

НАБЛЮДАЕМОСТЬ ОБЛАСТИ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ ОТ ПОДВОДНОГО ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА КАК СЛЕДСТВИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ «ПОЛЯ ПАМЯТИ»

АННОТАЦИЯ

Рассматривается освещение толщи воды лучом лазера и облучение поверхности моря сигналом РЛС в области подводного движущегося объекта. В предположении об одинаковой массовой ориентации диполей молекул воды под влиянием земного магнетизма и наличии у воды «памяти», выдвигается гипотеза о наблюдаемости области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта, включая ее выход на морскую поверхность. Показывается, что установление свойства наблюдаемости, в случае его подтверждения опытными данными, отвечает требованиям квалификации открытия.

Открытие свойства единой причинности рассматриваемых значимых явлений позволяет констатировать наличие в морской среде своеобразного «гидрофизического поля памяти диполей молекул воды» и использовать его для обнаружения подводных движущихся объектов, что позволит получить существенный эффект и снижение рисков при выполнении практических задач в Мировом океане.

Ключевые слова: диполи молекул воды; магнитное поле Земли; подводный движущийся объект; жидкие кристаллы-кластеры; луч лазера; излучение РЛС; люминесценция.

POLENIN V. I.

OBSERVABILITY OF AREA OF HYDROPHYSICAL INDIGNATIONS FROM THE UNDERWATER MOVING OBJECT AS A RESULT OF MANIFESTATION IN THE WATER ENVIRONMENT "FIELDS OF MEMORY"

ABSTRACT

Illumination of thickness of water and radiation of a surface of the sea is considered by a beam of the laser a signal of radar station in the field of an underwater moving object. In the assumption of identical mass orientation of dipoles of molecules of water under the influence of terrestrial magnetism and presence at memories water, the hypothesis of observability of area of hydrophysical indignations from an underwater moving object, including its exit to a sea surface is made. It is shown that establishment of property of observability, in case of its confirmation by the experimental data, meets the requirements of qualification of opening.

Discovery of property of uniform causality of the considered significant phenomena allows to state existence in the marine environment of a peculiar "hydrophysical field of memory of dipoles of molecules of water" and to use it for detection of underwater moving objects that will allow to gain essential effect and risk reduction when performing practical tasks in the World Ocean.

Keyword: dipoles of molecules of water; earth magnetic field; underwater moving object; liquid crystals clusters; laser beam; radiation of radar station; luminescence.

*«Что может быть сделано на основе
меньшего числа предположений,
не следует делать, исходя из большего»*

Методологический принцип «Бритва Оккама»

1. Современное понимание причинности наблюдаемости области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта лучом лазера и сигналом РЛС. Постановка задачи

Рассматривается известное явление наблюдаемости области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта при осуществлении:

- в подводной среде – лидарного зондирования путем лазерного излучения в сине-

зеленой части спектра и получения сигнала обратного рассеяния приемником, включающим объектив и фотодетектор;

- в воздушной среде – лидарного зондирования подводной среды и зондирования водной поверхности лучом РЛС.

Наблюдаемость гидрофизических возмущений водной среды, вызванных движением объекта, с применением лидара подтверждается рядом публикаций:

1. «... гидрофизические возмущения могут наблюдаться с помощью лидаров благодаря тому, что под их влиянием неоднородности распределения гидрооптических характеристик трансформируются в пространстве и во времени... Проведенные эксперименты подтвердили возможность

дистанционной регистрации гидрофизических процессов» [20, с. 4].

2. «Современные дистанционные лазерные методы визуализации и вычисления компонент скорости движения частиц в жидкости позволяют производить измерения... возмущений поля скорости, вызванные движением сферы в водной толще» [18].

3. «Применение разработанного в ГОИ мощного лазера на переходах атомов меди (530 нм) позволило создать систему глубоководного лазерного зондирования (ЛЗ), для получения информации о гидрооптических неоднородностях с глубин до 100 м... Такая система ЛЗ позволяет обеспечить оперативный поиск мест залегания турбулентных полей» [3].

Что касается внешнего лидарного зондирования гидрофизических возмущений поверхности моря и подводной среды, то оно подтверждается следующими публикациями:

1. В работе [20, с. 4]: «...применение лидарных систем, установленных на авиа- и спутниковых носителях, значительно повышает производительность обследования акваторий».

2. Авиационные «лидары широко применяются при изучении и исследовании Мирового океана. Они используются... для изучения характеристик морского волнения, проявлений на поверхности процессов, происходящих в глубине океана» [23].

Далее, в отношении радиолокационной наблюдаемости области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта на поверхности моря:

1. «У исследований подводного обнаружения с использованием радара долгая история. Бернуллиевый «максимум» - пример возмущения, вызванного субмариной, распространяющегося по вертикали. Поток вокруг корпуса проявляется на поверхности как след Кельвина» [31].

2. Известны свидетельства об имевшейся практике радиолокационного поиска подводных лодок в подводном положении по образуемым ими при движении возмущениям надводной среды [22, 26].

3. В публикации [30] «Представлено моделирование следов, возбуждаемых погруженным телом, в радиолокационных изображениях с высоким разрешением радара с синтезированной апертурой (SAR)».

Итак, наблюдаемость области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта при осуществлении лидарного зондирования и зондирования водной поверхности лучом РЛС подтверждается рядом публикаций.

По поводу физики явления наблюдаемости гидрофизических возмущений в публикациях [7, 18, 20, 22, 27, 31], современные взгляды на природу наблюдаемости области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта сводятся:

а) лазерным лучом - к влиянию гидрооптических показателей рассеяния, без указания физической причины наблюдаемости области гидрофизических возмущений, но с констатацией того, что «единого мнения о закономерностях такой связи до сих пор нет»;

б) сигналом РЛС - к турбулентности, «горбу Бернулли», следу Кельвина и модуляции ряби на морской поверхности, с акцентом на профильный характер их проявления и регистрации как неровностей на поверхности воды.

