

ВЛАГООБОРОТ

Влагооборот моря определяется осадками, испарением, переносом влаги в атмосфере, речным и подземным стоком. Здесь исследуется влагооборот Каспийского моря с целью выяснения его роли в увлажнении атмосферы и влияния испарившейся влаги на величину осадков, выпадающих на поверхность моря и близлежащие территории. При решении проблемы влагооборота необходимо учитывать первые три его элемента. Речной и подземный сток непосредственно не участвуют в обмене влагой между поверхностью моря и атмосферой, косвенное же его участие, сказывающееся на изменении поверхности испарения моря, учитывается при расчете величины испарения, осадков и переноса влаги.

Обмен влагой в пограничном слое между атмосферой и поверхностью моря определяется осадками и испарением. Выяснение количественных соотношений между этими двумя противоположно направленными процессами дает возможность оценить климатообразующую роль Каспийского моря, которая проявляется в изменении характеристик влажности воздуха, проходящего над поверхностью моря.

Осадки. Величина осадков на поверхности Каспийского моря рассчитывалась многими авторами (Воейков, 1884; Аполлов, 1935; Брегман, Михалевский, Щербак, 1935; Зайков, 1946; Леднев и Зайцев, 1955 и др.). В большинстве случаев она определялась либо по уравнению водного баланса, либо планиметрированием карт, построенных по данным береговых и островных станций. Последнее обстоятельство вносило некоторую произвольность в проведение изогнет открытой части моря.

В 1963 г. в Научно-исследовательском институте аэроклиматологии (НИИАК) составлены среднепогодные месячные и годовая карты изогнет (Комплексные атласы, 1963) на Каспийском море по данным 58 береговых и островных станций и 144 000 судовых наблюдений над повторяемостью осадков за 1897—1957 гг.

Представлялось наиболее целесообразным для характеристики влагооборота воспользоваться этими картами. Однако осадкомерные приборы принимают действительное количество осадков вследствие смачивания, испарения и разбрызгивания ветром. Для определения величины недоучитываемых осадков для различных районов Каспийского моря в зависимости от рельефа побережья и условий выпадения осадков строились графики зависимости среднего годового количества осадков от средней годовой скорости ветра по нескольким станциям. Подобные работы проводились А. П. Братцевым для района Коми АССР. Выяснилось, что связь между указанными характеристиками наиболее четко выражена в северной части моря. Увеличение годовых сумм осадков при приведении их к скорости ветра, равной нулю при условии линейной интерполяции, составляет 25 мм, или 24% от их суммы. Внутригодовые изменения величин поправки распределялись пропорционально месячным скоростям ветра.

В средней и южной частях Каспийского моря связь между осадками и скоростью ветра не выражена достаточно четко, так как влияние ветра на показания дождемера перекрывается другими факторами. Для поверхности моря в целом с введением указанной поправки для северной части моря годовая сумма осадков равна 180 мм, месячные их величины представлены в табл. 3.

При анализе годового количества осадков прежде всего можно заметить значительную неоднородность в распределении сумм осадков по акватории моря. Центральная и восточная части моря представляют собой области с наименьшей годовой суммой осадков — от 50 до 100 мм. Заметим, что это присуще и Черному, Азовскому, Аральскому морям. По направлению к южному, западному и северному побережью, количество осадков увеличивается. Наибольшие горизонтальные их градиенты наблюдаются в южном и юго-западном районах.

Эти особенности распределения осадков сохраняются и на месячных картах осадков и объясняются характером атмосферной циркуляции, орографией берегов и свойствами подстилающей поверхности, оказывающими определенное воздействие на развитие локальных циркуляционных процессов над морем.

Увеличение количества осадков в течение всего года у западного и особенно значительное у юго-западного и южного побережий связано с влиянием рельефа и водной поверхности. Северо-восточные и северные склоны Талышских гор и хр. Эльбурс — наветренные по отношению к северным и северо-восточным воздушным потокам, значительно увлажняющимся над поверхностью Каспия. Здесь выпадает максимальное годовое количество осадков, достигающее на крайнем юго-западе 1000—1600 мм.

В прибрежных районах с низменными берегами (например, северная часть) наибольшее значение в увеличении годовых сумм осадков, по-видимому, играет термическая конвекция теплого периода и связанная с ней бризовая циркуляция, влияние которой

Таблица 3

Атмосферные осадки, выпадающие в различных частях Каспийского моря, мм

Часть моря	Регион	Месяц												Год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Северная	I Западный	12	12	10	12	10	10	9	10	10	12	10	11	128
	II Восточный	12	12	10	13	11	10	10	10	10	11	10	10	131
	III Западный	11	8	8	8	6	6	4	5	9	11	13	13	102
Средняя	IV Восточный	6	6	7	8	7	3	3	4	4	6	7	7	68
	V Западный	45	27	35	25	14	12	8	22	56	88	54	93	425
Южная	VI Восточный	23	17	28	17	14	9	7	12	24	32	28	29	180
	Море без Керченского пролива	20	13	14	13	11	9	7	10	15	26	23	19	180

прослеживается в обширной прибрежной полосе. Определенное значение в усилении вертикальной циркуляции, способствующей образованию облаков и выпадению осадков, может иметь также увеличивающаяся шероховатость поверхности при переходе воздушных масс с моря на сушу.

