

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА  
№ 24.1.128.01 (Д 002.207.ХХ), СОЗДАННОГО НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Л.Д. ЛАНДАУ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело №  
решение диссертационного совета от 16.05.2025 № 6

О присуждении Вергелесу Сергею Сергеевичу, гражданину РФ, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Генерация когерентных течений регулярными и хаотическими источниками» по специальности 1.3.3 – теоретическая физика принята к защите 07.02.2025 (протокол заседания № 2) диссертационным советом № 24.1.128.01 (Д 002.207.ХХ), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук по адресу 142432, Московская обл., г. Черноголовка, пр-т акад. Семенова, д. 1А приказом № 1309/нк от 22.06.2023.

Соискатель Вергелес Сергей Сергеевич, 21.08.1982 года рождения. В 2008 году защитил диссертацию «Реологические свойства везикулярной суспензии» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в диссертационном совете, созданном на базе Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук, работает научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук (ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН). Диссертация выполнена в секторе Физики неравновесных состояний ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН. Диссертация представлена к защите впервые.

Официальные оппоненты:

1. Ерманюк Евгений Валерьевич, доктор физико-математических наук, директор ФГБУН Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН (ФГБУН ИГиЛ СО РАН) ;
  2. Жмур Владимир Владимирович, доктор физико-математических наук, г.н.с., чл-корр. РАН, заведующий Лабораторией морских течений Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН;
  3. Брацун Дмитрий Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой «Прикладная физика» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ)
- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Гледзером Евгением Борисовичем док. физ-мат. наук, старшим научным сотрудником, главным научным сотрудником Лаборатории геофизической гидродинамики и Курганским Михаилом Васильевичем док. физ-мат. наук, старшим научным сотрудником, главным научным сотрудником Лаборатории геофизической гидродинамики, указала, что диссертация характеризуется тщательными физическим и математическим подходами к решению поставленных задач. В диссертации детально исследуется генерация поверхностными гравитационными волнами приповерхностных вихревых структур в тяжелой вязкой жидкости, покрытой сверху тонкой жидкой пленкой. Также автор подробно рассматривает процесс взаимодействия инерционных волн с геострофическим течением во вращающейся жидкости на предмет возможной генерации устойчиво существующих когерентных структур в такой системе. Наконец, в диссертации рассматривается остающаяся актуальной для геофизической

гидродинамики задача о перемешивании пассивного скаляра случайным полем скорости, в том числе при наличии в этом поле сильной сдвиговой компоненты. Краткими результатами работы являются следующие: 1. Рассчитаны характеристики обусловленного слабой вязкостью жидкости вихревого транспорта как для модели несжимаемой жидкой пленки на поверхности жидкости, так и с учетом ее конечной сжимаемости, и проведено детальное сопоставление величины вихревого транспорта со стоковым дрейфом. 2. Детально рассмотрен механизм взаимодействия пакетов инерционных волн с когерентными геострофическими вихрями во вращающейся жидкости и на этой основе предсказаны линейно - логарифмический и плоский профили азимутальной скорости в вихрях; последний - в случае доминирования влияния экмановского пограничного слоя на горизонтальных границах жидкости. 3. Установлена связь разноточечных корреляционных функций пассивного скаляра со статистикой градиента поля скорости. Решена задача о перемешивании скалярного поля в случайном гладком двумерном течении с сильной средней сдвиговой компонентой и установлена статистика моментов скалярного поля. Научная новизна представленных результатов не вызывает сомнений. Демонстрацией практической значимости работы является проведенная в ней интерпретация экспериментальных данных. Работа, имеет несомненную чисто теоретическую значимость, определяемую новизной и содержанием решенных в ней задач теоретических задач.

Соискатель Вергелес С.С. имеет 43 опубликованные работы.

