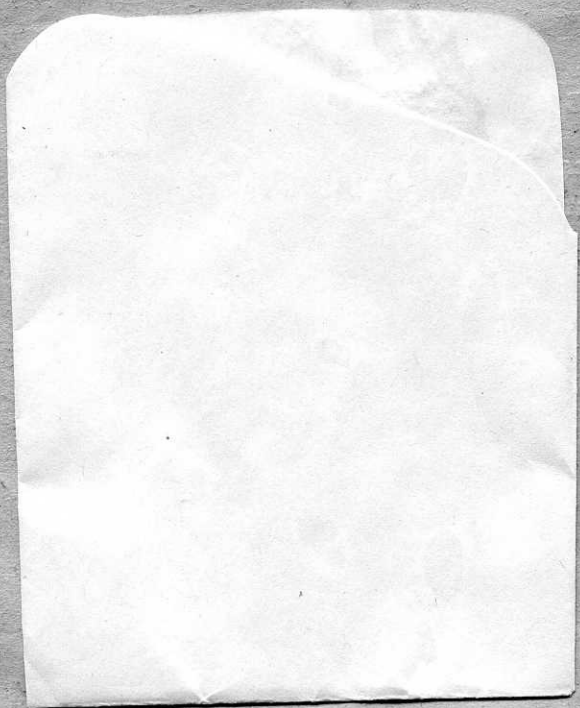


М. И. АБАКАРОВ

**МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ ИСПАРЕНИЯ
НА КАСПИЙСКОМ МОРЕ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации, представленной на соискание ученой степени
кандидата географических наук



НА ПРАВАХ РУКОПИСИ

УДК 551.463,6 (262.8)

М. И. АБАКАРОВ

МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ ИСПАРЕНИЯ
НА КАСПИЙСКОМ МОРЕ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации, представленной на соискание ученой степени
кандидата географических наук

и т.п. 1151

Научный руководитель —
доктор географических наук,
профессор К. К. ГЮЛЬ

Диссертационная работа выполнена в Институте географии
АН Азербайджанской ССР.

Защита диссертации состоится на заседании Ученого совета Ин-
ститута географии АН Азербайджанской ССР 11 мая 1964 г.

Отзывы и замечания по автореферату просим направлять по адресу:
Баку 100, пос. Мусабекова, ул. 10-я Хребтовая, 33. Институт географии
АН Азербайджанской ССР.

Автореферат разослан „10“ сентября 1964 г.

По природным богатствам и географическому расположению Каспийское море занимает важное место в народном хозяйстве нашей страны. Оно является также источником тепла и влаги для прилегающих частей суши.

Уровень Каспийского моря подвергается значительным многолетним колебаниям. Так, за последние 30 лет его уровень относительно своего среднего столетнего положения понизился более чем на 2 м. Нестабильность и особенно резкое падение уровня Каспийского моря наносят огромный ущерб народному хозяйству.

К весьма актуальным, но до настоящего времени неполностью разрешенным проблемам относятся: причины многолетних изменений уровня Каспийского моря, количественная оценка отдельных факторов, влияющих на изменение уровня, определение оптимального уровня, а также составление прогнозов уровня Каспия на будущее. Для решения всех этих задач необходимым, но пока мало изученным вопросом является многолетние колебания испарения на Каспийском море.

Не говоря уже о недостатках методики, применяющейся различными авторами, испарение по годам обычно подсчитывалось для 6—10-летнего периода (О. Т. Машкевич-Грицук, А. И. Михалевский, Е. Г. Архипова). Такие короткие ряды совершенно недостаточны для решения поставленных задач и для определения периодических изменений испарения, а также его вероятных величин.

За длительный период величины испарения по годам были вычислены только Б. Д. Зайковым, но в принятой им методике расчета (по водному балансу) для условий Каспийского моря также имеется ряд недостатков.

Учитывая все это, основной целью исследований мы поставили изучение многолетних колебаний испарения с поверхности Каспийского моря на основе анализа определяющих его факторов.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав и выводов на 304 страницах машинописного текста, 70 таблиц, 34 рисунков и двух приложений.

В главе I дается краткий обзор и анализ исследований, посвященных изучению испарения с поверхности Каспийского моря.

Изучением испарения на Каспии начали заниматься еще в прошлом столетии. При определении испарения использовались: метод водного и теплового баланса, инструментальные наблюдения и различные расчетные формулы.

В 1884 г. А. И. Воейков определил величину испарения с поверхности Каспийского моря методом водного баланса (1085 мм). В последствии этим же методом испарение было определено рядом авторов: И. Б. Шпиндлером, Н. М. Книповичем, С. А. Ковалевским, Л. Ф. Рудовицем, Б. А. Аполловым, А. И. Михалевским, Б. Д. Зайковым и др.

Наиболее подробные расчеты водного баланса Каспийского моря произведены Б. Д. Зайковым (1941, 1946). Полученная им средняя многолетняя величина испарения равна 978 мм. Кроме того, Б. Д. Зайков подсчитал также величины испарения за каждый год для периода 1894—1945 гг. (как остаточный член водного баланса).

Однако по ряду причин величины испарения с поверхности Каспийского моря, определенные методом водного баланса, особенно по годам, пока нельзя считать достаточно точными.

Как известно, точность величины испарения, которая определяется как остаточный член водного баланса, в основном зависит от точности определения остальных компонентов баланса.

В приходной части водного баланса Каспийского моря наибольшим по величине компонентом является поверхностный сток, но пока еще не удавалось достаточно точно определить даже среднемноголетнюю его величину (норму), так как не везде и не всегда имеются наблюдения над стоком. Например, величины стока рек Иранского побережья, приводимые разными авторами, отличаются друг от друга в 3—4 раза.

Б. Д. Зайков принимал в своих расчетах отношение стока р. Волги ко всему поверхностному стоку в Каспий постоянным и равным 0,77. Но исследования показывают, что это отношение не равно принятому Зайковым и непостоянно.

Ввиду отсутствия непосредственных наблюдений весьма приближенно определяются подземный сток в Каспийское море и атмосферные осадки, выпадающие на зеркало водоема, особенно по годам.

