

УДК 556.552

Канд. геогр. наук С.С. Байшоланов *

Канд. геогр. наук С.Б. Саиров **

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА УРОВЕНЬ
ОЗЕРА БУРАБАЙ***ВОДНЫЙ БАЛАНС, ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, СУММА ОСАД-
КОВ, ПЕРИОД КОЛЕБАНИЯ**Рассмотрена зависимость годового баланса объема воды озера Бурабай от колебания климата и смоделирована динамика его изменения до 2033 года.*

В РГП «Казгидромет» Министерства энергетики Республики Казахстан в 2013...2014 гг. было проведено комплексное исследование озер Щучинско-Боровской курортной зоны (ЩБКЗ) [5]. В рамках данного проекта было исследовано изменение уровня (объема) озер ЩБКЗ в зависимости от изменения климата.

Объем воды в озерах зависит от природных и антропогенных факторов. В ЩБКЗ основным природным фактором, влияющим на уровень воды в озерах является климат, а основным антропогенным фактором является забор воды на различные нужды населения и инфраструктур ЩБКЗ, включая и подземные воды.

В работах [3, 5] были приведены результаты исследования произошедших и ожидаемых изменений климата в районе ЩБКЗ, где были использованы результаты прогноза изменения климата по ансамблю моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) [1]. Прогнозные значения месячных температур воздуха и сумм осадков по МОЦАО представлены как средние за 30-и летний период. Например, прогноз на 2030 год характеризует среднюю величину за период 2015...2045 гг. На основе таких данных было невозможно прогнозировать динамику изменения уровня (объема) озера до 2030 года. Поэтому возникла необходимость прогноза изменения метеорологических элементов в динамике на период до 2030 года. С этой целью был проведен гармонический анализ много-

* Институт географии, г. Астана

** РГП «Казгидромет», г. Астана

летних рядов метеорологических элементов и установлена их цикличность колебания. Далее на основе установленной закономерности колебания и тенденции изменения были смоделированы их колебания до 2030 года [2, 5]. Было установлено, что многолетние (1935...2013 гг.) ряды средней годовой, средней за холодный и теплый периоды года температуры воздуха, а также сумм осадков на М Щучинск имеют в среднем 20-и летний период колебания. Дальнейшее моделирование колебаний температуры воздуха показал, что она с 2014 по 2024 год повышается, а далее понижается, достигая минимума к 2034 году. Но, вместе с тем до 2034 года сохранится общая тенденция роста температуры воздуха. Также прогнозируется колебание годовых сумм осадков, с увеличением с 2014 по 2021 год, и дальнейшим уменьшением до 2030 года. Установлено, что колебания и изменения температуры воздуха и осадков до 2030 года в комплексе окажут слабое влияние на состояние компонентов экосистемы ЩБКЗ, в том числе и на состояние озер [2, 5].

Наиболее полные многолетние данные по гидрологическому режиму и забору воды на хозяйственные нужды, позволяющие проводить регрессионный анализ, имеются по оз. Бурабай. Поэтому на его примере было исследовано влияние колебания и изменения климата на уровень (объем) воды.

Для проведения исследований в качестве основного показателя уровня воды озера было использовано изменение объема воды за гидрологический год ($\Delta V_{гг}$) (табл. 1). По сути, изменение объема воды за гидрологический год является годовым балансом объема воды в озере. Он складывается из суммы приходящих и уходящих объемов воды за гидрологический год. Приходную часть составляют атмосферные осадки, поверхностный и ручейный приток, а расходную часть – испарение с поверхности озера, инфильтрация осадков и забор воды на различные нужды. Надо отметить, что поверхностный и ручейный приток подчиняется количеству выпавших осадков в бассейн озера.

Осадки, выпавшие в бассейн оз. Бурабай, можно характеризовать через сумму осадков за теплый (R_{mn}) и холодный периоды (R_{xn}), зафиксированные на М Щучинск (табл. 1).

Также было рассчитано испарение. Для его определения была использована ранее полученная для Северного Казахстана зависимость месячных значений испарения с водной поверхности от температуры воздуха

в теплый период года: $E = 8,28 \cdot t + 11,3$ [4]. На основе данного уравнения было рассчитано среднее за теплый период года месячное испарение с водной поверхности (E_m), а также объем испарения с поверхности озера Бурабай в целом за теплый период года (E_{mn}), при средней годовой площади озера (S) (табл. 1).