Не отрицая правомерность этих выводов и заключений, а также с учетом заключений о том, что причины наблюдаемости области гидрофизических возмущений с применением лидаров и РЛС достоверно не установлены, в статье ставится задача обосновать утверждение о том, что одной из основных причин наблюдаемости области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта лучом лазера и сигналом РЛС является дипольная природа явления обратного рассеяния диполями жидких кристаллов-кластеров воды, единая для обоих средств и способов наблюдения. Это знание является новым и в научных публикациях не встречается.

2. Явления, сопровождающие лазерное излучение в условиях стационарной морской среды

Факт 1. Известно, что лазерный луч световых волн небольшого частотного диапазона (от инфракрасного до ультрафиолетового) создает в воде явление люминесценции [10, с. 14-22], вызванного эффектом обратного рассеяния.

Современный взгляд, связанный с дипольной природой молекул воды, объясняет это явление тем, что молекулы воды являются электрическими

диполями, которые при воздействии электрического поля света лазера проявляют свойство поглощения-излучения [11, 12, 14, 15] (рис. 1).

Воды океанов и морей находятся в непрерывном движении, обусловленном геофизическими океаническими и морскими, ветровыми и приливо-отливными течениями [4, 6].

Поскольку диполь молекулы воды находится в движении, обусловленном морским (океанским) течением, то под влиянием магнитного поля Земли на оба заряда диполя (Н - положительный, О - отрицательный) действует сила Лоренца - сила воздействия магнитного поля на движущуюся в нем точечную заряженную частицу [5, 8, 14, 21] (рис. 2).

Направления действия силы Лоренца на положительный и отрицательный заряды диполя, противоположны. Поэтому в каждой точке земной поверхности в магнитном поле Земли существует только одно устойчивое положение (пространственная ориентация) диполя, объясняемое действием этой силы в данной точке.

Факт 2. Современная модель воды, названная кластерно-фрактальной моделью [13], включает свободные молекулы-диполи и их ассоциаты (около

60% объема воды), а также жидкие кристаллы-кластеры (около 40% объема воды).

Свободные, не связанные в ассоциаты, молекулы воды присутствуют в воде лишь в очень небольшом количестве. В основном же вода – это совокупность беспорядочных ассоциатов и «водяных кристаллов», где количество связанных в водородные связи молекул может достигать сотен и даже тысяч единиц [29].

В условиях стационарного морского течения, при движении морской воды поперек магнитных силовых линий земного магнитного поля, векторы статических электрических полей всех свободных молекул-диполей, их ассоциат и жидких кристаллов-кластеров имеют одинаковую пространственную ориентацию [11, 17], что и объясняет предсказанное еще Фарадеем наличие в океане токов, вызванных простой индукцией. При горизонтальном направлении магнитных силовых линий магнитного поля Земли (в районе экватора) векторы статических электрических полей диполей морской воды будут направлены вертикально: для восточного течения - вверх (рис. 3), для западного течения - вниз.

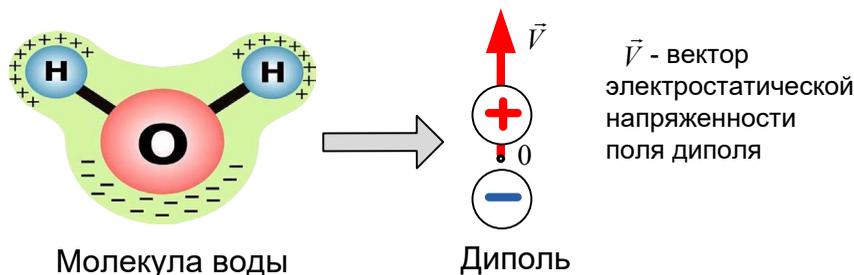


Рисунок 1 – Молекула воды диполь

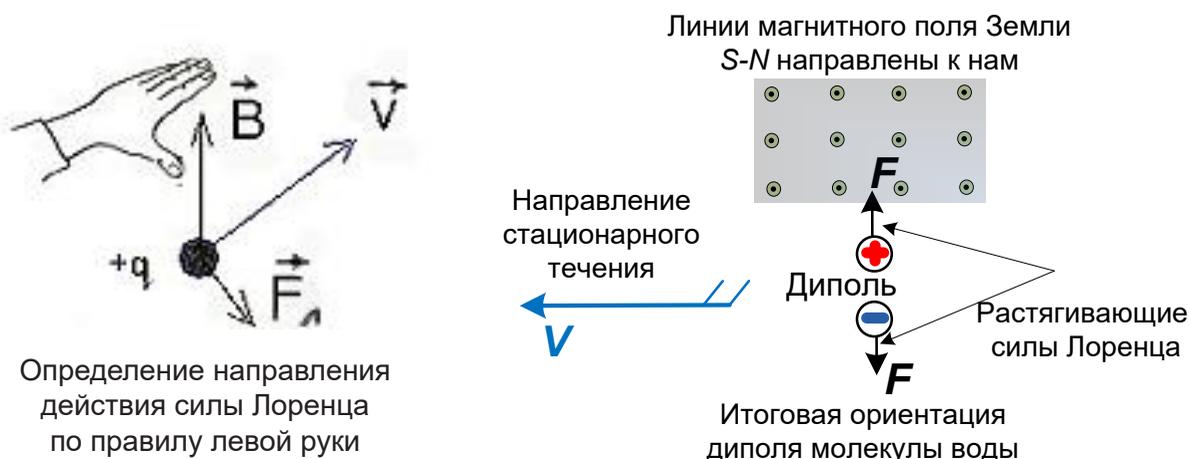


Рисунок 2 – Пространственная ориентация диполя молекулы воды во внешнем магнитном поле Земли в условиях стационарного течения, пересекающего линии магнитного поля