Основные результаты диссертации опубликованы в 13 статьях в журналах, индексируемых Web of Science: Core Collection, из них 4 опубликовано российских журналах и 9 в международных журналах уровня Q1, Q2:

1. V.M. Parfenyev, S.S. Vergeles and V.V. Lebedev. Effects of thin film and Stokes drift on the generation of vorticity by surface waves. Physical Review E 94(5), 052801 (2016)

2. V.M. Parfenyev and S.S. Vergeles. Influence of a thin compressible insoluble liquid film on the eddy currents generated by interacting surface waves. *Physical Review Fluids* 3(6), 064702 (2018)
3. V.M. Parfenyev, S.V. Filatov, M.Y. Brazhnikov, S.S. Vergeles and A.A. Levchenko. Formation and decay of eddy currents generated by crossed surface waves. *Physical Review Fluids* 4(11), 114701 (2019)
4. V.M. Parfenyev and S.S. Vergeles. Large-scale vertical vorticity generated by two crossing surface waves. *Physical Review Fluids* 5(9), 094702 (2020)
5. I.V. Kolokolov, L.L. Ogorodnikov and S.S. Vergeles. Structure of coherent columnar vortices in three-dimensional rotating turbulent flow. *Physical Review Fluids* 5(3), 034604 (2020)
6. V.M. Parfenyev, I.A. Vointsev, A.O. Skoba and S.S. Vergeles. Velocity profiles of cyclones and anticyclones in a rotating turbulent flow. *Physics of Fluids* 33(6), 065117 (2021)
7. V.M. Parfenyev and S.S. Vergeles. Influence of Ekman friction on the velocity profile of a coherent vortex in a three-dimensional rotating turbulent flow. *Physics of Fluids* 33(11), 115128 (2021)
8. L.L. Ogorodnikov and S.S. Vergeles. Structure function of velocity in a geostrophic vortex under strong rotation. *Physics of Fluids* 34(12), 125111 (2022)
9. N.A. Ivchenko and S.S. Vergeles. Waves in a coherent two-dimensional flow. *Physics of Fluids* 33(10), 105102 (2021)
10. Д.Д. Тумачев, С.В. Филатов, С.С. Вергелес и А.А. Левченко. Два режима динамики когерентных столбовых вихрей во вращающейся жидкости. *Письма в ЖЭТФ* 118(6), 430 (2023)
11. S.S. Vergeles. Spatial Dependence of Correlation Functions in the Decay Problem for a Passive Scalar in a Large-Scale Velocity Field. *Journal of Experimental and Theoretical Physics* 102(4), 685 (2006)
12. Н.А. Ивченко и С.С. Вергелес. Статистика пассивного скаляра в двумерном сдвиговом течении с флуктуациями. *Журнал*

Экспериментальной и Теоретической Физики 163(5), 724 (2023)

13. С.С. Вергелес. Корреляционные функции пассивного скаляра как мера статистики градиента скорости. Письма в ЖЭТФ 120(4), 288 (2024)

Диссертационный совет подтверждает, что все основные положения и выводы диссертации содержатся в опубликованных по теме диссертации работах. Автореферат передает содержание диссертации с достаточной полнотой.

На диссертацию и автореферат поступили только положительные отзывы. В них отмечается актуальность работы, важность полученных научных результатов и их новизна. В отзывах оппонентов и ведущей организации отмечаются следующие критические замечания:

1. Плёнку на поверхности воды, влияние которой наблюдалось в цитированных в диссертации экспериментах, нельзя считать абсолютно нерастворимой. Разработанная в диссертации модель абсолютно нерастворимой плёнки должна больше подходить больше подходить для, например, «поверхностные плёнок» в мировом океане, которые имеют толщину от долей миллиметра до сантиметров.
2. Источником вещества поверхностной плёнки в обсуждаемых в диссертации экспериментах, вероятно, был не воздух, а не полностью очищенная вода и поверхности, ограничивающие течение.
3. Распространение инерционных волн рассматривается в замкнутой кубической кювете. Как полученные результаты могут быть расширены для их применения в, скажем, течениях атмосферы, где нет границ течения?
4. Что изменится, если переносимый течением скаляр не считать пассивным? В диссертации не обсуждаются возможные поправки к полученным ответам, хотя нарушение пассивности скаляра вполне может быть.
5. В диссертации не проводится сравнение полученного численного значения безразмерной упругости плёнки с данными других работ.