Таблица 1
Гидрологические показатели оз. Бурабай и метеорологические показатели М Щучинск (данные В.В. Голубцова, А. Кишкимбаевой, Ж.А. Зайцевой)

Год	S , км ²	ΔV_{Σ} , млн. м ³	Q , тыс. м ³	E_m , мм	E_{mn} , тыс. м ³	T_{mn} , °С	T_{xn} , °С	R_{mn} , мм	R_{xn} , мм
1979...1980				105		11,3	-13,1	327	61
1980...1981	9,79	0,32		111	76,0	12,0	-11,1	322	44
1981...1982	9,83	-0,05		114	78,3	12,4	-12,5	290	56
1982...1983	9,89	1,31		109	75,3	11,8	-8,3	223	73
1983...1984	9,88	-0,43		99	68,3	10,6	-10,7	250	87
1984...1985	9,89	1,43		96	66,3	10,2	-16,1	316	82
.....
2003...2004	9,76	-2,10	406	115	78,4	12,5	-11,2	186	48
2004...2005	9,74	4,79	406	110	75,2	12,0	-12,2	356	78
2005...2006	9,91	-0,45	407	104	72,2	11,2	-11,3	300	49
.....
2011...2012	9,67	-2,36	405	126	85,3	13,9	-14,5	233	49
2012...2013	9,67	4,56	406	104	70,5	11,2	-12,8	356	142
2013...2014	9,83	1,30	406	125	85,7	13,7	-10,6	217	126

Можно предположить, что инфильтрационная способность почвы в районе ЩБКЗ обладает определенной стабильностью и не меняется из года в год, а величина инфильтрации напрямую зависит от количества и характера осадков. Таким образом, приток воды в озеро и величину инфильтрации косвенно можно характеризовать через сумму осадков, а испарение с водной поверхности – температурой воздуха в теплый период года.

Количество годового забора воды (Q) почти не меняются из года в год, и колеблется в пределах 406 тыс. м³ (табл. 1). Это позволяют не учитывать величину забора воды при исследовании зависимости годового баланса объема воды в оз. Бурабай от климатических факторов.

Для определения факторов, влияющих на годовой баланс объема воды, был проведен корреляционный анализ, результаты которого приведены в табл. 2. Анализу подверглись годы с полными гидрологическими и

метеорологическими данными. Значения коэффициентов парной корреляции между годовым балансом объема воды в оз. Бурабай и метеорологическими показателями на М Щучинск оказались значимыми (кроме температуры холодного периода). Надо отметить, что при 25-летней длине ряда и при 95 % уровне значимости критическое значение коэффициента корреляции равняется 0,40.

Таблица 2

Значения коэффициентов корреляции (r) между годовым балансом объема воды в оз. Бурабай (ΔV_{22}) и метеорологическими показателями на

М Щучинск

	E_m	T_{mn}	T_{xn}	R_{mn}	R_{xn}
r	-0,50	-0,47	0,15	0,78	0,41

После регрессионного анализа было получено уравнение с высоким коэффициентом множественной корреляции ($r = 0,85$). Уравнение описывает зависимость годового баланса объема воды в оз. Бурабай (ΔV_{22}) от средней температуры воздуха за теплый период года (T_{mn}) и суммы осадков за теплый (R_{mn}) и холодный (R_{xn}) периоды года:

$$\Delta V_{22} = 0,02R_{mn} + 0,33R_{xn} - 0,252T_{mn} - 4,518 \quad r = 0,85 \quad (1)$$

Полученное уравнение линейной регрессии было проверено на достоверность по критериям Стьюдента и Фишера. Проверка показала, что коэффициенты уравнения регрессии были определены правильно и признается статистическая значимость уравнения в целом. Соответственно полученное уравнение регрессии было использовано для расчета значений годового баланса объема воды в оз. Бурабай.

С помощью уравнения регрессии были восстановлены отсутствующие данные по годовому балансу объема воды в оз. Бурабай, т.е. за 1979...1980 гг.; с 1993 по 1995 год, а также с 1997 по 2003 год.

Для установления многолетней цикличности колебания годового баланса объема воды в оз. Бурабай, с применением уравнения регрессии (1), на основе преобразованных в тригонометрические ряды Фурье данных температуры за теплый период и сумм осадков за теплый и холодный периоды года [2, 5], были рассчитаны значения годового баланса объема воды ($F4\Delta V_{22}$) за период с 1980 по 2014 год (рис. 1). На рис. 1 также представлены фактические значения годового баланса объема воды в оз. Бурабай (ΔV_{22}) с 1980 по 2014 год.

