

УДК 534.29:551.551.25

В.И. Короченцев, В.В. Короченцев**К ВОПРОСУ КЛАССИЧЕСКОЙ И КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ СТРОЕНИЯ
МОЛЕКУЛ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО, УПРУГОГО
И ГРАВИТАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

Предложены волновые уравнения химического взаимодействия атомов и молекул на электромагнитных, упругих и гравитационных полях.

Показано, что гравитационное взаимодействие между электрически нейтральными атомами и молекулами имеют большое значение для формирования устойчивых химических соединений.

На квантово-механическом уровне гравитационное взаимодействие между электрически нейтральными атомами и молекулами имеют энергетические параметры равные ковалентным, ионным, донорно-акцепторным и другим химическим связям.

Нелинейные взаимодействия; упругие электромагнитные волны; гравитационные волны.

V.I. Korochentcev, V.V. Korochentcev**TO A QUESTION OF THE CLASSICAL AND QUANTUM THEORY
OF A STRUCTURE OF MOLECULES ON THE BASIS OF
ELECTROMAGNETIC, ELASTIC AND GRAVITATIONAL INTERACTION**

This article he are offered wave equations of chemical interaction of atoms and molecules on electromagnetic, elastic and gravitational fields.

It is shown that gravitational interaction between charge of neutral atoms and molecules are of great importance for formation of steady chemical compounds.

At quantum-mechanical level between charge of neutral atoms and molecules power parameters equal covalent, ionic and to other chemical bonds have gravitational interaction

Nonlinear interactions; elastic electromagnetic waves; gravitational waves.

Принципиальные ответы на вопросы о формировании химических связей даны в начале XX в. при использовании методов квантовой механики в химии Гейлером и Лондоном. После этих работ природа химической связи принята только электрическая, а гравитационные и магнитные силы из-за их малости не рассматриваются. Электрическая природа хорошо объясняет структуру простейших атомов и молекул, например водорода. Более сложные, кристаллические, а особенно аморфные, требуют значительные упрощения уравнений Шредингера. Следствием этих упрощений является некорректное решение соответствующих волновых уравнений.

В ряде наших работ показано, что при колебательных движениях ядер атомов, в которых сосредоточена почти вся масса молекул, гравитационные поля ускоренно движущихся частиц оказывают большое влияние на структуру вещества [1–4]. При ускоренных движениях ядер атомов и молекул (частоты колебаний f более 10^{11} Гц) гравитационные взаимодействия значительно превышают классические силы законов Ньютона и ОТО А. Эйнштейна. На первом этапе определим законы волнового движения масс и электрически заряженных частиц.

Для доказательства общности математических моделей найдем аналогии между детерминированными упругими волнами (фононами), электромагнитными (фотонами) и вероятностными потенциалами уравнений квантовой механики. Покажем, что единая математическая модель позволяет обогатить методы решения как для квантово-механических задач, так и для задач механики сплошных сред.

Распространение упругих волн в замкнутых объемах (для упрощения рассмотрим жидкие среды) достаточно точно описывается волновым уравнением

$$\Delta\Phi - \frac{1}{c(r)^2} \frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

$$\text{с условиями на границе } \rho_1\Phi_1|_S = \rho_2\Phi_2|_S, \quad \frac{\partial\Phi_1}{\partial n}|_S = \frac{\partial\Phi_2}{\partial n}|_S,$$

где Φ – потенциал колебательной скорости внутри замкнутого объема W , ограниченного гладкой замкнутой поверхностью S , n – внешняя нормаль к поверхности S , $c(r)$ – фазовая скорость распространения упругих волн внутри объема W , r – расстояние до точки наблюдения.

Распространение электромагнитной волны внутри замкнутого объема W можно записать через потенциал Герца $\bar{\Pi}$ в виде уравнения

$$\Delta\bar{\Pi} - \frac{1}{c(r)_{эм}^2} \frac{\partial^2\bar{\Pi}}{\partial t^2} = 0 \quad (2)$$

$$\text{с условиями на границе } \varepsilon_1\Pi_1|_S = \varepsilon_2\Pi_2|_S, \quad \frac{\partial\Pi_1}{\partial n}|_S = \frac{\partial\Pi_2}{\partial n}|_S,$$

где $C_{эм}(r)$ – скорость распространения электромагнитных волн внутри объема W , ε_1 и ε_2 – диэлектрические проницаемости внутри и вне области.

