ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СТАНДАРТОВ
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА
СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ
(ГСССД)

ТАБЛИЦЫ
СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ

ВОДА.
ПЛОТНОСТЬ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ И ТЕМПЕРАТУРАХ от 0 до 100°С

ГСССД 2—77

Издание официальное

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1978

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНЫ Московским ордена Ленина энергетическим институтом; Институтом высоких температур АН СССР. Авторы: канд. техн. наук Александров А. А., канд. техн. наук Трахтенгерц М. С.

РЕКОМЕНДОВАНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ Советским национальным комитетом по сбору и оценке численных данных в области науки и техники Президиума АН СССР;
Всесоюзным научно-исследовательским центром Государственной службы стандартных справочных данных;
Советским национальным комитетом по свойствам воды и водяного пара при Государственном комитете Совета Министров СССР по науке и технике;
Секцией теплофизических свойств веществ Научного совета АН СССР по комплексной проблеме «Теплофизика»

ОДОБРЕНЫ экспертной комиссией ГСССД в составе д-ра техн. наук Ривкина С. Л., д-ра техн. наук Зубарева В. Н., д-ра техн. наук Рабиновича В. А., д-ра техн. наук Сергеева О. А., д-ра техн. наук Черneевой Л. И., канд. техн. наук Уманского А.С.

ПОДГОТОВЛЕНЫ К ПЕЧАТИ Всесоюзным научно-исследовательским центром Государственной службы стандартных справочных данных

УТВЕРЖДЕНЫ Государственным комитетом стандартов Совета Министров СССР 24 августа 1977 г. (протокол № 121)

© Издательство стандартов, 1978

Настоящая таблица стандартных справочных данных распространяется на нормальную воду, деаэрированную, дистиллированную по ГОСТ 6709—72.

Международным союзом чистой и прикладной химии (IUPAC) рекомендована таблица плотности океанской воды [1], изотопный состав которой — отношение концентраций наиболее распространенных изотопов, — составляет

$$[^{18}O]/[^{16}O]=(1993\pm3)\cdot10^{-6};$$
$$[D]/[H]=(156\pm1)\cdot10^{-6}.$$

Изотопный состав такой воды существенно отличается от изотопного состава пресной воды, характерной для источников СССР, что приводит к систематическому отличию плотности, равному $3\cdot10^{-3}$ кг·м$^{-3}$ [2].

Для уточнения состава пресной воды использовано понятие «нормальная вода» [2], под которой подразумевают воду равнинных рек неледникового происхождения, отобранную в нижнем или среднем течении реки, из глубины и не в период паводка или дождей. Изотопный состав нормальной воды достаточно стабилен [2]. Отношение наиболее распространенных изотопов составляет

$$[^{18}O]/[^{16}O]=(1970\pm3)\cdot10^{-6};$$
$$[D]/[H]=(149\pm2)\cdot10^{-6}.$$

Значения плотности нормальной воды, взятой из разных рек, отличаются не более чем на $(0{,}1—0{,}5)\cdot10^{-3}$ кг·м$^{-3}$.

Для получения уравнения, описывающего изменение плотности воды от температуры при атмосферном давлении, проведена совместная обработка наиболее достоверных экспериментальных результатов [3]. Данным, полученным в каждой из работ, приданы веса, а значения температуры приведены в соответствии с МПТШ—1968. Вся совокупность экспериментальных данных описана уравнением

$$\rho_{max}/\rho=1+\sum_{i=1}^{10}a_i\left(\frac{t-t_m}{100}\right)^i,$$

представляющим отношение значения максимальной плотности ρ_{max} при температуре t_m=3,982°С к значению плотности ρ при температуре t, °С. Коэффициенты a_i определены методом наименьших квадратов с помощью ЭВМ [3] и составляют:

a_1=—0,189173965·10^{-5};
a_2=0,800646270·10^{-1};
a_3=—0,866561397·10^{-1};
a_4=0,141326458;
a_5=—0,227709811;
a_6=0,305765045;
a_7=—0,292859639;
a_8=0,179916570;
a_9=—0,625693644·10^{-1};
a_{10}=0,930376776·10^{-2}.

Точные измерения $\rho_{max}=1/V_{min}$ описаны C. E. Guillaume, P. Chappuis и J. Macce de Lepnay, J. H. Buisson, J. R Benoit («Trav. Mem. Bur. Int. Mes. Poids», 1910, t. 14).

В соответствии с оценкой этих данных, проведенной в работе [4], в таблице принято $V_{min}=1{,}000028\cdot10^{-3}$ м^3·кг$^{-1}$ со средней квадратической погрешностью $\Delta V_{min}=\pm0{,}000004\cdot10^{-3}$ м^3·кг$^{-1}$.