Прежние расчеты по методу водного баланса были еще менее совершенны, чем у Б. Д. Зайкова. Например, Л. Ф. Рудовиц (1927 г.) совсем не учитывал подземный сток и без достаточного основания принимал, что сток всех рек в Каспий, кроме Волги, Куры и Урала, в два раза больше стока р. Урал (т. е. равен 40 мм или 18 км³).

При определении испарения как остаточного члена баланса неизбежны также систематические ошибки другого рода, связанные с тектоническими процессами. При поднятии дна водоема в результате тектонических процессов величина испарения искусственно будет занижена,

а при опускании завышена. Вследствие этого, роль испарения и тектонических процессов в изменении уровня Каспия останется невыявленной.

По методу теплового баланса величина испарения впервые была определена Л. Ф. Рудовицем (1927) для некоторых пунктов, расположенных на побережьях Каспия. Но ввиду отсутствия необходимых фактических данных и расчетных коэффициентов для условий Каспийского моря Рудовицу пришлось большую часть их заимствовать из работ В. Шмидта и других авторов.

А. И. Бенашвили определял расход тепла на испарение исходя из предположения постоянства соотношения между поглощенной солнечной радиацией, эффективным излучением и контактным теплообменом.

Однако величины, полученные различными авторами на Каспии по радиационному балансу и контактному теплообмену, отличаются друг от друга на 10—15%. Кроме того, всеми исследователями скрытая теплота испарения принималась такой же, как и для океанических вод, в то время как еще в 1939 г. лабораторными опытами А. К. Абас-заде было установлено, что для каспийских вод ввиду особенностей их физико-химических свойств потребуется больше тепла на испарение, чем для океанических.

Таким образом, величины испарения с поверхности Каспийского моря, полученные по методу водного и теплового балансов, пока вряд ли можно считать достаточно точными.

Некоторые авторы для определения испарения с поверхности Каспийского моря использовали данные, полученные по испарителям. Например, Л. Ф. Рудовиц (1927) использовал данные по испарителю Вильда, умножая их на переходные коэффициенты, выведенные из наблюдений на озере в Восточной Пруссии, а величину испарения, полученную по методу Пенка-Лютгенса, он считал равной естественному испарению.

Известно, что испарение в испарителях существенно отличается от испарения с поверхности больших водоемов как по режиму, так и по абсолютным величинам. Разность между величинами испарения в испарителях и в море зависит от гидрометеорологических факторов, определяющих испарение, и от конструктивных особенностей самих испарителей. Чем меньше размер испарителя и чем больше континентальность климата местности, где он установлен, тем больше эта разность. Наши исследования показали, что переходные коэффициенты для отдельных районов Каспийского моря имеют разные значения.

У восточного побережья Среднего Каспия ввиду наличия температурных аномалий инструментальные наблюдения над испарением на ГМС Кара-Богаз-Гол не могут служить характеристикой испарения с этого района моря. Здесь между абсолютными величинами испарения, в море и в испарителях имеется большая разница. Кроме того, переходные коэффициенты даже из больших испарительных бас-

сейнов здесь очень изменчивы. Для мелководных прибрежных зон Апшерона, Южного и Северного Каспия переходные коэффициенты для испарителей довольно устойчивы. Наблюдения на испарителях даже малых размеров, производимые в этих районах, могут быть полезными для определения относительной изменчивости испарения. Однако периоды наблюдений пока короткие.

Многие исследователи (А. И. Михалевский, Л. Ф. Рудовиц, В. К. Давыдов, Г. П. Пономаренко, Е. Г. Архипова, В. С. Самойленко и др.) для определения испарения с поверхности Каспийского моря применяли различные эмпирические и полуэмпирические формулы. Однако в связи с тем, что в большинстве случаев использовались формулы, введенные в иных физико-географических условиях или же в них применены не вполне обоснованные численные коэффициенты, а также из-за отсутствия в нужном количестве надежных гидрометеорологических данных величины испарения, полученные этим способом многими авторами, подлежат уточнению.

Наиболее подробные расчеты испарения на Каспии по формулам были произведены В. К. Давыдовым (1941) и Е. Г. Архиповой (1954 — 1957).

Средние многолетние величины испарения для всего моря, полученные В. К. Давыдовым (по формуле Х. Свердрупа и А. Мейера) — 998 мм и Е. Г. Архиповой (по формуле В. С. Самойленко) — 970 мм, мало отличаются одна от другой и близки к величине, полученной Б. Д. Зайковым (по методу водного баланса). Несмотря на то, что эти расчеты испарения для всего моря в целом в годовом разрезе дают очень сходные и в общем удовлетворительные результаты, все же их невозможно считать достаточно точными. Так, наиболее тщательные расчеты, выполненные в Аэроклиматическом институте под руководством В. С. Самойленко, с привлечением всех судовых гидрометеорологических наблюдений по 1957 г. и на основе анализа водного и теплового баланса Каспийского моря привели к выводу, что величина испарения с поверхности Каспийского моря равна 910 мм, т. е. это наименьшая из величин, полученных всеми предыдущими авторами. По нашим расчетам также (по формуле Самойленко) норма испарения близка к этой величине, т. е. равна 930 мм. Однако, если учесть механическое воздействие ветра, то, возможно, суммарная величина испарения с поверхности Каспийского моря будет несколько больше, чем полученная нами.

Таким образом, анализ и сравнение произведенных определений испарения на Каспии показывают, что эта важная задача полностью еще не разрешена, особенно же слабо изучены на Каспийском море колебания испарения.

Геологи высказывают мнение о возможности существенного влияния тектонических процессов на изменение объема чаши (а следовательно и уровня) Каспийского моря. Кроме того, отдельные элементы водного баланса Каспийского моря не поддаются точному определению.

нию (особенно по годам). Поэтому многолетние изменения испарения на Каспии целесообразно исследовать не по колебаниям уровня, а на основе анализа изменчивости гидрометеорологических факторов, непосредственно его определяющих.

Глава II посвящена краткой характеристике основных гидрометеорологических факторов, определяющих испарение на Каспийском море.

Основными гидрометеорологическими элементами, учитываемыми при определении испарения, являются: скорость ветра (V) и дефицит влажности (D), вычисленный как разность между величинами упругости насыщенного пара по температуре подстилающей поверхности (e_0) и упругости пара в приводном слое воздуха (e), т. е. $D = e_0 - e$.

