

УДК 551. 583.14

КОЛЕБАНИЯ КЛИМАТА В ИЛЕ-БАЛХАШСКОМ БАССЕЙНЕ И ЕГО СВЯЗЬ С УРОВНЕМ ОЗЕРАДоктор геогр. наук В.С. Чередниченко
Э.П. Кожаметова

Исследована связь между температурой воздуха в Иле-Балхашском бассейне в теплый период и уровнем оз. Балхаш. Обнаружены многолетние циклы в колебаниях температуры и годовых сумм осадков. Выполнен анализ связи между уровнем озера Балхаш и общей циркуляцией атмосферы. Показано, что уровень озера является интегральной характеристикой циркуляционных процессов в регионе и связанных с ними осадков в бассейне.

Проанализировав большой материал по выявлению тенденций изменения климата в Иле-Балхашском бассейне (ИББ), мы не могли не рассмотреть вопрос о том, как влияют обнаруженные нами тенденции на водозапасы региона в первую очередь на уровень оз. Балхаш, который, как известно, испытывает такие колебания.

Известно, что изменение уровня внутренних водоемов является интегральной характеристикой колебания климата бассейна водосбора. Поэтому целесообразно рассмотреть найденные нами тенденции в изменении температуры и осадков в регионе [19] с колебаниями уровня о. Балхаш. При этом задача выработки каких-либо рекомендаций к решению имеющихся в регионе водохозяйственных проблем не ставилась. Было только намерение выявить имеющиеся физические закономерности и взаимосвязи между характеристиками климата и уровнем озера. Хотя, с другой стороны, понятно, что такие связи затем могут быть использованы при решении некоторых прикладных задач.

На уровень оз. Балхаш влияет очень много факторов: естественные – сток рек, температура воздуха, испарение, количество осадков и т.д. и антропогенные. В данной работе нами сделана попытка оценить влияние температуры воздуха и количества осадков на уровень озера. Для решения этой задачи мы сначала определили количество осадков, выпадающих на поверхность ИББ в пределах территории Казахстана. Площадь ИББ в пределах Республики Казахстан по разным источникам [15, 3] варьирует от

304 до 400 тыс. км², тогда как по нашим расчетам она доходит до 440 тыс. км². Были использованы данные о среднегодовом количестве осадков по 50 метеостанциям, расположенным на территории ИББ. Были также использованы и данные о температуре по этим же станциям. Для достижения цели на картах ИББ в пределах РК были проведены изогеты и определены площади между изогетами, а затем – количество осадков, выпадающих на площадь бассейна [13].

Как известно, Иле-Балхашскому бассейну присуще исключительное многообразие природных условий – от песчаных пустынь Прибалхашья до вечных снегов и ледников в горах. Рассматриваемая территория по гидрометеорологическим условиям разделяется на две области – горную, или зону формирования стока, и равнинную, или область потерь и рассеивания стока [15]. Эти области были разделены нами по изогете 250 мм (это 25 % от средней величины испаряемости для Балхаша [3, 4, 9, 15, 16,]), проходящей с горных районов Айтау (юго-восток ИББ), затем через Айдарлы, Коксу, Аркарлы до хр. Акшатау (северо-восток ИББ) (рис.1). Область формирования стока расположена с правой стороны от заданной линии (изогеты 250 мм), а бессточная область – с левой стороны. Такое деление бассейна позволило нам определиться с основными влияющими факторами. В бессточной области происходит основная потеря стока за счет испарения с поверхности озера и дельты р. Иле. Здесь основным метеорологическим фактором является температура воздуха в теплый период года, а в области формирования стока определяющими являются осадки. После этого были выполнены расчеты выпадающего количества осадков на каждую из областей. Результаты расчетов показали, что объем осадков, выпадающих на поверхность ИББ в пределах Казахстана, составляет 116 км³/год. Среднее количество осадков, поступающее на площадь формирования стока составляет 67 км³/год, а на бессточную область (область потерь и рассеивания стока) – 49 км³/год.

Согласно литературным источникам годовой приток в Балхаш составляет в среднем 14 км³, из них 80 % даёт р. Иле, 75 % стока которой формируется на территории Китая [15, 9, 16]. Можно видеть, что выпадающее количество осадков только на территории Казахстана в зоне формирования стока почти в 5 раз, а в зоне потери стока – в 3,5 раза превышает эту величину. Коэффициент поверхностного стока, следовательно, чрезвычайно мал для всего региона.

