

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ ВОДОСБОРОВ**

Том I

Гидро- и геодинамические процессы
Управление водными ресурсами



Пермь 2015

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

КАМСКОЕ БАССЕЙНОВОЕ ВОДНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ
И ИХ ВОДОСБОРОВ**

Труды Международной научно-практической конференции
(29 мая – 31 мая 2015 г., Пермь)

(в двух томах)

Том I

**ГИДРО- И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ**



Пермь 2015

<i>Назаров Н.Н., Фролова И.В.</i> Минералогический и гранулометрический анализ состава наносов при изучении аккумулятивных тел в береговой зоне водохранилищ	83
<i>Носков В.М., Китаев А.Б.</i> Особенности термического режима долинного водохранилища со сложной морфометрией	87
<i>Остякова А.В.</i> Гидравлическое сопротивление прямолинейного участка русла в условиях начального периода формирования донного рельефа ...	92
<i>Остякова А.В., Королев М.В., Королев П.М.</i> Особенности Угличского водохранилища и комплексная система его мониторинга	97
<i>Первощикова О.А., Калинин В.Г.</i> О критериях выделения границы глубоководной и мелководной зон при районировании долинных водохранилищ (на примере Камского)	102
<i>Перепелица Д.И.</i> К вопросу оценки влияния крупномасштабной добычи твердых полезных ископаемых на гидравлический режим водных объектов	108
<i>Пукляков В.В.</i> Оценка влияния морфологических особенностей водохранилища на его гидрологический режим	112
<i>Рассказова Н.С., Бобылев А.В., Васильева Н.А., Сибиркина М.Н.</i> Анализ гидроэкологического состояния водных объектов методом дешифрирования снимков с применением ДДЗ ГИС «SAS PLANET» (на примере Челябинской области)	117
<i>Рахуба А.В., Шмакова М.В.</i> Математическое моделирование влияния неустановившегося режима стока на переформирование дна приплотинного плесса Куйбышевского водохранилища	122
<i>Савкин В.М.</i> Влияние Новосибирского водохранилища на трансформацию половодий и паводков экстремальной водности	128
<i>Сотникова Л.Ф.</i> Методические приемы оценки колебаний водности при неопределенности долгосрочного прогноза климата	133
<i>Филиппов О.В., Кочеткова А.И., Баранова М.С., Курпий А.А., Сионихина Е.Н.</i> Некоторые результаты наблюдения за переформированием берегов Волгоградского водохранилища в ходе полевых исследований и по спутниковым данным	138
<i>Чередниченко В.С., Чередниченко Александр В., Чередниченко Алексей В., Кожухметова Э.П., Абдрахимов Р.Г., Зал-улы А.С.</i> Об изменении климата в Иле-Балхашском бассейне	143
<i>Шайдулина А.А.</i> К вопросу об особенностях выделения зоны выклинивания подпора на водохранилищах (на примере Камского)	156

комплексного исследования Волгоградского водохранилища: Сб. науч. ст. Волгоград: Волгоград. науч. изд-во, 2009. С. 6-24.

5. Google Планета Земля [Электронный ресурс]. URL: <http://www.google.com/earth/>

ОБ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА В ИЛЕ-БАЛХАШСКОМ БАССЕЙНЕ

В.С. Чередниченко, Александр В. Чередниченко, Алексей В. Чередниченко,
Э.П. Кожухметова, Р.Г. Абдрахимов, А.С. Зал-улы
geliograf@mail.ru

*Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, г. Алматы
Институт географии г. Алматы, Казахстан*

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.

ABOUT CLIMATE CHANGE IN ILE-BALHASHSKY'S WATER BASIN'S

V.S. Cherednichenko, Alexander V. Cherednichenko, Alexey V. Cherednichenko,
E.P. Kozhakhmetova, R.G. Abdrakhimov, A.S. Zal-uly

*Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan
Institute of Geography, Almaty, Republic of Kazakhstan*

Communication between air temperature in the Ile-Balkhashsky water basin's during the warm period and lake Balkhash level is investigated. Long-term cycles in fluctuations of temperature and the annual sums of rainfall are found. The analysis of communication between the level of Lake Balkhash and the general circulation of the atmosphere is made. It is shown that the level of the lake is the integrated characteristic of circulating processes in the region and the related rainfall in the pool.

