

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.Х. Дегтерев

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОЛЕННОСТИ ВОДЫ В ЧЕРНОМ МОРЕ

Методические указания
к выполнению практической работы № 2
по дисциплине «Экология моря»

Севастополь
СевГУ
2021

УДК 551.463.6+551.464.5(076.5)

ББК 26.221я73

Д26

Р е ц е н з е н т :

Г.В. Кучерик - канд. техн. наук, доцент

Дегтерев А.Х.

Д26 Распределение температуры и солёности воды в Черном море : методические указания к выполнению практической работы № 2 по дисциплине «Экология моря» / А.Х. Дегтерев ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Севастопольский государственный университет. – Севастополь: Изд-во СевГУ, 2021. – 14 с. – Текст : электронный.

Методические указания составлены с целью помочь студентам в выполнении практической работы на тему: «Распределение температуры и солёности воды в Черном море». В ходе выполнения работы проводится обработка данных экспедиционных исследований с применением СТД-зондирования в слое 0 – 125 м. Рассмотрены особенности изменения с глубиной температуры и солёности воды в Черном море весной и летом. Анализируются причины сезонных изменений вертикального профиля температуры воды и их влияние на вертикальное перемешивание вод. Отмечается значение увеличения солёности с глубиной для существования сероводородной зоны. Поясняются понятия термоклина и галоклина, деятельного и верхнего квазиоднородного слоя, распреснения поверхностных вод.

Предназначены для студентов СевГУ, обучающихся по специальности «Экология и природопользование» и изучающих дисциплину «Экология моря».

УДК 551.463.6+551.464.5(076.5)

ББК 26.221я73

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании ученого совета Института ядерной энергии и промышленности, протокол № 7 от 31 марта 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Цель работы	4
Общие сведения	4
Задания для самостоятельной работы	6
Контрольные вопросы	6
Рекомендуемая литература	7
Приложение	8

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить вертикальное распределение температуры и солености вод Черного моря и процессы, влияющие на них.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Распределение температуры и солености воды в морях и океанах принято называть термохалинной структурой (Т–S-структурой). Она является определяющей абиотической составляющей экосистемы моря. Хорошо известно, что морские организмы приспособлены к существованию лишь при условии сравнительно небольших изменений температуры и солености воды. Например, рыбы, заходящие по реке Иордан в Мертвое море, гибнут там из-за высокой солености, а хамса способна размножаться в Азовском море, но не размножается в Черном море из-за разницы в солености вод этих морей. Точно также есть теплолюбивые и стойкие к низким температурам водоросли, а также другие морские организмы.

Кроме того, температура и соленость морской воды влияют на ее плотность, а значит и на вертикальное перемешивание вод в море. Именно поэтому на поверхности океана температура воды в среднем составляет 18°C, а на дне – близка к нулю. Летом поверхностные воды нагреваются от солнечных лучей, а зимой выхолаженные воды опускаются в высоких широтах и потом растекаются по дну всего океана. Эта зимняя конвекция приводит к попаданию кислорода, которым насыщены поверхностные воды, в океанские глубины. В низких широтах это перемешивание достигает глубины 200 м. Соответствующий верхний слой называют деятельным, глубже температура воды уже не меняется от зимы к лету.

По сравнению с температурой соленость океанских вод слабо меняется с глубиной и составляет около 35 промилле (35 грамм соли на кг воды). Эту единицу измерения солености обозначают по аналогии с процентами знаком ‰. В прибрежных районах вблизи впадения крупных рек, несущих в океан пресную воду, соленость морской воды понижается. Там образуются так называемые распресненные воды и отдельные «линзы» пресной воды.

В Черном море, в отличие от океана, распределение солености определяется не только стоком рек, но и поступлением вод повышенной солености из Средиземного моря через Босфор. Поэтому здесь в открытом море соленость с глубиной увеличивается от 17,5 промилле у поверхности до 22 промилле у дна. Собственно, из-за резкого изменения плотности воды с глубиной вследствие такого скачка солености и существует сероводородная зона Черного моря.

Температура воды в основной толще Черного моря равна 8 – 9 °C, причем глубже 500 м она не только не уменьшается до нуля, а наоборот, медленно растет до 9 °C. При этом плотность воды, как и в океане, с глубиной увеличивается за счет роста солености. Весной вблизи поверхности

моря образуется теплый однородный слой толщиной несколько метров, толщина которого летом постепенно увеличивается до 10 – 30 м, а зимой он разрушается конвекцией и штормами. Этот слой называют верхним квазиоднородным (ВКС) или по-английски *mixed layer* (ML). Сезонные колебания температуры воды в нем достигают 17 градусов в открытом море и 24 °С – в прибрежных водах. Но глубже 50 м температура воды от зимы к лету меняется менее чем на 1 градус.

