

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОД АРАЛА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ СОЛЁНОСТИ

С.И. Прокопьев

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, 630090 Новосибирск,
Морской пр-т, д.2*

В последние десятилетия наблюдается устойчивая тенденция к сокращению объёма Аральского моря вследствие водного дисбаланса, имеющего место за счёт превышения величины испарения над притоком пресной воды. При этом в бессточном водоёме общая солевая масса возрастает, поэтому эта тенденция приводит к неуклонному росту солёности вод.

При моделировании гидрологических процессов важными параметрами являются температура замерзания, теплота испарения и термодинамическая активность, плотность и теплоёмкость воды, которые есть функции концентрации солей. Однако используемые ныне эмпирические и теоретические зависимости этих величин от солёности были разработаны на основе экспериментальных и натуральных данных для слабоминерализованных вод Арала прошлого века, т.е. действительны до некоторой предельной величины минерализации (около 40 г/л).

Данная работа посвящена сравнительному анализу возможности экстраполяции этих зависимостей в область высокой минерализации.

Для сравнительного расчёта мы использовали широко применяемое "международное уравнение состояния морской воды" [1] и более точные модели либо справочные экспериментальные данные.

Сравнение значений температуры замерзания минерализованной воды, вычисленных по международному уравнению [1], и по уравнению Вант-Гоффа:

$$T = T_0 - \gamma Rs / (1-s),$$

где s – солёность, криоскопическая постоянная $\gamma = 1,86^\circ\text{C}$, T_0 – температура замерзания чистой воды, параметр R характеризует солевой состав воды (для современного состояния Аральского моря нами вычислено значение $R = 0,506$) – показало, что вплоть до солёности 100‰ ($s = 0,1$) различия не превышают $0,2^\circ$, в то время как при 300‰ погрешность расчёта температуры замерзания достигает 3° .

Теплоёмкость минерализованной воды, как обнаружено, достаточно хорошо описывается линейным международным уравнением [1] во всём диапазоне возможной солёности, с погрешностью менее 3%.

На теплоту испарения воды минерализация влияет слабо, поэтому эту зависимость обычно игнорируют и считают её функцией только температуры. Тем не менее, погрешность расчёта при таком приближении растёт пропорционально концентрации солей и при солёности 300‰ достигает 5%.

Термодинамическая активность воды a_w , определяющая величину равновесного давления водяного пара и, следовательно, величину интенсивности испарения,

наиболее сильно зависит от солевого состава и солёности воды. Для сравнительного расчёта термодинамической активности аральской воды мы использовали точную модель Питцера [2] с учётом солевого состава вод современного Арала. Оказалось, что применение формулы Рауля:

$$1/a_w(s) = 1 + Rs/(1-s),$$

оправдано лишь в области слабой минерализации, так как при солёности выше 150‰ погрешность в интенсивности испарения достигает 5%, а при 300‰ превышает 35%.

Плотность аральской воды. Погрешность расчёта приращения плотности по "международному уравнению" [1] в диапазоне температуры 0–42°C и солёности 0–40‰ составляет не более 0,4%. Однако при солёности свыше 80‰ рассчитанная плотность получается ниже реальной на 50 г/л (т.е. 5%) и более.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамаев О.И. Термохалинный анализ вод Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1987.
2. Чарыкова М. В., Чарыков Н. А. Термодинамическое моделирование процессов эвапоритовой седиментации. С.-ПБ: Наука, 2003.