Проанализировав большой материал по выявлению тенденций изменения климата в Иле-Балхашском бассейне (ИББ), мы не могли не рассмотреть вопрос о том, как влияют обнаруженные 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 водосбора. Поэтому целесообразно рассмотреть найденные нами тенденции в изменении

© Чередниченко В.С., Чередниченко Александр В., Чередниченко Алексей В., Кожухметова Э.П., Абдрахимов Р.Г., Зал-улы А. С., 2015

температуры и осадков в регионе [19] с колебаниями уровня оз. 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. 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 [3;15] 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 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, Кокеу, Аркарлы до хр. Акштатау (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 - 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 [9;15;16]. Можно отметить, 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.

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. 1).

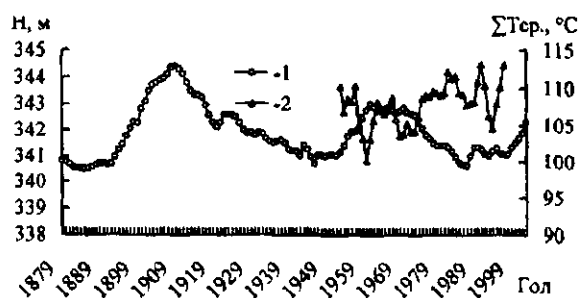


Рис. 1. Вековой ход уровня оз. Балхаш (1) и величины скользящих суммарных температур воздуха для теплого периода (2) для зоны потери стока

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. 2).

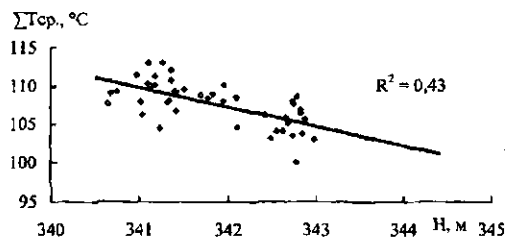


Рис. 2. Корреляционная связь между величинами суммарных температур теплого периода за скользящий 3-х летний период для зоны потери стока и уровнем оз. Балхаш

В качестве примера для этой части бассейна взяты данные метеостанции Балхаш, которая имеет наиболее длинный ряд наблюдений (рис. 3). 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 г. 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.

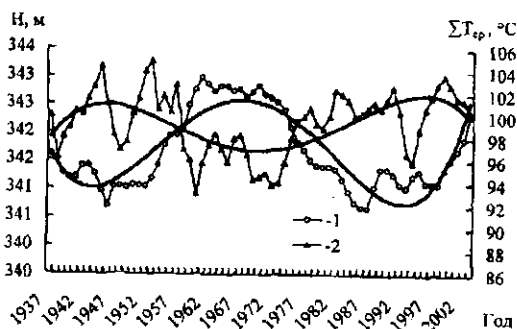


Рис. 3. Временной ход уровня оз. Балхаш (1) и суммарной среднемесячной температуры воздуха (2) и их линии тренда за май - сентябрь, период с 1937...2003 гг.

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.

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. 4).

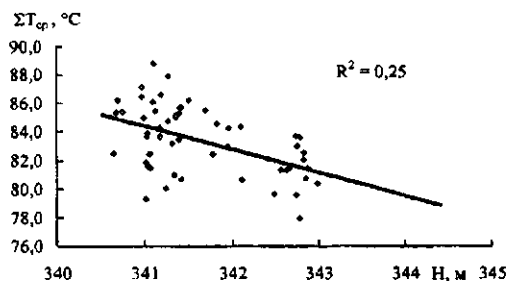


Рис. 4. Корреляционная связь между величинами суммарных температур теплого периода за скользящий 3-х летний период для зоны формирования стока и уровнем оз. Балхаш

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.

