

Олейніков О.М., Матвеев Ю.В., Солодкий А.В.

ДОСВІД КОНСТРУЮВАННЯ АВТОНОМНОЇ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЬОВИ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНІ УСТАНОВКИ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

Аналізуються шляхи створення автономних вертикально-осьових вітро-електричних установок і даються рекомендації з їх створення.

Ключові слова: ротор, лопата, генератор, вітер, вітроколесо.

УДК 551.465

Дегтерев А.Х., Мордашев В.И.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА РАСПРЕСНЕННЫХ ВОД ВБЛИЗИ БЕРЕГА МОРЯ

Предложена модель, описывающая адвективный перенос и турбулентную диффузию примеси по методу Монте-Карло. В качестве примера приведены результаты расчета переноса распресненных вод Восточно-Гренландским течением в Северной Атлантике. Показано, что за время теплого сезона воды арктического происхождения не успевают равномерно распределиться в зоне 50–70° с.ш., как это предполагается при моделировании термохалинной катастрофы. При ширине течения 100 км и значении коэффициента горизонтальной турбулентной диффузии 1000 м²/с через 1,5 месяца счетного времени концентрация соответствующих частиц на расстоянии 250 км от берега на два порядка меньше, чем у берега.

Ключевые слова: численное моделирование, термохалинная катастрофа, таяние льдов, течение, горизонтальная турбулентность, метод Монте-Карло.

Данные современных прецизионных исследований проб льда из ледников Гренландии и осадков на дне нескольких озер в Великобритании и других странах Северной Европы показывают, что несколько тысяч лет назад при медленном потеплении климата в Европе происходили быстрые похолодания [1]. Так, 8200 лет назад всего за 1-2 года среднегодовая температура на севере Европы уменьшилась почти на 10°C, в основном за счет понижения зимних температур. Причем это был не просто один аномальный год – низкие температуры держались потом в течение 200–300 лет, все это время в Великобритании зимой стояли сибирские морозы. Климатологи связывают это явление с таянием льдов Арктики, которое привело к поступлению большого количества распресненных талых вод в Северную Атлантику и тем самым усилило вертикальную стратификацию в районах формирования глубинных вод. При этом блокировалась вертикальная циркуляция и, как следствие, прекращался перенос теплых вод Гольфстримом. В связи с этим в последние годы наряду с широко известной проблемой прогнозирования глобального потепления большое внимание уделяется изучению этого явления. Быстрое таяние арктических льдов может и в наше время привести к аналогичным последствиям, что обуславливает актуальность работ по изучению перераспределения пресных вод в Северной Атлантике.

Из наблюдений хорошо известен тот факт, что при наличии прибрежного течения вблизи берега образуется сравнительно узкая полоса загрязненных стоками вод, тогда как мористее воды гораздо чище. Это характерно, например, для западного побережья Черного моря, где основное Черноморское течение переносит разбавленные воды Дуная и Днепра. Очевидно,

аналогичный эффект имеет место в Арктике у берегов Гренландии, когда распресненные вследствие таяния льдов воды Восточно-Гренландского течения попадают в Северную Атлантику и перемешиваются с окружающими водными массами. Только в этом случае вместо распределения концентрации загрязняющих веществ следует рассматривать распределение дефицита солености, то есть по сути под примесью понимаются распресненные воды арктического происхождения. При достаточно интенсивном их поступлении возможно блокирование процесса образования глубинных вод, известное как термохалинная катастрофа [2]. Как известно, при переходе к голоцену это происходило неоднократно, например 12700 и 8200 лет назад [1], и сопровождалось быстрым и сильным похолоданием в Северной Европе, которое продолжалось потом сотни лет [2].

Казалось бы наиболее полно эта проблема может быть решена с помощью глобальных моделей циркуляции океана и атмосферы. Однако практика таких расчетов показывает, что в связи с вычислительными трудностями для решения такого рода задач приходится задавать равномерное распределение распресненных вод в Северной Атлантике во всей зоне 50 – 70 °с.ш. [3]. Как правило, при моделировании термохалинной катастрофы задается поступление в рассматриваемый бассейн пресных вод в течение десятков лет с заданной интенсивностью (от 0,1 до 1 Св), которые сразу же равномерно распределяются по его поверхности [3]. В то же время, поскольку блокирование погружения вод связано с усилением стратификации, совершенно ясно, что основной эффект обусловлен не только интегральным поступлением пресных вод, но и неравномерностью их распределения в акватории. И если усиление поступления в акваторию пресных вод связано именно с таянием ледников Гренландии или плавающих льдов Арктики (а не с усилением осадков, например), то в Северную Атлантику они попадают вблизи берегов Гренландии. С другой стороны, именно там, в море Ирмингера и Лабрадорском море находятся основные районы формирования глубинных вод. С учетом упомянутого выше эффекта прижимания примеси к берегу можно тогда предположить, что неравномерность распределения пресных вод в зоне 50-70°с.ш. приведет к более сильному воздействию на глубинную конвекцию и интенсивность термохалинной циркуляции, чем это следует из расчетов по глобальным моделям циркуляции [3].