Большее количество осадков выпадает в холодную половину года (60% годового), с максимумом в октябре, меньшее — в теплую половину года (40% годового), с минимумом в июле.

Для теплого периода года (май, июнь, июль, август, сентябрь) в поле изогнет кроме больших градиентов на южной, юго-западной и западной окраинах Каспия наблюдаются также хорошо выраженные горизонтальные градиенты в северной его части. Это, по-видимому, можно считать следствием повсеместного развития термической конвекции на побережье и нисходящих токов воздуха в открытых частях моря.

По суммам осадков и особенностям их внутригодового распределения на Каспийском море можно выделить шесть основных районов (рис. 21) с характерным режимом. Величины осадков для каждого из районов, полученные путем планиметрирования месячных и годовых карт, представлены в табл. 3. Для западной и восточной частей Северного Каспия вводилась поправка на ошибку измерения осадкомерными приборами.

Осадки на Каспии обусловлены в основном прохождением фронтальных разделов над поверхностью моря, связанных либо с вторжением холодных масс воз-

духа арктических или умеренных широт с севера и северо-запада в системе антициклонов, либо с циклонами, развивающимися на средиземноморской и восточно-европейской континентальной ветви полярного фронта.

Для северной части моря характерно небольшое и довольно равномерное количество осадков во все месяцы года. Осадки здесь определяются в основном развитием циклонической деятельности в южных районах европейской территории СССР. Некоторое увеличение осадков весной связано с более частыми выходами средиземноморских циклонов вследствие ослабления отрога сибирского антициклона.

Для средней части моря характерно значительное превышение осадков холодного полугодия над осадками теплого полугодия, что объясняется большей повторяемостью холодных вторжений и средиземноморских циклонов в холодную половину года. При этом в восточной половине Среднего Каспия во все месяцы года выпадает ничтожное количество осадков, по условиям увлажнения данный район — пустыня. Наибольшее количество осадков в южной части моря выпадает в октябре, наименьшее — в июле.

Испарение — один из наиболее трудно поддающихся учету элементов водного баланса и влагооборота Каспийского моря. Трудность заключается в том, что до настоящего времени не удается непосредственно измерить испарение с водной поверхности, так как определение его по различного рода испарителям дает лишь величину испаряемости воды в испарителе, т. е. то количество влаги, которое может испариться при данных частных условиях, а не действительную величину испарения.

Поэтому определение испарения с поверхности Каспийского моря основывается в большинстве случаев не на измерениях, а на вычислениях. Величины испарения рассчитывались различными авторами (Рудович, 1927; Аполлов, 1935; Зайков, 1946; Пономаренко, 1949; Зайцев, 1955; Архипова, 1957 и др.).

Для определения этого элемента влагооборота Каспийского моря целесообразно использовать карты испарения («Комплексные атласы», 1963), так как, во-первых, формула В. С. Самойленко, примененная для расчета испарения с поверхности моря, хорошо обоснована, а, во-вторых, для составления карт использовался наиболее полный материал по береговым, островным и судовым наблюдениям за температурой воды, влажностью воздуха и скоростью ветра.

Наиболее интенсивно испарение происходит в июле, августе и сентябре, с максимумом в сентябре. Сильное испарение в эти месяцы объясняется сочетанием наиболее высокой температуры воды с наибольшей относительной сухостью воздуха над морем.

На годовой карте испарения можно выделить несколько областей повышенного испарения — более 1000 мм в год. Это мелководные участки прибрежных зон Северного Каспия, восточного побережья Среднего и Южного Каспия и район п-ова Апшеронско-