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.

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.

Дроздов О.А. 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. На рис. 5 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.

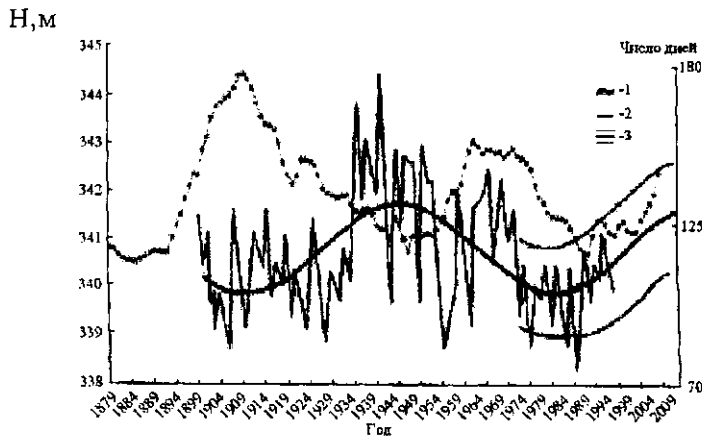


Рис. 5. Временной ход повторяемости форм циркуляции *C + M2* и уровня оз. Балхаш [12]. 1 - уровень озера; 2 - число дней с формами циркуляции *C + M2*; 3 — выделенный тренд и возможные среднеквадратические отклонения

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 гг., а затем падение до середины шестидесятых. 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 в., достиг максимума в

30-е годы, а затем снижался к минимуму в 50-е гг. И хотя осадки слабо коррелируют с температурой, на рисунках 5 и 6 можно видеть, что примерно в это же время начался период, когда ход осадков в Алматы 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 $C + M2$.

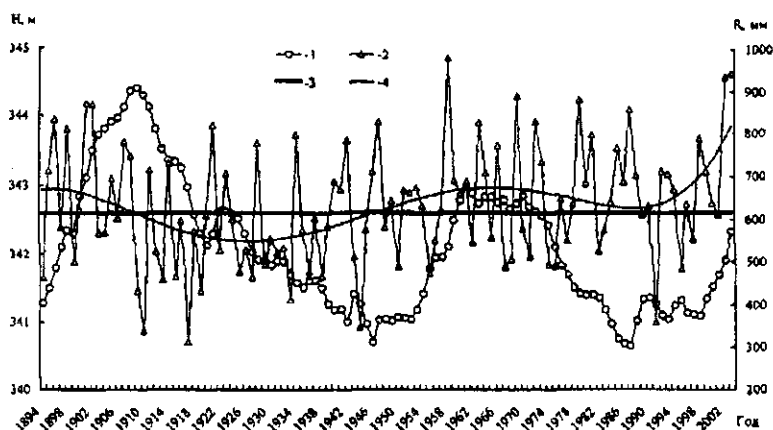


Рис. 6. Вековой ход уровня оз. Балхаш и годового количества осадков на М.Алматы. 1 - уровень воды; 2- годовое количество осадков; 3 - норма осадков; 4 - линия тренда

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 неясной, 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 обусловлено 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 Алматы. 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.

Временной ряд осадков по Алматы за более чем столетний период был аппроксимирован параболой. На рис. 6 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);

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].

Кроме выполненных расчетов представляло интерес сравнить гармоника по температуре и осадкам, которые были получены методом Бабкина, с ходом уровня Балхаша. Метеостанция Алматы, для этого, была нами выбрана не случайно, как уже говорилось, в горной и предгорной зоне формируется основной сток р.Иле, соответственно на наш взгляд, связи между метеорологическими характеристиками и уровнем оз. Балхаш должны были быть более тесные.