Как оказалось, на поверхности Каспийского моря величины дефицита влажности, определенные по температуре воды (D) и по температуре воздуха (d), не соответствуют друг другу. Для выявления характера и надежности связей между D и d в условиях Каспийского моря попутно нами были произведены соответствующие исследования (т. к. при наличии тесной связи между этими элементами намного уменьшился бы объем работы).

Анализ показал, что для перехода от d к D формула В. К. Давыдова ($D = 1,36d^{0,8}$) неприемлема. В отдельных районах Каспийского моря зависимости $D = f(d)$ имеют различные особенности. Зависимость эта выражается несколько различными, обычно двумя кривыми (отражающими в основном периоды прогрева и охлаждения поверхностных вод). Эти зависимости в большинстве случаев недостаточно устойчивы и надежны (исключение составляют мелководные прибрежные районы, где температурный режим вод полностью определяется процессами взаимодействия атмосферы и моря). Наибольшая разница между абсолютными величинами, а также изменениями D и d наблюдается в центральных частях моря и в районах температурных аномалий (особенно при резком изменении условий погоды). Например, в районе Бекташ-Куули в весенне-летний период даже средняя разность между величинами D и d достигает 7—8 *мм*.

Таким образом, эти исследования показали, что для анализа условий испарения с поверхности Каспийского моря нельзя использовать данные о дефиците влажности, определенные по температуре воздуха. Для определения дефицита влажности на поверхности моря необходимы данные о температуре воды и абсолютной влажности.

Имеется немало работ, посвященных гидрометеорологическому режиму Каспийского моря. Однако авторы этих работ использовали в основном данные наблюдений, произведенных до 1950 г. Нами же были использованы данные, обработанные НИИАКом (1963) из наблюдений, произведенных по 1957 г. При этом число наблюдений, использованных для вычисления средних величин гидрометеорологических элементов, в три раза больше, чем было использовано для составления предыдущих работ.

Средние значения температуры воды и воздуха, абсолютной влажности, дефицита влажности и скорости ветра на прибрежных и островных станциях нами были вычислены из однородных рядов, что также имеет существенное значение для сопоставления. Кроме того, в связи со спецификой исследуемой нами темы были произведены дополнительные работы, касающиеся вопросов, мало освещенных другими авторами. Большое внимание было уделено исследованию зависимостей между гидрометеорологическими элементами, выявлению неоднородностей рядов, их удлинению, а также изучению многолетней изменчивости гидрометеорологических элементов и факторов их обуславливающих.

Основными факторами, определяющими особенности гидрометеорологического режима Каспийского моря, являются: большая меридиональная протяженность моря (более чем 10°), физико-географические условия побережья (рельеф и климатические особенности окружающих частей суши), циркуляционные процессы атмосферы, развивающиеся над Евразией, распределение глубин и турбулентно-адвективные процессы в море.

Вследствие неодинакового сочетания указанных факторов в различных зонах (мелководных прибрежных и глубоководных центральных) и районах Каспийского моря создаются специфические особенности гидрометеорологического режима и те или иные его аномалии.

Наибольшие контрасты в распределении температуры воды на акватории Каспийского моря наблюдаются в холодный период года и весной (с октября по май). В эти же периоды наблюдаются и небольшие отклонения температуры воды от ее средней величины. Исключение составляют районы местных температурных аномалий, где наибольшие отклонения от нормы наблюдаются в весенне-летний период (май — август).

В районах температурных аномалий, а также в Северном Каспии отклонение температуры воды от нормы бывает больше, чем в других районах. Причем чем меньше рассматриваемый интервал времени, тем больше величины наблюдающихся отклонений. На Каспии однозначные отклонения температуры воды обычно наблюдаются в течение 3—4 месяцев, в отдельных случаях однозначные отклонения сохраняются до 5—8 сезонов. Средняя изменчивость годовых величин температуры воды в различных прибрежных районах Каспия составляет $\pm 0,4$ — $0,6^\circ$. Предельные значения отклонений среднегодовых температур достигают $\pm 1,5^\circ$, а среднемесячных $\pm 5^\circ$. Отклонения средних годовых величин температуры воды в прибрежных районах почти равны отклонениям температуры воздуха. В открытых частях моря изменчивость температуры воды меньше изменчивости температуры воздуха в этих районах и температуры воды прибрежных мелководий.

Кроме межгодовых колебаний, изменение температуры воды и воздуха на Каспии носит циклический характер. При рассмотрении данных даже за небольшие периоды (например, за 1936—1960 гг.) можно

выделить группу лет с повышенными или пониженными температурами. Например, в течение 1936—1941 гг. на Каспии температура во все годы была выше нормы, а в 1949—1954 гг. (за исключением 1951 г.) ниже нормы. Следует отметить, что однозначные отклонения температуры воды и воздуха не всегда охватывают всю акваторию. Так, в 1957 г., когда на Северном Каспии положительные отклонения температуры достигали $1,0$ — $1,2^\circ$, в южной части Каспия температура была близка к норме, а в некоторых районах (например, в юго-восточной части моря) даже ниже нормы.

Сравнение среднемесячных величин температуры воды и воздуха за периоды до и после падения уровня моря (до 1935 г. и после этого, причем длина каждого периода была равна 25 годам) показывает, что во второй период (1936—1960 гг.) в прибрежных зонах Каспийского моря в весенне-летний сезон температура стала выше, чем до падения уровня (в некоторых районах разность достигает $1,5$ — $2,0^\circ$), а в осенне-зимний несколько понизилась.

Наибольшие отклонения абсолютной влажности от нормы наблюдаются на восточном и северо-восточном побережьях Каспийского моря. Например, в течение 1936—1960 гг. наибольшее положительное отклонение среднемесячной абсолютной влажности здесь достигло $5,5$ мб (о. Кулалы, август), а отрицательное — $4,1$ мб (Форт Шевченко). Отмечаются случаи, когда при восточных ветрах воздушные массы из Среднеазиатских пустынь, без существенных изменений влажности доходят до западного берега Каспийского моря. Это бывает весной, когда с еще непрогретой водной поверхности испарение очень мало, а воздушные массы перемещаются с большой скоростью. Летом же на наветренном и подветренном берегах вследствие трансформации воздушных масс обычно наблюдаются отклонения абсолютной влажности с разными знаками.