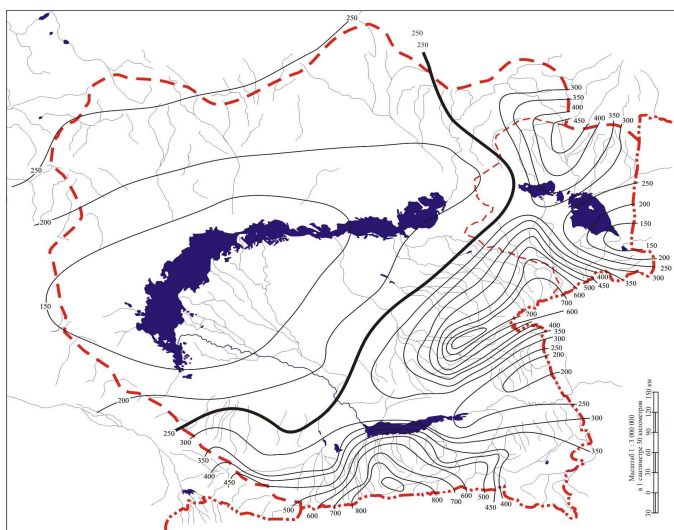


Рис. 1. Распределение годовой суммы осадков в ИББ (мм) в пределах территории Казахстана.

Далее была рассмотрена связь уровня оз. Балхаш с динамикой температуры воздуха в его бассейне и временным ходом годовых сумм осадков. Температура воздуха бралась за период май – сентябрь, потому, что именно в эти месяцы температура воздуха (и воды) самая высокая, поэтому происходит наиболее значимое испарение с поверхности озера. При этом сам вековой ход уровня озера объектом исследований не является. Мы использовали общепризнанные литературные данные о динамике уровня, его особенностях и циклах [9, 15, 16]. Учитывая, что уровень озера сглаживает в своем ходе короткопериодные колебания температуры воздуха, нами при расчетах были взяты скользящие средние (период осреднения 3 года) значения температуры воздуха за период с 1935 по 2003 гг. Такие же осреднения проведены по значениям количества осадков. Для зоны потери стока были использованы данные 5 метеорологических станций: Балхаш, Алгазы остров, Матай, Бектауата, Аул 4.

В результате проведенного анализа временного хода уровня оз. Балхаш и средних для зоны потери стока суммарных температур воздуха теплого периода, видно, что в целом росту уровня озера и достижению максимума с 1953 г. по 1970 г. соответствуют сравнительно низкие суммарные температуры воздуха. Понижение уровня озера после этого периода и низкое его стояние до 1998 г. происходит на фоне повышенных температур воздуха (рис. 2).

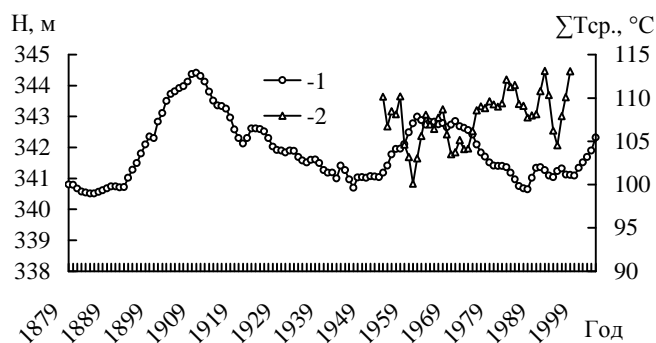


Рис. 2. Вековой ход уровня оз. Балхаш (1) и величины скользящих суммарных температур воздуха для теплого периода (2) для зоны потери стока.

Результаты расчетов показали, что связь между средними величинами суммарных температур воздуха теплого периода (май – октябрь) за скользящий 3-х летний период для зоны потери стока и уровнем оз. Балхаш высокая. Коэффициент корреляции (r) этой связи составляет минус 0,66, а коэффициент детерминации (R^2) равен 0,43 (рис. 3).

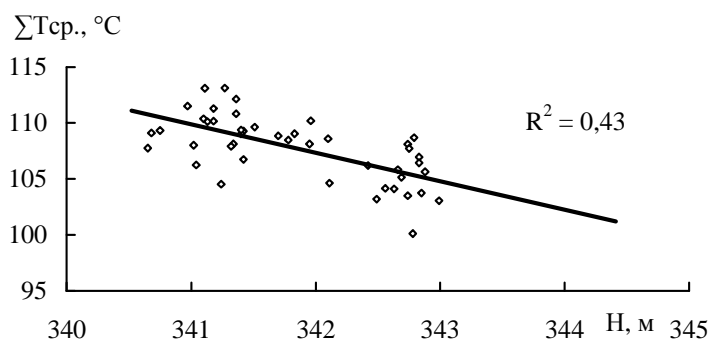


Рис. 3. Корреляционная связь между величинами суммарных температур теплого периода за скользящий 3-х летний период для зоны потери стока и уровнем оз. Балхаш.