Представленные тренды годовой температуры воздуха, в Алматы отмечает рост, что соответственно должно неблагоприятно сказаться на уровне оз. Балхаш (без учета трансграничного фактора р. Иле). Однако более тщательный, физически обоснованный анализ временного ряда среднегодовой температуры показывает, что есть основания ожидать прекращения роста температуры. Тренд, полученный по методу полиномиальной аппроксимации, действительно показывает на рост температуры. Ещё более уверенный рост показывает линейный тренд, как наименее чувствительный к короткопериодным изменениям температуры на конце ряда [22-24]. Выполненный, однако, гармонический анализ ряда (анализ периодичностей) с использованием метода А.В.Бабкина [25], показывает, что основные гармоника 53, 33 и 23 года,

выделенные из временного ряда и сложенные с трендом (тоже в виде синусоиды) показывают, что наступил их максимум. Поскольку согласно нашим представлениям каждая гармоника – это отдельно выделенный физический фактор, воздействующий на климатическую систему, то по нашим данным все основные факторы достигли максимуму своего воздействия и в ближайшие годы будут ослабевать, а температура воздуха в Алматы – понижаться.

Межгодовой ход осадков за весь период наблюдений показывает, что их количество подвержено довольно резким колебаниям. Хорошо просматривается «вековое» колебание с периодом несколько более 60 лет. При этом среднее годовое количество осадков за 1881-1950 гг. составило 556 мм, а за 1951-2010 гг. – 660 мм, т.е. на 106 мм, или почти на 20% больше. Коэффициент вариации всего ряда = 0,22.

О тенденции увеличения осадков свидетельствует и распределение экстремальных величин их средних месячных сумм. Как и в случае с аналогичным распределением температуры воздуха минимальные месячные суммы осадков в основном приходятся на годы первой половины XX в. (и даже на конец XIX в.), а максимальные – на его вторую половину и на начало XXI в.

Судя по тренду изменения осадков (рис.7 и 8), с учётом наличия гармоники в 60 лет, примерно до 2015 г. количество осадков будет ещё расти. А затем начнётся их уменьшение.

