

Монография А. Л. Бондаренко

Крупномасштабная динамика и долгопериодные волны Мирового океана и атмосферы

<http://meteoweb.ru/aa0.php>

Предисловие к монографии

“Эти наблюдения привели к коренному пересмотру динамики океана, обнаружив существенную изменчивость динамики вод, что весьма резко расходится с существующими теоретическими концепциями. Настоящий этап в исследованиях можно назвать волновым”.
(С.С. Лаппо, 1979 г).

“В январе 2003 года группа исследователей, работающая с установкой LEPS на японском накопителе SPring-8, опубликовала результаты поиска экзотической частицы Z⁺. Частица была найдена! И более того, она была найдена именно там, где ее предсказывали солитонные модели устройства барионов. Если выяснится, что это не случайное совпадение, то нам придется сделать вывод, что вся материя вокруг нас – и мы сами! – состоим из сплошных солитонов!”
www.astronet.ru/db/msg/1188217

Смысл эпитафий станет ясен по мере прочтения монографии (Автор).

ПРЕДИСЛОВИЕ

В монографии приводятся исследования явлений, процессов, определяющих крупномасштабную динамику океана и атмосферы, т. е. движений воды, течений и воздуха, ветра. **По результатам этих исследований автором монографии разработана концепция, согласно которой почти вся динамика океана, в том числе и глобальная, формируется**

океаническими долгопериодными волнами, которые следует отнести к океаническим волнам солитонам, а глобальная динамика атмосферы формируется атмосферными долгопериодными волнами, которые следует отнести к атмосферным волнам солитонам. Локальная динамика атмосферы формируется океаническими волнами солитонами в режиме теплового взаимодействия океана и атмосферы, а также различий температуры воздуха в пространстве, обусловленных атмосферными и океаническими волнами солитонами. Так что практически вся динамика океана и атмосферы формируется океаническими и атмосферными волнами солитонами. Следует пояснить. Долгопериодные волны океана и атмосферы принято относить к волнам Россби, но, как показывают исследования автора монографии, их следует отнести к волнам солитонам. Океан и атмосфера заполнены долгопериодными океаническими и атмосферными волнами солитонами.

Под динамикой океана и атмосферы следует понимать движения частиц воды океана и воздуха атмосферы, которые есть не что иное, как орбитальные движения частиц волн, в данном случае солитонов. С позиции предложенной концепции удаётся объяснить природу практически всех динамических явлений, процессов, наблюдаемых в океанах и атмосфере.

В 2005 г. автором была подготовлена и принята к изданию монография под названием “Крупномасштабные течения и долгопериодные волны Мирового океана”, в которой приводились исследования только океанических течений и долгопериодных волн. По техническим причинам она не была издана в печати, а только в Интернете. Исследования были продолжены.

Океан и атмосфера – взаимодействующие среды, и результат их взаимодействия проявляется в динамике обеих сред. Кроме того, природа движений вод океана и воздуха атмосферы, как выяснилось в процессе исследований, в основном схожи. Поэтому в монографии уделено много внимания исследованиям динамики не только океана, но и атмосферы. Кроме того, частично пересмотрена и динамика океана: течений и долгопериодных волн. Все эти исследования размещены в этом новом варианте монографии, ей дано и новое название: “Крупномасштабная динамика и долгопериодные волны Мирового океана и атмосферы”.

Кратко о содержании монографии

Понятие «течения», океанические или морские, двояко. **Во-первых**, это океанические или морские динамические образования, в которых огромная масса воды вовлечена в движение. К ним относятся крупномасштабные течения, среди которых всем известны: Гольфстрим, Куроисио, мощные экваториальные течения и т. д. **Во-вторых**, под словом «течения» подразумеваются конкретные движения, перемещения масс воды. Чтобы различить оба понятия, одновременно со словом «течения» мы будем иногда использовать словосочетание «движения воды». К примеру, можно выразиться, так: *«Скорость течений, движений воды в Гольфстриме составляет см/с.»* После этого пояснения понятно, где речь идёт о течениях, как о динамических образованиях, а где о движениях воды.

