

Глава 1

ОБЗОР МЕТОДОВ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСПАРЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Исследования теплообмена и в первую очередь испарения Каспийского моря имеют уже вековую историю и начинаются практически с работ А.И. Войкова [1884]. Известны результаты Б.А. Аполлова [1935], В.К. Давыдова [1938], Б.Д. Зайкова [1946], Е.Г. Архиповой с сотрудниками [1957, 1970], В.С. Самойленко [1963], С.С. Ремизовой [1963], Л.С. Евсеевой [1964], Н.П. Гоптарева, Г.Н. Панина [1970], Г.Н. Панина [1985б, 1986] и др. Приводим общие сведения об исследователях Каспийского моря и полученных ими величинах испарения.

Испарение, см	Источник	Испарение, см	Источник
108,5	Войков, 1984	98,4	Архипова, 1955
125,0–135,0 (130,0)	Книпович, 1921	97,7	Ремизова, 1963
112,0	Ковалевский, 1924	91,1	Самойленко, 1963
104,0 (108,5)	Рудовиц, 1927	92,7	Абакаров, 1963
105,0	Михалевский, 1928	91,0	Евсеева, 1964
109,0	Брегман, Михалевский, 1933	101,1	Шереметевская, 1966
97,7	Дундуков, 1934	101,9	Гоптарев, Панин, 1970
111,3	Аполлов, 1935	99,6	Архипова и др., 1970
99,0	Брегман, Михалевский, 1935	101,0	Смирнова, 1972
100,0	Давыдов, 1941	97,0	Шикломанов (по данным ГОИНа), 1976
97,8	Зайков, 1946	-	
96,2	Пономаренко, 1947	96,3	Панин, 1986
		Cp = = 101±9 см	

Для определения величины испаряющейся воды и интенсивности теплообмена моря с атмосферой использовались разнообразные методы, среди которых можно выделить два основных класса: 1) основанные на использовании уравнений водного и теплового баланса моря, 2) основанные на использовании различного рода эмпирических и полуэмпирических соотношений. Основное различие выделенных классов состоит в том, что с их помощью получают принципиально отличающуюся информацию о харак-

теристиках взаимодействия. Балансовые методы, как известно, дают величину интегрального испарения и теплообмена всего водоема. Часто именно интегральная величина взаимодействия водоема с атмосферой необходима при проведении водохозяйственных расчетов, поэтому балансовые методы наиболее распространены. В то же время следует иметь в виду, что возможности балансовых методов для определения локального испарения и теплообмена ограничены предположением пространственной однородности этих характеристик взаимодействия, которое в большинстве случаев не выполняется, т.е. преимущество этих методов при определении интегральных величин испарения и теплообмена оборачивается недостатком при определении этих характеристик взаимодействия для отдельных акваторий водоема. Из этого, в частности, следует, что решение вопроса об определении испарения, а соответственно и теплообмена для отдельных акваторий водоема должно сводиться к определению их локальных значений, т.е. к расчету по гидрометеорологическим данным.

Кроме этого основного недостатка балансовых методов определения испарения E и теплообмена Q , есть еще один общий, состоящий в том, что величины E и Q определяются косвенно – как замыкающие члены в уравнениях водного и теплового баланса. При таком определении E и Q ошибки определения членов уравнения будут ошибками определения величины испарения и теплообмена.

При использовании уравнения водного баланса основная неопределенность связана с учетом величины осадков, являющейся, как известно, характеристикой локальной и недостаточно четко фиксируемой на акватории моря. Пока нетной ясности и в определении величин подземного притока воды в море и фильтрации воды из него в грунт.

При использовании уравнения теплового баланса для получения соответствующих оценок основная неопределенность возникает в пасмурную, облачную погоду, а также в утренние и вечерние часы, когда менее точно определяется радиационный баланс. Единичные измерения радиационного баланса в этих условиях характеризуют лишь мгновенные значения притока тепла, и они не могут быть отнесены к интервалу времени, в то время как теплообмен за счет испарения и конвекции может быть статистически обеспечен лишь при осреднении за некоторый (например, не менее 1/2 часа) интервал времени. В связи с этим использование этого метода наиболее предпочтительно при устойчивой, ясной погоде. В то же время следует подчеркнуть, что использование метода теплового баланса, так же как и метода водного баланса, перспективно при осреднении за длительный промежуток времени, например, за год, когда тепловой баланс водоема близок к нулю, поскольку между водоемом и атмосферой в общем сохраняется тепловое равновесие. Осреднение за такой длительный период, как год, фактически позволяет получать интегральные значения теплообмена за счет испарения и конвекции, характеризующейся уже отмеченными достоинствами и недостатками.

Методы второго класса указанной градации отличает одно важное преимущество: они позволяют получить представление о пространственном изменении величины испарения и теплообмена, изучить их региональные особенности. Использование этих методов позволяет ответить на вопрос о взаимодействии с атмосферой отдельных акваторий водоема, перейти к

описанию его гидрологического режима. В итоге интегрирование величин испарения и теплообмена по площади должно дать информацию о результирующим (интегральном) испарении и теплообмене водоема с атмосферой.