Из-за летнего прогрева увеличивается перепад температуры с глубиной, что препятствует вертикальному обмену вод на нижней границе ВКС. Если в самом ВКС температура и соленость с глубиной практически не меняются, то ниже идет небольшой слой резкого изменения температуры. Этот слой особенно хорошо выражен в открытом море. Его называют термоклин в связи с клинообразным ходом графика температуры в этом месте (рис. 1). На графике термоклина соответствует почти горизонтальный участок на глубине 10 – 15 м. Аналогично на графиках солености выделяют галоклин, но он обычно хуже выражен.

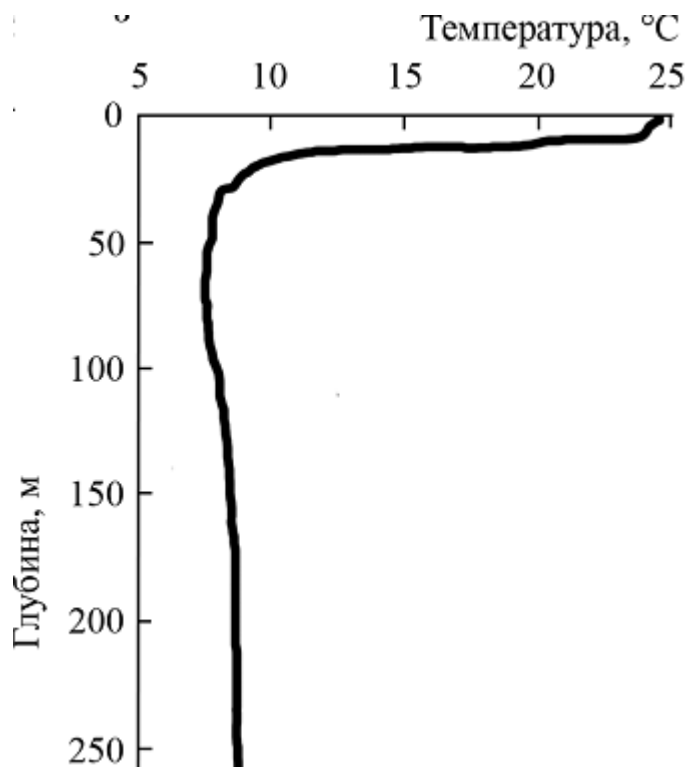


Рисунок 1. Вертикальный профиль температуры воды в Черном море в июле 2007 г. вблизи Сочи [4]

Данные об изменении температуры и солености с глубиной сейчас получают с помощью так называемых CTD – зондов, которые падая вниз передают по кабелю значения электропроводности воды (*conductivity*), температуры (*temperature*) и глубины (*depth*). Отсюда и название зонда. Потом по электропроводности рассчитывают соленость воды (*salinity*), поэтому иногда эти зонды называют STD зондами.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1.

Переписать две таблицы данных по температуре и солености воды (табл. 1 и табл. 2), округлив их до одной десятой. Использовать десятичную запятую. Каждая строка данных соответствует значениям глубины в м, температуры (град. С) и солености (в промилле). Например, строка:

0.5 19.730 14.217

после такого округления имеет вид:

$z = 0,5$ м, $T = 19,7$ °С и $S = 14,2$ ‰.

Таким образом, в таблице должно быть тоже три столбца – z , T и S . Если после округления значения T и S с ростом глубины уже не меняются, надо обратить на это внимание при выполнении задания 2.

Задание 2.

Построить графики зависимости $T(z)$ по данным измерений весной (табл. 1) и летом (табл. 2). Ось z направить вниз (ордината с обратным отсчетом), ось температуры – по оси x . Можно использовать пакет программ EXCEL, особенно для лета. Охарактеризовать основные закономерности изменения температуры воды с глубиной в разные сезоны года. Определить положение термоклина (где температура резко меняется) и толщину перемешанного слоя.

Задание 3.

Построить графики зависимости $S(z)$ по данным измерений весной и летом. Ось z опять направить вниз. Охарактеризовать основные закономерности изменения солености воды с глубиной в разные сезоны года.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объяснить изменение температуры с глубиной.
2. Объяснить изменение солености воды с глубиной.
3. До какой глубины наблюдается прогрев воды в теплый сезон?
4. Что такое термоклин и на какой глубине он находится?
5. Как меняется толщина перемешанного слоя от весны к осени?
6. Чем объясняется однородное распределение температуры и солености в верхнем слое?
7. С какой точностью современные приборы измеряют температуру и соленость воды?
8. С каким разрешением по глубине CTD – зонд измеряет температуру и соленость морской воды?
9. Как влияет изменение температуры и солености воды на морские экосистемы?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Альтман Э.Н., Безбородов А.А., Богатова Ю.А. и др. Практическая экология морских регионов. Черное море. – Киев: Наукова думка, 1990. – 252 с.
2. Атлас климатических изменений в больших морских экосистемах северного полушария: atlas.ssc-ras.ru.
3. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.4. Черное море. Вып.1. Гидрометеорологические условия / Под ред. А.И. Симонова. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1991. – 430 с.
4. Инжебейкин Ю.И. Особенности формирования вертикальной структуры вод на северо-восточном шельфе Черного моря весной и летом 2007 г. // Наука юга России. – 2018. – Т. 14, № 1. – С.71 – 80.