Имеются ли какие-то независимые литературные данные о величине этого параметра?

6. Как в терминах оптимальной флуктуации можно объяснить независимость парной корреляционной функции скаляра от коэффициента диффузии? В диссертации не уделено достаточного внимания ответу на этот вопрос.
7. В диссертации не освещен вопрос о вертикальной компоненте скорости, наличие или отсутствие которой заметно влияет на все рассматриваемые в диссертации явления. Особенно это важно для мезомасштабных вихрей, где вертикальная скорость участвует в формировании лагранжевого инварианта – потенциальной завихренности вихревого ядра.
8. Недостаточно детально изложен вопрос о том, влияют ли захваченные инерционные волны на момент количества движения вихря и, если да, то как. Чем отличаются циклоны и антициклоны при таком захвате. Возможна ли ситуация погашения момента количества движения вихря инерционными волнами?
9. Автор в качестве результатов, выносимых на защиту, фактически представил основные выводы по диссертации в количестве 12 пунктов. Это очень много. Достаточно двух-трех, чтобы решить главный вопрос - достоин ли соискатель степени доктора наук. Их бы и следовало формулировать.
10. В главе 4 недостаточно полно сформулированы физические ограничения, которые могут не позволить наблюдать в эксперименте или численном счёте полученное автором диссертации соответствие между разноточечными корреляционными функциями и функцией распределения экспонент Ляпунова. Каковы эти ограничения?
11. Сделанное в диссертации утверждение «трехмерная турбулентность разрушает антициклон» нуждается в объяснении, по крайней мере, к разрушению антициклона могут ли приводить какие-то изгибы по

вертикали антициклонического вихря?

12. Было бы не лишним в диссертации упомянуть работы (Bauly 1986, Craik 1989) и определить, какую роль может иметь логарифмическая поправка базисного течения.

13. В работе присутствуют стилистические и орфографические ошибки, опечатки и неаккуратности в оформлении.

В отзывах указано, что перечисленные вопросы и замечания носят уточняющий характер, не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы Вергелеса С.С. и не влияют на общую высокую оценку диссертации как законченной и актуальной научно-квалификационной работы, имеющей научную новизну и практическую значимость.

На все поступившие вопросы и замечания соискателем даны исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются высококвалифицированными специалистами в области теоретической гидродинамики, что подтверждается списками их публикаций в соответствующих журналах: Жмур В.В. является специалистом по теории динамики мезомасштабных вихрей в стратифицированной жидкости, включая обратный и прямой каскады в этих вихрях (публикации в журналах “Океанология”, “Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. Известия РАН. Физика атмосферы и океана.”); Ерманюк Е.В. является специалистом в области теории инерционных волн во вращающейся жидкости и внутренних волн в стратифицированной жидкости, а также теории удара тел о поверхность жидкости (публикации в журналах “Journal of Fluid Mechanics”, “Physics of Fluids”, “Physical Review Fluids”); Брацун Д.А. специализируется в области теории конвекции в присутствии центробежной силы и силы Кориолиса, двойной диффузии и хемоконвекции (публикации в журналах “Physics of Fluids”, “Journal of Fluid Mechanics”, “Philosophical Transactions of the Royal Society”). Выбор ведущей

организации определяется тем, что она является признанным научным центром в областях гидродинамики вращающейся жидкости, турбулентных течений и явлений переноса.

Диссертационный совет отмечает, что совокупность выполненных соискателем исследований С.С. Вергелеса является квалифицированной и самостоятельной научной работой и удовлетворяет всем требованиям обоснованности, новизны и значимости, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-математических наук.