В качестве примера для этой части бассейна взяты данные метеостанции Балхаш, которая имеет наиболее длинный ряд наблюдений (рис. 4). Как видно на рис. 4, между уровнем озера и температурой воздуха существует обратная связь, т.е. максимальному уровню озера соответствуют минимальные значения температуры воздуха и наоборот. Так, относительно низкому уровню оз. Балхаша в период с 1935 по 1953 год соответствуют относительно высокие суммарные температуры. Периоду подъема уровня, а затем высокому его стоянию с 1961 по 1975 г. соответствует период низких температур воздуха. Рост этих температур после 1975 г.

согласуется с понижением уровня озера и низким его стоянием в период до 1998 г. Отмечающийся в последние годы рост уровня озера происходит на фоне падения суммарных температур в эти годы.

Коэффициент корреляции между уровнем оз. Балхаш и суммарной среднемесячной температурой воздуха (ΣT_{cp} , °C) за скользящий 3-х летний период на станции Балхаш составляет минус 0,64, а коэффициент детерминации (R^2) равен 0,42.

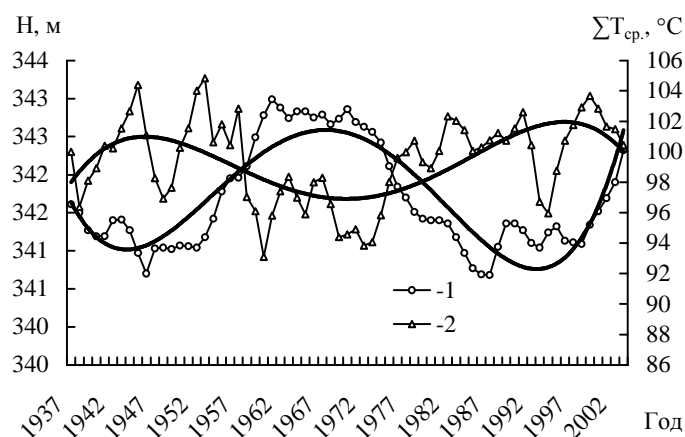


Рис. 4. Временной ход уровня оз. Балхаш (1) и суммарной среднемесячной температуры воздуха (2) и их линии тренда за май – сентябрь, период с 1937...2003 гг.

Наличие достаточно тесной обратной связи уровней воды с температурой воздуха (уровни растут с уменьшением интегральной суммы отклонений температуры воздуха) объясняется не только тем, что увеличение температуры воздуха, при прочих условиях, влечет за собой рост испарения с водного зеркала и снижение уровня, но и обратно пропорциональной взаимосвязью накопления интегральных сумм отклонений осадков и температуры [10].

Для оценки динамики суммарной температуры воздуха теплого периода и её связи с уровнем оз. Балхаш были использованы данные десяти метеостанций, расположенных в зоне формирования стока в пределах республики Казахстан. Периоду роста уровня озера с 1953 г. по 1963 г., а затем его относительно высокому стоянию до 1970 г. соответствует период понижения температуры воздуха. Начиная с 1971 г. по 1987 г. наблюдается падение уровня озера, а суммарная температура воздуха начинает повышаться.

Однако следует отметить, что теснота связи между уровнем озера и средней суммарной температурой воздуха теплого периода для этой зоны меньше ($R^2 = 0,25$) по сравнению с величиной связи в зоне потери стока (рис. 5).

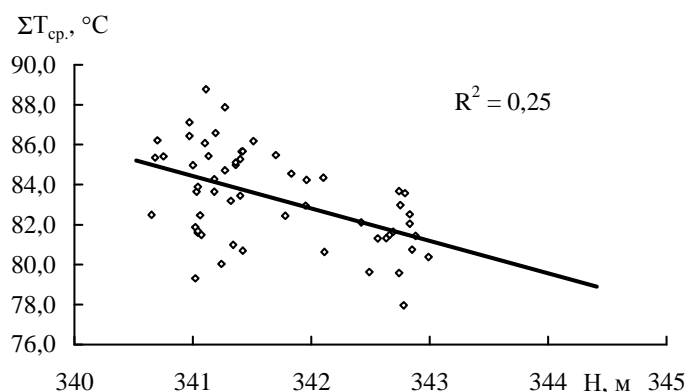


Рис. 5. Корреляционная связь между величинами суммарных температур теплого периода за скользящий 3-х летний период для зоны формирования стока и уровнем оз. Балхаш.

Из всех выбранных для анализа метеорологических станций в зоне формирования стока наиболее тесная связь между уровнем озера и суммарной среднемесячной температурой воздуха теплого периода наблюдается на М Мынжылки и М Кугалы ($r = -0,53$, $R^2 = 0,27$).