Межгодовые и периодические изменения абсолютной влажности соответствуют изменению температуры, но сравнение средних величин за периоды до и после 1935 г. (в каждом периоде по 25 лет) показывает, что во втором периоде, в теплую часть года, абсолютная влажность на Каспии (особенно у побережий) несколько уменьшилась.

Годовой ход дефицита влажности (D) в мелководных прибрежных районах соответствует годовому ходу температуры воды: кривая годового хода дефицита влажности имеет симметричную форму с минимумом в январе—феврале и с максимумом в июле—августе. Летом абсолютные величины дефицита влажности в заливах и бухтах достигают 10 — 12 мб и более. Зимой в северо-восточной части Каспийского моря дефицит влажности приобретает отрицательный знак.

В глубоководных частях моря абсолютные величины дефицита влажности (D) меньше, чем на мелководьях. Существенно отличается от прибрежных зон и годовой ход дефицита влажности. Особенно большое различие между величинами дефицита влажности в этих зонах на-

блюдается в периоды прогрева и охлаждения. Весной даже приращение дефицита влажности в мелководных и глубоководных зонах имеют разные знаки. В центральных частях моря наименьшие величины дефицита влажности бывают в апреле—мае, а наибольшие — в сентябре.

Наибольшее различие в колебаниях дефицита влажности в прибрежных и в глубоководных зонах моря также наблюдается в периоды прогрева и охлаждения. В весенний и осенний периоды при резком изменении температуры воздуха даже знаки отклонения дефицита влажности в этих зонах нередко бывают разными.

Наибольшие отклонения дефицита влажности (Д) от нормы в открытой части моря наблюдаются в период прогрева и охлаждения, а в мелководных районах — в холодный период года. Наибольшей изменчивостью дефицита влажности так же, как и в отношении температуры воды, отличается юго-восточное побережье Среднего Каспия. Например, на водпостах Бекташ и Кара-Богаз-Гол максимальные среднемесячные величины дефицита влажности в июле достигают 8—9 мб, тогда как в отдельные годы здесь они приобретают отрицательные значения.

Отклонения среднемесячных и годовых значений скорости ветра от нормы на Каспии в отдельные годы довольно велики. Максимальные отклонения среднемесячных скоростей ветра от нормы (независимо от времени года) достигают ± 50 — 60% . Скорость ветра подвергается и периодическим колебаниям. Следует отметить, что изменение скорости ветра по всей акватории Каспийского моря или в отдельных ее частях не происходит синхронно. Так, например, в Среднем Каспии — на станциях Махачкала и Форт Шевченко и в Южном Каспии — на станциях З. О. Култук и Астара многолетние изменения скорости ветра почти противоположны.

Глава III является основной частью диссертационной работы. В ней производятся расчеты испарения с поверхности Каспийского моря и его многолетних колебаний.

Для вычисления величин испарения нами использованы по всем годам за период 1936—1960 гг. среднемесячные данные береговых и островных станций по температуре воды и воздуха, абсолютной влажности, дефициту влажности и скорости ветра, а также средние многолетние данные по температуре воды и воздуха, абсолютной влажности, скорости ветра в открытой части моря, подготовленные НИИАКом из наблюдений, произведенных по 1957 г.

Для вычисления величин испарения за отдельные годы среднемесячные значения температуры воды и абсолютной влажности в открытом море определялись по графикам связи, так как между изменениями этих гидрометеозлементов на берегу, островах и в открытой части Каспийского моря существуют удовлетворительные коррелятивные связи. Причем анализ показал, что в открытых частях Каспийского моря однозначные колебания гидрометеозлементов охватывают большие про-

странства, что имеет важное значение, так как при этом отпадает необходимость определения гидрометеозлементов в каждом квадрате открытой части моря. Однако необходимо отметить, что не везде и не для всех гидрометеорологических элементов, наблюдаемых на прибрежных станциях и в море, имеются достаточно надежные связи. Например, между температурой воды, наблюдаемой на береговых станциях Дербент и Александрбай, и станциях, расположенных на той же широте в центральной части Среднего Каспия (квадраты 32 и 33), в теплый период года связи ненадежные (коэффициенты корреляции для них получались равными 0,41—0,46). Между тем оказалось, что связи между величинами абсолютной влажности на западном берегу и в открытой части моря достаточно надежны (т. е. $r = 0,83—0,93$). Квадраты 32 и 33 расположены более чем на 200 км севернее островов Артема и Жилого. Несмотря на это, связь между гидроэлементами в море и на этих островах также оказалась удовлетворительной ($r > 0,70$). Не менее важное значение имеет и тот факт, что между температурой поверхности воды в открытой части моря и температурой воздуха на островах также имеется достаточно тесная связь.

Прямая связь между величиной испарения в открытом море и с каким-нибудь одним элементом, измеренным у берега (даже с температурой воды), ненадежна, особенно для периода прогрева, но на мелководьях Каспийского моря, за исключением районов температурных аномалий, между величинами испарения и дефицитом влажности воздуха или температурой воздуха наблюдаются удовлетворительные корреляционные связи.

Для расчета испарения нами была применена формула В. С. Самойленко, которой широко пользуются наши мореведы. Она теоретически достаточно обоснована и проста по структуре:

$$E = B_z V_z D_z,$$

где V_z и D_z — средние месячные значения скорости ветра и дефицита влажности, определяемой по температуре воды. B_z — коэффициент, численное значение которого зависит от высоты уровня измерений (z), скорости ветра (V) и абсолютной влажности (e).

Численный коэффициент в формуле нами принят равным 4,2 (Д в мм). Понятно, что величина этого постоянного коэффициента в формуле не будет отражаться на расчетах относительных отклонений испарения от нормы. Несмотря на это, прежде чем принять указанное значение коэффициента ($B_z = 4,2$), результаты расчетов по этой формуле сопоставлялись с результатами расчетов по выведенной нами эмпирической формуле, данными по испарению в больших испарительных бассейнах, а также и с результатами расчетов по формулам других авторов.