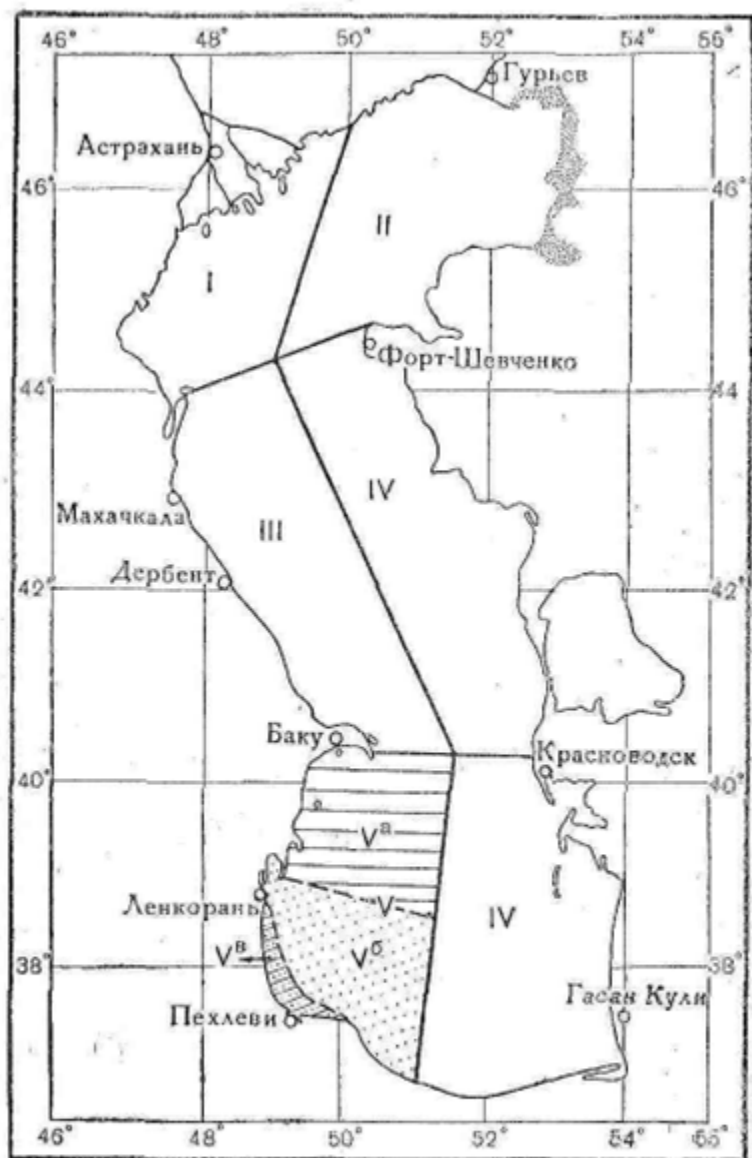


Рис. 21. Районирование акватории Каспийского моря по характеру режима атмосферных осадков и испарения

го. Максимальное количество воды испаряется в восточной части Южного Каспия и в районе Апшерона — до 1400 мм в год. Минимальное количество влаги за год испаряется на юге Южного Каспия и в западных районах Среднего Каспия (700—600 мм), что связано с наибольшим влагосодержанием воздуха и уменьшением скоростей воздушных потоков. Средний годовой слой испарившейся влаги — 910 мм (без Кара-Богаз-Гола).

При рассмотрении месячных карт испарения прежде всего отмечается большая неравномерность испарения у берегов и в открытой части моря в ноябре, декабре, январе и в апреле, мае, июне. В зимнее время у берегов вследствие быстрого охлаждения и последующего замерзания воды испарение почти совершенно прекращается, а в открытых, свободных ото льда частях моря, сохраняющих более высокую температуру, вода интенсивно испаряется и увлажняет воздух. В январе и феврале в северной части Каспийского моря на значительном пространстве, покрытом льдом, испарение сменяется конденсацией.

Весной и в начале лета в связи с быстрым прогревом прибрежных районов испарение быстро возрастает, в то время как в открытых частях оно мало. В этот период испарение особенно интенсивно происходит в северо-восточных районах Северного Каспия, в мелководных заливах восточного побережья и в районе Апшеронского полуострова. В мае и июне испарение значительно понижается в районе притока холодных вод р. Волги, а в июне, июле и августе — в прибрежном районе от Кендерлийского до Красноводского заливов в связи с установлением здесь температурных аномалий, возможно, связанных с поднятием холодных глубинных вод (табл. 4).

Соотношение между испарением и осадками. Для суждения о годовом влагообороте между атмосферой и поверхностью моря рассмотрим соотношение между испарением и осадками в различных частях моря. На рис. 22 представлен годовое испарение и осадков в различных районах Каспийского моря. Приведенные графики показывают, что для большинства районов свойственно значительное превышение испарения над осадками в течение всего годового цикла, особенно в августе—сентябре. Наименьшее превышение испарения над осадками в большинстве районов моря наблюдается в марте—апреле.

В южной и юго-западной частях Каспийского моря количество осадков увеличивается, а испарение уменьшается и поэтому разность между ними также значительно уменьшается, а в отдельные месяцы количество осадков превышает величину испарения. В юго-западном районе моря (район Vб) испарение превышает осадки с мая по август, а в остальное время осадки превышают испарение. Такой характер влагооборота еще более выражен на крайнем юго-западном побережье (район Vв), где особенно велико количество осадков. Здесь почти весь год (кроме мая, июня и июля) осадки значительно превышают испарение.

В Северном Каспии в январе—феврале в связи с ледяным покровом испарение практически прекращается, а в северо-восточном районе сменяется обратным процессом — конденсацией. Здесь в эти месяцы осадки несколько превышают испарение.

