ГЕОФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

УДК 551.464

ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ГАЗООБМЕНА МЕЖДУ ОКЕАНОМ И АТМОСФЕРОЙ

(на примере Северной Атлантики)

В. В. Алексеев, П. А. Баранов, А. О. Кокорин, В. М. Шереметьев

(кафедра физики моря и вод суши)

Одним из основных факторов, влияющих на газообмен между океаном и атмосферой, является наличие на поверхности инородных пленок, например нефтяных. В связи с растущим загрязнением гидросферы этот вопрос сейчас очень актуален. В Мировой океан ежегодно попадает от 6 до 10 млн. т нефтяных углеводородов [1].

Поверхностная пленка, во-первых, оказывает дополнительное диффузное сопротивление переносу газа, во-вторых, демпфирует волны, снижает шероховатость водной поверхности. Влияние пленки быстро нарастает при скоростях ветра 2—6 м/с [2]. При больших скоростях ветра, при интенсивном обрушении волн пленка собирается в отдельные полосы и ее влияние, по-видимому, невелико [3]. При обрушении волн скорость газообмена резко возрастает. Поэтому влияние нефтяной пленки должно приводить к сглаживанию волн и сдвигу начала сильного возрастания скорости газообмена в сторону бóльших скоростей ветра [4]. Согласно работе [4], этот эффект — одно из самых сильных антропогенных воздействий на кислородный обмен между океаном и атмосферой.

Целью данной работы являлась оценка влияния нефтяных загрязнений на интенсивность газообмена. Были проведены лабораторные эксперименты, в которых исследовался перенос газа через границу вода — воздух при наличии на поверхности углеводородной пленки в условиях ветро-волнового перемешивания и при термической конвекции. Выбирался такой режим ветро-волнового перемешивания, при котором без пленки наблюдалось интенсивное обрушение волн, а при наличии пленки обрушения происходили намного реже. Влияние углеводородной пленки на интенсивность газообмена при меньших скоростях ветра (без обрушения волн) исследовалось в работе [2]. Мощность и размеры используемого нами аэрогидроканала (длина 25 м, ширина 1,25 м, высота 3 м) позволяли при работающем волнопродукторе моделировать интенсивное обрушение волн.

Парциальное давление CO_2 в воде, залитой в аэрогидроканал, было больше, чем в воздухе, наблюдалась эвазия CO_2 из воды в воздух. На поверхность воды наносилась мономолекулярная пленка олеиновой кислоты, для чего в начале канала была установлена перфорированная трубка. Скорость вытекания олеиновой кислоты из трубки подбиралась такой, чтобы компенсировать сгон пленки ветром.

В течение эксперимента измерялись концентрации CO_2 в воде и в воздухе, рассчитывались потоки CO_2 на границе вода — воздух и значения коэффициента скорости газообмена. Концентрации CO_2 рассчитывались по pH, температуре и карбонатной щелочности [5, 6]. В работе использовался pH-метр с электродной системой из стеклянного электрода ЭСЛ-41Г-04 и вспомогательного электрода ЭВЛ—1МЗ.

Результаты четырех экспериментов представлены в таблице. Первый и второй эксперименты проводились при выключенном волнопродукторе, обрушение волн не наблюдалось. Значения скорости газообмена при этом были близки к полученным ранее в работе [2] при аналогичных условиях ветро-волнового перемешивания.

№ эксперимента	Наличие пленки	$v_{ветра}$, м/с	Средняя высота волн, см	Скорость газообмена $k \cdot 10^4$, см/с
1	есть	10,2	3	45±10
2	нет	10,8	8	75±20
3	нет	11,8	21	280±40
4	есть	12,2	12	80±20

Скорость ветра измерена на уровне 10 см над поверхностью воды.

При отсутствии обрушения волн пленка ослабляла скорость газообмена примерно в два раза. Интенсивное обрушение волн резко увеличивало скорость газообмена (см. эксперимент № 3 в таблице). В четвертом эксперименте под действием пленки число обрушений уменьшалось в 2—4 раза, скорость газообмена была в 3—4 раза меньше.

