

Г л а в а 3

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ И ВРЕМЕННЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ МЕЖДУ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Нелинейность формул для расчета испарения и теплообмена, записанных даже в упрощенном виде:

$$E = C_{T,e} \Delta a U_z ,$$

$$Q_T/\rho c_p = C_{T,e} \Delta T U_z ,$$

вносит определенные ограничения на осреднение используемой информации при расчете интегральных характеристик обмена всего водоема или отдельных его акваторий за длительные периоды времени, например месяцы, годы. Широко распространенное применение этих формул для расчета величин испарения и теплообмена по осредненным значениям гидрометеорологических данных неизбежно влечет за собой дополнительные ошибки.

Действительно, представим сомножители в формулах испарения и теплообмена в виде суммы среднего и пульсационного значений

$$f = \bar{f} + f' , \quad (3.1)$$

где \bar{f} – среднее значение случайной функции f за рассматриваемый промежуток времени; $f' = f - \bar{f}$ – пульсационное значение.

Подставляя разложение вида (3.1) в формулы испарения и теплообмена и осредняя, получим, что разница между средними потоками \bar{E} , \bar{Q}_T и его оценками \hat{E} , \hat{Q}_T , по осредненным значениям гидрометеорологических данных ($\hat{E} = \bar{C}_{T,e} \bar{\Delta}a \bar{U}_z$; $\hat{Q}_T / \rho c_p = \bar{C}_{T,e} \Delta \bar{T} \bar{U}$), равно

$$\bar{E} - \hat{E} = \bar{C}_{T,e} \overline{U' \Delta a'} + \overline{C'_{T,e} U' \Delta a} + \overline{C'_{T,e} \Delta a' \bar{U}} + \overline{C'_{T,e} \Delta a' U}, \quad (3.2)$$

$$(\bar{Q}_T / \rho c_p) - (\hat{Q}_T / \rho c_p) = \bar{C}_{T,e} \overline{U' \Delta T'} + \overline{C'_{T,e} U' \Delta T} + \overline{C'_{T,e} \Delta T' \bar{U}} + \overline{C'_{T,e} \Delta T' U'}, \quad (3.3)$$

где черта сверху означает осреднение по времени.

Расчеты по осредненной информации (\bar{E} , \bar{Q}_T) будем называть неправильными, а по первичной – правильными.

На различные расчеты, полученных по срочным и осредненным данным, обратили внимание довольно давно. По-видимому, первый опыт правильного расчета потоков тепла и влаги принадлежит М. Гарстангу [Garstang, 1965], который для Атлантики рассчитал средние месячные значения турбулентных потоков тепла и влаги путем осреднения их значений, определенных по первичной информации. Его расчеты дали заметно отличающиеся значения потоков от рассчитанных ранее В.К. Джекобсом [Jacobs, 1942, 1951] и М.И. Будыко [1956] по осредненной исходной информации.

Оценка ошибки неправильного способа определения потоков для Мирового океана получена Б.Л. Гаврилиным и А.С. Мониным [1970] в результате проведения численных экспериментов с моделью общей циркуляции атмосферы Лаборатории геофизической гидродинамики Принстонского университета. Принимая коэффициенты сопротивления, теплообмена и испарения равными между собой и постоянными $C_u = C_T = C_e = \text{const}$, Б.Л. Гаврилин и А.С. Монин [1970] получили средние ошибки неправильного расчета за период 30 и 70 дней: 240% для потока импульса, 187% для потока тепла и 195% для потока влаги. Анализ пространственной изменчивости этих ошибок показал довольно неравномерное распределение их по акватории океанов с заметным, более 500%-ным увеличением обмена в динамически активных зонах действия (например, в Исландском и Алеутском центрах действия).

Более поздние расчеты О.В. Решетовой [1971], Р.С. Бортковского и др. [1974], А.И. Смирновой и В.М. Булаевой [1974] для Северной Атлантики [Гидрофизика океана, 1978. Т. 1] дали заметно меньшие значения указанных ошибок (осреднение исходной информации за месяц дает ошибки расчета потока тепла и влаги порядка 10–15%). Но по этим расчетам значения ошибок для разных кораблей погоды оказались заметно отличающимися (ошибки для отдельных кораблей погоды, например А, достигали 40%, для других, например В, не превышали 5%).

Неоднозначность изложенных результатов связана в известной мере с различием в методике исследований. Однако пространственно-временная изменчивость ковариаций в правой части выражений (3.2)–(3.3) также, несомненно, сказывается на выводах авторов указанных работ. Исследование этого вопроса для ряда 5-градусных квадратов Северной Атлантики, проведенное Д.А. Лариным [1984], показало, что ошибка неправильных расчетов потоков тепла и влаги увеличивается с ростом

коэффициентов вариации отношений $\sigma U/\bar{U}$, $\sigma \Delta T/\Delta \bar{T}$, $\sigma \Delta a/\bar{a}$. Этот результат представляется логичным, и в целом он согласуется с выводами Б.Л. Гаврилина и А.С. Монина [1970].

Подобные исследования на Каспийском море не проводились.

Согласно формулам (3.2), (3.3), очевидно, что мерой различия правильных и неправильных способов расчета испарения и теплообмена являются отношения

$$K_e = \hat{E}/\bar{E} = \bar{C}_{T,e} \bar{U} \Delta \bar{a} / \bar{C}_{T,e} \bar{U} \Delta \bar{a}, \quad (3.4)$$

$$K_T = \hat{Q}_T/\bar{Q}_T = \bar{C}_{T,e} \bar{U} \Delta \bar{T} / \bar{C}_{T,e} \bar{U} \Delta \bar{T}.$$

Равенство коэффициентов K_e и K_T единице ($K_e = K_T = 1$) согласно соотношениям (3.4) будет свидетельствовать о том, что корреляции между гидрометеорологическими параметрами внутри периода осреднения отсутствуют (пренебрежимо малы). Очевидно также, что если K_e и K_T будут отличаться от единицы и изменчивость их будет невелика, то средние значения \bar{K}_e и \bar{K}_T можно рассматривать в качестве поправочных коэффициентов. В противном случае представляется необходимым установить причины изменчивости коэффициентов K_e и K_T , выявить факторы их определяющие и уже с учетом этого вводить соответствующие поправки в расчеты.

