

ПРОВ 98

ПРОВ 2010

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

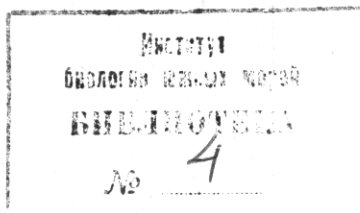
БИОЛОГИЯ МОРЕЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

Выпуск 41

ВОПРОСЫ САНИТАРНОЙ ГИДРОБИОЛОГИИ
И ОКЕАНОГРАФИИ



КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1977

фикации) могут образовать верхний однородный слой толщиной до 50 м, а в осенне-зимние месяцы (слабая стратификация) слой толщиной 100 м [2, 3].

Таким образом, интенсификация мелкомасштабной турбулентности с усилением ветра и волнения способствует более активному распространению примеси по вертикали и ослаблению эффекта анизотропных вихрей крупного масштаба (пятна укорачиваются по длине и растут в ширину). В итоге это проявляется в тенденции ослабления анизотропии (пятна становятся более круглыми).

Характер изменчивости анизотропии пятен примеси представляет и теоретический и практический интерес и требует дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрющенко Б. Ф. Некоторые параметры анизотропного процесса горизонтальной турбулентной диффузии нестационарных пятен красителя в шельфовой зоне Черного моря.— Материалы Всесоюз. симп. по изученности Черного и Средиземного морей, использованию и охране их ресурсов. Ч. 1. К., 1973, с. 23—26.
2. Зац В. И. Особенности режима волнения в районе Ялты.— Сборник работ гидрометеорологической обсерватории Черного и Азовского морей. М., 1962, вып. 1, с. 77—103.
3. Зац В. И. Волнение моря и процессы перемешивания в прибрежной зоне Черного моря.— В кн.: Океанограф. исслед. Черного моря. К., «Наук. думка», 1967, с. 74—84.
4. Колесников А. Г., Пантелеев Н. А. Экспериментальные исследования турбулентности в океане.— Морские гидрофиз. исслед., 1972, № 2 (58), с. 151—173.
5. Assaf G., R. Gerard, Gordon H. Some mechanisms of oceanic mixing revealed in aerial photographs.— J. Geophys. Res., 1971, 76, N 27, p. 6550—6572.
6. Carter H. H., Okubo A. A study of the physical processes of movement and dispersion in the Cape Kennedy Area. Chesap. Bay Inst., The John Hopkins Univ., Tech. Rep., Ref. 65—2, 1965. 164 p.
7. Ichiye T. Upper ocean boundary-layer flow determined by dye diffusion.— In: The physics of fluids. Supplement, 1967, p. 270—277.
8. Pritchard D. W., Okubo A., Carter H. Observation and theory of eddy movement and diffusion of an introduced tracer material in the surface layers of the sea. Disposal Radiact. Wastes, Seas, Oceans and Surface Waters. Vienna, 1966, p. 397—424.
9. Townsend A. A. The structure of turbulent shear flow. London, Cambridge Univ. Press, 1958. 113 p.

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР

Поступила в редколлегию
18.II 1975 г.

УДК 551.46.09:628.19(26)

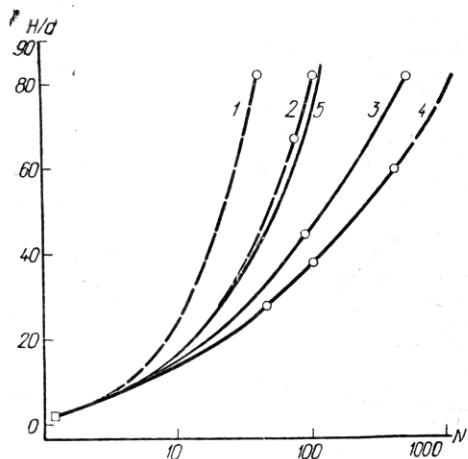
М. С. Немировский

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТЕЙ ТЕЧЕНИЙ НА НАЧАЛЬНОЕ РАЗБАВЛЕНИЕ

Известные теоретические и эмпирические зависимости для расчета кратности начального разбавления сточных вод получены для неподвижной приемной среды [2, 3, 6, 8]. Однако в реальных условиях случаи с отсутствием течений имеют очень небольшую повторяемость и продолжительность; такие ситуации можно рассматривать как частные, например при смене направлений течений. Во всех остальных случаях течения способствуют увеличению длины траектории всплывающего «факела» по сравнению с процессами в неподвижной среде. Наличие течений изменяет и общий турбулентный режим, способствуя усилению разбавления всплывающих сточных вод.