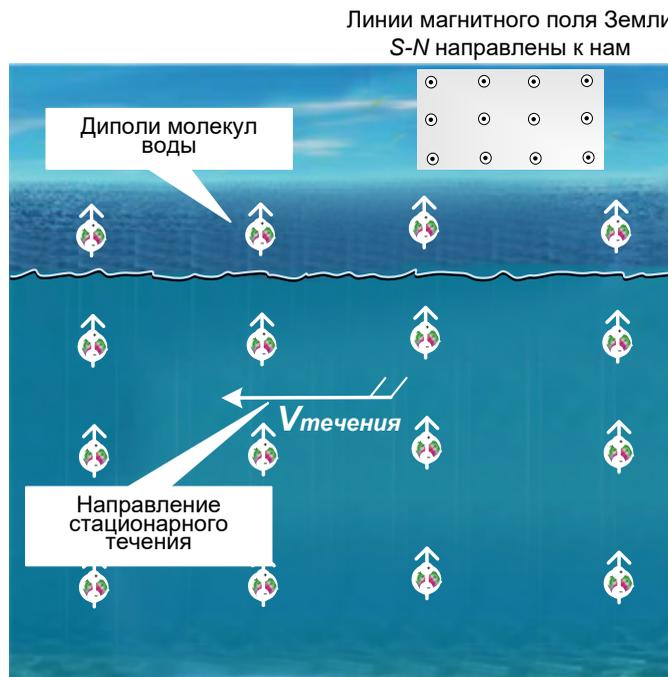


Рисунок 3 – Одинаковая пространственная ориентация диполей молекул воды в толще водной среды и на поверхности моря в условиях стационарного морского течения восточного направления и воздействия магнитных силовых линий магнитного поля Земли горизонтальной направленности

Факт 3. Поскольку под влиянием магнитного поля Земли векторы электростатической напряженности $E_{\text{диполя}}$ всех свободных молекул-диполей, их ассоциат и жидких кристаллов-кластеров имеют одинаковую пространственную ориентацию, то вдоль луча лазера интенсивность поглощения-излучения, т. е. люминесценции, будет неизменной [19].

При упорядоченном расположении атомов, молекул или ионов силы взаимодействия между ними и межатомные расстояния (а также некоторые не связанные с ними прямо величины,

например, поляризуемость, электропроводность, интенсивность поглощения-излучения) оказываются неодинаковыми по различным направлениям, что порождает явление анизотропии (анизотропности) {от др.-греч. ἄνισος – неравный и τρόπος – направление – различие свойств среды в различных направлениях внутри этой среды}.

В некотором произвольном направлении эта интенсивность характеризуется диаграммой направленности инициируемого поглощения-излучения (рис. 4).

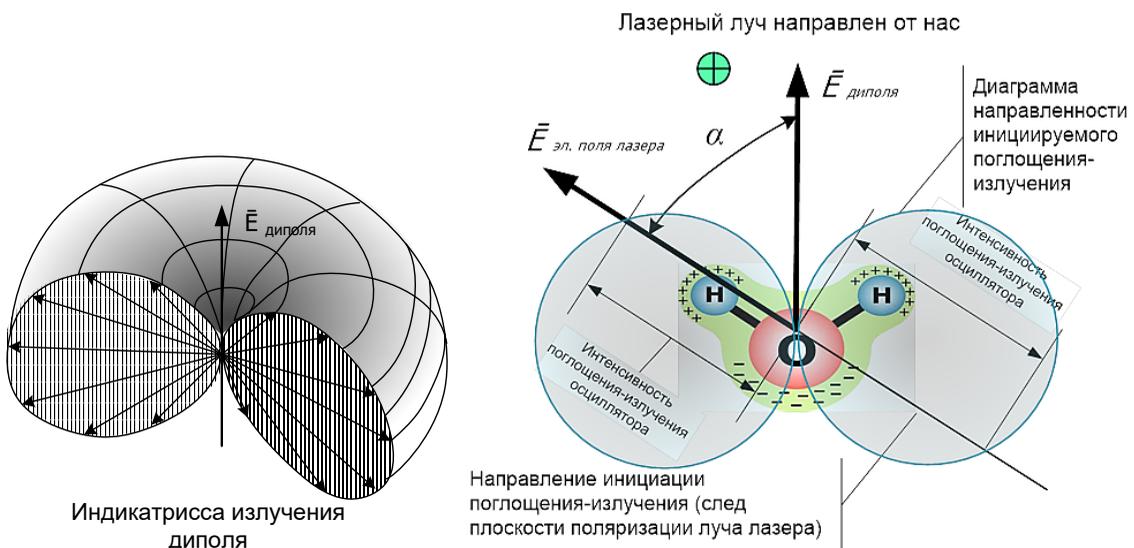


Рисунок 4 – Индикатрисса излучения и диаграмма направленности инициируемого поглощения-излучения диполя молекулы воды

Направление инициируемого поглощения-излучения совпадает с направлением вектора $E_{\text{эл. поля лазера}}$ напряженности электрического поля луча лазера, лежащего в плоскости поляризации лазерного излучения (рис. 5).

В целях пояснения физики явления целесообразно, по аналогии с понятием анизотропии (анизотропности), ввести понятие путевой анизотропии (анизотропности) {от др.-греч. ἀνισος – неравный и δρόμος – путь, дорога – различие свойств среды вдоль направления луча внутри этой среды}.

В условиях стационарного морского течения и воздействия магнитных силовых линий магнитного поля Земли ориентация диаграммы направленности инициируемого поглощения-излучения диполей будет одинаковой для всех молекул воды. Следовательно, она сохранится одинаковой и в ассоциатах, и в жидких кристаллах-кластерах. Известно, что ассоциаты и кластеры в силу ориентированного смещения в них электрических зарядов также обладают свойствами диполей [16]. Очевидно, что ориентация этих интегральных диполей будет совпадать с ориентацией диполей молекул воды.

Поскольку в условиях стационарного морского течения и воздействия магнитных силовых линий магнитного поля Земли ориентация диаграммы направленности инициируемого поглощения-излучения диполей молекул воды, ассоциат и жидких

кристаллов-кластеров будет неизменной, то вдоль направления луча лазера будет иметь место явление путевой изотропии.