Следует отметить, что в данном случае рассматривается существенно нестационарный процесс. Интенсивное поступление талых вод происходит только летом с.п., поэтому распределение этих вод в Северной Атлантике не является установившимся. Рассмотрим для определенности вынос из Арктики талых вод Восточно-Гренландским течением, идущим вдоль юго-восточного берега Гренландии. При его скорости до 0,5 м/с за теплый сезон эти воды перемещаются вдоль берегов Гренландии и Северной Америки на расстояние порядка нескольких тысяч километров, обмениваясь за счет горизонтальной турбулентной диффузии с прилегающими водами открытого океана. В связи с этим возникает вопрос – как далеко от берегов Гренландии смогут за это время распространиться распресненные воды вследствие горизонтального перемешивания. Для ответа на него рассмотрим упрощенную задачу о диффузии примеси из струйного течения ширины d , идущего вдоль берега (рис.1). Стрелками показан турбулентный обмен через боковую границу течения.

Обменом через нижнюю границу течения пренебрежем, то есть учитывается только горизонтальная диффузия примеси. Для ее моделирования используем траекторно-имитационную разновидность метода Монте-Карло [4].

С учетом того, что ширина Датского пролива до 300 км и помимо Восточно-Гренландского течения у берегов Гренландии ближе к Исландии проходит еще противоположно направленное течение Ирмингера, будем считать ширину основной струи течения $d = 100$ км. На отрезке $[0, d]$ задавалось равномерное распределение частиц воды, после чего моделировалось случайное блуждание каждой из них. Для этого на каждом шаге по времени с помощью датчика случайных чисел с равномерным распределением в диапазоне $(-\pi, \pi)$ определялось направление турбулентного скачка в горизонтальной плоскости (азимутальный угол φ). Смещение частицы по оси x за временной интервал Δt рассчитывалось по формуле

$$L = \sqrt{2 A_L \Delta t} , \quad (1)$$

где L – длина турбулентного скачка, которая оставалась постоянной и предварительно определялась как функция заданного коэффициента горизонтальной турбулентной диффузии A_L и временного шага.

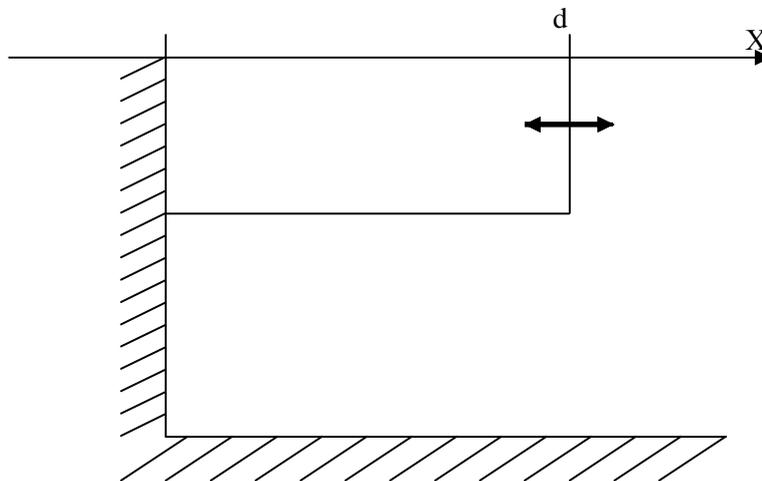


Рис.1. Схема сечения прибрежного поверхностного течения

В данном случае исходя из специфики задачи задавалось в разных численных экспериментах бралось от 8 часов до 3 суток, соответственно длина турбулентного скачка составляла от 7,6 до 22,9 км. Расчет по сути сводился к определению координаты блуждающей частицы в последовательные моменты времени.