В настоящей статье оценивается влияние скоростей течений на интенсивность начального разбавления (N_n). Под начальным разбавлением понимается смещение факела сточных вод на пути его подъема от места выпуска до поверхности моря или до определенной промежуточной

глубины, откуда факел начинает перемещаться в горизонтальном направлении. Проведены многочисленные определения кратности начального разбавления у действующих морских выпусков при различных гидрологических ситуациях, в том числе и при различных скоростях течений. Для оценки влияния течений на N_n были отобраны данные экспериментов, проходивших примерно в одинаковых условиях (за исключением средней скорости течений в слое подъема сточных вод). Таких



Вертикальные профили начального разбавления по данным натуральных измерений (1—4):

1 — 10.IV, $\bar{V}=17$ см/с; 2 — 15.IV, $\bar{V}=25$ см/с; 3 — 13.IV, $\bar{V}=32$ см/с; 4 — 21.IV, $V=38$ см/с; 5 — расчетная кривая по соотношению (1).

[6, 7], в то же время экспериментально определенные величины $N_{н.э}$ по методике, описанной в [4], колебались от 20 до 500 (рисунок), где по оси ординат отложены относительные высоты H/d_0 (H — абсолютная высота над точкой выпуска; d_0 — диаметр отверстия сброса сточных вод (шкала линейная), а по оси абсцисс — кратности начального разбавления $N_{н.э}$ (шкала логарифмическая). Кривые 1, 2, для которых имеется мало точек, проведены согласованно с кривыми 3, 4.

Из многочисленных методик, которые применяются в инженерных расчетах N_n , в настоящее время широко используется соотношение Рама и Цедервала (Rahm, Cederwall) для условий сброса из точечного выпуска [6]:

$$N = 0,54 \text{Fr} \left(\frac{0,38}{\text{Fr}} \frac{H}{\alpha_0} + 0,66 \right)^{5/3} \quad (1)$$

при $H/d_0 \geq 0,89 \text{Fr}$, где Fr — число Фруда. Кривая 5 на рисунке построена по соотношению (1) для $\text{Fr}=2$. Очевидно, при $H/d_0 \geq 10$ значения N_n для кривых 1—4 изменяются в широких пределах в зависимости от скоростей течения. Увеличение разбавления нелинейно связано с ростом скорости течения как на фиксированной относительной глубине, так и при изменении H/d . Так, для $H/d=50$ увеличение скорости от 17 до 25 см/с обусловило рост N_n от 20 до 49, а при изменении скорости от 32 до 38 см/с N_n увеличилось от 125 до 233. Влияние скорости усиливается при увеличении относительной глубины: если при $H/d=10$ изменение скорости от 17 до 38 см/с приводит к росту N_n от 4 до 6, то при $H/d=80$ значение N_n увеличивается от 39 до 1050. Расчетный профиль N_n по (1) практически совпадает с экспериментальным профилем при средней скорости течений в слое подъема $V=25$ см/с. Все экспериментальные величины N_n ,

случаев немного, но в первом приближении они дают представление о характере влияния скоростей течений на процессы начального разбавления.

Интересны в этом отношении результаты наблюдений, полученные в апреле 1975 г. на промежуточном этапе строительства Ялтинского глубоководного выпуска сточных вод (глубина оголовка 75 м). Сброс проводился из одного отверстия диаметром 920 мм, горизонтально. Небольшие колебания расходов сточных вод в разные дни эксперимента обеспечили практически постоянную концентрацию индикатора в сточных водах до их сброса. Для соответствующих исходных данных в указанных экспериментах расчетное начальное разбавление $N_{н.р}$ изменялось от 20 до 110

полученные при скоростях течений $V < 25$ см/с (таблица), меньше, чем рассчитанные по выражению (1).

Такое соотношение расчетных и экспериментальных значений N_n при $\bar{V} < 25$ см/с несколько неожиданно, так как ошибки экспериментальных определений (например, из-за того, что зондирование всплывающего факела выполнялось не по оси его, как это предусматривается в схемах расчета, а в периферийной части) могут приводить только к завышению N_n .

Можно предположить, что расчет по (1) соответствует некоторым условиям, когда средние скорости течений в слое подъема близки к $\bar{V} = 25$ см/с. Несмотря на малое число случаев с большими скоростями течений в слое подъема, представляет интерес оценить влияние течений на начальное разбавление, рассчитанное по (1), для условий, когда $\bar{V} > 25$ см/с. Экспериментальные значения N_n по

глубинам (рисунок, точки на кривых 1—4) получены осреднением трех—пяти значений. Разность между экспериментальным N_n (рисунок, кривые 3, 4) и расчетным значением N_n по (1) можно рассматривать как приращение ΔN , обусловленное действием течений.

Естественно было искать зависимость ΔN от высоты подъема факела и скорости течений в без-

Экспериментальные и расчетные значения кратности начального разбавления для точечного выпуска по наблюдениям в районе Ялты в 1975 г.