Для оценки связи уровня оз. Балхаш с количеством осадков были использованы данные метеорологических станций, расположенных в различных частях бассейна. При этом в зоне формирования стока нами выделены три основные области: Илейского Алатау (южная часть ИББ), Жетысуского Алатау (восточная часть ИББ), и хребта Тарбагатай (северо-восток ИББ). Для каждой из этих областей рассчитано среднее количество осадков по годам.

В южной части ИББ среднее количество осадков имеет значительную межгодовую изменчивость. В отличие от температуры воздуха, связь между уровнем озера и средним количеством осадков оказалась слабой ($r = 0,09$, $R^2 = 0,08$).

Положение уровня бессточных озер в любой год, помимо годового притока определяется увлажненностью бассейна и запасами воды предшествующих лет, т.е. является интегральным выражением гидрометеорологических условий нескольких лет [10]. Поэтому в ходе уровня озера наблюдается некоторое запаздывание относительно изменений термических условий. Срок запаздывания зависит от размеров водоема и его бассейна,

физико-географических условий, объема поступающего стока и ряда других факторов, составляя в среднем 6 лет [11].

В восточной части ИББ временной ход среднего количества осадков за год имеет смещение по фазе и обратную связь с уровнем оз. Балхаш. В период роста уровня озера с 1953 г. по 1961 г. имело место понижение среднего количества осадков. На фоне стояния относительно повышенного уровня озера с 1963 г. по 1971 г. наблюдался рост среднего количества осадков. Далее, количество осадков продолжает свой рост, а уровень озера с 1972 г. по 1987 г. начинает падать. Рост уровня озера с 1988 г. происходит на фоне повышения количества осадков.

Связь уровня оз. Балхаш со средним количеством осадков в восточной части ИББ слабая. Коэффициент корреляции (r) равен 0,16, а коэффициент детерминации (R^2) равен 0,03.

На северо-востоке ИББ ход среднего количества осадков за год повторяет ход уровня озера, но с некоторым смещением наступления максимума и минимума. Период наступления максимума и минимума количества осадков наступает раньше по сравнению с наступлением максимума уровня озера. Так, с 1937 г. по 1952 г. на фоне пониженного уровня озера наблюдается повышение количества осадков. В период роста уровня озера с 1953 г. и его высокому стоянию в 1961 г. соответствует максимум количества осадков. При относительно повышенном уровне озера наблюдается понижение количества осадков. Минимум количества осадков отмечается на фоне понижения уровня озера. Связь между ними слабая ($r = 0,2$, $R^2 = 0,04$). Необходимо отметить, что величина этой связи несколько лучше, чем в других регионах ИББ.

Р.И. Гальперин изучал многолетние колебания годового стока рек в различных частях Иле-Балхашского бассейна за период с 1930 по 1980 гг. [5]. Автор обнаружил значительное разнообразие этой характеристики для различных частей бассейна. Поэтому в дальнейших исследованиях он выделил три типа многолетнего хода водности рек: джунгарский, алматинский и смешанный [6].

В Джунгарском типе, пренебрегая второстепенными деталями, он выделил две фазы: маловодную с 1951 г. по 1957 г. и многоводную в последующий период. Алматинский тип, построенный как средний сток Большой и Малой Алматинки, противоположен джунгарскому. Смешанный тип, к которому согласно [5] относится большинство рек, содержит элементы и джунгарского, и алматинского типов. Интегральная кривая годового стока р. Иле, объединяющая сток большинства рек Иле-

Балхашского бассейна, не похожа ни на один из выделенных типов, хотя, по нашему мнению, она имеет ряд характерных моментов, соответствующих смешанному типу. Р.И. Гальперин замечает, что «физическая подоплека выделения указанных типов не прослеживается, но ... в их основе различные условия питания рек» [6]. Эти «различные условия» в виде колебания количества осадков по территории бассейна, обусловленные колебанием повторяемости типов синоптических процессов и усиленные орографией, нами рассмотрены и показаны в [19] и выше по тексту. Именно эти факторы объясняют слабую корреляцию временного хода осадков в различных частях бассейна как между собой [19], так и уровнем озера, а также стоком р. Иле.

Полученные результаты не представляются неожиданными. Еще Р.Д. Курдин отмечал, что корреляции между годовым количеством осадков в бассейне и уровнем озера не существует [9]. В то же время имеют место статистически значимые 5...6 летние циклы в колебаниях годовых сумм осадков и годового стока реки Иле. Он обнаружил также 10...12 и 17...22 летнюю, а также двухлетнюю цикличность. Последняя, по его мнению, осложняла выявление 5...6 летних циклов.

Мы повторили анализ на материалах наблюдений для ряда станций продленных до настоящего времени. Результаты приведены в табл.