Течения имеют различные пространственно-временные масштабы, механизмы и происхождение. По пространственно-временным масштабам их принято разделять на переменные по скорости и направлению, вектор которых меняется квазициклически, с периодичностью приблизительно от десятка суток до нескольких десятков, а также на устойчивые или квазиустойчивые, по направлению соизмеримые с масштабами океана или моря, получившие название крупномасштабных течений или крупномасштабной циркуляции. В крупномасштабную циркуляцию вовлечены практически все воды океана, от поверхности до дна. Приповерхностные воды в Северном полушарии совершают антициклоническое движение по часовой стрелке и, соответственно, в Южном – циклоническое против часовой стрелки. В основном в океанах средние скорости течений небольшие, ~ 10 см/с. Но в западных и экваториальных областях они проявляются в виде мощных струйных течений со скоростями до 2,5 м/с, как, например, в Гольфстриме, Куроисио, Сомалийском и др. течениях.

С учётом кинематических свойств движения воды, течения принято делить на градиентные, дрейфовые и длинноволновые. Считается, что основные вызывающие их причины: ветер, колебания атмосферного давления, неравномерное положение поверхности воды, обусловленное осадками, испарением, нагревом океана, соединением вод различной плотности. При этом одна и та же причина может создать течения, имеющие различные механизмы и пространственно-временные масштабы. К примеру, дрейфовые течения

создаются "влекущим" действием ветра. Перемещение масс воды в пространстве осуществляется неравномерно, что создаёт наклон уровня поверхности океана и, соответственно, градиентные течения. Ветер и колебания атмосферного давления создают волны, в том числе и долгопериодные, с периодом порядка от одного до нескольких десятков суток. Они имеют такие параметры, как орбитальные движения частиц воды и волновой перенос, т. е. фактически это волновые течения.

Очевидно, что течения – важная гидрологическая характеристика, определяющая перемещения вод океана, поведение в нём поля солёности и температуры, различных взвешенных и растворённых элементов естественного и антропогенного характера, существенно влияющая на погоду и климат Земли.

Интерес к океаническим течениям человечество проявляет с глубокой древности, в основном в утилитарных целях, например, в судовождении, не касаясь их природы. Сейчас исследователи изучают возникновение и влияние течений на экологию Мирового океана, климат и погоду. В этом случае необходимо знать природу течений, их параметры, свойства, закономерности развития.

Некоторые исследователи стремились и раньше объяснить природу течений, их закономерности, свойства, режимные характеристики. Так, Аристотель полагал (V в. до н. э.), что причина океанических течений кроется в гидрологическом цикле. Испарения в тропиках, по его мнению, понижают уровень океана, а дожди в приполярных областях его повышают, в результате чего морские воды перемещаются от высокого уровня в полярных областях к более низкому в тропиках. Фактически это градиентные течения. В XVIII в. англичане Ричард Кирван и Бенджамин Томсон высказали предположение о том, что течения поддерживаются за счёт различий уровня воды, обусловленного плотностью морской воды. Первым, кто предположил, что течения могут быть дрейфовыми, ветровыми был англичанин Уильям Дампир [1699 г.] [Фашук, 2002].

В начале двадцатого века такие представления о течениях были математически описаны норвежскими учёными Сандстрёмом и Хелланд-Хансеном и немецким учёным Экманом. Им был присвоен статус теорий – градиентных геострофических течений [Sandström, Helland-Hansen,

1903], и ветровых течений [Ekman, 2006]. Эти представления безальтернативно просуществовали до начала шестидесятых годов XX века, популярны они и сейчас.

В начале шестидесятых годов XX-го века в океанах доказательно были зарегистрированы мощнейшие динамические образования – долгопериодные волны, названные волами Россби в честь выдающегося учёного – геофизика шведского происхождения Карла Густава Россби. Практически те же самые волны в зоне, близкой к берегу, стали называться континентальными шельфовыми волнами [Гилл, 1986, Ле Блон, Майсек, 1981]. Позже такие же образования были обнаружены советскими исследователями в замкнутых морях – Каспийском и Чёрном [Бондаренко, 1993, Бондаренко и др., 1993, Бондаренко, 1994, Бондаренко, 1998, Иванов, Янковский, 1993].

Следует отметить, что в 1939 г. К. Россби опубликовал исследования, в которых предположил возможность существования волн Россби в атмосфере и дал математическое их описание [Rossby, 1939]. Позднее, но до открытия долгопериодных волн в океане, К. Россби предполагал существование подобных волн и в океанах [Бетяев, 2007]. Это явилось причиной того, что открытые позже волны, уже после смерти К. Россби, были названы его именем.