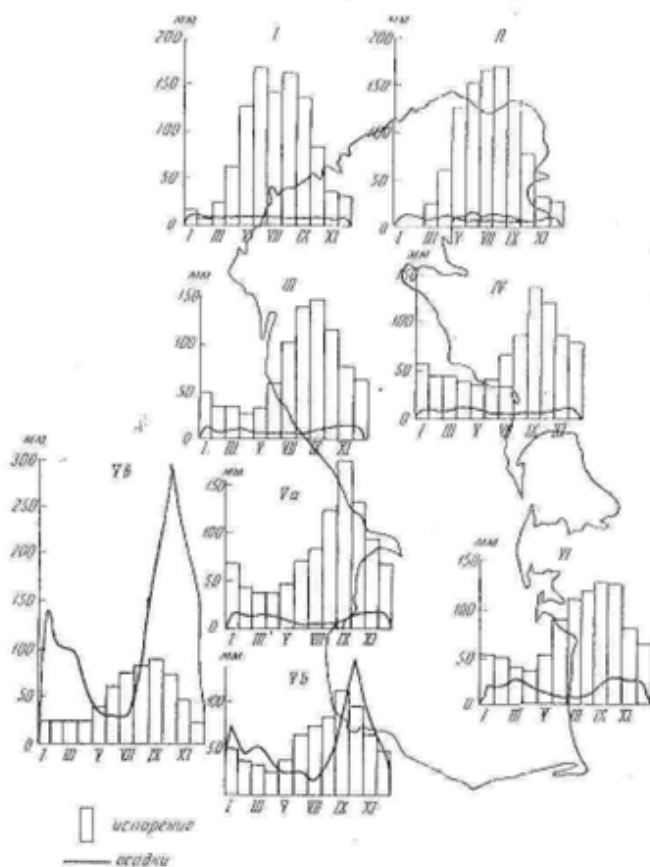


Рис. 22. Годовой ход средних многолетних величин испарения и осадков в различных районах моря

В целом Каспийское море за год отдает в атмосферу в 5 раз больше влаги, чем от нее получает (табл. 5). В связи с этим се годовой баланс для системы «поверхность моря — атмосфера»

резко отрицательный для первой и положительный для второй почти во всему морю, в особенности в восточной части Среднего Каспия, где испарение за год почти в 13 раз превышает количество осадков.

Наибольшие годовые разности испарения и осадков (более 850 мм) приходятся на Северный Каспий и на северную половину юго-западной части моря (район Va). Годовой положительный баланс для поверхности моря наблюдается только в прибрежном районе юго-западного Каспия (район Vb).

Большая годовая разность испарения (z) и осадков (x) в северной части моря определяется исключительно летним режимом сухости воздуха и интенсивным испарением в этот сезон. В холодную половину года величина испарения мала и соответственно разности $z-x$ также малы.

Значительно большие разности $z-x$ наблюдаются в холодную половину года в Среднем Каспии, в особенности в восточной его части, а также в восточной части Южного Каспия. Указанные районы моря — области интенсивного увлажнения воздушных масс.

В прибрежном районе Ленкорань—Пехлеви (Va) величины отрицательного для атмосферы баланса влаги превышают 800 мм и определяются большим количеством осадков в холодную половину года. В этом районе происходит наиболее интенсивное «осушение» воздушных масс путем выпадения обильных осадков.

В теплую половину года

Таблица 4

Испарение в различных частях Каспийского моря, мм

Часть моря	Район*	Месяцы												Год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Северная	I Западный	18	8	25	64	126	169	142	164	136	82	37	32	1033
	II Восточный	1	1	25	61	129	154	168	170	136	79	31	28	981
	III Западный	47	33	31	28	32	57	101	140	145	116	76	60	861
	IV Восточный	59	46	46	39	38	42	69	91	140	122	89	84	865
	V Западный	58	36	34	28	42	70	80	103	140	116	78	62	839
	VI Восточный	53	50	39	35	52	88	111	121	131	127	62	67	955
Море без Кара-Богаз-Голов		40	32	34	43	67	90	112	121	138	109	67	57	910

* Районы см. рис. 21.

Среднемесячные величины испарения и осадков и их соотношение в различных частях Каспийского моря

Часть моря	Район	Испарение		Осадки		Разность		Отношение					
		мм/мес	мм	мм/мес	мм	мм/мес	мм	мм/мес	мм				
Северная	I	202	801	1003	81	57	118	141	744	885	3,3	14,1	9,3
	II	163	818	981	61	60	121	102	758	860	2,7	13,6	8,1
	Средняя												
Средняя	III	360	501	861	64	98	102	296	463	759	5,6	13,2	8,4
	IV	446	419	865	39	29	68	407	360	797	11,4	14,4	12,7
	Южная												
Южная	V	386	463	849	268	137	425	86	326	404	1,3	3,4	2,0
	Va	448	544	862	98	40	136	350	504	854	4,6	13,6	7,9
	Vb	331	396	727	469	243	712	138	153	115	0,7	1,6	1,0
	Vc	225	373	598	990	430	1420	-765	-57	-822	0,2	0,8	0,4
	Vd	418	538	956	157	83	240	261	455	716	2,7	6,5	4,0
	VI												
Море без Кюри-Борати-Голы		309	571	910	115	65	180	294	536	780	3,0	8,8	3,1

ночь в всех районах разности Δt значительно больше, чем в холодную, за исключением восточной части Среднего Каспия, где указанные величины близки по значению к в теплое время года даже меньше, чем в холодное. Это явление связано с местными уменьшениями испарения, обусловленными уже упоминавшейся аномально низкой температурой воды в море.