Это соответствует заданию турбулентного погранслоя вблизи берега, в котором отсутствует турбулентное перемешивание. Проследив таким образом за траекториями порядка миллиона частиц с разными начальными координатами, можно подсчитать для любого заданного момента времени (например, через месяц) количество частиц на единицу длины при различном расстоянии от берега. Такого рода плотности распределения частиц по оси x приведены на рисунке 2 с пространственным разрешением 10 км. В этом смысле начальному распределению соответствуют нулевые значения при $x > d$, тогда как в области $[0, d]$ начальная плотность равнялась 10^5 частиц/10 км. Поскольку расстояние от Датского пролива до южной оконечности Гренландии и моря Ирмингера около 1000 км, то при скорости течения 40 см/с потребуется месяц на его преодоление. В связи с этим на рис.2 показаны распределения частиц через 0,5–1,5 месяца счетного времени.

Как видно из рис.2, за рассматриваемый период большая часть частиц остается в пределах струйного течения. Для оценки сверху расстояния, на которое распространятся пресные воды от берега, в первом приближении достаточно было рассматривать турбулентную диффузию из неподвижной "ленты" течения в прилегающую водную массу. Можно отметить, что во всех случаях концентрация частиц монотонно уменьшается с удалением от берега. Некоторые отклонения от монотонного хода кривых связаны со статистической погрешностью, возникающей при расчете по методу Монте-Карло. В целом полученные распределения соответствуют картам аномалий солёности, полученным на основе расчетов по моделям глобальной циркуляции [3].

Из рис.2 также хорошо видно, что через 1,5 месяца распределение первичных частиц вдоль оси x остается весьма неравномерным – на расстоянии всего 250 км от берега их концентрация на два порядка меньше, чем у берега. Это означает, что поступающие в течение теплого сезона воды Арктического происхождения в той же пропорции распределяются на разном расстоянии от Гренландии.

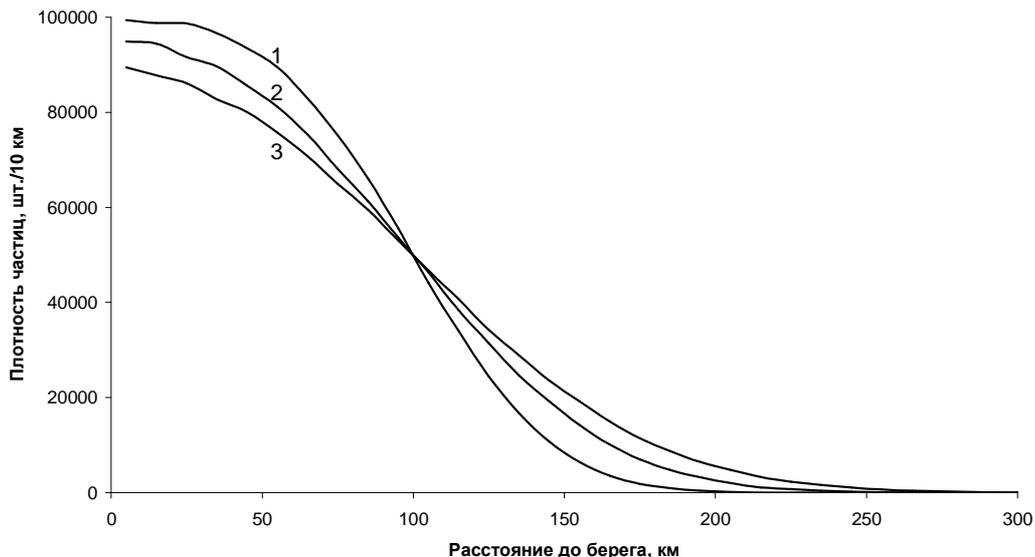


Рис.2. Лінійні щільності розподілення частинок по нормалі к берегу:
1 – через 0,5 місяця, 2 – через 1 місяць, 3 – через 1,5 місяця.

Таким образом, вток распресненных вод через Датский пролив непосредственно влияет на устойчивость стратификации вод лишь в пределах прибрежной полосы шириной не более 1–2 градусов широты. Соответственно, в случае экстремального большого поступления талых вод для локального блокирования вертикальной циркуляции потребуются гораздо меньшая интенсивность потока, чем если считать, что эти распресненные воды равномерно распределяются в полосе шириной 20°.

Численные эксперименты в рамках модели общей циркуляции показывают, что прекращение циркуляции в последнем случае происходит при потоке пресных вод 1 Св [3]. Однако полученные нами результаты позволяют предположить, что за счет неравномерности распределения распресненных вод процесс образования глубинных вод вблизи Гренландии может блокироваться уже при интенсивности потока пресных вод порядка 0,1 Св.