Наряду с ветро-волновым перемешиванием на газообмен между океаном и атмосферой оказывает влияние термическая конвекция. Ее роль особенно заметна в период осенне-зимнего выхолаживания. В предыдущих наших работах [5, 7] было показано, что конвекция приводит к интенсификации газообмена, сравнимой с влиянием ветро-волнового перемешивания. В настоящей работе проведены измерения скорости газообмена при наличии на поверхности пленки олеиновой кислоты, гидротермодинамические условия были аналогичны описанным в работе [5]. При толщине слоя неустойчивой стратификации 30—40 см и числах Грассгофа $\sim 10^7 \div 10^8$ скорость газообмена $k_{без\ пленки} = 15 \div 20 \cdot 10^{-4}$ см/с, $k_{с\ пленкой} = 5 \div 12 \cdot 10^{-4}$ см/с. Таким образом, получено, что углеводородная пленка снижает скорость газообмена, обусловленного конвекцией, примерно в 2 раза.

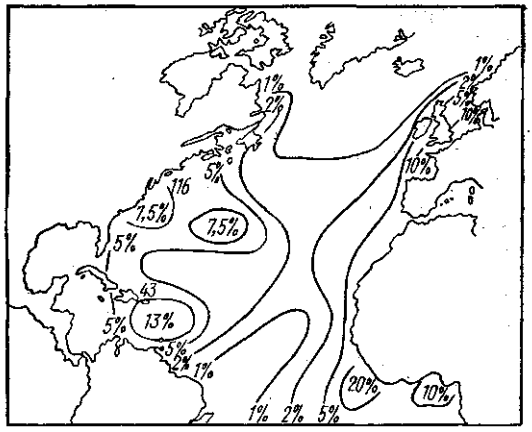
Результаты проведенных экспериментов были использованы для оценки влияния нефтяных загрязнений на интенсивность газообмена между океаном и атмосферой на примере северной части Атлантического океана.

С 1975 г. в рамках международного опытного проекта МОК-ВМО, в котором принимают участие 36 стран, проводятся наблюдения за загрязнением вод Мирового океана пленками нефтепродуктов, нефтяными агрегатами и растворенно-эмульсированной нефтью. Наибольшее влияние на тепломассообмен оказывают находящиеся на поверхности пленки нефтепродуктов (ПН). Нами были проанализированы массив наблюдений за ПН, выполненных в СССР в период с 1975 по 1979 г. и частично в 1980 г. ($\sim$70 тыс. наблюдений), и данные, полученные океанографическим отделением Национальной службы погоды США ($\sim$65 тыс. наблюдений) в период с 1974 по 1978 г.

В связи с тем, что 78% объединенного массива приходятся на Северную Атлантику, после обработки исходной информации на ЭВМ были построены карты загрязнений (ежемесячные и за весь период наблюдений) для выявления наиболее загрязненных районов Северной Атлантики.

По расчетным данным, для каждого десятиградусного квадрата Марсдена, расположенного между экватором и 70° с. ш., была определена вероятность загрязнения морской поверхности, равная отношению общего числа наблюдений в данном квадрате к числу наблюдений нефтяной пленки (рисунок).

Наиболее загрязненной оказалась акватория в широтном поясе 10—50° с. ш. (вероятность 10—20%). Аналогичный результат был получен в [8], где были проанализированы данные, собранные за 1977—1978 гг. Минимальное загрязнение вод, расположенных севернее Гольфстрима, и самого Гольфстрима, по-видимому, объясняется влиянием ветра и низкой температуры, способствующей более интенсивной коагуляции ПН.



Вероятность загрязнения в процентах акватории Северной Атлантики в период 1974—1980 гг.

На основании данных экспериментов и результатов наблюдений была сделана оценка уменьшения интенсивности газообмена. Для этого были использованы карты среднемесячных ветров, среднесезонных значений скорости газообмена [9, 10] и полученные выше распределения загрязнений по акватории Северной Атлантики.

Для определения влияния ПН на газообмен весь интервал скоростей ветра в соответствии с нашими экспериментами и работами [2, 3] был разбит на три диапазона, характеризующихся различными эффектами, вносимыми пленкой. В диапазоне скоростей ветра от 0 до 10 м/с, когда обрушение волн не наблюдается, скорость газообмена снижалась пленкой в 2 раза. В диапазоне 10—15 м/с, когда пленка оказывает существенное влияние на обрушение волн, скорость газообмена уменьшается в 3,5 раза. При больших скоростях ветра воздействием пленки можно пренебречь.