Для анализа многолетних колебаний величин испарения на акватории Каспийского моря расчеты были произведены для 36 пунктов, характеризующих гидрометеорологические условия различных районов моря, по каждому месяцу каждого года для 25-летнего периода (1936—1960 гг.).

Затем были подсчитаны сезонные и годовые суммы испарения. Для этих же интервалов времени построены карты распределения средне-многолетних величин испарения по акватории Каспийского моря (при этом кроме наших расчетов использовались средние многолетние величины испарения, вычисленные в НИИАКе по квадратам открытой части моря).

На основе анализа месячных, сезонных и годовых карт испарения, комплексных графиков и таблиц годового хода испарения (в абсолютных величинах и в долях от годовой суммы) и гидрометеорологических элементов, определяющих испарение, в работе подробно освещается режим испарения по всей акватории моря в целом и по его отдельным районам.

По характеру режима испарения акваторию Каспийского моря сначала следует разделить на мелководную прибрежную и глубоководную центральную зоны. Наибольшая разница в величинах испарения на мелководье и в глубоководных частях моря наблюдаются в периоды прогрева, охлаждения и зимой. Весной (с марта по май) даже приращение испарения в указанных зонах имеют разные знаки.

Наименьшие величины испарения на мелководьях наблюдаются в зимние месяцы (январь—февраль). За период с апреля по сентябрь в прибрежной зоне испаряется 70—75% от годовой величины, а максимальная величина испарения наблюдается в июле—августе. В глубоководных частях моря ввиду более медленного процесса прогрева и охлаждения минимальное испарение наблюдается в апреле—мае; в июне—ноябре испаряется до 70% от годовой величины, а максимальное испарение наблюдается в августе—сентябре.

Границы районов, различающихся по режиму испарения на Каспийском море, в основном совпадают с границами термических районов. Однако испарение определяется не одним, а несколькими гидрометеорологическими элементами в комплексе. Поэтому отдельные прибрежные районы по режиму испарения довольно резко отличаются друг от друга. Например, юго-восточное побережье Среднего Каспия по режиму испарения резко отличается от других прибрежных районов. Режим испарения с февраля по апрель сходен здесь с режимом других прибрежных районов, а с мая, несмотря на сильную континентальность климата, в связи с отрицательной аномалией температуры воды величины дефицита влажности, а следовательно и испарения, здесь очень малы. Минимальная величина испарения в этом районе наблюдается в июне, а максимальная в августе. В Красноводском заливе вследствие высокой температуры воды, увеличения скорости ветра в теплую часть года и континентальности климата величина испарения в сумме за

период с апреля по октябрь достигает 1,5 м (годовая сумма 1,6 м); в районе Дербента летом малые величины испарения связаны не только со сравнительно низкими температурами воды, но и с повышенной влажностью, и слабыми ветрами (здесь скорость ветра вдвое меньше, чем в Махачкале). Несмотря на высокую температуру воды вследствие слабых ветров и повышенной влажности малыми величинами испарения отличаются также южное и юго-западное побережье Каспийского моря. В связи с большой скоростью ветра и малой влажностью воздуха (особенно летом) район Апшерона отличается большими величинами испарения. Например, в прибрежной зоне Бакинской бухты годовая сумма испарения больше 1,5 м, тогда как в Дербенте и Астаре она немногим превышает 0,5 м.

Несмотря на значительные различия в абсолютных величинах испарения в различных районах Каспийского моря, а также в его внутригодовом распределении суммарной величины испарения за год по трем основным частям моря (Северный, Средний и Южный Каспий) отличаются не более чем на 5%. В Южном и Северном Каспии в годовом итоге разница в величинах испарения у побережья и в центральных частях моря также сглаживается.

Колебания месячных величин испарения на Каспии очень большие. Например, по средним многолетним данным в северо-восточной части Каспия зимой наблюдается процесс конденсации, тогда как в отдельные теплые зимы величина испарения здесь может достигать нескольких сантиметров. Большие изменения месячных величин испарения наблюдаются и в открытых частях моря. Например, в феврале 1957 г. на Нефтяных Камнях величина испарения составляла 17 мм, а в 1959 г. 95 мм; в августе 1955 г. испарение здесь достигало 206 мм, тогда как в 1956 г. оно было всего 97 мм.

На акватории Каспия изменчивость испарения зимой и в периоды прогрева и охлаждения больше, чем летом, за исключением районов температурных аномалий, где наибольшие отклонения наблюдаются в весенне-летний сезон.

Глубоководные центральные части, мелководные прибрежные зоны, а также отдельные районы Каспийского моря не только по режиму, но и по колебаниям испарения существенно отличаются друг от друга. Однако при увеличении периода осреднения различия в величинах колебания испарения в этих районах значительно сглаживаются. Поэтому анализ отклонений испарения от нормы по акватории моря в основном производился в целом за сезон и за год.

При определении отклонений испарения от нормы в открытом море изменения скорости ветра за отдельные годы для каждого пункта учитывались следующим образом: на прибрежных и островных станциях для сезонов каждого года определялось отклонение скорости ветра от нормы в процентах. Затем эта величина придавалась к норме скорости ветра данного пункта открытого моря, так как считалось, что для скоростей ветра выполняется закон пропорциональности.

Коэффициенты вариации (C_v), вычисленные по годовым величинам испарения 25-летнего периода (1936—1960 гг.), для отдельных районов Каспийского моря изменяются от 0,06 до 0,26.

Наибольшая изменчивость испарения наблюдается в районах температурных аномалий (например, Бекташ и Дербент, где C_v равен 0,26 и 0,20) и в мелководных прибрежных районах, а наименьшая — в открытой части моря (например, квадраты 32 и 59, где C_v равен 0,06 и 0,10).

Для сезонов и меньших интервалов времени коэффициенты вариации увеличиваются. Например, для летнего сезона в Бекташе C_v равен 0,59, а в районе Нефтяных Камней — 0,14.