Исходя из общей математической модели – однородного волнового уравнения (1) и (2), одинаковой структуры, в принципе нетрудно установить некоторые математические аналогии в этих уравнениях. Такие аналогии встречаются в различной литературе, изучающей физические и математические модели в механических и электромагнитных процессах для сплошных сред.

Установление аналогий привело к взаимному обогащению методов изучения упругих и электромагнитных волн. Созданы специальные разделы в акустике, например, методы электроакустических аналогий (прямые и обратные аналогии), электро-механических аналогий и другие полезные разделы физики и техники. В принципе, можно установить аналогии в задачах океанологии (волновые процессы в линейном приближении – сейши, волны в каналах) и моделями уравнений (1) и (2). Эти аналогии могут развить в них новые методы решений. Однако волновые процессы описывают значительно более широкий круг физических явлений. В частности, явления, происходящие на квантовом уровне описываются волновыми функциями и физически интерпретируются как волны. Эти волны имеют различные физические толкования как детерминированного, так и статистического свойства.

Основное уравнение нерелятивистской квантовой механики, сформулированное в 1926 г. Э. Шредингером, имеет вид

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta\Psi + (E(\vec{r}) - U(\vec{r}))\Psi = i\hbar \frac{\partial\Psi}{\partial t}, \quad (3)$$

где m – масса частицы, \hbar – постоянная Планка, Ψ – волновая функция. Ψ -функция может быть комплексной функцией и вероятность нахождения микрообъекта массой m в окрестности точки $M(r,t)$ пропорциональна квадрату модуля Ψ -функции.

То есть вероятность P пропорциональна квадрату модуля Ψ -функции. $P \sim \Psi \cdot \Psi^* = |\Psi|^2$. Здесь Ψ^* – функция комплексно сопряженная с Ψ . $U(r,t)$ – функция потенциальной энергии частицы в силовом поле, в котором она движется.

На первый взгляд искать математические аналогии между выражением (3) и (1), (2) сложно, т.е. модели не имеют аналогий. Для нахождения аналогий, преобразуем как уравнение Шредингера и уравнения (1) и (2) к одному типу моделей.

Во-первых, заметим, что уравнение (3) имеет первую производную по времени, а волновые уравнения (1, 2) вторую производную как по времени, так и по пространственным координатам.

Во-вторых, описание распространения волн производится через энергетические параметры частицы U , E , \hbar в выражении (3), а в уравнениях (1, 2) через волновые параметры: скорость, длина волны, частота и др.

Преобразуем уравнение (1) в модель, описывающую волновой процесс через энергетические функции. Аналогичный подход можно предложить и для уравнения (2). Для описания модели (1) через энергетические параметры волны, предположим, что нам известна полная энергия волны E и ее механический импульс p , тогда скорость распространения волны $C_{\text{упр}}=E/p$.

$C_{\text{упр}}^2=E^2/p^2$, а уравнение (1) в этих предположениях записывается в виде

$$\Delta\Phi - \frac{p^2}{E^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} = 0, \quad (4)$$

где $C_{\text{упр}}^2=E^2/p^2$ квадрат фазовой скорости распространения упругой волны. Продолжить энергетические обобщения удобно и для гармонических волн частоты $f=1/T$, T – период, $\omega=2\pi f=2\pi/T$.

Для этого введем некоторую константу, характеризующую волновой процесс в заданной замкнутой области. Обозначим эту константу «Н». Эта константа для гармонических упругих волн должна допускать следующее представление. Энергия гармонической механической волны может выражаться в виде

$$E=N \cdot \omega; \quad P/N=2\pi/\lambda, \quad (4a)$$

где λ – длина гармонической волны, k – волновое число.

В этом случае, например, плоская упругая гармоническая волна может быть записана в виде

$$\Phi = \Phi_0 e^{i(\omega t - k\vec{r})} = \Phi_0 e^{i\left(\frac{E}{\hbar}t - \frac{p}{\hbar}\vec{r}\right)}. \quad (4б)$$

Волновое уравнение (4) для гармонической волны запишем в виде амплитудного уравнения Гельмгольца в следующем виде

$$\Delta\Phi + \left(\frac{p}{\hbar}\right)^2 \Phi = 0 \quad \text{или} \quad \Delta\Phi + \left(\frac{p}{E}\omega\right)^2 \Phi = 0. \quad (4в)$$

Граничные и начальные условия в уравнениях (4-4в) можно ставить аналогично модели (1) с привлечением терминологии энергетических обозначений (4) и (4а).