Таким образом, Каспийское море в целом служит значительным источником влаги для нижних слоев атмосферы. Общее количество воды, приобретаемое нижними слоями атмосферы в результате годового влагооборота, приближается к 730 мм. В этом важная климатообразующая роль Каспийского моря, выражающаяся в изменении влагосодержания воздушных масс, проходящих над его поверхностью, и в увлажнении окружающих территорий суши.

Перенос влаги в атмосфере над поверхностью Каспийского моря. Каспийское море — существенный дополнительный источник влаги в атмосфере над его поверхностью. Поэтому важно определить роль испарившегося водяного пара в формировании осадков и его влияние на общую сумму осадков в море. Для решения этой задачи рассмотрим величины переносимой влаги над экваторией моря.

Для расчета переноса влаги использовались аэрологические данные по 6 станциям: Астрахань (1951—1960 гг.), Баку (1950—1960 гг.), Гурьев (1953—1960 гг.), Красноводск (1958—1962 гг.), Гасан-Кули (1951—1960 гг.), Ленкорань (1954—1962 гг.). По остальным станциям данных оказалось недостаточно.

Аналитические и статистические методы расчета переносимой влаги над ограниченной территорией, и в частности над поверхностью Каспийского моря, с использованием ежедневных аэрологических данных изложены ранее (Евсеева, 1964; Евсеева и др., 1965; Benton and Estoque, 1954).

В результате подсчетов оказалось, что в среднем за год на площадь моря поступает 9010 мм влаги + 65% с запада, 13 — с юга, 12 — с востока, 10% — с севера. Наибольшие значения переноса влаги — летом (с максимумом в июле), наименьшие — зимой (с минимумом в феврале, табл. 6).

За пределы площади моря в среднем за год выносятся 9430 мм влаги, из них 64% уносится на восток, 14 — на запад, 12 — на север и 10% — на юг. Как количество поступающей, так и уходящей с площади моря влаги в 10 раз больше величины испарения. Следовательно, засушливость климата Каспия объясняется не отсутствием влаги в атмосфере, а неблагоприятными циркуляционными условиями для ее конденсации.

Зональные потоки влаги имеют хорошо выраженное направление с запада на восток по месяцам и за год, т. е. влага на Каспийское море поступает в основном с запада, а выносятся на восток. Меридиональные потоки значительно меньше, так как количество поступающей и уходящей влаги через северную и южную границы контура моря практически одинаковы.

Влажност воздуха в среднем за год колеблется в пределах от 24,1 на юге до 17,6 мм на севере (табл. 7). Наибольшее влажностное содержание — до 40 мм в Южном Каспии приходится на июль месяц, к северу оно уменьшается до 25 мм. Наименьшее влажностное содержание наблюдается в январе: в южной части — до 12,5 мм, в северной — до 8—10 мм. Половина всего водяного пара сосредоточена в нижнем слое до высоты 1,5—2,0 км (рис. 23).

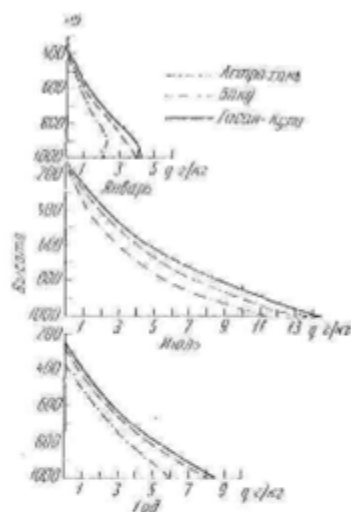


Рис. 23. Распределение удельной влажности по высоте

95%, из влаги, принесенной извне. Величины местных осадков, выпадающих на поверхность Каспия, во все месяцы года незначительны. В наибольшей степени влияние испарения на состав осадков сказывается осенью и зимой, с максимумом в октябре и ноябре, так как в эти месяцы величины испарения еще достаточны, общий перенос влаги уменьшается и количество осадков на поверхность моря наибольшее в годовом ходе.

В феврале, марте, апреле, июне и июле количество местных осадков менее 1 мм. В конце зимы и начале весны на Каспийском море наблюдаются минимальные величины испарения, а летом влияние испарения практически не сказывается, несмотря на большую его величину, так как общее количество осадков на поверхность моря очень мало. В то же время количество переносимой влаги резко возрастает.

Годовой ход месячных осадков над морем противоположен годовому ходу величины переноса влаги, что свидетельствует о все-

ра сосредоточена в нижнем слое до высоты 1,5—2,0 км (рис. 23).