Таблица

Многолетние циклы в колебаниях годовой температуры и годовых сумм осадков

Станция	Цикл							24	48
	2...3	5...6	7...8	10...12	14...17	17...22			
Температура									
Алматы	+	-	+	(+)	+	+	+	+	+
Баканас	+	-	+	-	+	+	+	+	+
Балхаш	+	-	+	-	+	-	+	+	+
Бахты	+	+	+		+		+	+	(+)
Мынжылки	+	(+)	+	(+)	-	+	+	+	(+)
Осадки									
Алматы	+	(+)	+	-	(+)	+	+	+	+
Баканас	-	+	+	(+)	-	+	+	+	+
Балхаш	+	-	+	-	(+)	+	+	+	(+)
Бахты	+	-	+	-	+	-	-	-	+
Мынжылки	+	(+)	+	+	(+)		+	+	+

Примечание: Знаком «+» отмечены циклы, которые выявлены, а знаком «-» те, которые не обнаружены. В скобках даны циклы с уровнем ниже достоверных.

Продолжительность циклов, приведенная в табл., подсчитывалась по минимумам. По максимумам она на 1...3 года короче, чем по минимумам. Амплитуда колебаний растёт с увеличением продолжительности ритма, т.е. самыми выразительными являются 17...22, 24 и 48-летние циклы, как в рядах температуры, так и в рядах осадков. Продолжительность этих циклов нами несколько усреднена. Так, к 48-летним отнесены циклы продолжительностью от 45 до 50 лет.

В табл. видно, что большинство циклов, которые отмечались в [8, 9, 20] имеют место и у нас, кроме 5...6-летнего. Этот цикл имеет место в наших рядах, но относительно редко, а достоверность его была низкой. В целом же на всех станциях региона имеют место одни и те же циклы, разница только в степени выраженности. Так, 2...3-летние циклы особенно хорошо выражены в Балхаше, в то время как в Баканасе они выделены не были. Общими для всех станций можно считать 2...3, 7...8, 24 и 48-летние циклы. Циклы продолжительностью 14...17 и 17...22 года имеют примерно одинаковую повторяемость, возможно, это один и тот же цикл, замаскированный циклом 2...3 года.

О.А. Дроздов и соавторы одним из первых изучал циклы в рядах температуры и осадков на территории СССР, в том числе над Казахстаном [8]. Примечательно, что 11-летние циклы, т.е. циклы равные солнечным циклам, были им обнаружены только для территории Дальнего Востока и отдельных небольших регионов. Ряды наблюдений станции Казалинск, одной из ближайших к Иле-Балхашскому бассейну, рассматриваемых Дроздовым в [8], тоже не содержали 11-летних циклов, как и в нашем случае.

Рассмотрим, как связаны длиннорядные (вековые) циклы с общей циркуляцией атмосферы и как изменялись циркуляционные условия в рассматриваемый период, для этого воспользуемся типизацией Вангенгейма, уточненной Гирсом [7]. В основном принято изучать повторяемость трёх форм циркуляции W , E , C , для этого строятся интегральные кривые годового хода числа дней с названными формами циркуляции. Далее во временном ходе кривых повторяемости выделяют периоды, в течение которых годовая повторяемость той или иной формы превышает норму, а других – ниже нормы. Такие периоды называют циркуляционными эпохами. Однако эти процессы не стационарные и в исследуемых рядах есть тренд. Интегральная кривая повторяемости любой формы рассматривается на фоне нормы. В [17, 18] показано, что нормы годовой повторяемости W и E , вычисленные за период 1900...1960 гг., и нормы за период

1900...1981 гг., отличаются на 12...13 случаев, а границы циркуляционных эпох смещаются при этом на 4...6 лет. В рядах годовой повторяемости W и C имеется значимый линейный тренд. Интегральные кривые аномалий, построенные для таких нестационарных процессов, будут иметь перелом в середине исследуемого интервала. В первом случае этот перелом приходится на 1926 г., а во втором – на 1936 г., что указывает на некоторую ненадежность выводов о реальной циркуляции. И тем не менее через формы W , E и C удобнее всего изучать естественный климатообразующий фактор – циркуляцию атмосферы.

Ряды повторяемости форм циркуляции Вангенгейма-Гирса анализировались с использованием модели циклических компонент, где амплитуда, период и фаза оценивались методом наименьших квадратов [12]. Такую модель можно рассматривать как способ выделения сложного тренда, состоящую из линейного тренда и гармоник. Результаты этого анализа и моделирования мы использовали в приложении к нашему исследованию. На рис. 6 приведен временной ход повторяемости форм циркуляции $C + M2$ и уровня оз. Балхаш полученный И.С. Кимом [12]. Временные ходы оказались в противофазе, т.е. максимальной повторяемости форм циркуляции $C + M2$ соответствуют минимальные уровни озера.

