

Пров. 1990

Пров 98

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

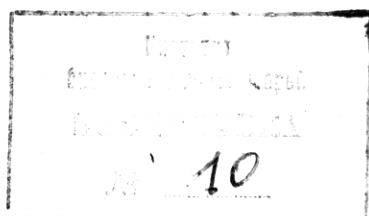
БИОЛОГИЯ МОРЕЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

Выпуск 42

ДИНАМИКА ПОВЕДЕНИЯ
И ЭЛЕМЕНТЫ БАЛАНСА ВЕЩЕСТВА
И ЭНЕРГИИ В СООБЩЕСТВАХ МОРСКИХ
ОРГАНИЗМОВ



УДК 551.464

Д. М. В и т ю к

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИЗУАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИИ ВЗВЕСИ В МОРСКОЙ ВОДЕ

Общепринятыми визуальными наблюдениями, на основании которых могут быть вынесены суждения о количестве распределенного в воде взвешенного материала, являются определения цвета морской воды по шкале Фореля — Уле и ее прозрачности по диску Секки. Несмотря на свойственные им недостатки, эти определения, вследствие простоты и скорости выполнения, завоевали популярность и до настоящего времени широко используются в океанографических исследованиях.

На зависимость цвета и прозрачности морской воды от содержания в ней взвешенного вещества указывали многие исследователи [1, 2, 7]. Количественную сторону взаимосвязи прозрачности и взвеси для речной воды пытался выяснить Б. В. Поляков [4] методом графического построения. Откладывая в системе прямоугольных координат по оси абсцисс содержание взвешенного вещества, а по оси ординат — прозрачность, В. В. Поляков нанес на график ряд точек, по которым построил кривую. Это построение не было обосновано расчетами, однако позволило допустить существование гиперболической зависимости между прозрачностью и содержанием взвеси в воде Дона. Кривая Полякова построена для воды высокой мутности, в которой видимость диска Секки не превышает 0,5 м. Оптические свойства столь мутных пресноводных сред отличаются от оптических свойств воды океана. Тем не менее, в сороковых годах, когда еще не было синхронных наблюдений над прозрачностью и взвесью вод пелагиали, Б. А. Скопинцев [5] подсчитал содержание взвешенного вещества в морской воде, экстраполируя кривую Полякова на величины прозрачности до 25 м. По его расчету концентрация взвеси при прозрачности 2 м должна составлять 4 мг/л; при 10 м — 0,4 и при 25 м — 0,12 мг/л. Оценивая результаты своих расчетов, Б. А. Скопинцев отмечал, что они могут дать представление лишь о порядке величин, так как многое в его расчетах было условно.

К. И. Иванов [3] изучал зависимость прозрачности от содержания взвешенного вещества в Каспийском море на примере предустьевого пространства Куры. Количественную характеристику этой зависимости он выразил уравнением $P \cdot V = K$, где P — прозрачность по диску Секки в сантиметрах, V — содержание взвешенных веществ в граммах на литр, K — константа. Средняя величина K , вычисленная К. И. Ивановым по 23 определениям, охватывающим концентрации взвеси от 0,0024 до 1,5680 г/л и величины прозрачности от 2 до 900 см, составила 1,7. Отклонения от средней величины K колебались от —218% до +255%. Исходя из среднего значения K , К. И. Иванов вычислил предполагаемое содержание взвеси в водах большой прозрачности. Согласно его расчету, прозрачности 2 м должно соответствовать 8,5 мг/л взвеси, 10 м — 1,7 и 25 м — 0,7 мг/л.

Результаты вычислений Б. А. Скопинцева и К. И. Иванова расходятся для прозрачности 2 м на 212%, для 10 м — на 425 и для 25 м — на 500%. Причину таких больших расхождений следует искать, во-первых, в недостаточном количестве фактического материала, во-вторых, данными, которыми располагали авторы, относятся к узкоспециализированным водам высокой мутности: пресная вода Дона — в первом случае и солоноватая вода Каспия в предустьевом пространстве Куры — во втором. Распространение закономерностей, обнаруженных в оптических свойствах такого рода вод, на прозрачные воды пелагиали не может быть признано правомерным. И, в-третьих, методы определения взвешенного вещества, применявшиеся Б. В. Поляковым и К. И. Ивановым, не были идентичными.