Влияние испарения на процесс образования и на количество осадков, выпадающих на поверхность моря. Зная количество переносимой над морем влаги, можно оценить долю испарившейся влаги в общем переносе водяного пара, а также — влияние ее на образование местных и адвективных осадков и общее количество осадков, выпадающих на поверхность моря. Это влияние проявляется в изменении влажности и температуры воздуха над морем.

Расчеты (табл. 8, 9) проводились по методике, разработанной в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (Дроздов и др., 1963). Из общего количества осадков за год, выпадающих на поверхность моря, только 9 мм, или 5%, образуется из местной влаги, а 171 мм, или

Среднегодовы́й пере́нос влаги́ над поверхно́стью́ Каспийского́ моря́, мм

Направление	Месяц												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Вносятся														
С запада	398	375	474	474	472	428	581	535	680	664	407	357	5875	65
С востока	42	19	33	77	114	170	224	165	67	27	69	60	1170	13
С юга	47	53	83	104	107	128	168	156	136	91	52	45	1087	12
С севера	36	34	31	42	68	129	147	117	87	101	82	34	886	10
Общее количество	523	481	641	697	761	855	1120	973	970	913	580	496	9010	100

Вносятся

На запад	29	65	126	126	162	212	270	168	80	50	97	43	1349	14
На восток	382	309	476	476	550	497	620	545	720	726	394	323	6124	64
На юг	47	39	46	60	72	92	130	119	80	97	60	53	895	10
На север	46	34	33	82	117	119	150	159	108	97	34	68	1032	12
Общее количество	524	484	652	744	901	920	1170	990	988	970	625	482	9430	100

Содержание влаги́ в воздухе́ до высоты́ 7 км (мм)

Служба	Месяц												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Астрахань	9,2	8,8	10,1	15,9	20,2	27,4	33,5	31,0	24,6	19,1	15,0	9,6	15,4	
Гурья	8,4	8,4	9,8	15,5	20,7	26,8	31,5	30,7	23,1	18,7	12,1	9,0	17,6	
Баку	12,5	12,3	16,0	20,2	24,1	28,9	40,6	36,8	35,3	23,8	17,0	13,5	22,0	
Красноводск	11,3	11,5	13,5	18,7	23,6	28,5	33,6	32,6	27,6	21,7	15,3	12,5	20,9	
Ленкорань	11,6	11,5	13,7	19,6	24,7	28,4	35,6	32,7	26,9	23,4	17,3	12,8	21,6	
Гелев-Куш	13,7	13,8	17,3	23,4	26,9	29,1	39,0	39,6	28,7	24,3	18,4	14,8	24,1	

Среднемесячные величины составляющих влагооборота Каспийского моря

Составляющие влагооборота	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Перенос влаги (W), мм	523	451	641	697	761	855	1120	973	970	913	580	496	9010
Испарение (z), мм	40	32	34	43	67	90	112	121	138	109	67	57	910
Осадки (x), мм	20	13	14	13	11	9	7	10	15	26	23	19	160
Активные осадки (x_1), мм	19,2	12,6	13,6	12,5	10,5	8,5	6,6	9,4	14,0	24,6	21,7	18,0	171,2
Местные осадки (x_2), мм	0,8	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	1,0	1,4	1,5	1,0	8,8
Разность ($z-x$), мм	20	19	20	30	56	81	105	111	123	83	44	38	790
Относительное $\left(\frac{z}{x}\right)$	2,0	2,5	2,4	3,3	6,1	10,0	16,0	12,1	9,2	4,2	2,9	3,0	5,1
Коэффициент влагооборота (K)	1,038	1,033	1,028	1,031	1,044	1,053	1,050	1,062	1,071	1,060	1,058	1,057	1,050
Доля местной влаги: $\frac{0,5z}{W} \cdot 100, \%$	3,8	3,3	2,8	3,1	4,4	5,3	5,0	6,2	7,1	6,0	5,8	5,7	5,0
$\frac{x_2}{x} \cdot 100, \%$	4,0	3,1	2,9	3,8	4,5	5,6	5,7	6,0	6,7	5,4	5,7	5,3	4,9

Таблица 9

Влияние испарения на количество осадков, выпадающих на поверхность Каспийского моря

Элементы	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Относительная влажность атмосферы (H), %	75	75	75	68	58	57	57	56	57	68	76	75	67
Изменение влажности под влиянием испарения, %	2,9	2,5	2,0	2,1	2,6	3,0	2,8	3,5	4,1	4,1	4,4	4,3	3,4
Изменение осадков под влиянием увеличения влажности (ΔM_1), мм	0,7	0,5	0,4	0,7	1,0	1,2	1,3	1,7	2,2	1,4	1,1	0,9	13,1
Температура воздуха, t°	1,6	2,1	4,8	10,4	17,0	21,0	25,4	25,3	21,3	15,9	9,6	4,1	13,1
Показание температуры под влиянием испарения (Δt°)	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	0,8	0,5	0,4	0,3	0,5
Изменение осадков под влиянием понижения температуры (ΔM_2), мм	0,2	0,2	0,2	0,5	0,9	1,0	1,0	1,7	1,9	1,4	0,6	0,5	10,1
Суммарное изменение осадков под влиянием испарения ($\Delta M_1 - \Delta M_2$), мм	0,9	0,7	0,6	1,2	1,9	2,2	2,3	3,4	4,1	2,8	1,7	1,4	23,2
$\frac{\Delta M_1 - \Delta M_2}{x} \cdot 100$, %	4,5	5,4	4,3	9,2	17,3	24,4	32,9	34,0	27,3	10,8	7,4	7,4	12,9