Исследование коэффициентов K_e , K_T предполагает использование первичных (срочных) гидрометеорологических данных по акватории моря, т.е. связано с проведением больших вычислительных работ. Учитывая это, все расчеты проводились в два этапа: первый – по данным наблюдений на береговых и островных гидрометеорологических станциях, второй – по судовым гидрометеорологическим данным.

Вначале представлялось интересным выяснить роль периода осреднения в изменении отношений (3.4). Для этого использовались данные шести опорных (принятых в ГОИНе) гидрометеорологических станций Каспийского моря: Астара, Нефтяные Камни, Избербаш, о-в Тюлений, Кулалы, Огурчинский. Знаменатели отношений в формулах (3.4) определялись по срочным, а числитель – по осредненным соответственно за сутки, декаду, месяц гидрометеорологическим данным. В итоге были определены значения коэффициентов K_e , K_T при осреднении исходных данных за сутки ($K_e^{(1)}, K_T^{(1)}$), декаду ($K_e^{(2)}, K_T^{(2)}$) и месяц ($K_e^{(3)}, K_T^{(3)}$).

Зависимость коэффициента K_e от периода осреднения, полученная по 5-летнему ряду наблюдений (1971–1975 гг.) на шести указанных гидрометеорологических станциях, представлена на рис. 3, из которого следует, что отличие коэффициента K_e от единицы растет с увеличением периода осреднения. Причем при суточном осреднении ($K_e^{(1)}$) расхождения правильного и неправильного методов расчета не превышают 5%. Осреднение исходной информации за декаду, и тем более за месяц, привело в большинстве случаев к занижению результата расчета. О величине этого занижения дает представление табл. 1, где приведены среднегодовые значения коэффициентов $K_e^{(1)}, K_e^{(2)}, K_e^{(3)}$.

Из рис. 3 и табл. 1 видно, что коэффициент K_e , как правило, меньше 1,0 и ошибка расчета испарения по осредненной гидрометеорологической информации в среднем не превышает 10% (даже информации осредненной

Т а б л и ц а 1. Среднегодовые значения коэффициентов $K_e^{(1)}$, $K_e^{(2)}$, $K_e^{(3)}$ для гидрометеостанций Каспийского моря

Станция	Коэффициент	Год					
		1971	1972	1973	1974	1975	Среднее
Нефтяные	$K_e^{(1)}$	0,97	0,98	0,97	0,99	1,00	0,98
Камни	$K_e^{(2)}$	0,91	0,95	0,91	0,98	0,95	0,94
	$K_e^{(3)}$	0,90	0,95	0,91	0,96	0,92	0,93
Избербаш	$K_e^{(1)}$	1,00	1,00	0,99	1,01	0,97	0,99
	$K_e^{(2)}$	0,92	0,87	0,94	0,98	0,92	0,93
	$K_e^{(3)}$	0,90	0,85	0,95	0,93	0,91	0,93
о-в Огурчинский	$K_e^{(1)}$	0,99	1,01	0,99	0,99	1,00	1,00
	$K_e^{(2)}$	0,96	0,96	0,94	0,94	0,96	0,95
	$K_e^{(3)}$	0,94	0,93	0,91	0,89	0,92	0,92
о-в Кулалы	$K_e^{(1)}$	1,03	1,04	1,05	1,05	1,03	1,04
	$K_e^{(2)}$	1,01	1,02	1,02	1,04	0,99	1,01
	$K_e^{(3)}$	1,00	1,00	0,98	0,99	0,96	0,98
Астара	$K_e^{(1)}$	1,04	0,99	0,98	1,00	1,05	1,01
	$K_e^{(2)}$	0,97	0,94	0,95	0,97	1,05	0,98
	$K_e^{(3)}$	0,96	0,90	0,96	0,95	1,02	0,96
о-в Тюлений	$K_e^{(1)}$	1,05	1,04	1,01	1,00	0,99	1,01
	$K_e^{(2)}$	1,01	1,03	0,99	0,98	0,99	1,00
	$K_e^{(3)}$	1,00	1,02	0,99	0,84	0,98	0,96
Среднее	$\bar{K}_e^{(1)}$	1,01	1,01	1,00	1,01	1,01	1,01
	$\bar{K}_e^{(2)}$	0,96	0,96	0,96	0,97	0,98	0,97
	$\bar{K}_e^{(3)}$	0,95	0,94	0,95	0,93	0,95	0,94

за месяц). В отдельные месяцы величина ошибки достигала 50% и более, причем коэффициент K_e принимал значения не только меньшие единицы, но и большие. Понятно, что коррекция таких результатов расчета путем введения некоторого среднего коэффициента \bar{K}_e не повысит их точность, а в некоторых случаях даже понизит. Это означает, что результаты расчета необходимо корректировать дифференцировано. Для этого необходимо вскрыть закономерности изменчивости коэффициентов K_e , K_T , выявить определяющие факторы. Но вначале представляется интересным проверить, действительно ли причиной отличия коэффициентов K_e , K_T от единицы является корреляция между гидрометеорологическими параметрами. Наиболее простой способ проверки этого состоит в сопоставлении корреляционных графиков между сомножителями формул (2.16), (2.17) при разных значениях K_e или K_T . В качестве примера на рис. 4, а, б приведены корреляционные зависимости¹ между скоростью

¹ Напомним, что, по-видимому, первым обратил внимание на существование различных коэффициентов корреляции между гидрометеорологическими параметрами А.С. Монин [1963].

