

Alfred Wegener Institute, PO Box 12 01 61, 27515 Bremerhaven, Germany

125047, г. Москва, Миусская пл., 4.
ИПМ им. М. В. Келдыша РАН,
Дис. совет Д 002.024.03

24 мая 2021 г.

Отзыв

на автореферат диссертации Пережогина Павла Александровича "Стохастические и детерминистические подсеточные параметризации для двумерной турбулентности и их применение в моделях циркуляции океана", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ".

Задачи исследования меняющегося климата требуют численного интегрирования климатических моделей на большие промежутки времени, как правило превышающие сотни лет, что представляет вычислительно сложную задачу. В этих условиях исследователи вынуждены ограничивать пространственное разрешение моделей и использовать вычислительные сетки с разрешением порядка 1 градуса. Касательно моделей океана это означает, что процессы вихревого обмена, осуществляемые мезомасштабными вихрями, не разрешены и заменены параметризациями. Эти процессы играют ключевую роль в разных регионах мирового океана и замена их параметризациями уменьшает надежность результатов исследований.

С развитием вычислительных мощностей становится возможным использовать модели глобальной циркуляции океана с разрешением около 1/4 градуса, и в текущем проекте CMIP6 по сравнению климатических моделей уже многие группы участвуют с такими моделями. Эти модели попадают в класс "вихредопускающих" моделей, так как мезомасштабные вихри разрешены ими только в пределах тропических и части субтропических широт, несмотря на то, что формально их вычислительные сетки разрешают первый внутренний радиус деформации Россби в существенно большей области широт. Причина в

Prof. Dr. Sergey Danilov
Climate Dynamics Section
(Deputy Head)
Phone: +49 47148311764
Fax: +49 47148311797
e-mail: sergey.danilov@awi.de

Alfred Wegener Institute
Helmholtz Centre for
Polar and Marine Research

BREMERHAVEN

Am Handelshafen 12
27570 Bremerhaven
Germany
Phone +49 471 4831-0
Fax +49 471 4831-1149
www.awi.de

Public law institution

Head Office:
Am Handelshafen 12
27570 Bremerhaven
Germany
Phone +49 471 4831-0
Fax +49 471 4831-1149
www.awi.de

Board of Governors:
MinDir Volker Rieke

Board of Directors:
Professor Antje Boetius
(Director)
Dr Karsten Wurr
(Administrative Director)

Professor Thomas Jung
(Vice Director)
Dr Uwe Nixdorf
(Vice Director)
Professor Karen H. Wiltshire
(Vice Director)

Bank account:
Commerzbank AG,
Bremerhaven
BIC/Swift COBADEFF292
IBAN DE12292400240349192500
Tax-Id-No. DE 114707273

основном состоит в излишней диссипации на околосеточных масштабах, подавляющей процессы бароклинного преобразования энергии из доступной потенциальной в кинетическую энергию мезомасштабных вихрей. Параметризация обратного перераспределения кинетической энергии (ОПКЭ) корректирует эту ситуацию, возвращая излишне диссипированную кинетическую энергию на разрешаемые масштабы. Ожидается, что применение этой параметризации улучшит реализм вихредопускающих моделей глобальной циркуляции океана.

Рассматриваемая диссертационная работа посвящена кругу вопросов, связанных с разработкой этой параметризации. Автором получены многочисленные новые результаты, перечисленные в автореферате. На мой взгляд, наиболее интересным и новым элементом диссертационной работы является привлечение подходов к построению подсеточных замыканий в LES моделях к рассматриваемой задаче. Это дает возможность детально взглянуть на масштабы, на которых ОПКЭ возвращает кинетическую энергию течению, в сравнении с тем, как перенос кинетической энергии к мезомасштабным вихревым движениям происходит в эталонной вихреразрешающей модели. Это позволяет автору сделать практически важные заключения о функционировании стохастической ОПКЭ и ОПКЭ основанной на идее отрицательной вязкости (главы 5 и 6). Немаловажно и то, что общий подход, разработанный в главе 3, перенесен в главах 5 и 6 на модель NEMO, что уже породило живой интерес сообщества пользователей NEMO к результатам, полученным соискателем.

Интересными и заслуживающими дальнейшей работы мне представляются также и результаты главы 2, где изучена роль схем адвекции на воспроизведение спектрального переноса и показано, что нарушение сохранения энтропии схемой адвекции может приводить к нарушению обратного переноса по спектру, и иметь в последствии повышенную диссипацию на малых масштабах. Интерес к схемам адвекции импульса в моделях глобальной циркуляции океана растет, и наряду со схемами, рассмотренными в диссертации, обсуждаются потоковые схемы высокого порядка. Подход главы 2 может быть расширен на трехмерный случай и более широкий класс схем.

Диссертация Пережогина Павла Александровича по своему научному уровню и совокупности полученных результатов соответствует п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней", а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и пакеты программ"

Заместитель руководителя секции динамики климата

Института Альфреда Вегенера, Бремерхафен, Германия,
профессор, к.ф.-м. н.



Сергей Давыдович Данилов

24.05.2021

Я, Данилов Сергей Давыдович, даю согласие на включение своих
персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации
Пережогина Павла Александровича и их дальнейшую обработку.