На возможность расчета концентрации взвеси на основании определения цвета морской воды указывает связь между цветом воды и ее прозрачностью. В общем случае эта связь носит коррелятивный характер. К выражению ее посредством чисел необходимо подходить с осторожностью. Однако при строгом соблюдении условий наблюдений отмечается достаточно стабильное соответствие определенных величин прозрачности конкретным номерам цвета морской воды. В подтверждение этому можно указать на приведенный В. А. Снежинским [6] пример зависимости между цветом и прозрачностью воды при десятибальной облачности и волнении моря до трех баллов.

На цвет и прозрачность воды влияет не только величина суммарного содержания взвешенного вещества, но и другие параметры взвеси. К ним в первую очередь относится степень дисперсности и распределение взвешенных частиц по размерным фракциям, состояние поверхности частиц взвеси, их способность поглощать или рассеивать свет в различных областях спектра. По-видимому, здесь также имеет значение и отношение суспендированного материала к растворителю, его гидрофильные или гидрофобные свойства и др. Результирующую такого смешанного воздействия различных параметров невозможно выразить в виде строгой функциональной зависимости от одного из них. Однако опыт показывает, что корреляционная связь между цветом морской воды и содержанием взвешенного вещества, а также между содержанием взвешенного вещества и прозрачностью несомненна.

Автор попытался выяснить эту связь для поверхностного слоя морской воды. С этой целью данные наблюдений над цветом воды по шкале Фореля — Уле и ее прозрачностью по диску Секки, полученные в течение 1967—1974 гг. на 67 станциях в Черном и Средиземном морях, были сопоставлены с параллельно определявшимися величинами содержания суммарного взвешенного вещества (табл. 1). Последние выводились как среднее арифметическое для слоя, близкого по толщине к найденной величине прозрачности. Рассмотрим результаты приведенного сопоставления.

Цвет воды по шкале Фореля — Уле и содержание взвешенного вещества. Начальным номерам цвета воды (синим и голубым), определенным по шкале цветности Фореля — Уле, соответствуют минимальные величины содержания взвеси. С увеличением номера цвета концентрация взвеси увеличивается. Коэффициент корреляции (r) между номером цвета воды и содержанием взвешенного вещества, вычисленный путем статистической обработки изучаемых выборок, составил 0,91, а его доверительные границы $r_1=0,85$ и $r_2=0,94$.

Математический анализ исследуемых материалов позволяет допустить существование степенной зависимости вида $y=ax^b$ между величинами содержания взвешенного вещества и цветом воды. Численные значения коэффициентов, вычисленные методом наименьших квадратов по данным табл. 1 (графа 3 и 4) составили: $a=0,08$, $b=1,23$. После

Таблица I

Содержание взвешенного вещества в поверхностном слое воды, ее цвет и прозрачность по материалам рейсов НИС «Академик А. Ковалевский» и «Миклухо-Маклай»

Район	Номер станции	Среднее содержание взвеси, мг/л	Номер цвета	Прозрачность, м
61-й рейс НИС «Академик А. Ковалевский», сентябрь—декабрь 1967 г.				
Средиземное море	7	0,33	III	15,0
	9	0,22	III	18,0
	13	0,46	III	29,0
	17	0,17	III—IV	18,5
	18	0,15	III—IV	22,0
	21	0,22	IV	10,5
	23	0,55	VII—VIII	9,5
	25	0,38	VI—VII	10,0
	27	0,62	VI—VII	9,5
	28	1,42	XV—XVI	3,0
	32	0,75	IV	14,0
	33	0,37	IV	10,5
	40	0,21	III—IV	23,0
	42	0,36	III	22,0
	43	0,41	III—IV	18,0
	44	0,17	III	17,0

69-й рейс НИС «Академик А. Ковалевский», ноябрь 1971—январь 1972 г.