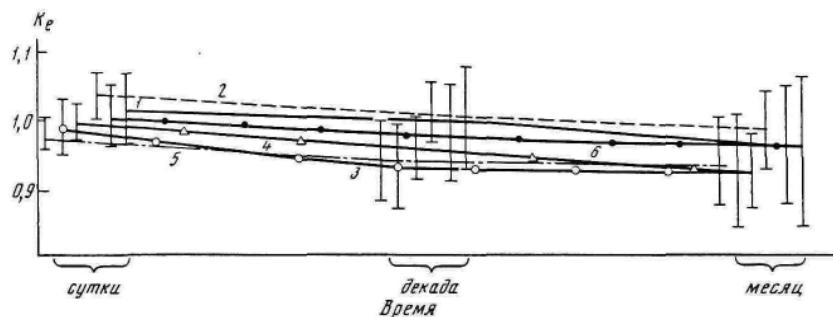


Рис. 3. Зависимость коэффициента K_e от периода осреднения по данным береговых станций

1 – о. Тюлений, 2 – о. Кулацы, 3 – Избербаш, 4 – о. Огурчинский, 5 – Нефтяные Камни, 6 – Астара

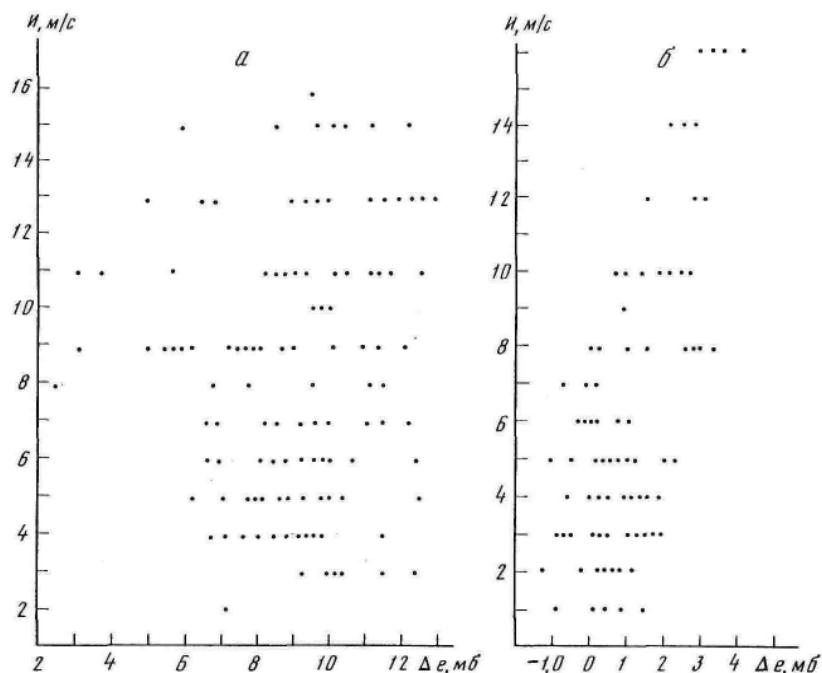


Рис. 4. Зависимость между скоростью ветра (U) и перепадом влажности воздуха $\Delta e_{wz} = e_w - e_z$ при разных значениях коэффициента K_e (а – при $K_e = 0,98$; б – при $K_e = 0,52$)

ветра и перепадом влажности воздуха при значениях $K_e^{(3)}$, равных 0,98 и 0,52 соответственно. Важно констатировать, что почти полному отсутствию корреляции между указанными параметрами на рис. 4, а соответствует значение коэффициента $K_e^{(3)}$, мало отличающееся от единицы. При значениях $K_e^{(3)}$, сильно отличающихся от единицы (в данном случае в два раза), можно говорить о вполне определенной пропорциональности

между скоростью ветра и перепадом влажности воздуха (см. рис. 4, б). В целом анализ подобных графиков показал, что отличие коэффициентов K_e , K_T от единицы растет пропорционально увеличению коэффициента корреляции между гидрометеорологическими параметрами (в основном между перепадами влажности и температуры воздуха с одной стороны, и скоростью ветра – с другой). Однако отметим, что сделанный вывод указывает на следствие отличий K_e и K_T от единицы, но не раскрывает причин указанных отличий.

Для выяснения причин изменения коэффициентов K_e и K_T представлялось необходимым исследовать зависимость их от разных параметров, проанализировать внутригодовой ход.

В первую очередь для этого изучалось изменение коэффициентов K_e , K_T в зависимости от параметров, характеризующих интенсивность тепломассообмена (скорости ветра, перепадов влажности и температуры воздуха, самих потоков влаги и тепла).

Этот анализ (рис. 5 с результатами расчета $K_e^{(3)}$) показал, что скорость ветра (см. рис. 5, а) практически не влияет на изменение величины коэффициента K_e . В то же время (см. рис. 5, б, в) определенно можно говорить о существовании зависимости K_e от перепада влажности воздуха Δe и особенно от произведения $\Delta e U_z$, характеризующего, как известно, интенсивность влагопереноса. В частности, можно отметить, что значение коэффициента K_e увеличивается с ростом аналога потока влаги ($\Delta e U_z$), достигая асимптотического значения – единицы при $\Delta e U_z \approx 15$ м.мб/с (см. рис. 5, в).

Наибольший интерес представляет зависимость коэффициента K_e от стратификации приводного слоя воздуха (на рис. 6, в качестве параметра стратификации использовано отношение $\Delta T/U$). В частности, зависимость на рис. 6 позволяет констатировать, что при неустойчивой стратификации ($\Delta T/U > 0$) коэффициент K_e имеет значение, близкое к единице, а при ($\Delta T/U < 0$), как правило, – меньше единицы. Этот результат дает основание предположить, что коэффициенты K_e , K_T должны испытывать соответствующие временные (сезонные) и пространственные изменения.