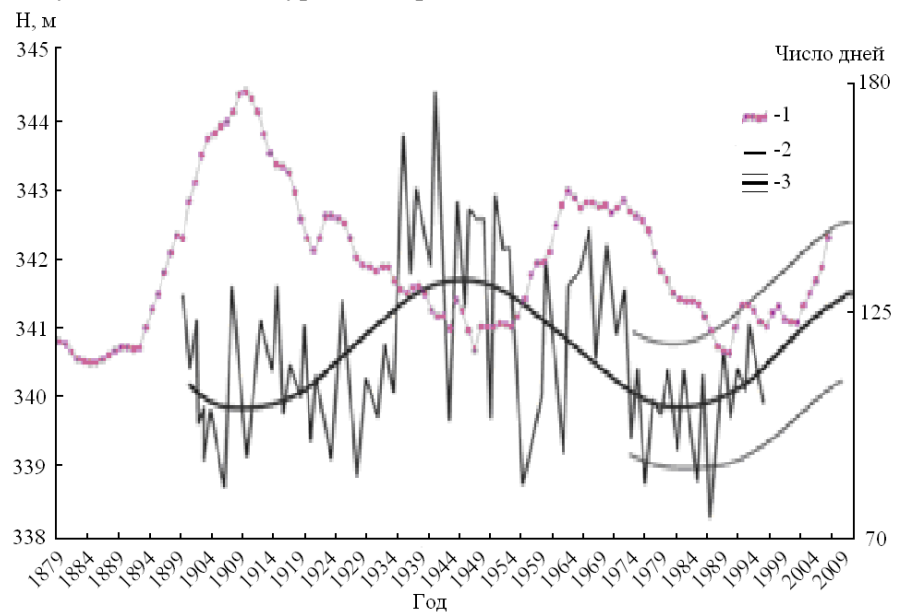


Рис. 6. Временной ход повторяемости форм циркуляции $C + M2$ и уровня оз. Балхаш [12]. 1 – уровень озера; 2 – число дней с формами циркуляции $C + M2$; 3 – выделенный тренд и возможные среднеквадратические отклонения

Повторяемость формы W в течение всего периода наблюдений уменьшалась, а формы E – увеличивалась. Никаких циклов на фоне этих трендов не обнаружено. Статистически значимый тренд, описываемый гармоникой 70 лет, обнаружен в ряде повторяемости форм $C + M2$. Здесь наблюдался рост до второй половины 30-х годов, а затем падение до середины шестидесятых годов. В настоящее время снова имеет место рост повторяемости этих форм. Другие вековые циклы присутствуют лишь частично из-за относительно короткого ряда наблюдений, и мы их не рассматривали.

Сопоставление изменений повторяемости форм циркуляции рассматриваемых рядов с изменениями температуры показывает, что ее рост на 30° и 80° широтах происходил и происходит синхронно с ростом повторяемости форм циркуляции $C + M2$. Таким образом, изменение среднегодовой приземной температуры происходит синхронно с ходом повторяемости форм циркуляции $C + M2$ [12]. Рост температуры происходил с начала 20-го века, достиг максимума в 30-е годы, а затем снижался к минимуму в 50-е годы. И хотя осадки слабо коррелируют с температурой, на рис. 6 и 7 можно видеть, что примерно в это же время начался период, когда ход осадков в Алмате перешел через значение в сторону «ниже нормы», достиг минимума в конце двадцатых годов и снова подошел к норме в конце сороковых годов. Следовательно, временной ход осадков в регионе, как и температуры в общем, хорошо согласуется с временным ходом формы циркуляции $C + M2$.

Существуют ли обнаруженные нами в рядах температуры и осадков циклы также и в вековом ходе уровня озера? Внутривековые циклы уровня озера в общих чертах прослежены с начала 19 века, а более детально с конца 19 века. Продолжительность этих циклов от 42 до 65 лет, причем по максимуму они несколько короче. Амплитуда колебаний уровня озера в этих циклах составляла 2,4...4,2 м [9]. Что касается ритмов меньшей продолжительности, то чем они короче, тем труднее их выявить во временном ходе уровня Балхаша. Ряд авторов считает, что в уровне воды оз. Балхаш статистически значимая многолетняя (короткопериодная) цикличность отсутствует в связи с подавлением ее трендами, обусловленными фазами подъема и спада внутривековых циклов. В общем, связь между динамикой осадков в регионе и уровнем озера оставалась не ясной, хотя понятно, что других поступлений воды нет. В то же время многолетние циклы в ходе атмосферных осадков и температуры воздуха с одной стороны и вековым ходом стока р. Иле выделить можно [9, 20]. Это обусловле-

но тем, что уровень озера, как нами получено в [19], определяется суммой его годовых приращений за ряд предшествующих лет.