Однозначные отклонения испарения обычно наблюдаются не весь год, а в течение нескольких месяцев и редко сезонов. Хотя наибольшие относительные отклонения от нормы наблюдаются в холодную часть года, однако абсолютные величины испарения в этот период (особенно на мелководье) составляют незначительную долю от его годовой суммы. Поэтому отклонения от нормы годовых величин определяются интенсивностью испарения в период его наибольших значений: в мелководных районах в весенне-летний период, а в глубоководных центральных частях моря в летне-осенний.

Решающим фактором, определяющим изменчивость испарения, является дефицит влажности (D). В глубоководных центральных частях моря изменение D в основном зависит от температуры воды, а на мелководьях, кроме температуры воды, значительную роль играет также и абсолютная влажность (e). В зависимости от направлений и скорости ветра, а также от характера подстилающей поверхности у побережья « e » меняется очень сильно. Именно этим объясняются наблюдающиеся летом разнозначные аномалии дефицита влажности и, следовательно, испарения на противоположных берегах моря (т. е. вследствие сухости поступающих воздушных масс с материка и последующего увлажнения их над морем на пути к противоположному берегу).

Влияние скорости ветра на многолетние колебания испарения также велико, причем в теплую часть года оно больше, чем зимой. Кроме того, на Каспии ветер оказывает существенное влияние также на режим других гидрометеорологических элементов, определяющих испарение, т. е. влажность воздуха и температуру воды.

Каждый тип атмосферных процессов в сочетании с местными географическими и климатическими условиями создает в отдельных частях Каспийского моря различные ветровые поля. В связи с этим в различных районах Каспийского моря часто наблюдаются аномалии испарения с разными знаками.

Для отдельных частей и для всего моря в целом отклонения испарения определялись следующим способом. В 36 пунктах для каждого сезона и года определялась величина отклонения испарения от нормы (в процентах). После этого для всех лет (1936—1960 гг.) и характерных

сезонов строились карты равных отклонений (всего построено 89 карт изоаномал).

При построении и анализе этих карт наибольшее внимание уделялось следующим вопросам:

а) кроме определения величин отклонения испарения производился анализ условий, вызывающих эти отклонения (в работе приводятся таблицы и графики отклонений величин основных гидрометеорологических элементов);

б) особое внимание уделялось районам, отличающимся наибольшими отклонениями испарения, а также и тем районам, где аномалии отличились по знаку от аномалий, наблюдаемых в большинстве районов моря. Много внимания было уделено и экстраполяции аномалий испарения, вычисленных в отдельных пунктах, в прилегающие районы моря;

в) чтобы проследить за характером внутrigодовой, а также межгодовой изменчивости испарения, анализ производился в хронологическом порядке не менее чем за непрерывный 10—12-летний период. Одновременно результаты наших исследований сравнивались с результатами, полученными другими авторами.

Самое большое положительное отклонение от нормы годовой суммы испарения (+ 11%) на Каспии за период 1936—1960 гг. наблюдалось в 1938, самом теплом из указанных лет. Наибольшим отклонением отличался район Бекташа (+ 39%). В этой части Каспийского моря с января по сентябрь, т.е. в течение 7—8 месяцев подряд температура воздуха и воды держалась выше нормы. Кроме того, летом здесь повторяемость сухих и сильных восточных и северо-восточных ветров также была больше нормы. В этом году и в юго-западной части Каспийского моря отмечались большие положительные отклонения испарения (в Астаре + 31%, Пехлеви + 39%). В 1938 г. на акватории отрицательные отклонения испарения наблюдались только в районе Дербента и Низовой, что было обусловлено в основном уменьшением скорости ветра.

В 1939 г. испарение на Каспии было также больше нормы, но его величина была значительно меньше, чем в 1938 г. Однако по расчетам Б. Д. Зайкова, в 1939 г., наоборот, положительное отклонение испарения было больше, чем в 1938 г.

Как показывает анализ, различия в скоростях ветра (V) в 1938 и 1939 гг. были незначительны, а отклонения же основных факторов, определяющих испарение температуры (t) и, следовательно, дефицита влажности (D), в 1938 г. в большинстве районов почти в два раза больше, чем в 1939 г.

Наибольшая отрицательная аномалия испарения за исследуемый период на Каспии наблюдалась в 1945 г. (—13%), и была вызвана не только большими отрицательными отклонениями температуры, но в значительной степени уменьшением скорости ветра.

Как для отдельных частей, так и для всего моря в целом, сперва были определены относительные величины отклонения испарения (в

процентах) путем планиметрирования площадей между изолиниями. Затем рассчитывались абсолютные величины испарения по годам, путем умножения величин отклонения в процентах на среднюю многолетнюю норму испарения. Результаты этих расчетов приводятся в таблице.

Изменения испарения на Каспийском море за отдельные годы

Годы	Северный Каспий	Средний Каспий	Южный Каспий	Все море	
	Отклонение, %			Отклонение, %	Испарение, мм (Средняя норма принята 930 мм)
1936	+ 1	- 2	+ 7	+ 2	949
1937	+ 4	+ 5	+ 1	+ 4	967
1938	+ 6	+11	+16	+11	1032
1939	- 2	+ 6	+ 7	+ 4	967
1940	+ 1	- 2	+ 3	+ 1	939
1941	- 3	+ 7	+ 7	+ 4	967
1942	-10	- 1	0	- 3	902
1943	- 2	- 4	- 2	- 3	902
1944	+ 3	+ 4	+ 7	+ 5	976
1945	-11	-15	-12	-13	809
1946	- 3	+ 1	+ 2	+ 1	939
1947	- 4	+ 1	- 2	- 2	911
1948	+ 3	+13	+ 8	+ 8	1004
1949	- 1	+ 9	+ 2	+ 3	958
1950	0	- 4	- 5	- 3	902
1951	0	+ 9	+ 9	+ 7	995
1952	+ 1	- 3	- 7	- 3	902
1953	+ 5	+ 3	- 2	+ 2	949
1954	- 2	-13	- 7	- 8	856
1955	+ 5	+ 6	- 6	+ 2	949
1956	+ 3	- 4	- 7	- 5	884
1957	+14	+ 2	- 9	+ 1	939
1958	+ 1	+ 4	- 4	0	930
1959	- 4	- 4	0	- 2	911
1960	- 1	- 1	- 1	- 1	921

Отклонения испарения по всей акватории Каспия обычно не равны по абсолютной величине и даже не всегда однозначны. Отклонения од-

ного и того же знака по всей акватории моря наблюдаются только в экстремально холодные или теплые годы и сезоны, т. е. тогда когда наблюдаются значительные отклонения от нормы основного фактора, определяющего испарение, — температуры воды. Поэтому однозначными отклонениями испарения зимой охватываются более обширные пространства, чем в другие сезоны, так как зимой отклонения температуры воды от нормы бывают наибольшими, а абсолютная влажность по акватории моря распределяется более равномерно.