Для оценки влияния давления на плотность следует пользоваться справочными данными о коэффициенте сжимаемости воды, приведенными в работе [5].

Шаг по температуре в настоящей таблице выбран 0,1°С с тем, чтобы при линейной интерполяции погрешность не превышала одной единицы последнего знака.

Настоящая таблица существенно уточняет значения плотности, приведенные в ОСТ ВКС 7283 (1934 г.).

ПЛОТНОСТЬ ВОДЫ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ ОТ 0 ДО 100°С

t,°С	ρ, кг · м$^{-3}$										$\Delta\rho$*
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
0	999,839	999,846	999,852	999,859	999,865	999,871	999,877	999,882	999,888	999,893	0,0044
1	999,898	999,903	999,908	999,913	999,917	999,921	999,925	999,929	999,933	999,936	0,0043
2	999,940	999,943	999,946	999,949	999,952	999,954	999,956	999,959	999,961	999,962	0,0042
3	999,964	999,966	999,967	999,968	999,969	999,970	999,971	999,971	999,972	999,972	0,0041
4	999,972	999,972	999,972	999,971	999,971	999,970	999,969	999,968	999,967	999,965	0,0040
5	999,964	999,962	999,960	999,958	999,956	999,954	999,951	999,949	999,946	999,943	0,0041
6	999,940	999,937	999,934	999,930	999,926	999,923	999,919	999,915	999,910	999,906	0,0041
7	999,901	999,897	999,892	999,887	999,882	999,877	999,871	999,866	999,860	999,854	0,0041
8	999,848	999,842	999,836	999,829	999,823	999,816	999,809	999,802	999,795	999,788	0,0042
9	999,781	999,773	999,765	999,758	999,750	999,742	999,734	999,725	999,717	999,708	0,0042
10	999,699	999,691	999,682	999,672	999,663	999,654	999,644	999,635	999,625	999,615	0,0042
11	999,605	999,595	999,584	999,574	999,563	999,553	999,542	999,531	999,520	999,509	0,0043
12	999,497	999,486	999,474	999,462	999,451	999,439	999,426	999,414	999,402	999,389	0,0043
13	999,377	999,364	999,351	999,338	999,325	999,312	999,299	999,285	999,272	999,258	0,0043
14	999,244	999,230	999,216	999,202	999,188	999,173	999,159	999,144	999,129	999,114	0,0043
15	999,099	999,084	999,069	999,054	999,038	999,022	999,007	998,991	998,975	998,958	0,0043
16	998,943	998,926	998,910	998,894	998,877	998,860	998,843	998,826	998,809	998,792	0,0043
17	998,775	998,757	998,740	998,722	998,704	998,686	998,668	998,650	998,632	998,614	0,0043
18	998,595	998,577	998,558	998,539	998,520	998,502	998,482	998,463	998,444	998,425	0,0043
19	998,405	998,385	998,366	998,346	998,326	998,306	998,286	998,265	998,245	998,224	0,0043
20	998,204	998,183	998,162	998,141	998,120	998,099	998,078	998,057	998,035	998,014	0,0043
21	997,992	997,971	997,949	997,927	997,905	997,883	997,860	997,838	997,816	997,793	0,0043
22	997,770	997,747	997,725	997,702	997,679	997,656	997,632	997,609	997,585	997,562	0,0043
23	997,538	997,515	997,491	997,467	997,443	997,419	997,394	997,370	997,345	997,321	0,0043
24	997,296	997,272	997,247	997,222	997,197	997,172	997,146	997,121	997,096	997,070	0,0043
25	997,045	997,019	996,993	996,967	996,941	996,915	996,889	996,863	996,836	996,810	0,0043
26	996,783	996,757	996,730	996,703	996,676	996,649	996,622	996,595	996,568	996,540	0,0043