Для того чтобы конкретизировать искомую связь, был построен совмещенный по времени график хода годового количества осадков по данным М Алматы и хода уровня озера. Станция Алматы взята потому, что ряд исследователей указывают на достаточно показательный для бассейна ход температуры и осадков в Алмате. Это согласуется и с нашими выводами. К тому же выполнить анализ данных только одной станции проще, чем комплексный анализ. Кроме того, ряд наблюдений по М Алматы самый длинный в этом регионе.

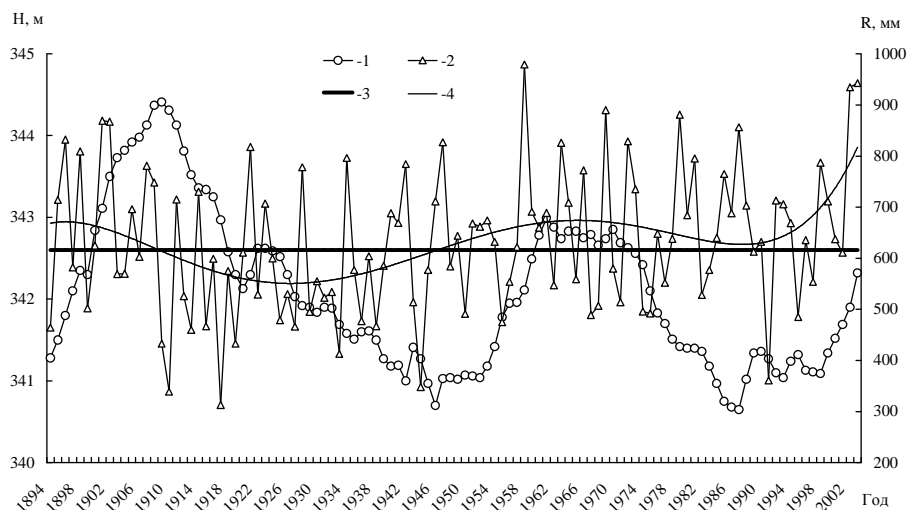


Рис. 7. Вековой ход уровня оз. Балхаш и годового количества осадков на М Алматы. 1 – уровень воды; 2 – годовое количество осадков; 3 – норма осадков; 4 – линия тренда.

Временной ряд осадков по Алмате за более чем столетний период был аппроксимирован параболой. На рис. 7 в соответствии с [14] нанесена также «норма» количества осадков для Алматы. На рисунке легко обнаруживаются многолетние циклы не только в ходе уровня озера, но и в ходе осадков. Эти циклы смещены по отношению друг к другу на четверть полного периода, состоящего из одного подъема и одного опускания уровня. Соответственно, связь между многолетними колебаниями осадков и уровня озера на временном участке ненарушенного стока следующая:

- 1) в ходе осадков имеют место два полных длиннопериодных цикла: с 1907 г. по 1948 г. (период ниже нормы) и с 1948 г. по 1988 г. (период выше нормы);

- 2) экстремум в уровне озера наступает точно в момент перехода параболы, аппроксимирующей количество осадков, через норму.

При переходе от периода избытка осадков к норме и ниже нормы мы наблюдаем максимум уровня озера, а при переходе от периода недостатка осадков до нормы к норме – минимум уровня. Закономерность нарушается после 1970 г. в связи с наполнением Капчагайского водохранилища, максимум уровня должен был бы наблюдаться в 1986...1987 гг., а наблюдался до 1972 г.. Полученная нами зависимость в многолетнем ходе уровня озера и количества осадков подтверждает полученные ранее другими исследователями и процитированные нами выше частные выводы о том, что экстремумы в ходе уровня озера смещены относительно хода осадков [9].

Из совместного анализа сглаженного хода количества осадков и уровня озера также видно, что система, в которую входит и дельта р. Иле [1, 2, 21] уровень минерализации воды в озере чутко реагирует на изменение количества осадков. Так, уменьшение осадков в среднем на 50 мм ниже нормы в период с 1910 по 1946 год привело к снижению уровня озера на 3,7 м. Следовательно, все хозяйственные мероприятия в бассейне, связанные с потреблением воды, должны быть хорошо просчитанными.

В результате выполненного анализа получены следующие выводы:

1. Во временном ходе температуры и осадков обнаруживаются циклы (ритмы) примерно одинаковой продолжительности 2...3, 7...8, 14...17, 24 и 40...48 лет. Такие же циклы имеются в вековом ходе уровня озера.
2. Амплитуда колебаний температуры и осадков возрастает с увеличением продолжительности цикла. Наступление экстремумов температуры в разных частях бассейна происходит практически одновременно.
3. Наличие неплохой согласованности во временном ходе некоторых форм циркуляции и температуры, а также осадков в Иле-Балхашском бассейне указывает на естественную природу наблюдаемых колебаний (ритмов).
4. Корреляционные связи температуры воздуха и осадков с уровнем оз. Балхаш оказались слабыми, если период осреднения был менее трёх лет. При выборе периода осреднения в 3 года обратные связи между температурой воздуха и уровнем озера оказались значимыми. В зоне потери стока коэффициент корреляции равен минус 0,65, а в зоне формирования стока коэффициент корреляции между температурой воздуха и уровнем озера составляет минус 0,5.