Внутригодовой ход коэффициента $K_e^{(3)}$ для всех шести анализируемых станций и среднеквадратичные значения его представлены на рис. 7. Во всех без исключения случаях весной значения $K_e^{(3)}$ минимальны, а летом максимальны. Осенью и зимой они близки к единице (но, как правило, меньше единицы). Отмеченные особенности во внутригодовом ходе коэффициента $K_e^{(3)}$ связаны, по-видимому, с соответствующей сезонной изменчивостью стратификации приводного воздуха. Наряду с существованием этой общей закономерности во внутригодовом ходе коэффициента $K_e^{(3)}$ можно отметить и некоторые отклонения (см., например, внутригодовой ход $K_e^{(3)}$ для гидрометеорологических станций Кулалы и Астара), связанные, видимо, с региональными особенностями районов расположения указанных станций. Некоторое представление о региональных особенностях изменения коэффициентов K_e , K_T дает рис. 8, где представлены гистограммы $K_e^{(3)}$ всех анализируемых станций.

Таким образом, исследование роли корреляций между гидрометеорологическими параметрами, проведенное по данным наблюдений на гидрометеорологических станциях Каспийского моря (первый этап), показало,

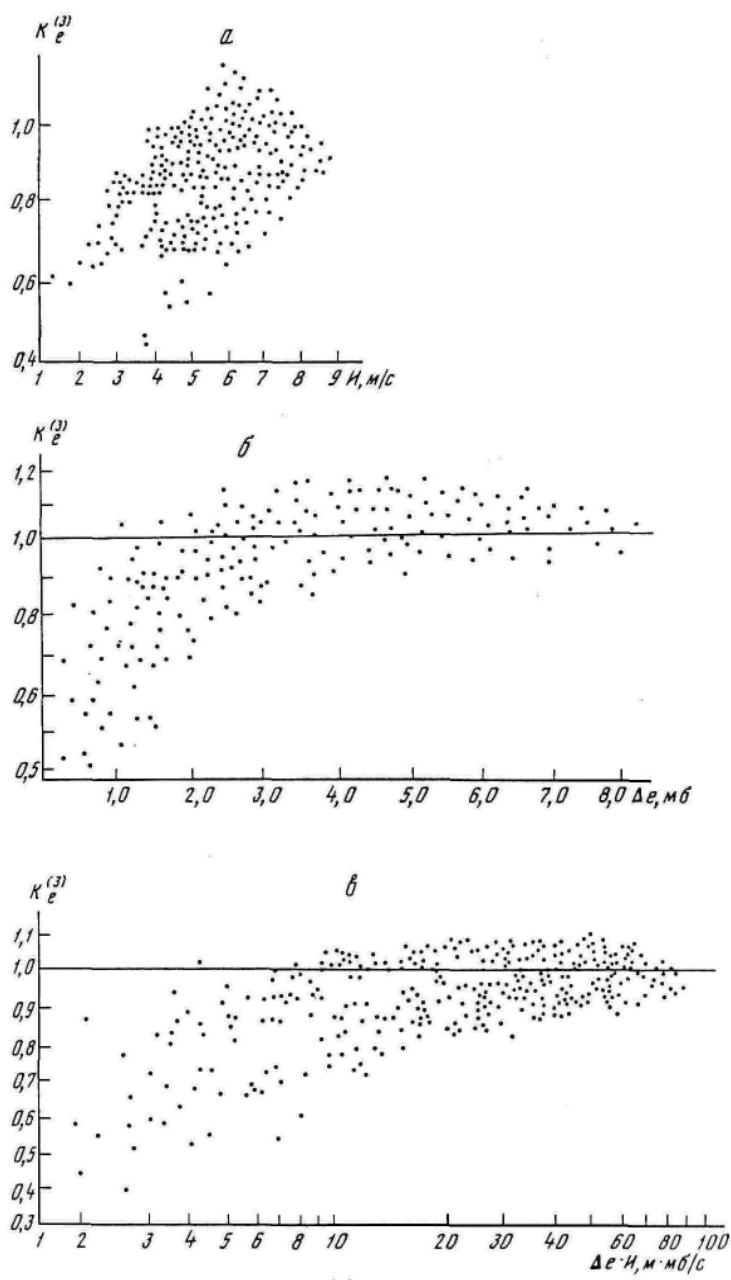


Рис. 5. Зависимость коэффициента $K_e^{(3)}$ от скорости ветра U – (а), перепада влажности воздуха Δe – (б) и произведения $\Delta e \cdot U$ – (в)

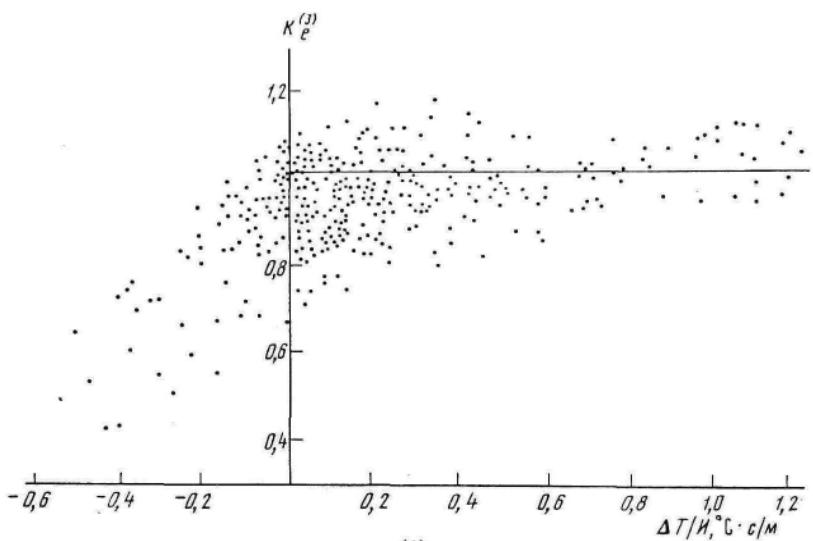


Рис. 6. Зависимость коэффициента $K_e^{(3)}$ от параметра стратификации ($\Delta T/U$).