Черное море	5	2,80	XIII	2,0
	6	1,28	XIII	4,0
Адриатическое море	8	0,29	VI	15,0
	36	2,00	X	5,0
	37	1,88	X	8,0
	38	2,29	XI	6,0
	39	2,00	XII	8,0
	40	3,74	XVII	1,7
	41	3,83	XVII	1,5
	42	3,43	XIV	2,0
	43	1,64	XI	2,5
	44	0,36	III	16,0
Тунисский пролив Лионский залив	45	0,48	III	16,0
	46	0,24	III	16,0
	47	2,69	XVIII	2,0
	48	0,38	IV	13,0
	49	0,25	III	18,0
	50	0,32	IV	16,0
	51	1,08	XIII	4,5
Балеарское море у Барселоны у устья Эбро	52	4,09	XXI	0,0
	53	1,48	XII	3,0
	54	1,04	VI	4,0
	55	0,96	VII	4,0
	56	0,89	VI	8,0
	58	0,46	IV	11,0
	59	0,43	IV	12,0
	60	0,65	VI	7,0
	62	0,42	II	17,0
	64	0,32	III	18,0
Тирренское море	67	0,24	II	21,0
	68	0,12	II	23,0
	70	0,24	III	23,0
	72	0,38	III	18,0
Ионическое море	76	0,39	II	25,0

62-й рейс НИС «Миклухо-Маклай», май—июнь 1974 г.

Черное море	1	0,50	V	18,0
	2	1,03	VIII	10,0
	4	0,74	VI	17,0
	6	0,57	V	20,0

Район	Номер станции	Среднее содержание взвеси, мг/л	Номер цвета	Прозрачность, м
Черное море	7	0,33	V	19,0
	8	0,60	V	21,0
	9	0,55	IV	17,0
	10	0,49	VI	15,0
	11	0,77	V	17,0
	12	0,62	V	15,0
	13	0,77	IV	18,0
	15	0,70	VI	24,0
	16	0,60	VI	18,0
	17	0,92	VI	16,0
	18	0,86	V	16,0
	19	0,70	IV	19,0
	22	0,72	IV	21,0

подстановки конечное уравнение приобретает вид

$$B = 0,08K^{1,23}, \quad (1)$$

где B — содержание взвеси в мг/л, K — условный номер цвета воды по шкале Фореля — Уле.

Графическое изображение данной зависимости приведено на рис. 1. Обособленные точки на рисунке характеризуют соотношения величин содержания взвеси и цвета воды, фактически найденные на каждой конкретной станции. Они разместились в неширокой полосе по обе стороны кривой, являющей собой геометрическое место точек, абсциссы и ординаты которых удовлетворяют уравнению (1).

Прозрачность воды по диску Секки и содержание взвешенного вещества. Между величинами прозрачности по диску Секки и содержанием

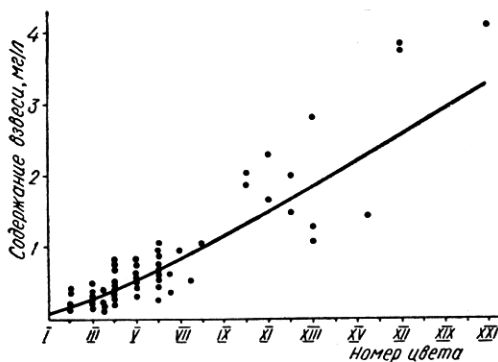


Рис. 1. Связь между содержанием взвешенного вещества в поверхностном слое морской воды и ее цветом по шкале Фореля—Уле.

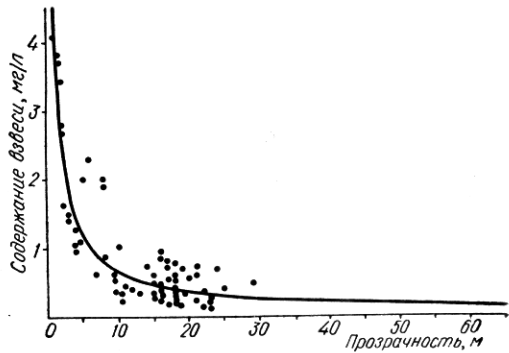


Рис. 2. Связь между содержанием взвешенного вещества в поверхностном слое морской воды и ее прозрачностью по диску Секки.