5. Осадки в районе потери стока, мало влияют непосредственно на величину стока ввиду их малости. Это обусловлено тем, что временной ход осадков в этом равнинном районе определяется только временным ходом повторяемости определенных типов синоптических процессов и их интенсивностью и влагозапасами. Влияние орографии при этом отсутствует или минимальное.
6. Временной ход осадков в разных частях бассейна в зоне формирования стока, т.е. в основном в горных районах, плохо коррелирует между собой, поскольку временной ход типов синоптических процессов преломляется через орографию конкретного региона. Соответственно, время наступления экстремумов осадков в разных районах разное.
7. Временной ход осадков на М Алматы, аппроксимированный параболой, лучшим образом согласуется с длиннопериодными колебаниями уровня озера при ненарушенном стоке, а именно: подъем (опускание) уровня имеет место в течение всего времени, пока годовое количество осадков выше (ниже) нормы. Максимум (минимум) наблюдается в момент, когда парабола пересекает линию нормы от периода избытка (недостатка) осадков к недостатку (избытку) осадков. При нарушенном стоке после 1971 г. согласованность нарушена, однако, предположение о сохранении обнаруженной зависимости позволяет уточнить время наступления максимума уровня озера, если бы прежние условия сохранились.
8. Уменьшение количества осадков на 50 мм от нормы в течение 36 лет даёт снижение уровня озера на 3,7 м. Следовательно, зависимость уровня от колебания количества осадков очень высокая, что следует учитывать при хозяйственной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрасилов С.А. Русловые процессы и формирование внутриконтинентальных дельт (на примере дельты реки Или). – Алматы, Издательство «Рауан», 1994. – 192 с.
2. Абдрасилов С.А., Сарсенбаев М.Х. О взаимовлиянии динамики развития дельты р. Или и колебаний уровня воды озера Балхаш // Гидрометеорология и экология. – 2003. – №2. – С. 74-79.
3. Балхаш: Научно-популярное издание. – Алматы: Издательство «Берел», 2001. – 320 с.

4. Голубцов В.В. Изменение водных ресурсов и режима рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах // Гидрометеорология и экология. – 2008. – №1. – С. 47-62
5. Гальперин Р.И. Некоторые данные о многолетних колебаниях гидрометеорологических показателей в бассейнах озер Балхаш – Алаколь / Вопросы орошаемых земель Казахстана. – Алматы: 1986. – С. 25-31.
6. Гальперин Р.И. Многолетние колебания годового стока рек в бассейне озера Балхаш / Географические проблемы Или-Балхашского бассейна. – Алматы: Издательство «Гылым», 1993. – С. 63-70.
7. Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 148 с.
8. Дроздов О.А., Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 157 с.
9. Курдин Р.Д. Многолетние колебания водного баланса и уровня озера Балхаш и их изменения в период наполнения Капчагайского водохранилища // Труды ГГИ. – 1986. – Вып. 315. – С. 23-41.
10. Курдин Р.Д. О связях уровней озера Алаколь с гидрометеорологическими факторами и уровнями Балхаша / Сб. работ Алматинской ГМО. – 1969. – Вып. 4. – С. 5-16.
11. Клиге Р.К. Изменение водных ресурсов бессточных озер // Сб. «Формирование водных ресурсов». – М.: 1976. – С. 68-79.
12. Ким И.С. Короткопериодные колебания климата Средней Азии и методики прогнозирования // САНИГМИ / Под ред. Л.Н. Боровиковой – Ташкент: Главгидромет РУЗ, 1996. – 151 с.
13. Левицкий И.Ю., Евглевская Я.В. // Решение задач по географическим картам. М.: Просвещение, 1996. – 159 с.
14. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1-6. Вып. 18. Казахская ССР. Книга 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 440 с.
15. Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш / Под ред. Т.К. Кудекова. – Алматы: Каганат, 2002. – 388 с.
16. Скоцеляс Н.Н. Уточнение водного баланса озера Балхаш и динамика его основных элементов. // Труды КазНИИ Госкомгидромета. – 1989. – Вып. 104. – С. 47-65.
17. Сидоренко Н.С., Свиренко П.И. К вопросу о многолетних колебаниях атмосферной циркуляции. // Метеорология и гидрология. – 1983. – №1. – С 20-25.