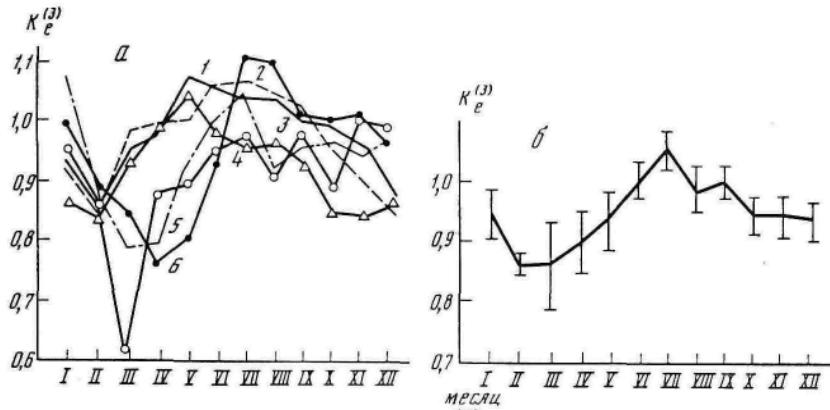


Рис. 7. Внутригодовой ход коэффициента $K_e^{(3)}$ (а – по наблюдениям на гидрометеорологических станциях Каспийского моря, б – среднее значение). Вертикальными линиями показаны среднеквадратичные отклонения (условные обозначения см. рис. 3)

что и здесь использование осредненной по времени информации приводит к ошибочным результатам. Величина этой ошибки увеличивается с ростом периода осреднения, зависит от интенсивности взаимодействия моря и атмосферы, характеризуется стратификацией приводного слоя атмосферы, имеет определенный внутригодовой ход. Все это не позволяет рекомендовать для практического использования какие-либо средние значения коэффициента \bar{K}_e (это не относится к использованию осредненной за сутки информации, что приводит к ошибке, не превышающей 5%). Найденные закономерности изменения коэффициента K_e могут быть, как следует из рис. 8, скорректированы с учетом региональных особенностей.

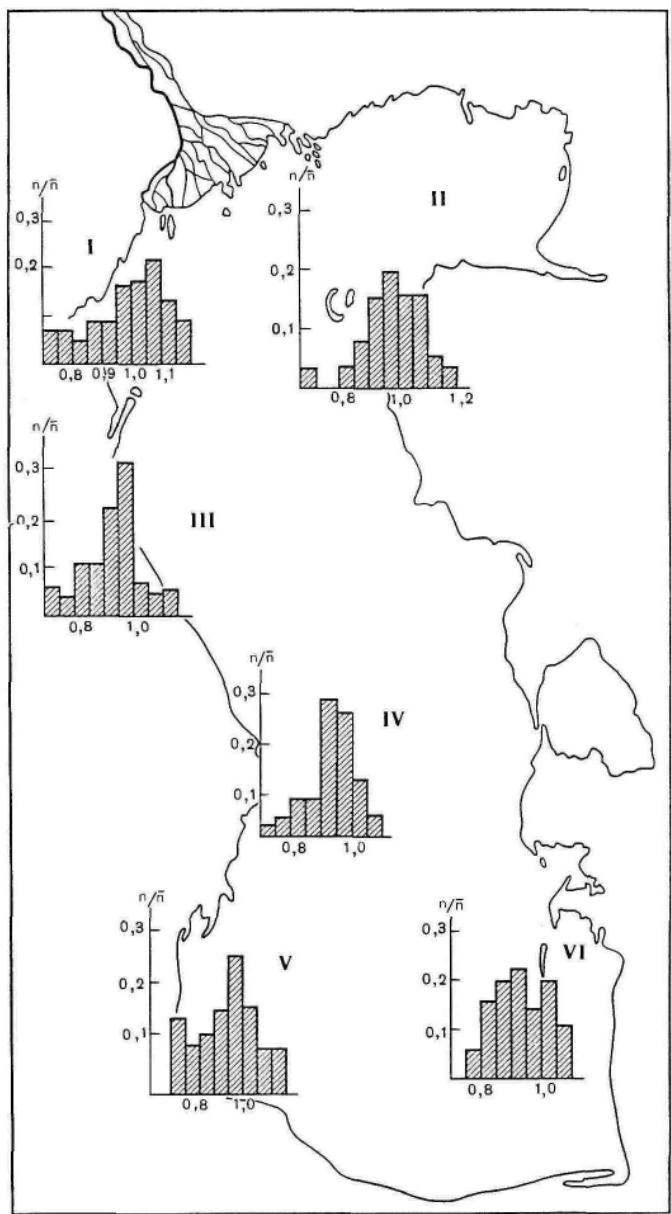


Рис. 8. Гистограммы коэффициента $K_e^{(3)}$ по гидрометеорологическим станциям Каспийского моря. I – о. Тюлений; II – о.Кулалы; III – Избербаш; IV – Нефтяные Камни; V – Астара; VI – о. Огурчинский

ностей того или иного района моря. Однако решение этого вопроса требует исследований пространственной изменчивости указанных корреляций, т.е. необходимости проведения второго этапа исследования.

На втором этапе коэффициенты K_e и K_T исследовались по данным судовых наблюдений. Для этого использовался весь массив гидрометеорологических данных, накопленный на магнитных лентах центра гидрометеорологических данных ВНИИГМИ-МЦД, начиная с 1904 г. Информация во ВНИИГМИ-МЦД рассортирована по квадратам – сферическим трапециям с размерами 5° широты $\cdot 5^\circ$ долготы. Такой шаг по сетке для Каспийского моря велик, и поэтому непосредственно перед расчетами информация сортировалась уже по одноградусным сферическим трапециям. Но в то же время для уменьшения ошибок, связанных с пространственной неоднородностью метеорологических полей и нерегулярностью судовых наблюдений, вычислялись средние координаты наблюдений (эти координаты обозначены на картах точками внутри каждой трапеции (рис. 9). К этим координатам и относились затем рассчитываемые характеристики. Кроме того, для устранения некачественной первичной информации в программе предусматривалось исключение явно ошибочных данных. В результате в расчетах использовалось около 150 тыс. данных (под одним из данных здесь подразумевается комплект данных, необходимый для расчета одной характеристики взаимодействия), имеющих относительно неравномерное распределение по акватории (см. рис. 9).