В диссертации построена гидродинамическая теория и исследованы течения, представляющие собой взаимодействующие быстро осциллирующие волны и медленно меняющееся вихревое течение. Для поверхностных волн показано, как их затухание в присутствии поверхностной плёнки приводит к генерации вихревого течения, а для инерционных волн показано, как их поглощение геострофическим течением позволяет формироваться в этом течении долго-живущим вихрям. Развита теория перемешивания в случайных потоках. Таким образом, тематика диссертации соответствует пункту 5 паспорта специальности 1.3.3 – теоретическая физика.

Научное значение диссертации, в частности, её значимость для теоретической физики, состоят в следующем.

1. Построена теория, описывающая генерацию медленного приповерхностного течения поверхностными волнами в присутствии поверхностной жидкой эластичной плёнки. Показано, что увеличение затухания волн вследствие присутствия плёнки приводит к соответствующему увеличению скорости генерации течения. Проведено успешное сравнение предсказаний теории для случая двух ортогональных волн с данными эксперимента.
2. Построена теория, описывающая передачу энергии от коротких инерционных волн геострофическому крупномасштабному течению. В рамках теории среднего поля и в предположении, что инерционные

волны возбуждаются модельной объёмной силой. найдены радиальные профили геострофических вихрей для случаев неограниченного течения и течения с горизонтальными стенками. Установлено влияние конечности числа Россби на асимметрию циклонов и антициклонов. Установлены закономерности распространения, поглощения и отражения сходящихся цилиндрических инерционных волн на фоне геострофического вихря. На основании построенной теории проведено сравнение с данными эксперимента.

3. Развита теория перемешивания скаляра в гладком поле скорости со случайной компонентой. Для статистически изотропного течения и распадной задачи установлено соответствие между корреляционными функциями второго и четвёртого порядков и статистикой деформаций элемента жидкости. Для течения с сильной сдвиговой компонентой рассчитаны одноточечные моменты скаляра.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики состоит в том, что развитая теория взаимодействия волн и медленных течений позволяет определять компоненты тензора Рейнольдса, играющие роль в динамике пространственного профиля этих течений.

Полученные результаты могут быть использованы и уже были частично использованы для интерпретации экспериментальных наблюдений порождения вихревых движений поверхностными волнами, поддержании геострофических вихрей инерционными волнами и статистических свойств переноса примесей в таких вихрях. При определённой адаптации эта интерпретация может быть расширена на геофизические явления.

Достоверность полученных результатов обеспечивается надёжностью применявшихся аналитических методов и согласием с данными физических и численных экспериментов, выполненных соавторами публикаций и

другими авторами.

Все результаты, приведённые в данной диссертационной работе, получены лично автором или при его непосредственном участии. В диссертацию вошли только аналитические части работ, содержащих в себе также и результаты натурного эксперимента. Экспериментальные данные в виде графиков приводятся ради наглядной демонстрации результатов аналитических вычислений и их соответствия результатам измерений.

Полученные в диссертации результаты и развитые в ней методы рекомендуется использовать в Институте гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Институте физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Пермском национальном исследовательском политехническом университете, Институте механики сплошных сред УрО РАН.

В ходе защиты диссертации были заданы вопросы, на которые С.С. Вергелес дал исчерпывающие ответы и высказан ряд пожеланий для дальнейшей работы. Критических замечаний высказано не было.

На заседании 16.05.2025 диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как теоретическую основу для описания взаимодействия средних медленных течений и волн, а также имеющих важное прикладное значение, присудить Вергелесу С.С. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 12 докторов наук по специальности 1.3.3 – теоретическая физика, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту   0   человек, проголосовали:

за - 12 , против - 0 .

Председатель

диссертационного совета № 24.1.128.01

член-корр. РАН

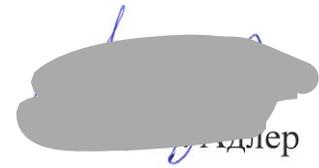


В.В. Лебедев

Ученый секретарь

диссертационного совета № 24.1.128.01

доктор физ.-мат. наук



19 мая 2025 г.

М.П.