Следствие. В условиях стационарного морского течения и воздействия магнитных силовых линий магнитного поля Земли уровень сигнала обратного рассеяния, принимаемый фотодатчиком лазера, будет иметь по трассе луча характер малых случайных колебаний при закономерном уменьшении амплитуды по мере увеличения расстояния за счет рассеяния излучения.

Что касается изменения показателя поглощения океанской воды, то его принято считать тем же, что и у чистой воды [25].

3. Явление кластерно-дипольной природы наблюдаемости области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта и по его следу

Факт 4. В условиях гидрофизических возмущений, возникающих в области обтекания подводного движущегося объекта, ориентация свободных молекул-диполей, их ассоциат и жидких кристаллов-кластеров в пространстве изменяется.

Природа обтекания подводного движущегося объекта такова, что вокруг него слои воды изменяют свое направление или ориентацию в пространстве, а вслед за объектом образуются симметрично расположенные вихри [24, 26] (рис. 6).

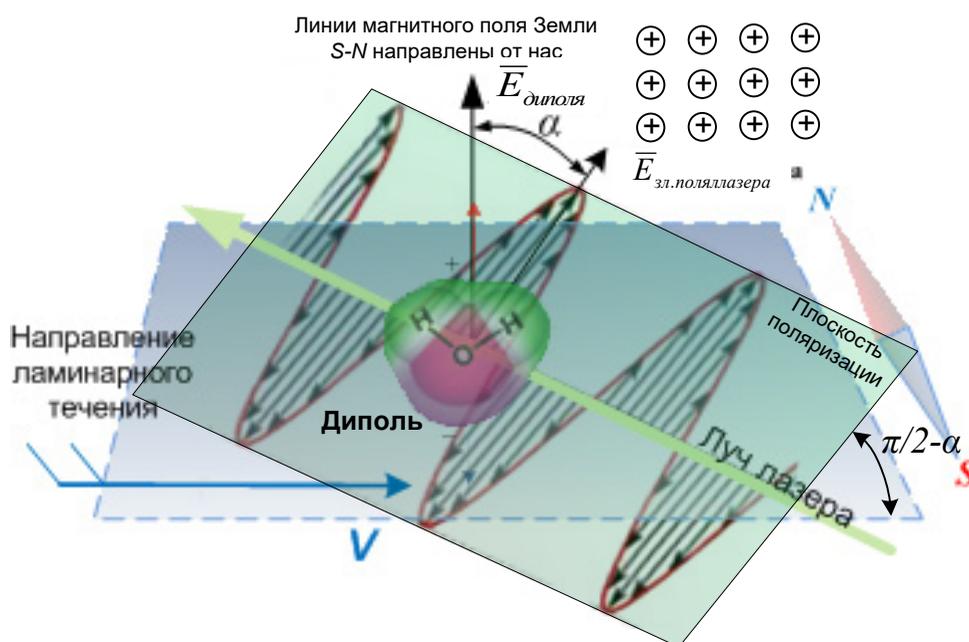
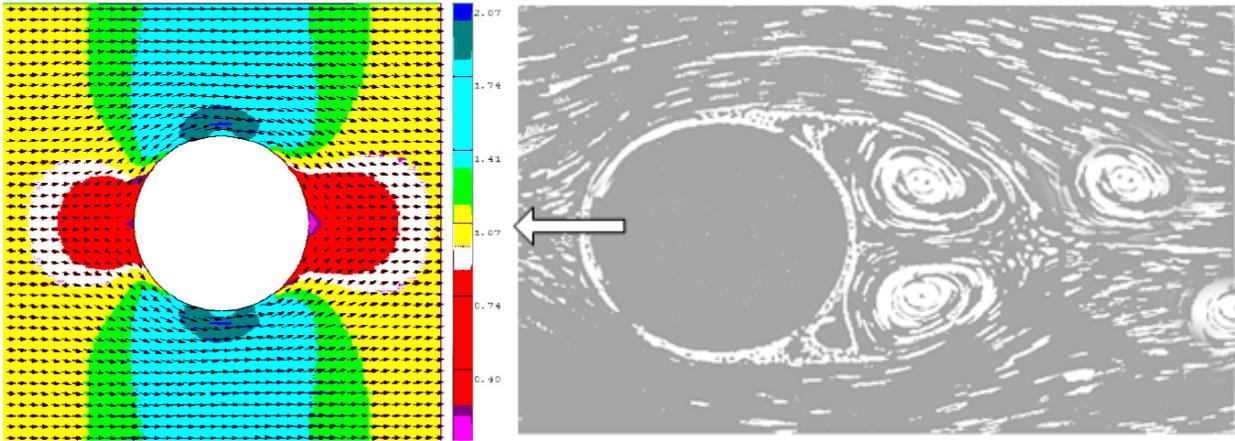


Рисунок 5 – Схема пространственной ориентации вектора электростатической напряженности диполя и плоскости поляризации луча лазера



Векторное цветное поле скоростей воды при обтекании цилиндра

Направления слоев жидкости и симметричные вихри при обтекании подводного движущегося объекта

Рисунок 6 – Гидрофизические явления при обтекании подводного движущегося объекта

По мере поочередного отрыва вихрей они располагаются сзади по следу подводного движущегося объекта и постепенно ослабевают по причине потерь из-за вязкости воды.

В указанных областях обтекания подводного движущегося объекта имеет место послойное, приблизительно повторяющее конфигурацию слоев, изменение пространственной ориентации диполей молекул воды (рис. 7).

Известно, что после снятия возмущений свободные диполи молекул воды и их ассоциаты восстанавливают нарушенную пространственную ориентацию относительно магнитного поля Земли

за короткое время (релаксации) порядка 10^{-12} секунд [9, 13]. Поэтому, независимо от масштабов и интенсивности гидрофизических возмущений, ориентация этих диполей будет сохраняться согласно правилу Лоренца, а «знание» причинности наблюдаемости гидрофизических возмущений их влиянием на ориентацию молекул является неверным.