Недостатки этого класса методов не имеют общего характера, но в каждом конкретном методе, использовавшемся для расчетов теплообмена и испарения Каспийского моря они существовали. В основном недостатки этих методов связаны с тем, что сложная природа взаимодействия водоема и атмосферы описана простыми полуэмпирическими соотношениями, отвечающими некоторым средним условиям или полученным в умеренных гидрометеорологических условиях.

Остановимся на основных полуэмпирических схемах, использованных при определении теплообмена и испарения Каспийского моря, и свойственных им недостатках.

Основная информация о тепломассообмене Каспийского моря с атмосферой получена в результате многократного использования разными авторами формулы В.С. Самойленко [1952], полученной, как известно, из формулы В.В. Шулейкина:

$$E = C_e (e_s - e_z) U_z , \quad (1.1)$$

где E – испарение; C_e – коэффициент испарения; e_s , e_z – упругость насыщения при температуре водной поверхности T_w и на высоте измерения z ; U_z – скорость ветра на высоте z .

Коэффициент испарения C_e в выражении (1.1) В.С. Самойленко предложил определять в виде $C_e = \kappa^2 \left(\ln \frac{z + z_0}{z_0} \right)^2$, где κ – постоянная Кармана ($\kappa = 0,38 - 0,42$); z_0 – параметр шероховатости. Принимая параметр шероховатости постоянной величиной, В.С. Самойленко [1952] и его последователи использовали и постоянным (на фиксированной высоте) коэффициент испарения в выражении (1.1). Это предположение существенно облегчило задачу определения испарения и теплообмена и фактически свело решение ее к вычислению произведений $U_z (e_s - e_z)$ и $U_z (T_w - T_z)$. Это предположение свидетельствует и о том, что коэффициенты испарения C_e и теплообмена C_T принимались равными коэффициенту сопротивления C_u , не учитывалось влияние стратификации приводного воздуха.

Исследования взаимодействия водоема и атмосферы последних 20–25 лет [Ролль, 1968; Китайгородский, 1970; Бортковский и др., 1974; Бортковский, 1983; Панин, 1985а] показали ошибочность принятия указанных предположений. Эти исследования в то же время дают основание полагать, что указанные предположения могут не повлиять на результирующие значения испарения и теплообмена за длительный интервал времени (например, год), но вызовут заметные искажения во внутригодовом их ходе и особенно в изменении тепломассообмена по пространству.

Влияние температурной стратификации приводного слоя, учтенное в расчетах К.И. Смирновой и О.И. Шереметевской [1967], Н.П. Гоптаревым, Г.Н. Паниным [1970], Е.Г. Архиповой и др. [1970], существенно уточнило внутригодовой ход испарения. Но следует заметить, что в этих расчетах стратификация плотности воздуха характеризовалась только стратификацией температуры, т.е. стратификация влажности не учиты-
7

лась. В конце 60-х годов, когда выполнялись эти работы, еще не было известно, что при расчете характеристик взаимодействия водоема и атмосферы важно учитывать полную (плотностную) стратификацию воздуха. Исследования Дж. Ламли и Г. Пановского [1966], С.С. Зилитинкевича [1970] показали, что стратификацию влажности воздуха можно учитывать путем введения в расчеты виртуальной температуры воздуха T_v , вместо истинной T_a , которые связаны соотношением $T_v = T_a(1 - 0,61q)$, где q — удельная влажность воздуха. Исследования С.А. Китайгородского [1970], кроме того, показали, что в большинстве случаев при расчете характеристик взаимодействия между водоемом и атмосферой нет основания для пренебрежения стратификацией влажности воздуха.

Итак, можно констатировать, что и эти методы расчета испарения и теплообмена Каспийского моря не свободны от недостатков, которые, впрочем, можно довольно просто учесть.

Однако наибольшая неопределенность в использовании перечисленных методов расчета возникает в условиях, сильно отличающихся от умеренных, например в штилевых и штормовых. Оказывается, что рассмотренные методы при штиле (скорость ветра $U_z = 0$) дают нулевые потоки (конструктивно во всех рассмотренных формулах скорость записана в виде сомножителя), что в действительности не соответствует истине, так как и при штиле в результате вертикальной конвекции существует постоянный перенос тепла и влаги (более подробно по этому поводу см. А.Х. Хргиан [1978], А.А. Грачев, Г.Н. Панин [1984]).

Рассмотренные методы не позволяют учесть и вклад от сильных и штормовых ветров, тепло- и влагообмен при которых в значительной степени связан с эмиссией водяных капель [Бортковский, 1983; Гарбальевский и др., 1983].

Подводя итоги краткого обзора, можно резюмировать, что с позиций современного представления о процессах взаимодействия водоема и атмосферы, использованные для анализа испарения и теплообмена Каспийского моря методы недостаточно совершенны и могут давать верную информацию в ограниченном диапазоне гидрометеорологических условий.

Кроме того, во всех предшествующих расчетах интегральные характеристики взаимодействия определялись по осредненной гидрометеорологической информации, т.е. в предположении отсутствия корреляций между гидрометеорологическими параметрами. Ошибочность этого предположения была показана еще в работах М. Гарстанга [Garctang, 1965], Б.Г. Гаврилина, А.С. Монина [1970] и др., правда, на примере Атлантического и Мирового океанов.

Все это вместе взятое стимулировало проведение дополнительных исследований взаимодействия Каспийского моря с атмосферой.