. – 296 с.
11. Джексон Дж. Классическая электродинамика / Дж. Джексон. – М.: Мир, 1965. – 703 с.

## **ВПЛИВ ЗОВНІШНЬОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ШВИДКІСТЬ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ ПРИ СПАЛЮВАННІ БІОПАЛИВ**

*Ю.О. Кожевников, В.Г. Ніколаєв*

*Анотація. Розглянуто теоретичні основи використання керування спінами валентних електронів речовин паливної суміші при вирішенні завдань підвищення якості процесу горіння і каталітичного прискорення хімічних реакцій (спіновий каталіз).*

*Ключові слова: лабораторні гіпотези, спінова хімія, ефект Зеемана, обмінна взаємодія*

## **INFLUENCE OF EXTERNAL MAGNETIC FIELD ON THE RATE OF CHEMICAL REACTIONS AT BURNING BIOFUELS**

*Y. Kozhevnikov, V. Nikolaev*

*Annotation. This article discusses the theoretical basis of the use of control substances spins of valence electrons of the fuel mixture in solving problems to improve the quality of combustion and catalytic acceleration of chemical reactions (spin catalysis).*

*Key words: laboratory hypothesis, spin chemistry, the Zeeman's effect, the exchange interaction*