ма слабой связи осадков и переносов влаги в данном районе и об отсутствии благоприятных для выпадения осадков условий циркуляции в летнее время.

Таким образом, из 910 мм испарившейся влаги только 9 мм идет на образование осадков над морем. Остальная часть ее уносится за пределы моря в виде атмосферного стока, равного разности испарения и местных осадков (табл. 10).

Таблица 10
Среднегодовые величины местного атмосферного стока с поверхности Каспийского моря

Направление	Месяц												Год	%
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
На восток . . .	27	27	33	33	44	49	67	69	91	73	38	52	581	65
На запад . . .	3	2	4	9	14	21	26	21	10	5	10	5	130	14
На север . . .	4	2	2	6	11	12	15	20	14	10	5	6	107	12
На юг	3	3	3	4	6	9	12	14	10	9	6	5	83	9
Общее количество, мм . .	37	34	42	52	75	91	120	123	125	97	59	68	901	100

При распределении атмосферного стока по направлениям учитывалась его доля в общем выносе всего водяного пара в столбе воздуха высотой 7 км. Принимая во внимание более благоприятные условия восточного переноса в приземном слое, можно предполагать, что в район Средней Азии уносится около 50% атмосферного стока.

Таким образом, влияние испарения на количество осадков в Каспийском море невелико. Но степень влияния в разных районах побережья моря различна в зависимости от рельефа местности и синоптических условий, вызвавших выпадение осадков.

Была сделана попытка определить приблизительно влияние испарения на увеличение осадков в Ленкоранском районе. При расчетах использовалась методика, разработанная в ГГО им. Воейкова.

С этой целью были проанализированы случаи выпадения осадков на Каспийском море за два года — 1959 и 1960 — различных по режиму осадков. В каждом месяце выделялись особенности выпадения осадков при определенных синоптических процессах. Для каждого такого процесса прослеживались траектории смещения циклонов и антициклонов. В результате оказалось возможным выделить четыре основных типа синоптических процессов, при которых наблюдалось выпадение осадков в море. В основу типизации при этом было положено происхождение циклонов и антициклонов и выпадение осадков из одной воздушной массы.

Тип I. Вторжение арктического воздуха с Баренцева, Карского и Норвежского морей.

Тип II. Вторжение морского холодного воздуха умеренных широт с Атлантического океана в системе антициклонов.

Тип III. Прохождение циклонов, образованных на европейской территории и над Атлантическим океаном и пришедших на Каспийское море.

Тип IV. Прохождение средиземноморских циклонов.

Особенно обильные осадки в Ленкорани связаны с I и II типами процессов (до 80 мм в сутки). Среднее суточное количество осадков за 1959—1960 гг. составило для I и II типов 18 мм, для III типа — 15 мм, для IV — 14 мм. Средняя продолжительность I типа — 3 дня, II, III и IV — 2 дня.

Анализ аэрологического материала показал, что вторжение осадкообразующей воздушной массы с моря в указанном районе происходит в виде клина на высотах 1—3 км (выше 3 км наблюдается западно-восточный перенос), в приземном слое под влиянием местных условий преобладает ветер с суши.

Количество осадков, выпавших при различных направлениях ветра в Ленкорани за 1959 г.

		по наземным данным									
Направление ветра		СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	Штиль	Сумма
Количество осадков, мм		449	50	14	55	29	19	58	285	380	1339
		на уровне 900 мб (около 1 км)									
Направление ветра		СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	Штиль	Сумма
Количество осадков, мм		10	183	402	421	195	105	9	14	60	1339

В дни с осадками относительная влажность на высоте 1—3 км бывала на 10—50% больше, чем в дни, предшествующие выпадению осадков. В связи с этим была сделана попытка установления связи между суточной величиной осадков, выпавших при конкретном синоптическом процессе, и относительной влажностью на высотах 1,5 и 3 км (850 и 700 мб).

Чтобы исключить влияние температуры воздуха на осадки и получить зависимость последних только от относительной влажности, фактические количества осадков приводились к одной температуре (Дроздов, 1963). Осадки приводились к температурам 10 и 0° на высотах 850 и 700 мб соответственно. Данные температуры взяты как среднегодовое годовые величины на каждой из изобарических поверхностей. В результате выяснилось, что связь между суточным количеством осадков и предшествующей относительной влажностью на обеих изобарических поверхностях более четко выражена в холодную половину года, что указывает на более благоприятные циркуляционные условия выпадения осадков в этот сезон. Связь лучше выражена на высоте 1,5 км (рис.