В результате было получено, что существующее загрязнение ПН в Северной Атлантике приводит к среднему за год уменьшению скорости газообмена на 2—3%. Однако в наиболее загрязненных районах его влияние гораздо сильнее.

Ниже на примере 116-го квадрата Марсдена показан годовой ход влияния пленки на интенсивность газообмена (по результатам наблюдений 1976 г., когда было отмечено максимальное загрязнение).

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Уменьшение скорости газообмена, %	0,3	3,0	1,5	5,0	5,1	7,1	16,2	5,0	2,4	0,9	2,7	1,6

Наибольшее снижение интенсивности газообмена по всей площади квадрата превосходит 16%. Приведенную оценку следует считать нижней границей уровня ослабления газообмена, так как здесь мы не учли влияния конвекции, вклад которой наиболее ощутим при слабом ветре. Например, в квадрате 43, где загрязнение еще сильнее, чем в

квадрате 116, и ветер слабый, в связи с интенсивной инсоляцией возникает мощная плотностная конвекция [10]. В этом случае нужно учитывать интерференционный эффект влияния двух факторов на газообмен, который, по нашим оценкам, приводит к ослаблению газообмена в квадрате 43 в среднем на 7—14%.

Таким образом, можно считать, что существующее в настоящее время нефтяное загрязнение оказывает заметное влияние на газообмен между атмосферой и океаном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Нельсон-Смит А. Загрязнение моря нефтью. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. [2] Broecker H.-C., Siems W., Peterman J. J. Mar. Res., 1978, 36, p. 595. [3] Бортковский Р. С. Тепло- и влагообмен атмосферы и океана при шторме. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. [4] Бортковский Р. С., Бютнер Э. К., Ариель Н. З., Строкина Л. А. Метеорология и гидрология, 1979, № 2, с. 57. [5] Кокорин А. О. Водные ресурсы, 1984, № 4, с. 90. [6] Методы гидрохимических исследований океана. М.: Наука, 1978. [7] Алексеев В. В., Кокорин А. О. Океанология, 1984, 24, № 1, с. 55. [8] Собченко Е. А., Орлова И. Г., Михайлов В. А., Лисовский Р. И. Тр. ГОИН, 1983, вып. 164, с. 105. [9] Ариель Н. З., Бютнер Э. К., Строкина Л. А. Изв. АН СССР. ФАО, 1981, 17, с. 1056. [10] Атлас океанов. Атлантический и Индийский океаны. Л.: Изд-во Главного управления навигации и океанографии МО СССР, 1974.

Поступила в редакцию
16.05.84

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1985, т. 26, № 3

УДК 523.855

СФЕРИЧЕСКИ-СИММЕТРИЧНАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ГАЛАКТИК В ДВОЙНЫХ СИСТЕМАХ. II. СРАВНЕНИЕ С НАБЛЮДЕНИЯМИ

В. В. Демин, М. В. Сажин

(ГАИШ)

1. **Введение.** Исследование физических свойств членов двойных систем показывает, что сходство их интегральных характеристик не случайно, оно явилось результатом длительных воздействий механизмов, оказавших влияние на эволюцию пар в периоды активного звездообразования в компонентах. В работе [1] было высказано предположение, что одним из таких механизмов является возможный обмен газовыми массами между компаньонами при вспышках звездообразования или вспышках *SN* в галактиках пары. Для подтверждения этого предположения в работе [2] для двойных систем *EE*-типа со средними статистическими параметрами, определенными из наблюдений, которые будут приведены в готовящейся к печати монографии И. Д. Караченцева «Двойные галактики» (М.: Наука, 1976), рассчитана модель при следующих допущениях: массы компонентов приняты точечными и вклад «оболочек» членов двойной системы в общий потенциал считается несущественным; движение галактик пар происходит по замкнутым, близким к круговым, кеплеровским орбитам [3]; отношение масс компонентов пропорционально отношению их светимостей (наблюдательные параметры).

Как известно из теории звездной эволюции, пока областью возможных движений остается предельная поверхность Роша, материальная точка относится к той или другой из притягивающих масс $\mathfrak{M}_1$ или $\mathfrak{M}_2$ двойной системы. В такой модели обмен веществом между компонентами осуществляется через первую точку Лагранжа, если частица