27	996,513	996,485	996,458	996,430	996,402	996,374	996,346	996,318	996,290	996,262	0,0043
28	996,233	996,205	996,176	996,148	996,119	996,090	996,061	996,032	996,003	995,974	0,0043
29	995,945	995,915	995,886	995,856	995,827	995,797	995,767	995,737	995,707	995,677	0,0043
30	995,647	995,617	995,586	995,556	995,526	995,495	995,464	995,433	995,403	995,372	0,0043
31	995,341	995,310	995,278	995,247	995,216	995,184	995,153	995,121	995,090	995,058	0,0043
32	995,026	994,997	994,962	994,930	994,898	994,865	994,833	994,801	994,768	994,735	0,0043
33	994,703	994,670	994,637	994,604	994,571	994,538	994,505	994,472	994,438	994,405	0,0043
34	994,371	994,338	994,304	994,270	994,236	994,202	994,168	994,134	994,100	994,066	0,0043
35	994,032	993,997	993,963	993,928	993,893	993,859	993,824	993,789	993,754	993,719	0,0044
36	993,684	993,648	993,613	993,578	993,543	993,507	993,471	993,436	993,400	993,364	0,0044
37	993,328	993,292	993,256	993,220	993,184	993,148	993,111	993,075	993,038	993,002	0,0044
38	992,965	992,928	992,891	992,855	992,818	992,780	992,743	992,706	992,669	992,631	0,0044
39	992,594	992,557	992,519	992,481	992,444	992,406	992,368	992,330	992,292	992,254	0,0044
40	992,215	992,177	992,139	992,100	992,062	992,023	991,985	991,946	991,907	992,868	0,0044
41	991,830	991,791	991,751	991,712	992,673	991,634	991,594	991,555	991,515	991,476	0,0044
42	991,436	991,396	991,357	991,317	991,277	991,237	991,197	991,157	991,116	991,076	0,0044
43	991,036	990,995	990,955	990,914	990,873	990,833	990,792	990,751	990,710	990,669	0,0044
44	990,628	990,587	990,546	990,504	990,463	990,421	990,380	990,338	990,297	990,255	0,0044
45	990,213	990,171	990,129	990,087	990,045	990,003	989,961	989,919	989,876	989,834	0,0045
46	989,792	989,749	989,706	989,664	989,621	989,578	989,535	989,492	989,449	989,406	0,0045
47	989,363	989,320	989,276	989,233	989,190	989,146	989,103	989,059	989,015	988,971	0,0045
48	988,928	988,884	988,840	988,796	988,752	988,707	988,663	988,619	988,574	988,530	0,0045
49	988,485	988,441	988,396	988,352	988,307	988,262	988,217	988,172	988,127	988,082	0,0045
50	988,037	987,992	987,946	987,901	987,844	987,810	987,764	987,719	987,673	987,627	0,0045
51	987,581	987,536	987,490	987,444	987,398	987,351	987,305	987,259	987,213	987,166	0,0045
52	987,120	987,073	987,027	986,980	986,933	986,886	986,840	986,793	986,746	986,699	0,0045
53	986,652	986,604	986,557	986,510	986,463	986,415	986,368	986,320	986,272	986,225	0,0045
54	986,177	986,129	986,081	986,033	985,985	985,937	985,889	985,841	985,793	985,745	0,0046
55	985,696	985,648	985,599	985,551	985,502	985,454	985,405	985,356	985,307	985,258	0,0046
56	985,219	985,160	985,111	985,062	985,013	984,963	984,914	984,865	984,815	984,766	0,0046
57	984,716	984,666	984,617	984,567	984,517	984,467	984,417	984,367	984,317	984,267	0,0046
58	984,217	984,167	984,116	984,066	984,016	983,965	983,914	983,864	983,813	983,762	0,0046
59	983,712	983,661	983,610	983,559	983,508	983,457	983,406	983,354	983,303	983,252	0,0046