Что же касается диполей жидких кристаллокластеров, то после окончания возмущающего гидрофизического воздействия они вновь ориентируются магнитным полем Земли лишь через 30-40 мин [9, 13], что характеризует устойчивость явлений гидрофизических возмущений от подво-

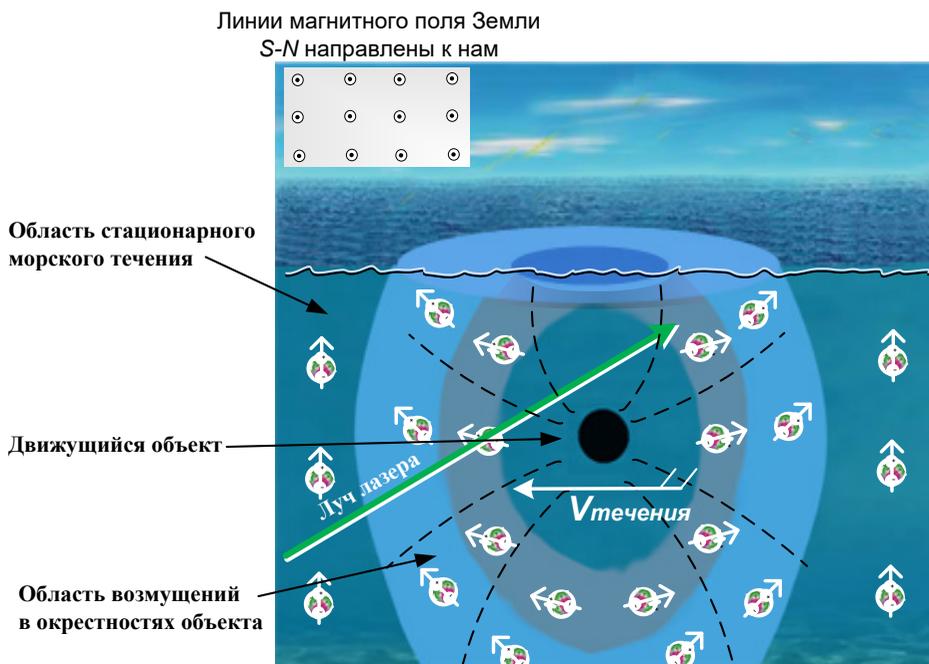


Рисунок 7 – Пространственная ориентация диполей молекул воды в условиях стационарного морского течения и в области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта

дногo движущегося объекта.

Следствия:

1) В области водной среды, прилежащей к подводному движущемуся объекту, векторы электростатической напряженности диполей жидких кристаллов-кластеров будут изменять направление в соответствии с гидродинамической ориентацией слоев и вихрей, создаваемой подводным движущимся объектом.

2) Вызванные внешними возмущениями изменения направлений векторов электростатической напряженности диполей жидких кристаллов-кластеров, составляющих свыше 40% общего объема воды, сохраняются в каждом сечении области гидрофизических возмущений в течение 30-40 минут с момента их образования;

3) При пересечении лучом лазера этой области непосредственно у подводного движущегося объекта и по следу объекта, слои и вихри в области гидрофизических возмущений обуславят, в соответствии со своей ориентацией, флуктуацию обратного рассеяния, т.е. будет иметь место явление путевой анизотропии.

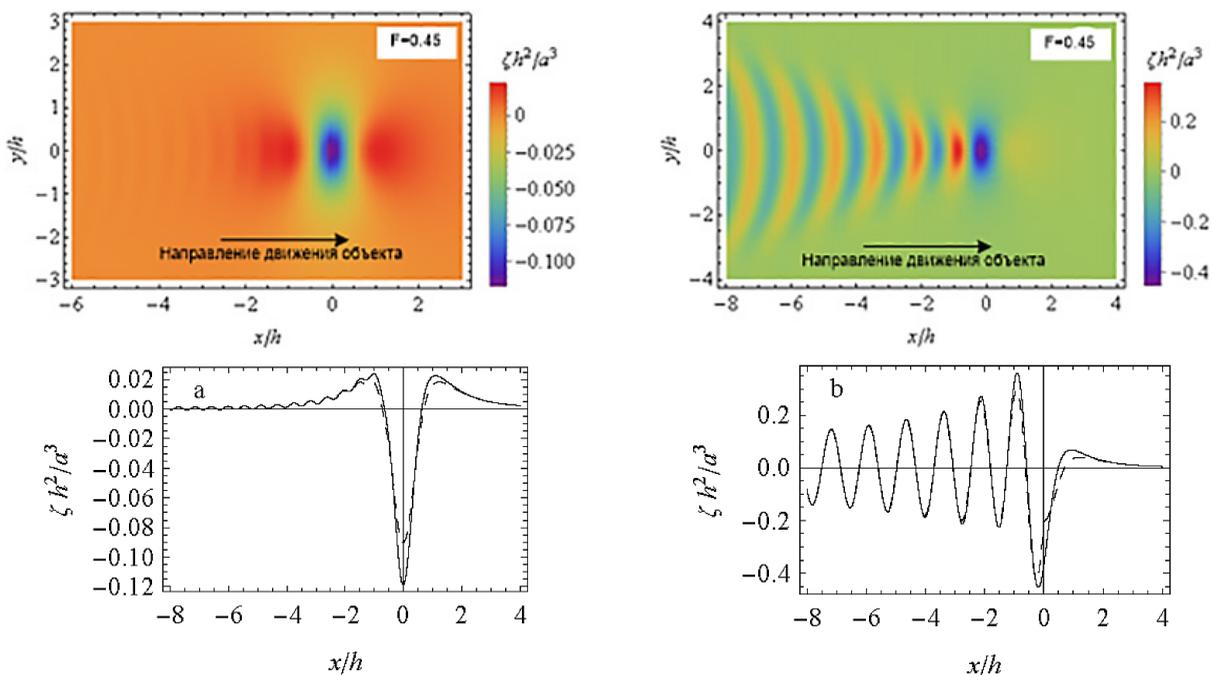
Уровень сигнала, принимаемого фотодатчиком лазера по трассе луча в пределах области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта и по его следу, приобретет характер слу-

чайных колебаний в соответствии с гидродинамической ориентацией слоев и вихрей.