Для моря, так же как и для береговых станций, вычислялись коэффициенты $K_e^{(1)}$, $K_e^{(2)}$, $K_e^{(3)}$, характеризующие соответственно ошибки суточного, декадного и месячного осреднения исходной информации. Кроме этих, вычислялся коэффициент $K_e^{(4)}$, характеризующий ошибку, возникающую от использования среднемесечных многолетних данных. По этому же принципу вычислялись коэффициенты $K_T^{(1)}$, $K_T^{(2)}$, $K_T^{(3)}$, $K_T^{(4)}$, характеризующие ошибки осреднения исходной информации при определении конвективного теплообмена. Значения коэффициентов K_e , K_T для испарения и конвективного теплообмена для всего Каспийского моря приведены на рис. 10, 11, из которых следует, что значения коэффициентов K_e и K_T имеют явный сезонный ход, близкий к тому, что отмечалось для береговых станций (весной K_e и K_T – минимальны, а летом – максимальны). Однако можно отметить и некоторые отличия сезонного хода коэффициента K_e для открытой части от береговой. Амплитуда колебаний K_e для открытой части заметно ниже, чем для береговых станций (значения колеблются от 0,75 до 0,90). Значения коэффициента K_e для открытой части не превышают единицы, и в целом они показывают, что пренебрежение корреляциями между метеорологическими параметрами в открытой части водоема приводит к большим ошибкам (10–30%), чем по береговым станциям. Период колебаний величины K_e для открытой части моря смешен относительно береговой части приблизительно на 1–2 месяца.

Сезонная изменчивость значений коэффициента K_T принципиально не отличается от K_e . Но следует отметить, что K_T заметно изменчивее (значения K_T колеблются от 0,4 до 1,1) и что использование осредненной информации приводит к более ощутимым ошибкам в потоке тепла (весной и осенью эта ошибка достигает 100%). Заметим, что большую чувствительность к осреднению первичной информации потока тепла по

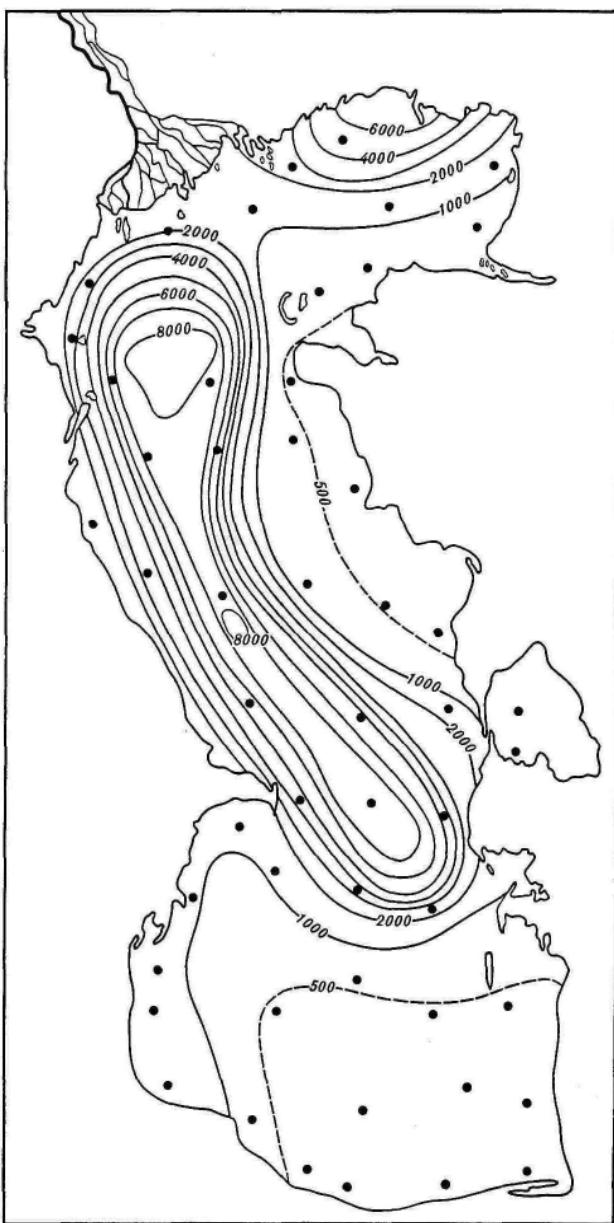


Рис. 9. Плотность распределения первичной судовой гидрометеорологической информации по акватории Каспийского моря