Анализ волновых течений, т. е. орбитальных движений частиц воды волн Россби и крупномасштабных течений подсказал учёным, что оба явления должны быть связаны физически. Большинство исследователей считали, что волны Россби сформированы неустойчивостью крупномасштабных течений. По мнению других крупномасштабные течения формируются названными волнами в результате передачи их энергии течениям. Вторая точка зрения более популярна. В основном рассматривались два механизма: отрицательной вязкости и нелинейного взаимодействия волн, т.е. механизмы медленной передачи энергии волн течениям, так называемый механизм “накачки” [Лаппо, 1979, Монин, 1978, Монин и др., 1974, Гилл, 1986, Ле-Блон, Майсек, 1981]. Как видим, ещё в шестидесятых – семидесятых годах прошлого века некоторые учёные усомнились в безальтернативности представлений о течениях, как только ветровых, дрейфовых и градиентных.

Однако объяснения формирования течений волнами не получили должного развития из-за их недоказанности экспериментально и консервативности учёных,

их склонности придерживаться прежних представлений о явлениях. К моменту открытия волн Россби мнение о ветровой и градиентной геострофической природе течений прочно закрепилось в науке как единственно верное. Большинство учёных и сейчас считают, что крупномасштабные течения только градиентные, геострофические и ветровые.

В 2004 году отечественными учёными [Бондаренко и др., 2004] экспериментально получены доказательства связи волн и течений. Они оказались одновременными, высоко достоверными, при высоком коэффициенте корреляции 0,9. Эта связь объяснена с позиции гипотезы формирования течений волнами. Однако сам механизм не был объяснён, хотя ясно, что это не передача энергии в виде отрицательной вязкости и не нелинейное взаимодействие волн, и не передача энергии неустойчивостью течений, поскольку связь параметров волн и течений была высокодостоверной и носила одновременный характер. Так как анализировались только три эксперимента в различных частях Мирового океана, возник вопрос о репрезентативности выводов, применительно ко всему Мировому океану.

Впоследствии учёными [Бондаренко, Борисов, Жмур, 2008] было доказано, что течения всего Мирового океана в значительной степени длинноволновые, сформированные волнами Россби. При исследованиях использовались многочисленные дрейфтерные наблюдения. Однако, как и прежде, механизм формирования течений волнами объяснён не был.

Работы продолжались, механизм формирования крупномасштабных течений волнами Россби был установлен [Бондаренко, Жмур, 2007, Бондаренко, 2013б]. Показано, что крупномасштабные длинноволновые течения представляют собой не что иное, как орбитальные движения частиц воды волн и их волновой перенос (типа Лагранжева или Стоксова переносов). Исследования базировались на анализе натурной информации, впрочем, как и все предыдущие. Проведены многочисленные измерения течений, температуры воды и солёности.

Установлено, что линии токов волн напоминают линии токов волн солитонов, Большой уединённой волны, открытой Дж. Расселом в 1834 г. Её впоследствии назвали солитоном [Макеев, 2010, Незлин, 1986, Бондаренко, 2013а]. Поэтому, казалось бы, такие волны в океанах следует назвать солитонами или волнами Рассела. Но надо помнить, что К. Россби был первым, кто указал на возможность существования долгопериодных волн в атмосфере

и океане, и в этом его большая научная заслуга. Кроме того, реальные волны в океане уже названы волнами Россби, переименовывать их не следует. Поэтому и автор будет иногда использовать это название – волны Россби, однако всегда следует помнить, что фактически это волны солитоны и с этих позиций будем анализировать динамику океана. Но чаще следует их называть просто: “долгопериодные волны”, иногда с добавлением: “похожие на волны солитоны”, иногда – “волны солитоны”.

Знакомясь в Интернете с литературой по волнам Россби, мы обнаружили статью [Бетяев, 2007], из которой следует, что К. Россби имел представления о природе океанских течений, схожие нашим. Поскольку это важно, приведу дословно выдержку из статьи: “Они называются вихрями Россби в честь выдающегося шведского геофизика Карла Густава Россби (1898 – 1957), который обнаружил фундаментальную роль таких вихрей в динамике океана и в глобальной циркуляции атмосферы. Планетарные течения, такие, как Гольфстрим, Куроисио – всё это вихри Россби”. Вихри Россби и волны Россби это практически одни и те же образования. Сейчас их чаще называют волнами Россби. Кстати, эти образования К. Россби относил к волнам и называл их своим именем: волны Россби. Оценивая значимость исследований К. Россби, не буду, уточнять и различать: волны Россби или волны солитоны существуют в реальности, но главное это долгопериодные волны. И здесь большая заслуга перед наукой К. Россби в том, что он первым предположил, что океанические течения это волновые течения, т. е. орбитальные движения частиц воды волн. К сожалению, эти выдающиеся идеи К. Россби были восприняты научной общественностью, как противоречащие основным фундаментальным представлениям о динамике океана, они были забыты и сейчас о них почти ничего не известно.