Продолжение

t,°C	ρ, кг · м$^{-3}$										Δρ*
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
60	983,200	983,149	983,097	983,046	982,994	982,943	982,891	982,839	982,787	982,735	0,0046
61	982,683	982,631	982,579	982,527	982,475	982,422	982,370	982,318	982,265	982,213	0,0046
62	982,160	982,108	982,055	982,002	981,949	981,897	981,844	981,791	981,738	981,685	0,0046
63	981,631	981,578	981,525	981,472	981,418	981,365	981,311	981,258	981,204	981,151	0,0047
64	981,097	981,043	980,989	980,935	980,881	980,827	980,773	980,719	980,665	980,611	0,0047
65	980,557	980,502	980,443	980,393	980,339	980,284	980,230	980,175	980,120	980,065	0,0047
66	980,011	979,956	979,901	979,846	979,791	979,736	979.680	979,625	979,570	979,515	0,0047
67	979,459	979,403	979,348	979,293	979,237	979,181	979,126	979,070	979,014	978,958	0,0047
68	978,902	978,846	978,790	978,734	978,678	978,621	978,565	978,509	978,452	978,396	0,0047
69	978,339	978,283	978,226	978,170	978,113	978,056	977,999	977,942	977,885	977,828	0,0048
70	977,771	977,714	977,657	977,600	977,543	977,485	977,428	977,370	977,313	977,255	0,0048
71	977,198	977,140	977,082	977,025	976,967	976,909	976,851	976,793	976,735	976,677	0,0048
72	976,619	976,561	976,503	976,444	976,386	976,327	976,269	976,211	976,152	976,093	0,0048
73	976,035	975,976	975,917	975,858	975,800	975,741	975,682	975,623	975,564	975,504	0,0049
74	975,445	975,386	975,327	975,267	975,208	975,148	975,089	975,029	974,970	974,910	0,0049
75	974,850	974,791	974,731	974,671	974,611	974,551	974,491	974,431	974,371	974,311	0,0049
76	974,250	974,190	974,130	974,069	974,009	973,948	973,888	973,827	973,767	973,706	0,0050
77	973,645	973,584	973,524	973,463	973,402	973,341	973,280	973,218	973,157	973,096	0,0050
78	973,025	972,974	972,912	972,851	972,789	972,728	972,666	972,605	972,543	972,481	0,0050
79	972,419	972,358	972,296	972,234	972,172	972,110	972,048	971,986	971,923	971,861	0,0050
80	971,799	971,737	971,674	971,612	971,549	971,487	971,424	971,361	971,299	971,236	0,0051
81	971,173	971,110	971,048	970,985	970,922	970,859	970,796	970,732	970,669	970,606	0,0051
82	970,543	970,479	970,416	970,353	970,289	970,226	970,162	970,098	970,035	969,971	0,0051
83	969,907	969,843	969,772	969,715	969,652	969,587	969,523	969,459	969,395	969,331	0,0051
84	969,267	969,202	969,138	969,073	969,009	968,944	968,880	968,815	968,751	968,686	0,0052
85	968,621	968,556	968,491	968,427	968,362	968,297	968,232	968,166	968,101	968,036	0,0052
86	967,971	967,906	967,840	967,775	967,709	967,644	967,578	967,513	967,447	967,381	0,0053
87	967,316	967,250	967,184	967,118	967,052	966,986	966,920	966,854	966,788	966,722	0,0053
88	966,656	966,589	966,523	966,457	966,390	966,324	966,257	966,191	966,124	966,057	0,0054
89	965,991	965,924	965,857	965,790	965,723	965,656	965,589	965,522	965,455	965,388	0,0054
90	965,321	965,254	965,187	965,119	965,052	964,984	964,917	964,849	964,782	964,714	0,0055
91	964,647	964,579	964,511	964,443	964,376	964,308	964,240	964,172	964,104	964,036	0,0055
92	963,967	963,899	963,831	963,763	963,694	963,626	963,558	963,489	963,421	963,352	0,0055
93	963,284	963,215	963,146	963,077	963,009	962,940	962,871	962,802	962,733	962,664	0,0056
94	962,595	962,526	962,457	962,387	962,318	962,249	962,180	962,110	962,041	961,971	0,0057
95	961,902	961,832	961,762	961,693	961,623	961,553	961,483	961,414	961,344	961,274	0,0057
96	961,204	961,134	961,064	960,993	960,923	960,853	960,783	960,712	960,642	960,572	0,0058
97	960,501	960,431	960,360	960,289	960,219	960,148	960,077	960,006	959,936	959,865	0,0058
98	959,794	959,723	959,652	959,581	959,510	959,438	959,367	959,296	959,225	959,153	0,0059
99	959,082	959,010	958,939	958,867	958,796	958,724	958,653	958,581	958,509	958,431	0,0060
100	958,365	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0060

* Δρ — погрешность, равная сумме средней квадратической случайной погрешности температурной зависимости плотности и систематической погрешности абсолютного значения максимальной плотности, учитывающей возможные различия изотопного состава воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brown I., Lane J. E. — «Pure Appl. Chem.», 1976, v. 45, № 1, p. 1—9.

2. Шатенштейн А. И., Яковлев Е. А. Изотопный состав воды. М., Изд.-во АН СССР, 1957, с. 13—29.

3. Alexandrov A. A., Trachtengerts M. S. Density of water at normal atmospherie pressure and temperatures from — 20 to 150°C. — In: Proceeding of 8 International conference on the properties of water and steam. Ciens, France. v. 1. 1974, p. 592—601.

4. Cohen E. R., Crowe K. M., Dumond I. W. Fundamental constants of physics. N. — Y., «Intercerscience Publishers Inc.», 1957.

5. Александров А. А., Трахтенгерц М. С. Теплофизические свойства воды при атмосферном давлении. М., Изд-во стандартов, 1977, 100 с.

gost.e-ecolog.ru