Проведем ряд преобразований в уравнении Шредингера (3). Для этого представим, что Ψ -функция может быть представлена в виде произведения $\Psi=\Psi_0(t)\times\Psi(r)$, где $\Psi_0(t)=e^{\pm i\omega t}$, $\omega=\frac{E}{\hbar}$ – круговая частота перемещения Ψ -функции в пространстве, $E=p^2/2m$, $\hbar=E/\omega$.

Продифференцируем второй раз по времени и исключим из уравнения (3) постоянную Планка \hbar . В этом случае уравнение Шредингера можно обобщить в виде (4) (приняв потенциальную функцию $U(r,t)=0$):

$$\Delta\Psi - \frac{p^2}{E^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = 0. \quad (5)$$

Приняв гармоническую зависимость Ψ от времени, получим уравнение Гельмгольца

$$\Delta\Psi + \left(\frac{P}{H}\right)^2 \Psi = 0 \quad \text{или} \quad \Delta\Psi + \left(\frac{P}{E}\omega\right)^2 \Psi = 0. \quad (5a)$$

Нетрудно показать, что уравнения (4)–(4в) и (5)–(5в) являются математическими аналогами. Как уже отмечалось ранее, такие же аналоги можно получить для уравнений электромагнитных волн.

Принципиально также устанавливаются аналогии для волн, излучаемых ускоренно движущимися гравитационными массами. Таким образом, запись уравнений типа (4) и (5) является некоторым обобщением для электромагнитных, упругих и «гравитационных» волн, а также волновых функций квантово-механических процессов.

В настоящее время межмолекулярное взаимодействие электрически нейтральных молекул и атомов описывается либо электростатическими силами взаимодействия между полярными диполями молекул, либо дисперсионными соотношениями в терминологии квантовой механики.

При этом ψ -функция квантово-механических уравнений (3), (5)–(5а) описывает вероятность нахождения электронов относительно ядер атомов.

Однако при колебательном движении атомов в кристаллических решетках большое влияние на структуру молекул имеют не только электромагнитные, но и механические (упругие) и «гравитационные» взаимодействия. При этом волны в материале могут распространяться как оптические (электромагнитные), так и акустические ветви нормальных колебаний (фононные волны). Очевидно, при формировании акустических и «гравитационных» волн основное влияние имеют массы молекул, которые сосредоточены в атомных ядрах. Атомные ядра совершают колебания (т.е. ускоренные движения) в эйлеровой системе координат, привязанной к некоторой точке, неподвижной относительно Земли.

В соответствии с ОТО А. Эйнштейна, любые массы, совершающие ускоренное движение при определенных условиях, могут генерировать (излучать) гравитационные волны. Оценки интенсивности этих волн классическими методами показывают их малые численные значения по сравнению с электромагнитными волнами.

Поэтому при построении математических моделей структуры молекул гравитационными взаимодействиями между ядрами пренебрегают.

Как для больших, ускоренно движущихся масс (двойные звезды, планеты), так и для микрочастиц, гравитационные волны до настоящего времени экспериментально уверенно не зарегистрированы.

В работе [1] нами введено понятие «гравитационных» волн (в кавычках), которые можно экспериментально уверенно зарегистрировать стандартными высокочувствительными гравиметрами при землетрясениях. В отличие от классических волн ОТО, эти волны зарегистрированы стандартными гравиметрами, находящимися на больших расстояниях от очагов землетрясений (от 1 000 до 8 000 км) [2, 3]. Скорость этих волн от 600 до 100 000 м/с.

Из уравнений (1)–(5), которые по математической сути являются волновыми уравнениями механики сплошных сред, можно ввести следующие выражения для «колебательной скорости» микрочастиц.

$$\text{Аналог скорости } \vec{v} = -\text{grad}\Psi, \text{ аналог давления } P = \rho \frac{\partial\Psi}{\partial t}, \text{ аналог век-$$

тора Умова–Пойтинга $I = P \cdot \vec{v}_n$, аналог мощности

$$W = \int_S P \cdot v_n^* dS, \quad (6)$$

где S – поверхность интегрирования.

Для энергетической оценки взаимодействующих микрочастиц введем понятие аналог «импеданса» (аналог механического импеданса в теории упругих волн):

$$Z = \frac{W}{|v_n|^2} = r - ix, \quad (7)$$

где r и x – активная и реактивная составляющая «импеданса».