Разнозначные аномалии испарения наблюдаются обычно в различных частях моря, у побережий, расположенных в противоположном направлении друг от друга. Иногда даже между годовыми величинами отклонения наблюдается большое различие. Например, в 1957 г. в Северном Каспии в целом за год наблюдались очень большие положительные отклонения испарения (+14%), в Южном Каспии оно было меньше нормы на 9%. Нередки случаи, когда разнозначные отклонения на акватории Каспия чередуются друг с другом с севера на юг и с запада на восток или наоборот. Поэтому для всего моря в целом аномалия испарения получается небольшой. Коэффициент вариации (C_v), вычисленный по данным за 25-летний период, для всего моря в целом равен 0,06; однако вероятные величины отклонения испарения (1%-ной вероятности) на Каспийском море (в целом) могут достигать $\pm 20-22\%$.

При анализе связи изменения испарения и уровня моря важным обстоятельством является тот факт, что многолетние изменения испарения на Каспии, как и изменение температуры, носят циклический характер. Даже в небольших рядах можно выделить группу лет с повышенным или пониженным (относительно нормы) испарением. Например, по нашим расчетам с 1936 по 1941 гг., т. е. 6 лет подряд, на Каспии испарение было выше нормы (на 5—6%), а с 1942 по 1947 гг. (за исключением 1944 г.) ниже нормы (в среднем на 2—3%), затем снова отмечалось увеличение испарения, продолжавшееся до 1952 г. (за исключением 1950 г.). После этого (т. е. до 1960 г.) испарение с поверхности Каспия в среднем было немного ниже нормы.

Характер многолетнего изменения испарения по нашим расчетам, расчетам Б. Д. Зайкова (за период 1936—1945 гг.) и Е. Г. Архиповой (1946—1952 гг.) в общем согласуется. Однако в некоторых случаях наблюдаются значительные расхождения, например, в 1938 и 1939 гг.; имеются некоторые расхождения также по расчетам других лет. Так, в 1943 г. по расчетам Б. Д. Зайкова испарение на Каспии было около нормы, тогда как по нашим расчетам оно меньше нормы. Сопоставление расчетов других авторов для Аральского и Азовского морей с нашими расчетами для Каспийского моря показало, что между колебаниями испарения на этих морях имеется некоторая связь. По расчетам Г. С. Холевицкой на Аральском море в 1943 г. испарение было также ниже нормы.

Как известно, точность расчетов испарения можно проверить по водному балансу, путем сопоставления фактических и расчетных уровней. Так, в 1938 г. по расчетам Б. Д. Зайкова понижение уровня было меньше, чем фактическое, так как он получил меньшую величину положительного отклонения испарения (у нас, как было указано выше, положительное отклонение испарения больше). Подобные сопоставления и для других лет показывают, что полученные нами величины отклонения испарения более близки к истинным, чем у Б. Д. Зайкова.

Кривые изменения испарения по годам по расчетам Е. Г. Архиповой и по нашим идут в общем параллельно. Однако по расчетам Е. Г. Архиповой отклонение испарения в целом за весь исследуемый период (1946—1952 гг.) получилось положительным, тогда как по нашим расчетам в 1947, 1950 и 1952 гг. отклонения были отрицательные (так же, как на Аральском и Азовском морях). В то же самое время абсолютные величины испарения в отдельных пунктах по годам, вычисленные Архиповой и нами, очень близки. В течение 1946—1952 гг. по расчетам Е. Г. Архиповой положительные отклонения получились в основном вследствие того, что норма испарения была определена ею по данным 1920—1952 гг., т. е. из ряда лет, большая часть из которых предшествовала падению уровня Каспийского моря. Как было указано выше, после падения уровня Каспия основной фактор, определяющий испарение — дефицит влажности, несколько увеличился.

Испарение с поверхности Каспийского моря составляет около 95% расходной части водного баланса, а потому 7—8%-ное его отклонение от нормы в течение 10 лет соответствует почти годовому стоку всех рек, впадающих в Каспий. Поэтому естественно, что колебание испарения, имеющее циклический характер, должно оказать существенное влияние и на колебание уровня моря. Многие авторы показали, что в колебаниях уровня Каспийского моря помимо речного стока существенную роль играет испарение. Несмотря на это, до настоящего времени при анализе причин изменения уровня моря испарению не уделяется должного внимания, а при прогнозировании уровня моря оно совсем не учитывается.

Нами было проанализировано также влияние колебаний испарения на изменение уровня Каспийского моря. Бесспорным остается тот факт, что основная роль в изменениях уровня принадлежит поверхностному стоку. Но если при этом не учитывать колебаний испарения в отдельные периоды, то ошибка в расчетах может оказаться более чем 20—25%. Роль других факторов, в том числе и тектонических процессов, в изменении уровня Каспийского моря за последние 50—60 лет, косвенным доказательством чему могут служить наши расчеты, незначительна.

Для больших интервалов времени получают удовлетворительные корреляционные связи между величинами испарения с поверхности Каспийского моря и температурой воды и воздуха в отдельных пунктах, расположенных в средней части моря и особенно на островах. Например, была получена удовлетворительная связь между среднегодовой

температурой воздуха на острове Жилой и годовой суммой испарения с поверхности Каспийского моря.

Известны такие процессы, при которых увеличивается температура воздуха и, следовательно, возрастает испарение на Каспийском море. причем одновременно уменьшаются и осадки в бассейне р. Волги (например, в теплую часть года подобная картина наблюдается при господстве восточной формы меридиональных процессов по классификации А. Л. Каца). Однако следует иметь в виду, что не все типы атмосферных процессов могут вызывать такие одновременные аномалии испарения с поверхности Каспийского моря и распределения осадков в его водосборном бассейне или же однозначную аномалию температуры воздуха над всем бассейном моря. Поэтому при составлении прогнозов уровня Каспийского моря, особенно краткосрочных, влияние стока и испарения целесообразно учитывать отдельно.