Приложение

Таблица 1

Изменение температуры (°C) и солености воды (‰) с глубиной (м) весной

0.0	12.751	15.969
1.0	12.741	15.971
2.0	12.737	15.971
3.0	12.737	15.971
4.0	12.742	15.979
5.0	10.969	16.701
6.0	8.328	17.628
7.0	7.386	17.763
8.0	7.113	17.898
9.0	6.691	17.928
10.0	6.634	17.964
11.0	6.607	17.971
12.0	6.582	17.985
13.0	6.568	17.973
14.0	6.562	17.968
15.0	6.562	17.971
16.0	6.551	17.971
17.0	6.559	17.981
18.0	6.555	17.989
19.0	6.553	17.983
20.0	6.551	17.983
21.0	6.545	17.975
22.0	6.546	17.982
23.0	6.548	17.986
24.0	6.547	17.982
25.0	6.545	17.979

Таблица 2

Изменение температуры (°C) и солености воды (‰) с глубиной (м) летом

0.0	20.276	17.825
0.5	20.281	17.822
1.0	20.276	17.824
1.5	20.276	17.824
2.0	20.277	17.824
2.5	20.282	17.826
3.0	20.282	17.822
3.5	20.277	17.822
4.0	20.269	17.826
4.5	20.274	17.824
5.0	20.281	17.821
5.5	20.274	17.823
6.0	20.273	17.824
6.5	20.279	17.822
7.0	20.275	17.824
7.5	20.276	17.824
8.0	20.281	17.823
8.5	20.281	17.823
9.0	20.283	17.824
9.5	20.285	17.825
10.0	20.283	17.825
10.5	20.283	17.823
11.0	20.283	17.823
11.5	20.281	17.823
12.0	20.280	17.824
12.5	20.280	17.826
13.0	20.279	17.825
13.5	20.274	17.825
14.0	20.279	17.823
14.5	20.274	17.826
15.0	20.248	17.830
15.5	20.249	17.828
16.0	20.251	17.826
16.5	20.245	17.825
17.0	20.213	17.822
17.5	20.195	17.827
18.0	20.192	17.828
18.5	20.186	17.830
19.0	20.182	17.832
19.5	20.181	17.830
20.0	20.177	17.824
20.5	20.154	17.830
21.0	20.139	17.829
21.5	20.108	17.831
22.0	20.105	17.831

22.5	20.102	17.827
23.0	20.087	17.826
23.5	20.050	17.828
24.0	20.042	17.830
24.5	20.013	17.828
25.0	19.980	17.832
25.5	19.961	17.830
26.0	19.929	17.831
26.5	19.887	17.834
27.0	19.870	17.835
27.5	19.852	17.834
28.0	19.832	17.835
28.5	19.795	17.835
29.0	19.770	17.840
29.5	19.758	17.842
30.0	19.721	17.838
30.5	19.632	17.836
31.0	19.252	17.817
31.5	18.935	17.868
32.0	18.575	17.848
32.5	18.121	17.888
33.0	17.634	17.892
33.5	17.110	17.855
34.0	16.450	17.855
34.5	15.602	17.864
35.0	14.839	17.927
35.5	14.389	17.948
36.0	13.924	17.938
36.5	13.207	17.883
37.0	12.642	17.985
37.5	12.163	18.000
38.0	11.405	17.980
38.5	10.861	18.043
39.0	10.505	18.062
39.5	10.275	18.095
40.0	10.181	18.096
40.5	9.931	18.064
41.0	9.607	18.067
41.5	9.207	18.080
42.0	8.937	18.121
42.5	8.802	18.148
43.0	8.727	18.177
43.5	8.664	18.181
44.0	8.565	18.172
44.5	8.492	18.166
45.0	8.392	18.179
45.5	8.313	18.197
46.0	8.253	18.203
46.5	8.201	18.210