Например, для двух точечных протонов H^+ , расположенных друг от друга на расстоянии d , колеблющихся с круговой частотой $\omega=2\pi/T$ и волновым числом

$$k = \frac{P}{h}, \text{ получим}$$

$$Z_{1,2} = r_{1,2} + ix_{1,2}, \quad r_{1,2} = r_0 \frac{\sin kd}{kd}; \quad x_{1,2} = x_0 \frac{\cos kd}{kd}. \quad (8)$$

«Импеданс» теоретически удовлетворительно описывает взаимодействие протонов с точки зрения волнового взаимодействия без привлечения теории электростатического взаимодействия и вероятностных параметров ψ -функций. Экспериментальные точки на рис. 1 хорошо совпадают с теоретической кривой.

Качественно оценим численные энергетические параметры взаимодействия двух протонов H^+ . Для этого предположим, что потенциальная ψ -функция, входящая в уравнения (5) и (5а), описывает волновые процессы, происходящие при воздействии колеблющихся ядер. При этом ядра излучают «гравитационные» волны в понимании. Скорость этих волн для качественных оценок принимаем приближенно диа-

пазоне от 10^3 до 10^5 м/с $k = \frac{2\pi}{\lambda_{гп}}$, $x = \frac{\cos kd}{kd}$, d – расстояние между атомами.

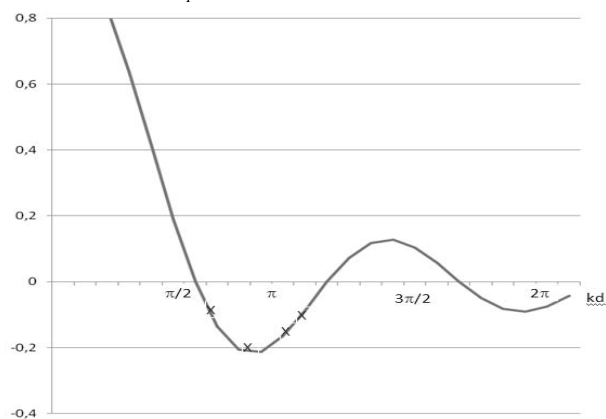


Рис. 1. Волновое взаимодействие атомов

Анализируя рис. 1 можно предположить, что взаимное волновое влияние атомов друг на друга, а значит, и минимальная энергия связи будет при взаимном расположении в токах $kd = \frac{\pi}{2} + n\pi$, $n=0, 1, 2, \dots$. При уменьшении волнового

размера $kd < \frac{\pi}{2}$ и между точками минимального взаимодействия система энергетиче-

чески неустойчива. В пределах $\frac{3\pi}{2}kd > 0$ (см. рис. 1) качественно совпадает с классической потенциальной кривой электрического взаимодействия двухатомной молекулы. Подчеркнем, что график (см. рис. 1) получен для электрически нейтральных атомов. Оценим качественные характеристики (геометрию молекул и энергетические параметры) двухатомных молекул. Известно, что атомы ускоренно колеблются в диапазоне от $10^{11} \div 10^{13}$ Гц. Если предположить, что в нашей модели электрически нейтральный атом (или молекулы) колеблется с частотой $f = 2,5 \cdot 10^{12}$ Гц. Предположим, что молекулы излучают «гравитационные» волны, подобные волнам в макром мире между ускоренно движущимися массами (очаги землетрясения). Скорость «гравитационной волны» принимаем в пределах $C_{гп} = 3 \cdot 10^3 \div 5 \cdot 10^5$ м/с. В этом случае энергия взаимодействия в квантовомеханическом приближении $E_0 = 1,66 \cdot 10^{-21}$ Дж. Для одного моля энергия будет $E_{\Sigma} = E_0 \cdot N_a \approx 1$ КДж/моль, где N_a – число Авогадро, а расстояние между молекулами $(3 \div 5) \cdot 10^{-10}$ м. Эта энергия «гравитационного взаимодействия» входит в интервал перекрывания связей между молекулами ($1 \div 5$ кДж/моль).

Эти данные вполне согласуются с экспериментальными данными межмолекулярного ванн-дер-ваальсовского взаимодействия. Эти же данные можно получить из непосредственного решения волнового детерминантного уравнения (1) и его аналога (5а) при интерпретации ψ -функции как потенциала «гравитационной» волны. Для одномерного случая при большом расстоянии от ядра атома радиуса $r_0 = 10^{-15}$ м, запишем решение уравнения «смещения» в потенциале плоской «гравитационной» волны $\xi = \xi_0 e^{i(\omega t - \vec{k} \vec{r})}$, при этом, $f = 10^{13}$ Гц. Предположим, что начальное смещение волны $\xi_0 = r_0 \cdot 10^{-2} = 10^{-17}$ м (1 % от радиуса ядра).