Дата	H/d_0	$\bar{V}$, см/сек	Начальное разбавление		
			по форму- ле (1)	по форму- ле (5)	экспери- менталь- ные данные
9. IV	36	35	27	82	83
10. IV	82	17	110	110	40
13. IV	82	32	110	490	506
15. IV	82	24	110	110	104
19. IV	82	20	110	110	45
21. IV	59	38	68	424	420
23. IV	82	24	110	110	136
24. IV	66	21	78	78	62
25. VII	43	28	32	46	54
26. VII	44	19	33	33	36
29. VII	45	21	34	34	30
30. VII	25	23	16	16	23
1. VIII	44	16	34	34	22
4. VIII	38	25	27	27	79
6. VIII	44	23	35	35	64
7. VIII	42	34	32	106	95
12. VIII	42	28	32	46	92

размерной форме. В качестве безразмерной высоты была взята величина H/d_0 , а в качестве безразмерной скорости

$$V_{\text{отн}} = \frac{\bar{V}}{25} - 1. \quad (2)$$

Связь между указанными параметрами можно представить в виде

$$\Delta N \sim f[(H/d_0), V_{\text{отн}}]. \quad (3)$$

Численная обработка соответствующих кривых вспомогательных графиков позволила определить аналитический вид этой связи

$$\Delta N = \left[\frac{(H/d_0) \sqrt{V_{\text{отн}}}}{6} \right]^3 \quad (4)$$

при $\bar{V} \geq 25$ см/с.

Таким образом, определение N_n с учетом скоростей течений можно осуществлять по соотношению

$$N_n = N_{n.p} + \Delta N, \quad (5)$$

где $N_{n.p}$ — расчетное значение начального разбавления по (1). Сравнение экспериментальных и расчетных значений N_n показывает их удов-

летворительное совпадение с учетом поправки ΔN на среднюю скорость слоя при $\bar{V} > 25$ см/с.

Необходимо иметь в виду, что соотношение (4) является, очевидно, приближенной оценкой возможного влияния скоростей течений на начальное разбавление. Во-первых, ограниченное число определений N_n по глубинам обуславливает некоторую неопределенность в построении вертикального профиля начального разбавления. Натурные измерения на больших глубинах (малые высоты подъема «факела») представляют большие практические трудности. Во-вторых, соотношение (4) получено по сравнительно малому ряду наблюдений (для конкретного района и условий сброса). Наконец, тот факт, что прогнозируемая величина N_n по соотношению (1) оказалась выше экспериментальных значений, полученных при $\bar{V} < 25$ см/с, требует дальнейших натурных исследований в большем диапазоне скоростей течений и различных условиях выпуска.

Несмотря на указанные трудности и ограничения, дальнейшие исследования зависимости N_n от скоростей течений и других определяющих факторов актуально и перспективно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вельнер Х. А., Айтсам А. М., Пааль Л. Л. Об основах инженерного расчета самоочищающей способности водотоков.— Научные доклады по вопросам самоочищения водоемов и смещения сточных вод. I Всесоюз. симп. Таллин, 1965, с. 117—143.
2. Лапшев Н. Н. Оценка факторов, определяющих процесс начального разбавления в водоемах.— Материалы IV Всесоюз. симп. по современным проблемам самоочищения и регулирования качества воды. Таллин, 1972, с. 79—87.
3. Лапшев Н. Н., Цвиликос Б. Ф., Грабовский П. А. Некоторые результаты экспериментальных исследований начального разбавления сточных вод в море.— В кн.: Океанографические аспекты самоочищения моря от загрязнения. К., «Наук. думка», 1970, с. 125—133.
4. Немировский М. С. Опыт исследования интенсивности процессов разбавления у действующих выпусков сточных вод при помощи люминесцентных методов.— Материалы IV Всесоюз. симп. по современным проблемам самоочищения и регулирования качества воды. Таллин, 1972, с. 93—101.
5. Frankel R. J., Cumming J. D. Turbulent mixing phenomena of ocean outfalls.— J. Sanit. Eng. Div. Proc. ASCE, SA2, 1965, p. 33—59.
6. Rahm S. L., Cederwall K. Submarine disposal of sewage.— Inter. Assoc. Hydr. Res. XI, Inter. Congress, 2, 18. Leningrad, 1965, p. 1—8.
7. Rawn A. M., Palmer H. K. Pre-determining the extent of sewage field in sea water.— Trans. Amer. Soc. Civ. Eng., 1929, N 94, p. 1037—1081.
8. Rawn A. M., Bowerman E. H., Brooks N. H. Diffusers for disposal of sewage in sea water.— J. Sanit. Eng. Div. Proc. ASCE, 86, SA2, 1960, p. 65—105.

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР

Поступила в редколлегию
21.III 1975 г.

УДК 551.465.15

Г. А. Гольдберг

О РАЗВИТИИ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОЙ ДИФФУЗИИ С УЧЕТОМ РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ В МОРЕ

В настоящее время в рамках полуэмпирической теории турбулентной диффузии развиты два основных подхода к теоретическому анализу процессов распространения примеси в море.

Цель настоящей статьи — кратко проанализировать современные направления в области моделирования распространения примеси и наметить возможные пути развития существующих моделей с учетом основных черт реальных процессов в море.