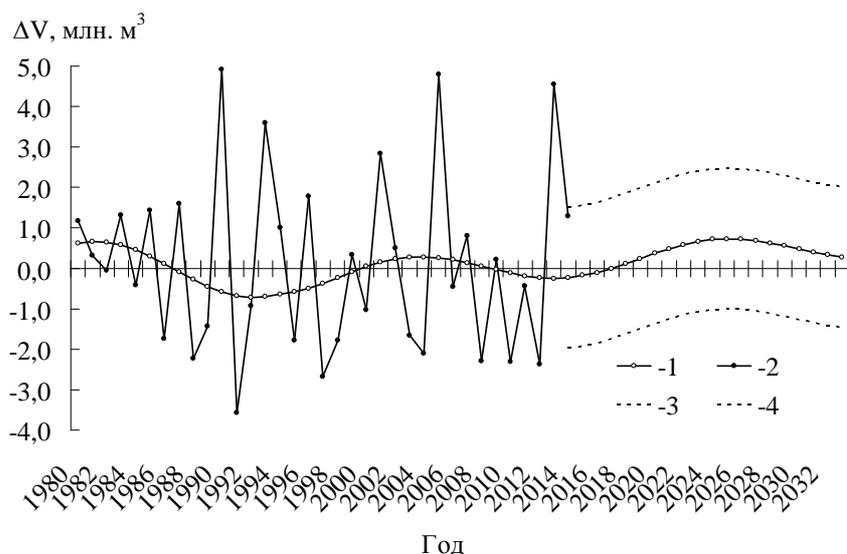


Рис. 1. Фактические (2) и смоделированные (1) значения изменения объема воды за гидрологический год для оз. Бурабай с 1980 по 2033 год. 3, 4 – нижний «откл –» и верхний «откл +» пределы отклонения.

В целом кривая колебания достаточно хорошо отражает периодичность изменения фактического годового баланса объема воды в оз. Бурабай. Годовой баланс объема воды в оз. Бурабай имеет в среднем 21-летний период колебания. В его колебательном цикле за период с 1980 по 2014 гг. имеется 2 максимума (1982 г. и 2004 г.) и 2 минимума (1992 г. и 2013 г.).

На основе ранее полученных [2, 5] прогнозных до 2033 г. значений температуры воздуха и сумм осадков были получены прогнозные на 2015...2033 гг. преобразованные в ряды Фурье значения годового баланса объема воды ($F4\Delta V_{zz}$) в оз. Бурабай. Таким образом, было смоделировано ожидаемое до 2033 г. колебание годового баланса объема воды в оз. Бурабай (рис. 1).

Прогнозные расчеты показали, что годовой баланс объема воды в оз. Бурабай будет повышаться до 2025 г., с последующим понижением до 2033 г. В структуре многолетнего колебания (1980...2033 гг.) годового объема воды можно заметить периоды с положительным и отрицательным балансом. Период с положительным балансом объема воды характеризует преобладание осадков над испарением (многоводье), а период с отрицательным балансом – преобладание испарения над осадками (маловодье). Например, в период с 1980 по 1986 гг. наблюдался цикл с положительным балансом объема воды, далее до 1999 г. был период с отрицательным балансом, период с 2000 по 2009 г. имел цикл положительного баланса, а в пери-

од с 2010 по 2017 г. предполагается цикл с отрицательным годовым балансом объема воды (рис. 1). Далее с 2018 по 2033 г. прогнозируется период с положительным годовым балансом объема воды, т.е. цикл преобладания приходной части влаги. На рисунке также представлен ареал возможного отклонения фактических ежегодных значений годового баланса объема воды от смоделированной линии колебания (нижний «откл -» и верхний «откл +» пределы отклонения).

Таким образом, можно предположить, что в связи с ожидаемым изменением климата до 2033 года, т.е. в условиях повышения температуры воздуха и увеличения количества осадков, в режиме оз. Бурабай особых изменений не ожидается. Ожидаемое до 2033 г. колебание температуры воздуха и осадков предполагает естественное колебание годового баланса объема воды в озере с фазой повышения до 2025 г. и последующей фазой понижения до 2033 г.

Можно предположить, что уровень (объем) оз. Бурабай в 2023...2026 гг. будет соответствовать уровню 1980...1982 гг., а к 2031...2033 гг. объем озера понизится до уровня 2003...2005 гг. Естественно данное предположение является справедливым при отсутствии забора воды или его стабилизации на современном уровне. Рост объема забора воды (поверхностных и подземных) в акватории озера может привести к понижению уровня воды в озере.

Так как все озера ЩБКЗ находятся в одинаковых природных и климатических условиях (в том числе по гидрологическому режиму, по режиму температуры, осадков и снежного покрова) результаты исследований по оз. Бурабай можно считать закономерными и для других озер ЩБКЗ. Например, в табл. 3 приведены коэффициенты парной корреляции между сезонным ходом уровня воды на оз. Бурабай и сезонным ходом уровня воды на остальных озерах ЩБКЗ за 2014 г. Зависимости характеризуются высокими коэффициентами корреляции (выше 0,80), кроме оз. Шортан. Также для наглядности на рис. 2 приведен сезонный ход уровней воды на озерах ЩБКЗ, где заметна синхронность их колебания (по данным Б.А. Смердова).