Под большим расстоянием будем понимать расстояние $r \geq 10^{-10}$ м от ядра атома. Тогда колебательная «скорость» $V_{cp} = \frac{d\xi}{dt} = V_0 e^{i(\omega t - \vec{k} \vec{r})}$,

$$V_0 = i\omega \xi_0 = i \cdot 6,28 \cdot 10^{13} \xi_0 = i \cdot 6,28 \cdot 10^{-4} \text{ м/с.}$$

На большом расстоянии «давление» P в «гравитационной» волне можно определить в приближении плоских волн: $P = iV_0 \rho C_{cp}$.

Тогда, в соответствии с выражением (6), мощность волнового потока через поверхность $S = 4\pi r^2 = 4\pi \cdot 10^{-20}$ м², при $C_{гп} = 10^3 \div 10^5$ м/с и $\rho = 10^3$ кг/м³, численно будет равна $W = V_0^2 \rho C_{cp} \cdot S = 4,95 \cdot 10^{-19}$ Ватт.

В данном случае мощность на один моль будет равна $W_{\text{моль}} = W \cdot N_a = 298$ кВт/моль. Это значение также соответствует экспериментальным данным энергии химического взаимодействия между молекулами.

В заключение отметим, что применение «гравитационных» волн и соответствующих волновых уравнений (1) и (5) позволяет согласовать геометрию расположения и геометрические размеры молекулы с графиком (см. рис. 1). Если принять скорость распространения волн между атомами $C = 3 \cdot 10^8$ м/с, то при частотах колебаний атомов $10^{11} \div 10^{13}$ Гц значение минимума энергии $\lambda/4 = 10^{-4}$ м, что на 6 порядков больше размера двухатомной молекулы. Таким образом, «гравитационные» волны и гравитационное взаимодействие удовлетворительно согласуются с реальным строением вещества.

Анализируя расчетные данные настоящей работы можно сделать предположение, что строение молекул вещества можно объяснять не только стационарными электрическими теориями вероятностными квантовыми моделями. Волновое

взаимодействие между электрически нейтральными атомами и молекулами в детерминированном приближении моделей (1–5) также удовлетворительно объясняют энергетическую устойчивость молекул. Использование теории «гравитационных» волн и их сравнительно малых скоростей распространения $C=10^3 \div 10^5$ м/с соответствует расположению атомов в узлах стоячих волн, которые находятся в пределах 10^{-10} м. Скорость передачи взаимодействия между молекулами $C=10^8$ м/с дает порядок расстояния $C=10^{-4} \div 10^{-5}$ м, что не объясняет устойчивости кристаллического строения вещества. Таким образом, теория предлагает объяснение устойчивости молекул посредством волнового взаимодействия.

Эти данные вполне согласуются с экспериментальными данными межмолекулярного ванн-дер-ваальсовского взаимодействия. Эти же данные можно получить из непосредственного решения волнового детерминированного уравнения (1) и его аналога (5а) при интерпретации ψ -функции как потенциала «гравитационной» волны. Для одномерного случая при большом расстоянии от ядра атома радиуса $r_0=10^{-15}$ м, запишем решение уравнения «смещения» в потенциале плоской «гравитационной» волны $\xi = \xi_0 e^{i(\omega t - \vec{k} \vec{r})}$, при этом $f=10^{13}$ Гц. Предположим, что начальное смещение волны $\xi_0=r_0 \cdot 10^{-2}=10^{-17}$ м (1 % от радиуса ядра).

Под большим расстоянием будем понимать расстояние $r \geq 10^{-10}$ м от ядра атома.

Тогда колебательная «скорость» $V_{\text{гр}} = \frac{d\xi}{dt} = V_0 e^{i(\omega t - \vec{k} \vec{r})}$,

$$V_0 = i\omega\xi_0 = i \cdot 6,28 \cdot 10^{13} \xi_0 = i \cdot 6,28 \cdot 10^{-4} \text{ м/с.}$$

На большом расстоянии «давление» P в «гравитационной» волне можно определить в приближении плоских волн: $P = iV_0 \rho C_{\text{гр}}$.