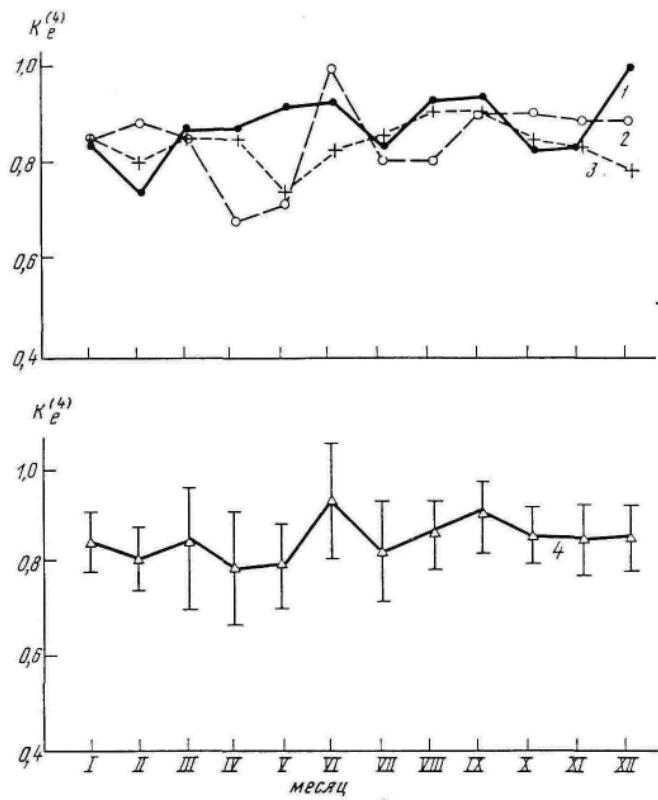


Рис. 10. Внутригодовой ход коэффициента $K_e^{(4)}$ по измерениям на море для: 1 – Северного; 2 – Среднего; 3 – Южного Каспия; 4 – всего моря
Вертикальными линиями показаны среднеквадратичные отклонения

сравнению с потоком влаги отмечали также Б.Л. Гаврилин и А.С. Монин [1970]; О.В. Решетова [1971]; Р.С. Бортковский и др. [1974]; Д.А. Ларин [1984]; Д.А. Ларин, Г.Н. Панин [1985].

Следует отметить также закономерное отличие значений коэффициента K_e и особенно K_T для разных частей моря (северной, средней и южной) (см. рис. 10, 11).

Итак, внутригодовая изменчивость коэффициентов K_e и K_T для открытой части моря принципиально не отличается от их изменчивости для береговых станций. Так же как для береговых станций нет никаких оснований рекомендовать для практического использования те или иные постоянные значения коэффициентов \bar{K}_e , \bar{K}_T . В то же время следует отметить, что в самом первом приближении учет корреляции между метеорологическими параметрами при определении интегрального теплообмена и испарения может быть сделан на основе сезонного хода значений коэффициентов K_e , K_T . Для более определенного их учета обратимся к анализу пространственной изменчивости K_e , K_T . На рис. 12, а–г в качестве примера приведены карты значений K_e , K_T для четырех сезонов: весна, лето, осень,

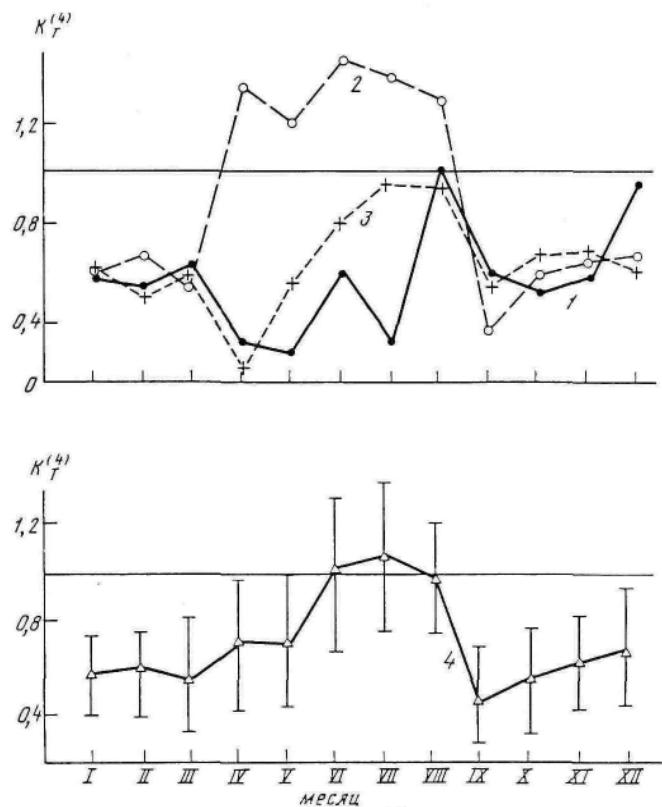


Рис. 11. Внутригодовой ход коэффициента $K_T^{(4)}$ по измерениям на море (условные обозначения см. рис. 10). Вертикальными линиями показаны среднеквадратичные отклонения

зима, осредненных за исследуемый период. Изолинии, проведенные на картах (см. рис. 12, а–г) хорошо иллюстрируют существенную неоднородность коэффициентов K_e , K_T в пространстве. При сравнении этих карт видно, что весной и летом значения K_e , K_T изменяются по пространству больше, чем зимой и осенью.

Так, если в осенне-зимний период для большей части акватории коэффициент K_e имеет значение, близкое к 0,9, то в весенне-летний – изменяется практически от 0,6 до 1,0. Минимальные значения K_e ($K_e < 0,7$) весной и летом наблюдаются в обширной зоне восточного побережья Среднего Каспия. При этом в зоне Северного и Южного Каспия наблюдаются значения коэффициента K_e близкие к единице. Для западной части всего моря характерны значения K_e порядка 0,8.

Если сопоставить карты пространственной изменчивости значений коэффициентов K_T и K_e по четырем сезонам, то можно отметить, что в осенне-зимний период (особенно в зимний) существует определенная аналогия между ними, хотя средний уровень значений K_T несколько ниже как зимой, так и осенью. В весенне-летний период коэффициент K_T отличается