Новое знание 1: Установление явления дипольно-кластерной природы наблюдаемости области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта, при освещении области в толще воды лазерным лучом, что обусловлено устойчивым во времени изменением направлений пространственной ориентации диполей жидких кристаллов-кластеров, вызванным гидрофизическими возмущениями.

4. Явление дипольно-кластерной природы наблюдаемости области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта и по его следу на поверхности моря

Факт 5. Наиболее глубоко явление возбуждения гидрофизических возмущений на поверхности моря при обтекании подводного движущегося объекта (шара) исследовано в работе [2]. Предложено новое решение задачи, целью которого является вычисление возвышения свободной поверхности жидкости (корабельной волны). Облик геометрических форм возмущений поверхности воды, характерных для реалистичных значений числа Фруда $F = V / \sqrt{gh}$, где V - скорость движения, h - глубина погружения шара, представлен на рис. 8.



Оси: x - по направлению, y - поперек движения объекта, z - вертикально вверх; a - радиус шара; ζ - глубина профиля поверхности

Рисунок 8 – Профиль подводных гидрофизических возмущений и поверхностной корабельной волны в области подводного движущегося объекта и по его следу при различных значениях числа Фруда

Похожие результаты опубликованы в статье [28].

Таким образом, при обтекании водой подводного движущегося объекта, зоны гидрофизических возмущений возникают и на поверхности моря.

Очевидно, что поверхностный слой воды в этих зонах будет содержать жидкие кристаллы-кластеры с пространственной ориентацией диполей, определяемой воздействием гидрофизических возмущений, достигающих поверхности воды. Более того, в силу наличия паров воды, содержащих жидкие кристаллы-кластеры, в воздушном слое над поверхностью воды, явление распространения аналогичной пространственной ориентации будет иметь место и в воздушной среде в области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта.

Известно, что «кластеры воды на границах раздела фаз (жидкость-воздух) выстраиваются в определенном порядке, при этом все кластеры колеблются с одинаковой частотой, приобретая одну общую частоту, более высокую, чем характерна для отдельных диполей... Установлено, что частота колебаний кластера и, соответственно, частота электромагнитных колебаний... равна $6,79 \cdot 10^9$ Гц, то есть длина волны в свободном пространстве должна составлять $\lambda = 4,4$ см» [12]. В этом тексте в [12] ошибочно указан результат расчета длины волны $\lambda = 14,18$ мм.

В публикациях [15, 16] приведены сведения

о дипольно-кластерной модели молекулярной структуры воды и ее радиофизических резонансных свойствах. Показано, что при тщательном исследовании с помощью метода трансмиссионно-резонансной КВЧ/СВЧ радиоспектроскопии частотных диапазонов от 0,1 ГГц до 150 ГГц, обнаружены «транс-резонансные» волны на частотах 1, 65, 130 ГГц и некоторых других (рис. 9).

Резонансное состояние водной среды реализуется и на других кратных гармониках, на двух сериях частот вблизи 200, 250, 300 ГГц и 195, 260, 325 ГГц и т. д., вплоть до 10^3 ГГц. Причем, при возбуждении водной среды на одной из указанных частот, возбуждение распространяется и на смежные «транс-резонансные» частоты, что можно объяснить превалированием дипольных связей в сравнении с водородными и наличием в водной среде кристаллов-кластеров различной структуры. Выявленное явление люминесценции в радиодиапазоне получило название «радиоволновой люминесценции». Таким образом, подтверждаются характеристики резонансного излучения, приведенные в [12].

Известно, что параметры электромагнитного излучения сантиметрового диапазона используются в практической радиолокации, конкретно, в навигационных РЛС, в РЛС поиска воздушных и надводных целей и в РЛС управления оружием [1].

Следовательно, облучение поверхности моря и воздушной среды поляризованным сигналом РЛС будет сопровождаться явлением обратного рассея-

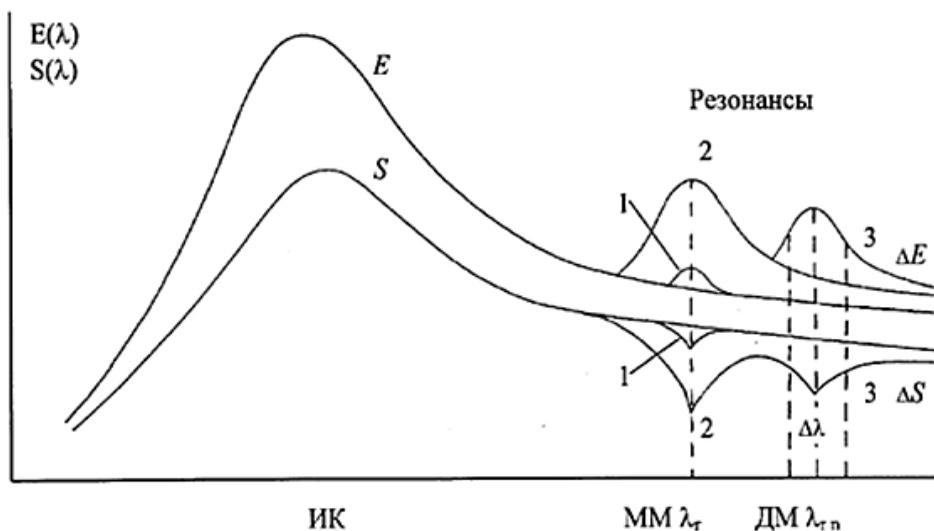


Рисунок 9 – Спектральная плотность энергии $E(\lambda)$ и энтропии $S(\lambda)$ излучения водной среды: кривые соответствуют: 1 – тепловому возбуждению, 2 – воздействию внешних полей и излучений, 3 – люминесцентному излучению; λ_r, λ_{rn} – резонансные длины волн

ния, уровень которого определяется углом между вектором напряженности электрического поля луча РЛС и векторами электростатической напряженности диполей кластеров.