Дальнейшие исследования в этой области могут быть связаны с моделированием перераспределения распресненных вод при меняющейся на масштабах нескольких месяцев интенсивности течения. Значительный интерес представляет также задача о вертикальном перемешивании талых вод, оценка накопления их на разных глубинах в течение нескольких лет и влияния на устойчивость стратификации. Решение этих вопросов не связано с использованием громоздких моделей общей циркуляции океана, которые хотя и доступны в Интернете, но, как показывает практика, фактически не допускают серьезных изменений схем параметризации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ellison C.R.F. Surface and Deep Ocean Interactions During the Cold Climate Event 8200 Years Ago / C.R.F.Ellison, M.R.Chapman, I.R.Hall // Science. – 2006. – V.312, № 5782. – P.1929–1932.
2. Vellinga M., Wood R. Global climatic impacts of a collapse of the Atlantic thermohaline circulation // Climate Change. – 2002. – V.54. – P. 251–267.
3. Stouffer R.J. Investigating the Causes of the Response of the Thermohaline Circulation to Past and Future Climate Changes / R.J.Stouffer, J.Yin, J.M. Gregory et al. // Journal of Climate. – 2006. – V.19, № 15. – P. 1365-1387.
4. Дегтерев А.Х., Мордашев В.И. Траекторно–имитационное моделирование процессов переноса в геофизике. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2008. – 98 с.

Запропоновано модель, що описує адвективний перенос і турбулентну дифузю домішки за методом Монте-Карло. Як приклад приведені результати розрахунку переносу прісних вод

Східно-Гренландським плином у Північній Атлантиці. Показано, що за час теплого сезону воді арктичного походження не встигають рівномірно розподілитися в зоні 50 – 70 °півн.ш., як це передбачається при моделюванні термохаліної катастрофи. При ширині плинку 100 км і значенні коефіцієнта горизонтальної турбулентної дифузії $1000 \text{ м}^2/\text{с}$ навіть через 1,5 місяці концентрація відповідних часток на відстані 250 км від берега ще на 2 порядки менше, ніж у берега.

Ключові слова: Чисельне моделювання, термохалінна катастрофа, танення криги, течія, горизонтальна турбулентність, метод Монте-Карло.

The model is suggested that simulates advection and turbulent diffusion by Monte-Carlo method. As example the results of the calculation for fresh water transfer by East Greenland current in the North Atlantic are considered. It is shown that during warm season incoming Arctic water have no time to be distributed uniformly in the zone 50-70 N, as it was suggested in thermohaline catastrophe models. Currents width was set 100 km, horizontal turbulent diffusion coefficient was $1000 \text{ м}^2/\text{с}$. After calculations for 1,5 monthes initial particles concentration near the coast was 100 times more, then at 250 km from the coast.

Keywords: Numerical simulation, thermohaline catastrophe, ice melting, current, horizontal turbulence, Monte-Carlo method.

УДК 621.431.74

Мацкевич А.Р., Радченко О.П.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА МОТОРНОГО ТОПЛИВА

В работе рассмотрено влияние ультразвуковой обработки судового топлива на истечение его из сопел распылителя. Также посредством микроскопического анализа установлена взаимосвязь между временем истечения и такими особенностями жидкокристаллической структуры среды как дефекты и директор ориентации молекул.

Ключевые слова: судовое топливо, жидкокристаллические структуры, дефекты структуры, истечение топлива.

В свете появившихся представлений о жидкокристаллической структуре топливной среды [1] авторы полагают, что возможности ультразвуковой обработки (УЗО) топлива требуют более глубокого изучения. Для выяснения взаимосвязи характеристик макро и микромиров топливной среды в данной работе влияние УЗО на топливо исследовано с использованием двух методов: посредством анализа времени истечения из отверстий распылителя форсунки, а также посредством микроскопического анализа структуры топливной среды поляризационным методом микроскопии. Схема установки для исследования влияния УЗО топлива на время его истечения через распылитель форсунки, изображена на рис.1. Топливо, содержащееся в емкости при открытом зажиме, стекает под действием силы тяжести. Через капилляр соединённый герметично с полостью распылителя форсунки и через сопла (сверления) стекает в сборную ёмкость.

Принимаем допущение, что площадь любого сечения канала от емкости до сопел распылителя значительно больше, нежели суммарная площадь сопел, которые и приняты за ме-