24, а), чем на 3 км, что свидетельствует о том, что количество осадков на исследуемой территории определяется влагоемкостью нижних слоев атмосферы. В холодное полугодие коэффициент корреляции между указанными величинами равен 0,80 на высоте 1,5 км и 0,73—на высоте 3 км. Наиболее низкие значения относительной влажности, при которых наблюдалось выпадение осадков,—45% на высоте 1,5 км и 40% на высоте 3 км.

Были проведены также исследования связи между осадками и удельной влажностью на высоте 1,5 и 3 км. В холодное полугодие

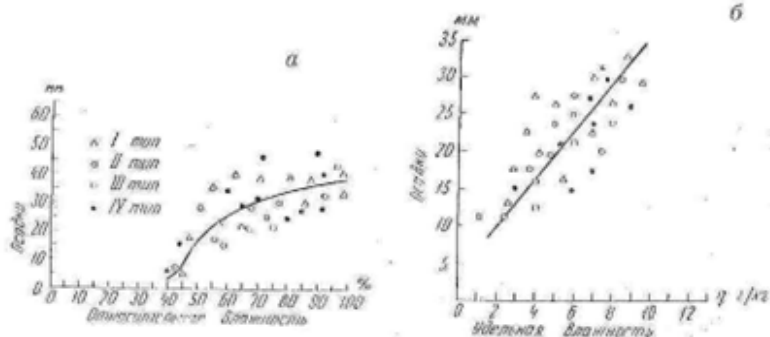


Рис. 24. Связь между осадками и относительной (а) и удельной (б) влажностью на высоте 850 мб за холодное полугодие в Ленкорани

коэффициент корреляции между осадками и удельной влажностью равен 0,75 на высоте 1,5 км и 0,67—на высоте 3 км (рис. 24, б). В теплую половину года эти связи значительно слабее и характеризуются коэффициентами корреляции 0,51 на высоте 1,5 км и 0,4 на высоте 3 км.

Тесная связь в холодную часть года между осадками и влажностью в осадкообразующей воздушной массе позволяет определить в первом приближении влияние испарения на количество осадков в Ленкорани по изменениям характеристик влажности при движении воздуха над морем. С этой целью из всех 57 случаев выпадения осадков за холодную часть 1959 и 1960 гг. выделялись те случаи, когда осадкообразующая масса воздуха приходила с водяным паром, возникшим над морем в результате испарения (40 случаев) и для каждого из них прослеживалось увеличение характеристик влажности (с учетом понижения температуры воздуха) под влиянием испарения.

Отсутствие аэрологических наблюдений над акваторией моря и редкая сеть станций по зондированию атмосферы прибрежных районов не позволила определить увеличение влажности под влиянием испарения в каждом выделенном случае выпадения осадков. Нами прослеживалось увеличение влажности в осадкообразующей

Таблица 31

Влияние испарения с поверхности Каспийского моря на осадки в Ленкорани при конкретных синоптических процессах

Время наблюдений	Тип синоптического процесса	Влажность на уровне 800 мб						Осадки			
		восточное побережье		западное побережье		внутреннее под-влажное испарение		количество осадков, мм	число дней		
		УД, г/кг	отн. %	УД, г/кг	отн. %	УД, г/кг	М				
Октябрь 1959 г.	IV	4,5	35	16	6,9	13,2	2,4	35	26	20	76
Февраль 1959 г.	IV	3,2	39	2	4,0	2,2	0,8	20	16	7	44
Октябрь 1959 г.	II	4,2	47	10	6,0	4	1,8	30	41	12	29
Декабрь 1960 г.	II	3,4	62	2	4,5	0,0	1,1	25	20	7	55
Январь 1959 г.	II	3,0	78	8	4,0	—1	1,0	25	14	7	53
Октябрь 1960 г.	I	5,9	45	16	9,0	10	3,1	33	43	13	28
Март 1960 г.	I	3,1	58	3	4,2	21	1,1	26	20	8	40
Январь 1959 г.	I	2,9	60	—6	4,0	—2	1,1	28	16	7	44

воздушной массе при перемещении воздуха от Гисли-Кули—Красногорск на восточном побережье до Ленкорани—Баку на западном. Увеличение абсолютной и относительной влажности на этом участке определялось на высоте 1,5 км (850 мб), так как испаряющаяся влага не успевает распространиться на большую высоту. Результаты некоторых расчетов представлены в табл. 11. При определенных синоптических процессах влажность под влиянием испарения увеличивается на 20—35%, что приводит к увеличению осадков на 29—76% в зависимости от свойств воздушной массы перед перемещением ее над поверхностью Каспийского моря. Исходя из полученных данных, можно ориентировочно предполагать, что в среднем за год 35—40% осадков в Ленкорани выпадает под влиянием испарения с поверхности Каспийского моря.