В зонах гидрофизических возмущений, выхода на поверхность слоёв воды и вихрей с измененной в пространстве ориентацией диполей кластеров, а также в приповерхностном слое атмосферы, очевидно, должно наблюдаться явление хаотического изменения обратного отражения электромагнитного излучения РЛС. Это, в свою очередь, должно вызвать бликовые эффекты на экране РЛС, которые яркостью и симметрией должны соответствовать контурам области возмущений, т. е. полезному сигналу, что является индикатором обнаружения подводного движущегося объекта,

Новое знание 2: Установление явления дипольной природы наблюдаемости области гидрофизических возмущений, прилегающей к подводному движущемуся объекту и по его следу, при облучении поверхности моря и приповерхностного слоя атмосферы над объектом сигналом РЛС, что обусловлено устойчивым во времени изменением направлений пространственной ориентации диполей жидких кристаллов-кластеров, вызванным гидрофизическими возмущениями от подводного движущегося объекта, достигающими поверхности воды (рис. 10),

Итоговое новое знание: В целом имеет место открытие явления единой причинности дипольной природы наблюдаемости области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта, при освещении области в толще воды лучом лазера и облучении поверхности моря и приповерхностного слоя атмосферы над объектом сигналом РЛС. Установление свойства наблюдаемости, в случае его подтверждения опытными данными, отвечает требованиям квалификации открытия.

В заключение необходимо отметить, что открытие этого явления подтверждается следующим заключением, сходным по содержанию: «Обнаружена люминесценция водных и биологических сред в радиодиапазоне. Люминесценция наблюдается в ДМ диапазоне при воздействии на среды ММ радиоволн, оптического излучения He-Ne лазера, магнитного и электрических полей... Источником радиоволновой люминесценции являются резонансные молекулярные колебания водосодержащих сред и негэнтропийные переходы, вызываемые синхронизацией колебаний и пространственной анизотропией молекулярных структур под влиянием внешних воздействий... Возникшая ориентационная анизотропия приводит к пространственной анизотропии собственных резонансных излучений молекулярных водных структур и концентрации излучения в преимущественном направлении» [15].

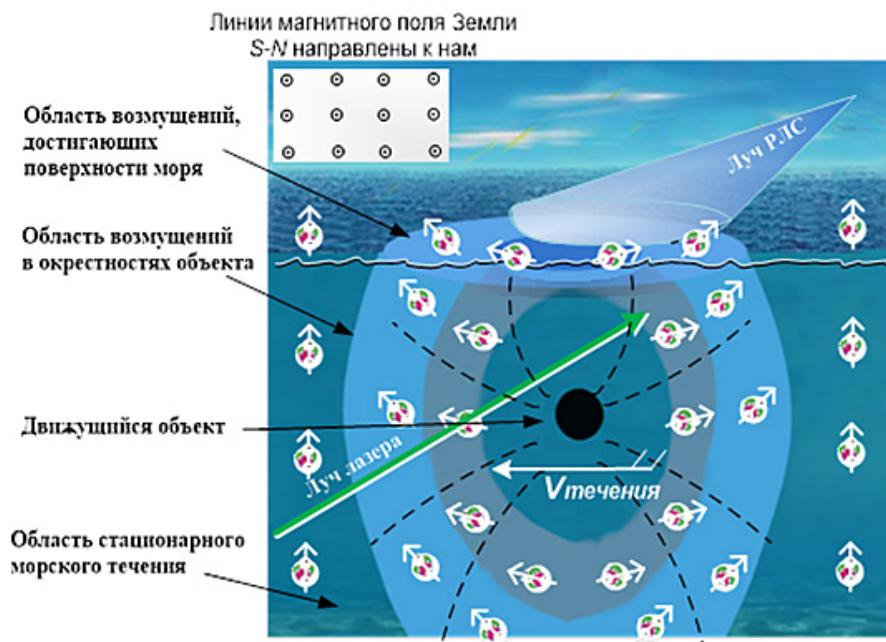


Рисунок 10 – Пространственная ориентация диполей молекул воды и жидких кристаллов-кластеров в толще водной среды и на поверхности моря в условиях стационарного морского течения и в области гидрофизических возмущений от подводного движущегося объекта

Замечательное свойство всех открытий состоит в методологической прокладке дороги инновационного развития по соответствующему направлению. Открытие свойства единой причинности рассматриваемых значимых явлений позволяет констатировать наличие в морской среде своеобразного «гидрофизического поля памяти диполей молекул воды» и использовать его для обнаружения подводных движущихся объектов, что позволит получить существенный эффект и снижение рисков обеспечения национальной безопасности путем расширения номенклатуры средств подводного наблюдения при осуществлении практической деятельности в Мировом океане.