Здесь приведу следующую полезную для понимания предмета исследований информацию. Выясняется, что попытки объяснить формирование отдельных динамических явлений, процессов в океане и атмосфере с позиции волн солитонов, в частности, солитонов Россби были и раньше, но они не закончились результатом. Для подтверждения этого приведу выдержку из работы [Каменкович, Кошляков, Монин, 1982]: “Попытка интерпретации синоптических вихрей открытого океана, как солитонов Россби представляются вполне естественными, однако как уровень развития теории, так и объём

наблюдений ещё недостаточны, чтобы считать такую интерпретацию полностью обоснованной”.

Это было написано до 1980 г. Но после этого в Мировой практике исследований динамики океана и атмосферы появилось очень большое количество наблюдений, вполне достаточное для обоснования предложенной автором новой концепции динамики океана и атмосферы, её формирования волнами солитонами. В статье [Бондаренко, Жмур, 2007] показано, что в основном движения частиц воды долгопериодных волн в горизонтальной и вертикальной плоскостях ответственны за формирование термохалинного поля вод Мирового океана и его поверхности, а поэтому оказывают существенное влияние на погоду и климат Земли. Так, долгопериодные волны формируют некоторые всем известные явления: крупномасштабные течения, как отмечалось раньше, апвеллинг-даунвеллинг, Эль-Ниньо – Ла-Нинья, пассаты, и т. д. [Бондаренко, 1998, Бондаренко, Жмур, 2004, Бондаренко, Жмур, 2005, Бондаренко, 2006, Бондаренко, Серых, 2010, 2011].

Следует обратить внимание на то, что градиентные, дрейфовые и волновые течения это принципиально различные формы движения воды, обладающие различными свойствами, параметрами, характером связи с источником их возбуждения. Достаточно отметить, что волновые течения, орбитальные движения частиц воды обладают свойством суперпозиции, отсюда и отсутствием потерь энергии на трение и турбулентность. В то же время градиентные и дрейфовые течения обладают противоположными свойствами: взаимного влияния движений частиц воды в потоке и, отсюда, наличием турбулентности, и как следствие этого – большими потерями энергии (особенно в дрейфовых течениях).

При проведении натурных и теоретических исследований течений учёный должен знать, что измерено при регистрации океанских и морских течений различными методами и приборами. Выясняется, что зачастую измерения волновых течений неадекватно отражают реальное развитие процесса, а отсюда возникают и ложные представления о течениях, их параметрах и свойствах.

Океан и атмосфера, как отмечалось, взаимодействующие среды, и результат их взаимодействия проявляется в динамике обеих сред. Кроме того, в океане и атмосфере присутствуют одинаковые явления, которые значительно

определяют их динамику. Было установлено, что глобальная динамика атмосферы, как и океана, сформирована долгопериодными волнами, волнами солитонами [Бондаренко, 2013а]. Сюда входят циклоны и антициклоны, высотные струйные течения, глобальные движения воздуха на различных высотах. Кроме того, в атмосфере существуют вихри, в основном сформированные атмосферными долгопериодными волнами, и ветры, являющиеся результатом взаимодействия океана и атмосферы. Эти процессы также существенно определяют динамику атмосферы.

Данная работа носит экспериментально-теоретический характер. При выполнении исследований автор активно анализировал натурные наблюдения, значимые по информативности. Предложенные новые представления о динамике океана и атмосферы обоснованы тщательным и разносторонним анализом натуральных наблюдений различных параметров этих объектов. В исследованиях использованы стационарные наблюдения течений и температуры морской воды, многочисленные дрейферные измерения этих же параметров, съёмки из космоса температуры и уровня поверхности океана. Приведен богатый по информативности натуральный материал по океанским течениям, температуре морской воды, уровню океана, динамике атмосферы, который может быть использован в дальнейших исследованиях.