взвешенного вещества в поверхностном слое воды существует обратная зависимость. Для ее выяснения прологарифмированные данные соответствующих выборок (графа 3 и 5, табл. 1) были подвергнуты статистической обработке. Коэффициент корреляции составил — 0,74, а его доверительные границы — 0,83 и — 0,60 соответственно.

На графике (рис. 2) абсциссы и ординаты обособленных точек, нанесенных на плоскости графика, выражают соотношение между содержанием взвеси и прозрачностью, фактически найденное на каждой конкретной станции. Исходя из расположения этих точек, можно пред-

положить, что существующая в данном случае обратная зависимость является степенной. Вычисления по методу наименьших квадратов, проведенные для всех пар цифр 3 и 5 графы табл. 1, позволили определить числовые значения коэффициентов степенной функции: $a=4,59$, $b=-0,85$. Следовательно, уравнение степенной зависимости приобретает вид

$$B = 4,59P^{-0,85}, \quad (2)$$

где B — содержание взвешенного вещества, мг/л, P — прозрачность по диску Секки, м.

Графически найденная зависимость выражена кривой гиперболического типа, представленной на рис. 2.

Уравнения (1) и (2) могут быть использованы для экспрессных расчетов содержания взвеси в поверхностном слое морской воды по данным наблюдений ее цвета или прозрачности. Во избежание операций с дробными степенями можно прибегнуть к графическому способу расчета, пользуясь кривыми, изображенными на рис. 1, 2.

Автор выражает надежду, что предложенные методы определения содержания взвешенного вещества морской воды по ее цвету и прозрачности найдут применение при гидробиологических и геохимических исследованиях, особенно в тех случаях, когда большая точность цифрового материала не обязательна. Рассматриваемые способы расчета следует рекомендовать также и тогда, когда необходимо привлечь данные по взвешенному веществу в ходе обработки накопленных ранее океанографических наблюдений, при которых прямые измерения взвеси не проводились.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Берг Л.* Аральское море. СПб, Русск. географ. о-во, 1908. 580 с.
2. *Зубов Н. Н.* Морские воды и льды. М., Гидрометеиздат, 1938. 451 с.
3. *Иванов К. И.* О зависимости между прозрачностью и содержанием взвешенных веществ. — Тр. Гос. океанограф. ин-та, 1948, № 10(22), с. 117—129.
4. *Поляков Б. В.* Исследование стока взвешенных и донных наносов. Л., Гидрометеиздат, 1934. 76 с.
5. *Скопинцев Б. А.* О коагуляции терригенных взвешенных частиц речного стока в морской воде. — Изв. АН СССР. Сер. географ. и геофиз., 1946, 10, № 4, с. 357—371.
6. *Снежинский В. А.* Практическая океанография. Л., Гидрометеиздат, 1954. 670 с.
7. *Шулейкин В. В.* Физика моря. М., Изд-во АН СССР, 1953. 989 с.

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

Поступила в редколлегию
14.XI 1975 г.

УДК 591.524.12:591.12

Е. В. Павлова

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА У НЕКОТОРЫХ КОПЕПОД ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ОБЪЕМА РЕСПИРОМЕТРА

В предыдущих работах [5, 6, 7] на основании сопоставления количества кислорода, потребляемого планктонными животными, и их подвижности в опыте было высказано предположение о возможном влиянии на интенсивность дыхания увеличения свободного пространства (объема воды), предоставляемого одному животному в опытном сосуде. С. Разоулс [19], проводя измерения с *Centropages typicus* и *Temora stylifera*, не обнаружила влияния объема сосуда и изменения концентрации рачков от 0,1 до 2 экз/мл на интенсивность обмена. В. И. Кузьмичева и И. В. Кукина, измеряя потребление кислорода мизидами в