Тогда, в соответствии с выражением (6), мощность волнового потока через поверхность $S=4\pi r^2=4\pi \cdot 10^{-20}$ м², при $C_{\text{гр}}=10^3 \div 10^5$ м/с и $\rho=10^3$ кг/м³, численно будет равна $W = V_0^2 \rho C_{\text{гр}} \cdot S = 4,95 \cdot 10^{-19}$ Ватт.

В данном случае мощность на один моль будет равна $W_{\text{моль}}=W \cdot N_a=298$ кВт/моль. Это значение также соответствует экспериментальным данным энергии химического взаимодействия между молекулами.

В заключение отметим, что применение «гравитационных» волн и соответствующих волновых уравнений (1) и (5) позволяет согласовать геометрию расположения и геометрические размеры молекулы с графиком (см. рис. 1). Если принять скорость распространения волн между атомами $C=3 \cdot 10^8$ м/с, то при частотах колебаний атомов $10^{11} \div 10^{13}$ Гц значение минимума энергии $\lambda/4=10^{-4}$ м, что на 6 порядков больше размера двухатомной молекулы. Таким образом, «гравитационные» волны и гравитационное взаимодействие удовлетворительно согласуется с реальным строением вещества. Скорость «гравитационной» волны $3 \cdot 10^4$ м/с, в соответствии с рис. 1 минимум энергии находится при $d=\lambda/2$. То есть размер молекулы $d=2,7 \cdot 10^{-10}$ м, что полностью согласуется с экспериментальными расстояниями в молекуле H₂O.

Анализируя расчетные данные настоящей работы можно сделать предположение, что строение молекул вещества можно объяснять не только стационарными электрическими теориями вероятностными квантовыми моделями. Волновое взаимодействие между электрически нейтральными атомами и молекулами в детерминированном приближении моделей (1–5) также удовлетворительно объясняют энергетическую устойчивость молекул. Использование теории «гравитационных» волн и их сравнительно малых скоростей распространения $C=10^3 \div 10^5$ м/с соответствует расположению атомов в узлах стоячих волн, которые находятся в

пределах 10^{-10} м. Скорость передачи взаимодействия между молекулами $C=10^8$ м/с дает порядок расстояния $C=10^{-4}\div 10^{-5}$ м, что не объясняет устойчивости кристаллического строения вещества. Таким образом, теория гравитационного взаимодействия предлагает объяснение устойчивости молекул посредством волнового взаимодействия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Короженцев В.И.* Математическая модель генерации упругих и электромагнитных волн очагом землетрясения // Вестник ЮФУ. – 2009. – № 7. – С. 206-214.
2. *Короженцев В.И., Короженцев В.В.* Обобщенная математическая модель движения среды в поле центральных гравитационных сил // VII Всероссийский симпозиум «Физика гео-сфер». – Владивосток, 2009. – С. 101-106.
3. *Короженцев В.И., Короженцев В.В.* Математические аналогии в задачах нелинейной гидродинамики и квантовой механики // Материалы 50-й Всероссийской научной конференции. Т.2. – Владивосток, 2007. – С. 41-46.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. С.П. Тарасов.

Короженцев Владимир Иванович

Дальневосточный государственный технический университет.
Институт радиоэлектроники, информатики и электротехники.
E-mail: vkoroch@mail.ru.
690950, г. Владивосток, Аксаковский переулок, 3а.
Тел.: 84232450982.
Кафедра гидроакустики; д.ф.-м.н.; профессор.

Короженцев Владимир Владимирович

Дальневосточный федеральный университет.
Институт химии и прикладной экологии.
E-mail: korochen@vido.dvgu.ru.
690950, г. Владивосток, ул. Октябрьская 27, ауд. 250.
Тел.: 84232429300.
Кафедра экологии; к.х.н.; доцент.

Korochentsev Vladimir Ivanovich

Far Eastern National Technical University.
Institute of Radio Electronics, Information Science and Electrical Engineering.
E-mail: vkoroch@mail.ru.
3a, Axakovsky Pereulok, Vladivostok, 690950, Russia.
Phone: +74232450982.
The Department of Hydroacoustics; Dr. of Phis.-Math. Sc.; Professor.

Korochentsev Vladimir Vladimirovich

Far Eastern Federal University.
Institute Chemistry and Ecology.
E-mail: korochen@vido.dvgu.ru.
27, Oktybrskaya Street, Aud. 250, Vladivostok, 690950, Russia.
Phone: +74232429300.
The Department of Ecology; Cand. of Chem. Sc.; Associate Professor.