О конкретном содержании монографии можно судить по названиям глав, отражающих суть работы, и кратким аннотациям к главам.

В работе приведены:

- схемы течений Мирового океана, созданные зарубежными исследователями в основном до конца XX в и автора монографии. Даётся краткое описание течений, изображенных на схемах, их анализ с точки зрения оценки достоверности показанных на них течений (гл. I.);
- общие представления о динамике основных видов течений, которые по их кинематическим свойствам можно разделить на градиентные, ветровые (дрейфовые) и длинноволновые (гл. II);
- экспериментальные исследования долгопериодных волн и течений. Демонстрируется одновременная высокодостоверная корреляционная связь волн и течений. Анализируя эти связи и многочисленные измерения течений дрейферами, делается вывод, что динамику вод

Мирового океана в значительной степени определяют течения долгопериодных волн (гл. III);

- сведения о долгопериодных волнах экспериментального и теоретического характера, о реально наблюдаемых в океанах и морях волнах, сопоставительный анализ их и теории. Отмечается, что реально наблюдаемые волны имеют существенные различия с их теоретическими идентификаторами (гл. IV);
- экспериментальные исследования инерционных волн. Показано, что эти постоянно наблюдаемые, энергетически устойчивые явления представлены в виде волнового поля с большим временем жизни и возбуждения; изменение скорости течений инерционных волн существенно определяется закономерностью их модуляционного построения (гл. V);
- на примере Гольфстрима показано, что собой представляют крупномасштабные течения и как они формируются долгопериодными волнами (гл. VI);
- закономерности формирования глубинных и поверхностных противотечений Мирового океана долгопериодными волнами (гл. VII);
- закономерности поступления тёплых вод Атлантики в Северный Ледовитый океан в виде турбулентного обмена вод океанов, но не адвективно (гл. VIII);
- оценка принятых методов измерения, которые не обеспечивают получение репрезентативной информации о волновых течениях океанов и морей. Исследователи, использующие эту информацию, зачастую получают неверные представления о волновых течениях и самих волнах (гл. IX);
- закономерности формирования долгопериодными волнами термохалинного поля вод морей и океанов. Вертикальные движения частиц воды долгопериодных волн формируют температуру воды морей и океанов и их поверхности (гл. X);

- экспериментальные исследования апвеллинга–даунвеллинга прибрежной зоны моря, сформированного континентальными шельфовыми волнами (гл. XI);
- закономерности формирования Эль-Ниньо – Ла-Нинья. Установлено, что это апвеллинг, сформированный долгопериодными волнами. Получена хорошая зависимость амплитуд колебаний скорости волновых течений с температурой поверхности океана, показателем развития Эль-Ниньо – Ла-Нинья (гл. XII);
- основы динамики океана и атмосферы: общее и различия. Показана схожесть динамики океанов и атмосферы. В океанах и атмосфере существуют долгопериодные волны, которые следует отнести к волнам солитонам. В океанах они формируют практически все основные движения воды, течения, а в атмосфере – движения воздуха, ветер и такие образования, как циклоны и антициклоны, атмосферные вихри и др. (гл. XIII);
- закономерности формирования атмосферных вихрей атмосферными и океанскими долгопериодными волнами. В атмосферных долгопериодных волнах частицы воздуха совершают циклонические и антициклонические движения, которые при определённых условиях в атмосфере превращаются в вихри: циклоны и антициклоны. Возможен и другой механизм формирования атмосферных вихрей. Океанические долгопериодные волны формируют температуру поверхности океана в виде отрицательных аномалий, в центре которых вода холоднее, чем на периферии. Эти аномалии создают отрицательные аномалии температуры воздуха, которые превращаются в атмосферные вихри – циклоны (гл. XIV);
- закономерности теплового взаимодействия океана и атмосферы. Показано, что оно в основном осуществляется с помощью долгопериодных волн, прослеживается устойчивая связь течений долгопериодных волн с температурой поверхностных вод океана. В свою очередь изменения температуры вод океана сказываются на изменениях температурного режима атмосферы, а отсюда – погоды и климата Земли (гл. XV);

- концепция динамики атмосферы, в соответствии с которой движения воздуха формируются атмосферными долгопериодными волнами солитонами, а также в результате действия градиента атмосферного давления (гл. XVI).