Список литературы

1. Иванов С.Ю., Баишев В.М., Попов В.А. Активные и пассивные радиотехнические средства в системе наблюдения за обстановкой в интересах корабельной группы // *Морская радиоэлектроника*. – 2013. – №1 (43).
2. Аржанников А. В., Котельников И. А. Метод решения нестационарной задачи о возбуждении корабельных волн подводным объектом // *Новосибирский государственный университет*. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.phys.nsu.ru/vestnik/catalogue/2015/04/Vestnik_NSU_15T10V4_p43_p59.pdf (Дата обращения 20.11.2018).
3. Гольдин И.Д., Утенков Б.И., Эмдин В.С. Гидрооптические системы контроля параметров морской среды // *Морская радиоэлектроника*. – 2002. – № 3(3).
4. Движение в Мировом океане. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/dvizhenie-v-mirovom-okeane> Зооинженерный факультет МСХА. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/dvizhenie-v-mirovom-okeane/> (Дата обращения 20.11.2018).
5. Долженко А. О некоторых явлениях при движении диполя в магнитном поле. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://alex-dolzhenko.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=397:o-nekotorykh-yavleniyakh-pri-dvizhenii-dipolya-v-magnitnom-pole&catid=14&Itemid=40 (Дата обращения 07.07.2018).
6. Доронин Ю. П.. Физика океана. Учебник для специальности «Океанология». – СПб.: СПбГУ, 2010. – 236 с.
7. Родионов А.А., Брамсон М.А., Ермош В.К., Скопин Н.А. Достижения отечественных ученых и инженеров в области создания гидрофизических средств освещения подводной обстановки / в монографии «Роль российской науки в создании отечественного подводного флота» // *Рос. акад. наук ; под общ. ред. А.А. Саркисова*. – М.: Наука, 2008. – 656 с.
8. Жданов Л. С., Жданов Г. Л. Физика для средних специальных учебных заведений: Учебник. 4-е изд., испр. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 512 с.
9. Зенин С.В., Тяглов Б.В. Гидрофобная модель структуры ассоциатов молекул воды // *Журн. Физ. химии*. – 1994. – Т.68. – №4. – С.636-641.
10. Константинова-Шлезингер М.А. Люминесцентный анализ. – М.: Физматгиз, 1961. – 401 с.
11. Магнитные и электрические явления в океане. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/magnitnye-i-elektricheskie-yavleniya-v-okeane/> Зооинженерный факультет МСХА. (Дата обращения 05.11.2018).
12. Мосин О.В. О собственном излучении кластерной системы воды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.o8ode.ru/article/water/owniz.htm> (Дата обращения 13.05.2018).
13. Мосин О.В. Обладает ли вода структурой? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.o8ode.ru/article/energo/water_structure.htm (Дата обращения 04.07.2018).
14. Антонченко В.Я., Давыдов А.С., Ильин В.В. Основы физики воды / Отв.ред. Бродин М.С. – АН УССР: Институт теоретической физики. – Киев : Наук. Думка, 1991, – 672 с.
15. Петросян В.И. Радиоволновая люминесценция воды и биосред / Саратовское отделение Института радиотехники и электроники РАН. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aquatone.su/radiovolnovaya-lyuminescenciya-vody-i-biosred.pdf>
16. Петросян В.И. и др. Резонансные свойства и структура воды / В.И. Петросян, О.В. Бецкий, А.В. Майбородин, С.А. Дубовицкий, С.В. Власкин, А.В. Благодаров, А.Н. Мельников // Компания «Проект «Новые технологии» (Р.Н.Т.)», ИРЭ РАН, Медикотехническая ассоциация «МТА-КВЧ», Центральный НИИ измерительной аппаратуры (ЦНИИИА). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn-->

80ad1amf7a4b.net/book/rezonansnye-svoystva-i-struktura-vody.pdf (Дата публикации 15.10.2010).

17. Показеев К.В., Чаплина Т.О., Чашечкин Ю.Д. Оптика океана: учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 216 с.

18. Полетаева М.А. Экспериментальное исследование гидрофизических возмущений поля скорости, вызванного движением подводного объекта сферической формы, методом объемных измерений // 13-я Всероссийская конференция «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики» // ФГУП «Крыловский государственный научный центр». – СПб: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (Санкт-Петербург).

19. Поляризованная люминесценция. Большая Российская энциклопедия: электронная версия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/physics/text/3156836> (Дата обращения 15.09.2018).

20. Родионов М.А. Исследование возможностей лидарной диагностики гидрофизических полей на основе гидрологических и гидрооптических измерений в северных морях России: автореф. дисс. канд. физмат. наук. – СПб., 2012. – 27 с.

21. Смык А.Ф. Физика. Часть 2. Электромагнетизм: Курс лекций. – Москва: МГУП, 2007. – 160 с.

22. Тимохин А.С. В море им не спрятаться. О радиолокационном обнаружении подводных лодок. Сайт Око планеты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oko-planet.su/politik/politikarm/464541-v-more-im-ne-spryatatsya-o-radiolokacionnom-obnaruzhenii-podvodnyh-lodok.html> (Дата обращения 20.11.2018).

23. Фейгельс В.И. Оптимизация параметров лидаров для дистанционного лазерного зондирования океана и континентального шельфа: автореферат дис. к.ф.-м.н. 05.27.03; 11.00.08 – Л.: Ленингр. ин-т точной механики и оптики, 1991. – 19 с.

24. Чижиумов С.Д. Основы гидродинамики. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ»,

2007. – 106 с.

25. Шифрин К.С. Введение в оптику океана. – М.: Гидрометеиздат, 1983. – 280 с.

26. Шорыгин О.П. Свободные кольцевые вихри в жидкости // Ученые Записки ЦАГИ. – 1973. – Том IV. – №4. – С. 48-56.

27. DTIC ADB228588: A Review of NIDAR / Merrill I. Skolnik // Radar Division. – April 1975. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://archive.org/details/DTIC_ADB228588/page/n1 (Дата обращения 12.10.2018).

28. Parameterization of the Near-Field Internal Wave Field Generated by a Submarine / James W. Rottman, Kyle A. Brucker, Douglas Dommermuth, Dave Broutman // 28th Symposium on Naval Hydrodynamics Pasadena, California, 12-17 September 2010. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/266619540> (Дата обращения 30.12.2018).

29. Rustom Roy, W.A. Tiller, Iris Bell, M. R. Hoover. The Structure Of Liquid Water; Novel Insights From Materials Research; Potential Relevance To Homeopathy // Materials Research Innovations, vol. 9, issue 4, December 2005, pp. 577-608. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/252170362_The_Structure_Of_Liquid_Water_Novel_Insights_From_Materials_Research_Potential_Relevance_To_Homeopathy (Дата обращения 20.11.2018).

30. Simulation of synthetic aperture radar imaging of dynamic wakes of submerged body / Peng Liu, Ya-Qiu Jin // Journals & Magazines: IET Radar, Sonar & Navigation. Volume: 11, Issue: 3. – P. 481 – 489. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7887099>. (Дата публикации: 24.04.2017).

31. Tunaley J.K.E. The Bernoulli Hump Generated by a Submarine. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.london-research-and-development.com/Bernoulli-Hump.pdf> (Дата обращения 01.03.2015).

Статья поступила в редакцию 14 февраля 2019 г.
Принята к публикации 29 марта 2019 г.