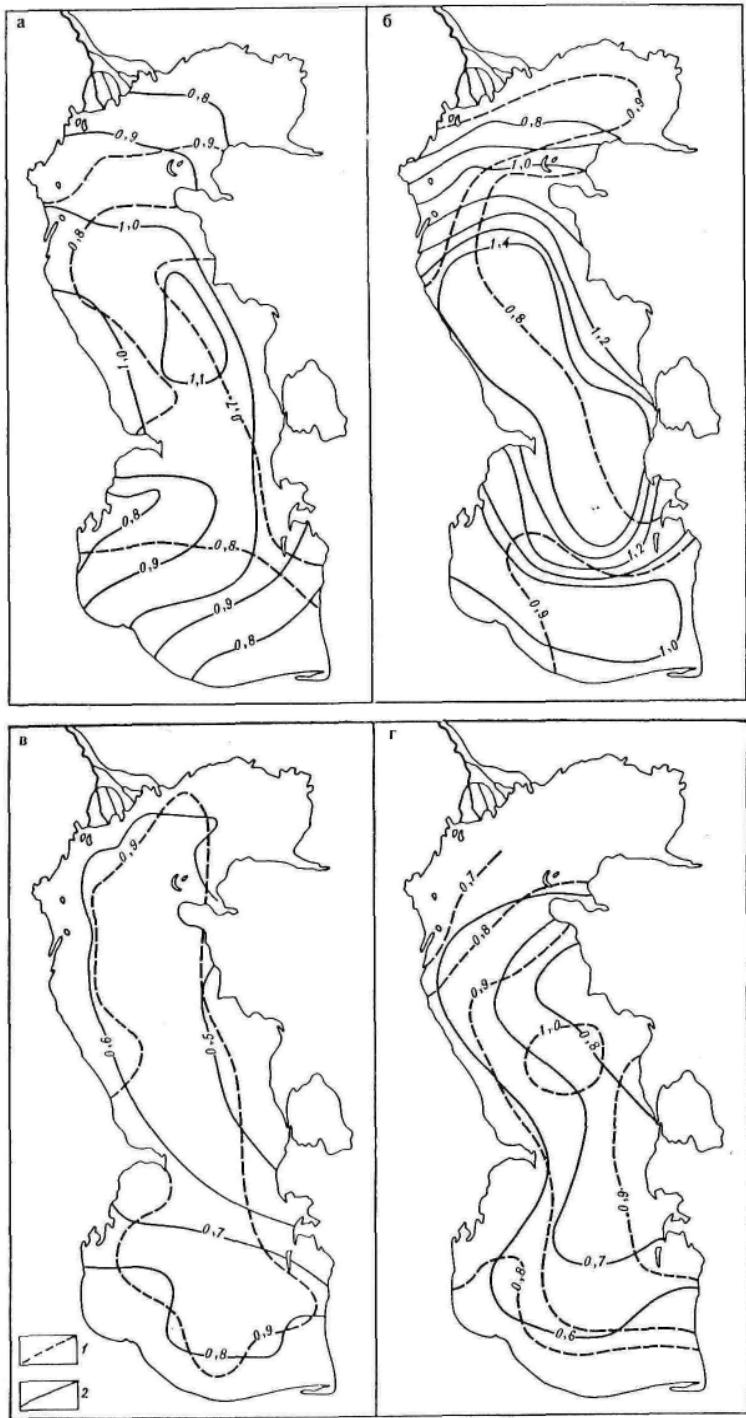


Рис. 12. Изменение коэффициентов $K_e^{(4)}$ (1) и $K_T^{(4)}$ (2) по акватории Каспийского моря весной (а), летом (б), осенью (в) и зимой (г)

заметно большей пространственной изменчивостью. Обращают внимание закономерно более высокие значения K_T в средней (и частично в южной) частях моря в летний период. Аномалии коэффициента K_T здесь достигают значений 1,2–1,4. Заметим, что эти высокие значения K_T на Среднем и частично в Южном Каспии прослеживаются и во внутригодовом распределении коэффициента K_T (см. рис. 11).

Таким образом, изменчивость коэффициентов K_e , K_T в пространстве велика, по крайней мере не меньше, чем во времени, и пренебрежение ею особенно в весенне-летний период может привести к заметному искажению характеристик взаимодействия по акватории и соответствующему искажению интегрального обмена. Это означает, что при расчете осредненного интегрального обмена пренебрегать климатическими корреляциями нельзя. В то же время важно отметить, что карты коэффициентов K_e , K_T могут непосредственно использоваться для коррекции значений теплообмена и испарения, полученных ранее и рассчитываемых в настоящее время по осредненной гидрометеорологической информации.

Оценки величин испарения и теплообмена Каспийского моря с атмосферой по осредненным данным гидрометеорологических станций (такие оценки также проводятся, и результаты их часто используются при водохозяйственных расчетах) могут быть уточнены путем коррекции их с учетом внутригодового хода коэффициента $K_e^{(3)}$ (см. рис. 7) или внутригодового хода коэффициентов K_e и K_T , полученных по акватории моря (см. рис. 10, 11), или значений K_e и K_T , характерных для прилегающей к анализируемой гидрометеорологической станции акватории. Данные о коэффициентах K_e и K_T по акватории моря для коррекции результатов по гидрометеостанциям необходимо использовать с учетом сдвига кривых на 1,5–2,0 месяца, возникающего, по-видимому, из-за того, что водные массы открытых (приглубых) акваторий более инерционны, чем в прибрежной зоне. Внутригодовой ход значений коэффициента $K_e^{(4)}$ для гидрометеостанции Нефтяные Камни и прилегающей акватории наглядно иллюстрирует это (рис. 13).

Итак, учитывая все эти результаты, можно перейти к непосредственному рассмотрению испарения и теплообмена Каспийского моря с атмосферой.

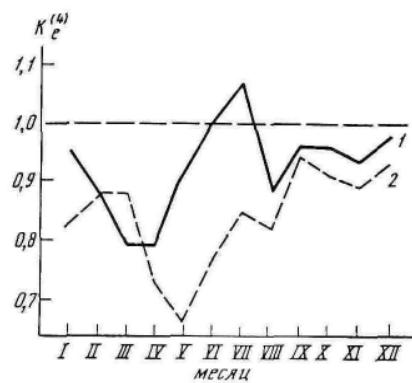


Рис. 13. Внутригодовой ход коэффициента $K_e^{(4)}$ для гидрометеорологической станции Нефтяные Камни (1) и прилегающей акватории (2)