47.0	8.172	18.222
47.5	8.141	18.220
48.0	8.074	18.209
48.5	7.965	18.210
49.0	7.884	18.219
49.5	7.834	18.223
50.0	7.784	18.235
50.5	7.768	18.248
51.0	7.756	18.256
51.5	7.743	18.262
52.0	7.736	18.260
52.5	7.799	18.297
53.0	7.914	18.345
53.5	8.009	18.337
54.0	8.015	18.324
54.5	7.949	18.305
55.0	7.885	18.338
55.5	7.853	18.347
56.0	7.805	18.343
56.5	7.738	18.347
57.0	7.673	18.354
57.5	7.621	18.357
58.0	7.553	18.363
58.5	7.508	18.378
59.0	7.478	18.390
59.5	7.462	18.386
60.0	7.433	18.387
60.5	7.422	18.389
61.0	7.412	18.389
61.5	7.393	18.386
62.0	7.371	18.394
62.5	7.359	18.398
63.0	7.346	18.399
63.5	7.339	18.417
64.0	7.335	18.408
64.5	7.296	18.403
65.0	7.263	18.411
65.5	7.253	18.413
66.0	7.243	18.426
66.5	7.248	18.428
67.0	7.249	18.436
67.5	7.248	18.434
68.0	7.253	18.435
68.5	7.250	18.431
69.0	7.242	18.431
69.5	7.236	18.435
70.0	7.237	18.443
70.5	7.240	18.446
71.0	7.235	18.449

71.5	7.231	18.448
72.0	7.227	18.452
72.5	7.227	18.456
73.0	7.226	18.463
73.5	7.225	18.471
74.0	7.224	18.477
74.5	7.221	18.486
75.0	7.212	18.499
75.5	7.212	18.506
76.0	7.212	18.515
76.5	7.213	18.524
77.0	7.210	18.541
77.5	7.207	18.578
78.0	7.213	18.599
78.5	7.219	18.614
79.0	7.225	18.618
79.5	7.222	18.639
80.0	7.224	18.665
80.5	7.234	18.689
81.0	7.238	18.695
81.5	7.238	18.707
82.0	7.243	18.725
82.5	7.246	18.738
83.0	7.250	18.750
83.5	7.254	18.765
84.0	7.257	18.783
84.5	7.262	18.813
85.0	7.269	18.856
85.5	7.277	18.917
86.0	7.288	18.945
86.5	7.304	18.992
87.0	7.325	19.042
87.5	7.340	19.078
88.0	7.351	19.094
88.5	7.369	19.166
89.0	7.393	19.193
89.5	7.404	19.211
90.0	7.417	19.229
90.5	7.428	19.242
91.0	7.439	19.255
91.5	7.441	19.267
92.0	7.445	19.278
92.5	7.449	19.290
93.0	7.455	19.294
93.5	7.460	19.305
94.0	7.467	19.312
94.5	7.468	19.317
95.0	7.476	19.335
95.5	7.485	19.349

96.0	7.494	19.368
96.5	7.512	19.384
97.0	7.521	19.396
97.5	7.524	19.405
98.0	7.526	19.415
98.5	7.529	19.429
99.0	7.534	19.438
99.5	7.535	19.448
100.0	7.535	19.461
100.5	7.540	19.461
101.0	7.540	19.463
101.5	7.545	19.465
102.0	7.546	19.466
102.5	7.547	19.471
103.0	7.543	19.483
103.5	7.548	19.491
104.0	7.561	19.512
104.5	7.572	19.527
105.0	7.583	19.547
105.5	7.595	19.567
106.0	7.615	19.600
106.5	7.634	19.639
107.0	7.652	19.659
107.5	7.673	19.715
108.0	7.694	19.745
108.5	7.704	19.756
109.0	7.709	19.767
109.5	7.713	19.776
110.0	7.720	19.783
110.5	7.725	19.792
111.0	7.732	19.802
111.5	7.743	19.824
112.0	7.759	19.875
112.5	7.787	19.939
113.0	7.788	19.939
113.5	7.815	19.980
114.0	7.959	20.229
114.5	7.983	20.248
115.0	7.991	20.273
115.5	8.000	20.298
116.0	8.010	20.311
116.5	8.011	20.314
117.0	8.000	20.333
117.5	8.023	20.363
118.0	8.039	20.358
118.5	8.034	20.354
119.0	8.046	20.371
119.5	8.050	20.385
120.0	8.049	20.382

120.5	8.053	20.381
121.0	8.055	20.385
121.5	8.048	20.390
122.0	8.049	20.387
122.5	8.055	20.386
123.0	8.055	20.386
123.5	8.055	20.389

Дегтерев Андрей Харитонович

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ
И СОЛЕНОСТИ ВОДЫ В ЧЕРНОМ МОРЕ**

*Методические указания
к выполнению практической работы № 2
по дисциплине «Экология моря»*

Издается в авторской редакции

Изд. № 27/2021. Объем 1 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»