Таблица 3

Коэффициент корреляции (r) между уровнем воды в озере Бурабай и уровнями воды в других озерах ЩБКЗ

Озеро	Коэффициент корреляции (r)
Шортан	0,18
Улкен Шабакты	0,81

Озеро	Коэффициент корреляции (r)
Киши Шабакты	0,91
Жукей	0,92
Катарколь	0,91
Майбалық	0,96
Сулуколь	0,96
Текеколь	0,98
Карасу	0,92

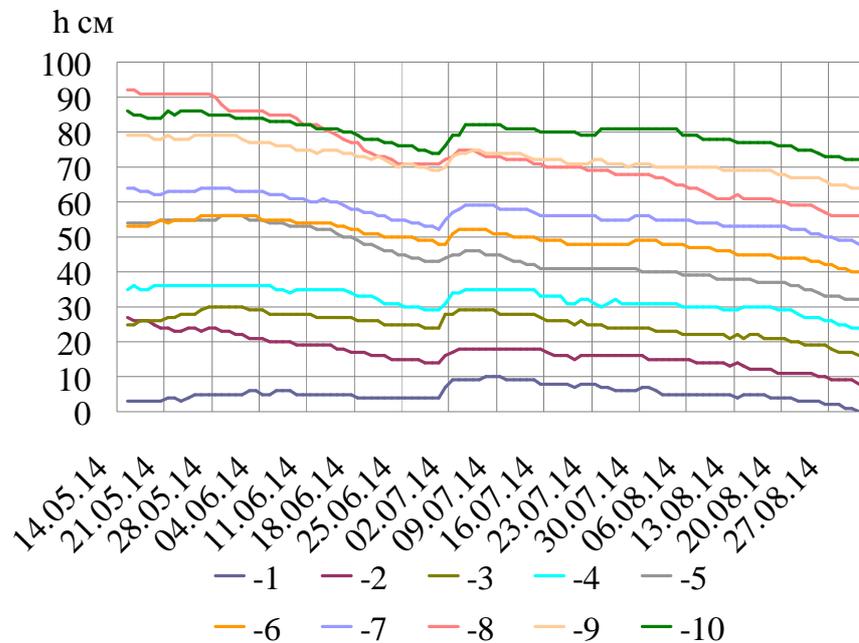


Рис. 2. Сезонный ход уровня воды на озерах ЩБКЗ (по Б.А. Смердову).
Уровни над нулем поста уменьшены на минимальное значение ряда и сдвинуты последовательно по высоте на 8 см. 1 – Шартан, 2 – Бурабай, 3 – Улькен Шабакты, 4 – Киши Шабакты, 5 – Жукей, 6 – Катарколь, 7 – Майбалык, 8 – Сулуколь, 9 – Текеколь, 10 – Карасу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. III-VI Национальное Сообщение Республики Казахстан Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Астана. ТОО «Типография Форма Плюс», 2013. – 274 с.
2. Байшоланов С.С. Моделирование режима температуры и осадков в Щучинско-Боровской курортной зоне и оценка их возможного влияния на экосистему. / Опустынивание Центральной Азии: Оценка, прогноз, управление: Матер. 1-ой междунар. науч.-прак. конф. – Астана, 25-27 сентября 2014 года. С. 75-83.

3. Байшоланов С.С. Об изменении климата в Щучинско-Боровской курортной зоне // Теоретические и прикладные проблемы географии: Матер. междунар. науч.-прак. конф. – Астана, 9-10 июня 2014 г.
4. Кузнецов В. И. О переходных коэффициентах наземных испарителей «ГГИ-3000». // Тр. ГГИ. – Вып. 45 (99). – 1954. – 156 с.
5. Проведение научного исследования по комплексному решению вопроса повышения объема (уровня) и качества воды озер Щучинско-Боровской курортной зоны: // Заключ. отчет о НТР / РГП «Казгидромет» МЭ РК. – Астана, 2014. – 247 с.

Поступила 11.12.2014

Геогр. ғылымд. канд. С.С. Байшоланов
Геогр. ғылымд. канд. С.Б. Саиров

КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІНІҢ БУРАБАЙ КӨЛІ ДЕҢГЕЙІНЕ ӘСЕРІ

Бурабай көлі су көлемінің жылдық балансының климаттың өзгеруіне бағыныштылығы қарастырылып, оның 2033 жылға дейінгі өзгеру динамикасы модельденген.