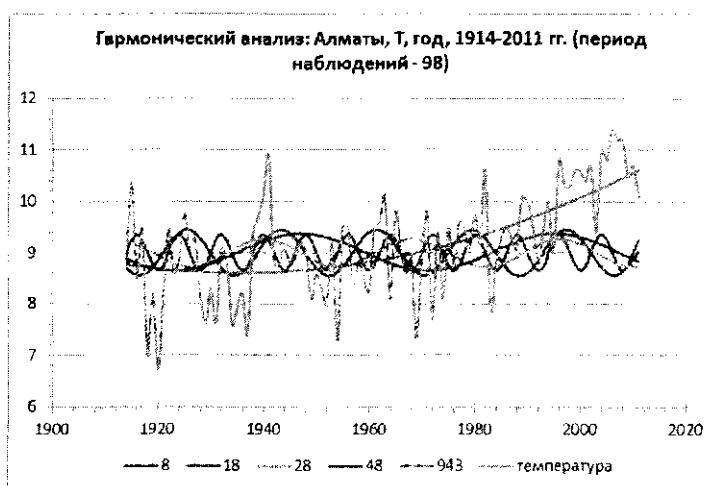


Рис. 7. Гармоники температуры на М. Алматы

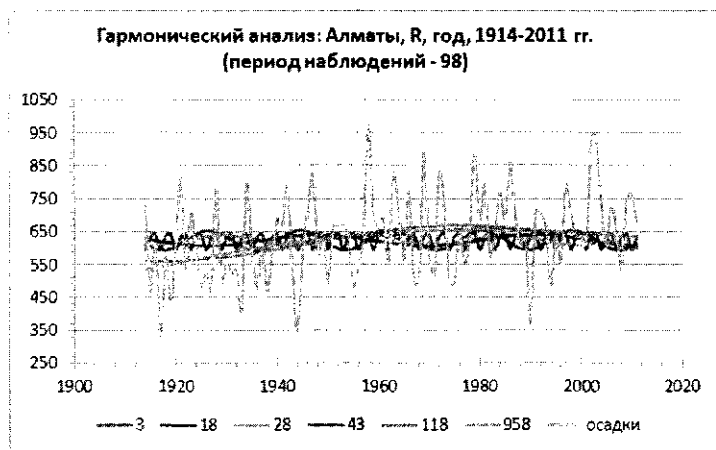


Рис. 8. Гармоники осадков на М. Алматы

В совокупности действия температуры и осадков можно было бы ожидать в ближайшее время рост уровня оз. Балхаш, а затем его стабилизация, так как термический фактор должен был бы уменьшаться, соответственно испаряемость уменьшится. Однако, отследить данный механизм очень трудно, так как на ряду с естественными факторами, большую роль играет зарегулированность стока на территории Китая и перераспределение стока.

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.

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.* Руслевые 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 «Бе-рел», 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. *Гире 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., Евлевская 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. *Скоцельс 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.
18. *Сидоренко Н.С., Свиренко П.И.* Многолетние изменения атмосферной циркуляции и колебания климата в первом естественном синоптическом районе // Труды ГМЦ СССР. 1991. Вып. 316. С. 93-105.
19. *Чердниченко В.С., Кожяхметова ЭЛ.* Колебания климата в Иле-Балхашском бассейне // Гидрометеорология и экология. 2008. №4. С. 71-86.
20. *Чичасов Г.Н.* Технология долгосрочных прогнозов погоды. - СПб.: Гидрометеиздат, 1991. 304 с.
21. *Чистяева С.П.* К вопросу о практическом применении методики расчета распределения минерализации воды по акватории водоемов к озеру Балхаш // Труды КазНИГМИ. 1977. Вып. 58. С. 96-117.
22. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 573с.
23. *Sneyers R.* On the statistical analysis of series of observations / Technical note N 143. Geneva, 1990. 192 p.

24. Кендалл М., Стюарт А. Статистические выводы и связи. М.: Наука, 1973. 900 с.

25. Бабкин А.В. Методология оценки периодичностей временных рядов местного стока регионов (на примере Алматинской и Семипалатинской областей) / Материалы Международной научно-практической конференции. Алматы. Казахстан, 2008. С.153-158.

К ВОПРОСУ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗОНЫ ВЫКЛИНИВАНИЯ ПОДПОРА НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ (НА ПРИМЕРЕ КАМСКОГО)

А.А. Шайдулина, Adelinash89@mail.ru

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, Россия*

Термины «зона выклинивания подпора» и «зона переменного подпора» зачастую, в исследованиях многих авторов, подменяют друг друга. Определение этих зон и их отличий друг от друга представляет значительный интерес для исследователей, так как является отправным пунктом для начала глубокого анализа гидрологических и геоморфологических процессов, происходящих в них.

ON THE FEATURES OF DEFINITION ZONE TRANSIENT REGION OF THE RESERVOIR (FOR EXAMPLE KAMA RESERVOIR)

A.A. Shaidulina

Perm State National Research University, Perm, Russia

The terms "zone transient region" and "variable backwater zone" often in the research of many authors, substitute for each other. The definition of these areas and how they differ from each other is of considerable interest to researchers because it is the starting point for the beginning of the in-depth analysis of hydrological and geomorphological processes occurring in them.

Камское водохранилище было создано в 1954 г. на р. Каме. С тех пор оно находится под пристальным вниманием Пермских гидрологов. На базе исследований Камского, а с 1963 г. и Воткинского водохранилищ на кафедре гидрологии и охраны водных ресурсов ПГНИУ образовано и успешно развивается целое научное направление, посвященное исследованию водохранилищ. В разное время пермскими учеными рассматривались вопросы районирования, морфометрии, водообмена, режима скоростей, водного баланса и мн. др. Однако, во всех работах очень мало внимания уделено верхней части Камского водохранилища, называемой авторами районом переменного подпора или зоной выклинивания подпора.

Следует отметить, что на настоящий момент нет четкого понимания и разделения при использовании понятий «зона переменного подпора» и «зона