Резюмируя все наши результаты анализа колебаний испарения с поверхности Каспийского моря, можно сделать следующие общие выводы:

1. Наибольшие величины отклонений испарения от нормы на Каспийском море наблюдаются в прибрежных зонах, особенно в районах температурных аномалий и мелководных частях моря. В течение года наибольшие отклонения наблюдаются в холодную часть года, в зимне-весенний и летне-осенний периоды, а в районах температурных аномалий — в весенне-летний период.

Зимой в Северном Каспии и в прибрежных мелководных зонах Среднего и Южного Каспия испарение отклоняется от нормы более чем на 100%. Летом (за исключением районов температурных аномалий) пределы отклонений испарения от нормы в 2—3 раза меньше, чем в холодную часть года.

Зимой однозначными отклонениями охватываются более обширные пространства, чем в другие сезоны года. Однако большая изменчивость испарения в зимние месяцы не имеет существенного значения для годовых сумм испарения, т. к. абсолютные его величины зимой невелики.

2. В открытом море изменение испарения меньше, чем в прибрежных районах и в основном определяется изменением температуры воды.

В прибрежных зонах на изменение испарения, кроме температуры воды, существенное влияние оказывают абсолютная влажность, скорость и направление ветра, особенно в теплое время года.

3. В период прогрева и охлаждения в мелководных прибрежных и в глубоководных центральных районах Каспийского моря нередко наблюдаются разнозначные отклонения дефицита влажности (определенного по температуре воды) и, следовательно, испарения. Это обычно бывает при резком повышении температуры воздуха весной и при резком ее понижении осенью. Однако при осреднении больших интервалов времени (например, 2—3 сезона и год) разница в знаках и в абсолютных величинах отклонения испарения в мелководных и глубоко-

водных районах моря значительно сглаживается.

4. Знак и величина отклонения годового испарения определяются интенсивностью испарения в период его наибольших значений, т. е. в мелководных и прибрежных зонах гидрометеорологических условиями весенне-летнего, а в глубоководных зонах летне-осеннего периода.

5. Чем меньше взятый интервал времени, тем больше могут быть величины отклонения испарения от нормы, так как испарение определяется несколькими факторами в комплексе, а отклонения всех факторов, определяющих испарение на Каспии, не всегда синхронны и однозначны; однозначные отклонения основных гидрометеозлементов, определяющих испарения, обычно наблюдаются 2—3 месяца, лишь в отдельных случаях однозначные отклонения основного фактора — температуры воды на Каспии продолжаются до 5—8 сезонов.

6. Ввиду большой меридиональной протяженности и большого различия местных физико-географических условий отдельных районов Каспийского моря большинство типов атмосферных процессов по всей акватории Каспия не может вызвать однозначных отклонений гидрометеозлементов, определяющих испарения. Кроме того, воздушные массы при протекании над морем значительно трансформируются. Поэтому в большинстве случаев в различных районах и частях Каспийского моря (особенно в летний сезон) наблюдаются разнозначные отклонения испарения.

Поэтому несмотря на то, что коэффициенты вариации (C_v) для различных районов Каспия довольно большие, в целом для всего моря степень изменчивости испарения получается небольшой (т. е. $C_v = 0,06$).

За рассматриваемый период (1936—1960 гг.) по всей акватории однозначные отклонения испарения наблюдались только в экстремально теплый (1938 г.) и в экстремально холодный (1945 г.) годы и составляли 12—13%. Однако величины отклонения испарения (с 1%-ной вероятностью) для всего моря в целом могут достигать ± 20 —22%.

7. Изменения испарения с поверхности Каспийского моря соответственно с гидрометеорологическими элементами, его определяющими (в основном температурой воды), носят циклический характер. Поэтому колебания испарения оказывают существенное влияние на циклические колебания уровня моря.

Наши исследования показали, что несмотря на основную роль поверхностного стока, в анализе изменений уровня Каспийского моря нельзя не учитывать и колебаний испарения; если этого не делать, то возникают ошибки до 25% и более. Существенного влияния остальных факторов, в том числе и тектонических процессов, на изменение уровня этого водоема нами не обнаружено.

* * *

Основное содержание диссертации изложено автором в следующих работах.

1. Об изучении испарения с поверхности Каспийского моря. «Изв. АН Азерб. ССР, серия геол.-географ. наук и нефти», 1961, № 1.

2. Многолетние колебания испарения на поверхности Каспийского моря. Материалы IX научной конференции аспирантов АН Азерб. ССР, 1962.

3. Колебание испарения на Каспийском море и сопоставление его с уровнем. Тезисы докладов Объединенной научной сессии, посвященной исследованию Каспия, берегов океанов и морей. Изд-во АН Азерб. ССР, 1963.

4. Колебания испарения с поверхности Каспийского моря и факторы его обуславливающие. Материалы X научной конференции аспирантов и соискателей. АН Азерб. ССР, 1963.

5. О факторах, влияющих на изменение уровня Каспийского моря. «Изв. АН Азерб. ССР, серия геол.-географ. наук и нефти», 1964, № 1.

6. Расчет испарения на поверхности Каспийского моря за 1946 — 1961 гг. в соавторстве с Х. К. Улановым и др. (в печати).

ФГ 05284. Заказ 372. Тираж 200. Сдано в набор 16/VII-64 г.
Подписано к печати 5/IX-64 г. Печатные листы — 1,5. Типография АЗИНЕФТЕХИМа,
Баку — ГСП, проспект Ленина, 20.

Бесплатно

Азәрбајҗан ССР Емләр Академијасы Ҷографија Институту

Әлјазмасы һүгүгунда

М. И. АБАКАРОВ

Хәзәр дәнизиндә бухарланманын чоһиллик тәрәддүдү

Ҷографија емләри намизәди алимлик дәрәчәси алмаг үчүн
тәгдим едилмиш диссертасијанын

АВТОРЕФЕРАТЫ

Бакы — 1964