

УДК 556.06:282.255.582

Доктор геогр. наук	А.В. Бабкин <sup>1</sup>
Канд. геогр. наук	А.С. Мадобеков <sup>2</sup>
Канд. техн. наук	А. Мусакулкызы <sup>2</sup>
Доктор геогр. наук	А.В. Чередниченко <sup>3</sup>

### ПОВЕРОЧНЫЙ И ФАКТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ УРОВНЯ ВОДЫ ОЗЕРА АЛАКОЛЬ НА БЛИЖАЙШУЮ ПЕРСПЕКТИВУ

**Ключевые слова:** периодичность, поверочный прогноз, синусоиды, заблаговременность, период аппроксимации, квадратические разности, линейная тенденция

*Временной ряд уровня воды озера Алаколь проанализирован методом «Периодичностей». Выявленные синусоиды, корреляция которых с рядом превышала 0,20, использовались для расчетов поверочных и фактических прогнозов уровня воды с заблаговременностью пять и десять лет. Среди всех использованных схем, включая оценки уровня озера на будущее по среднему значению и по линейной тенденции, лучшие результаты поверочных прогнозов получились при последовательном продлении временного ряда на три года за счет подстановки в него прогнозных значений, анализа продленного ряда и его прогноза на следующие три года.*

*Фактический прогноз указывает на возможность некоторого снижения уровня озера в ближайшие годы.*

Для республики Казахстан (РК), расположенной в регионе недостаточного увлажнения и засушливого климата [8, 11, 13], весьма актуальной является задача эффективного использования водных ресурсов в различных отраслях экономики. Согласно Государственной программе управления водными ресурсами Казахстана (Указ Президента РК от 04.04.2014 года №786) необходимы исследования количественных и качественных характеристик озер, закономерности колебаний которых следует учитывать при комплексном подходе к использованию вод.

В рамках Государственной программы Водная безопасность РК: Геопространственная информационная система «Водные ресурсы Казах-

<sup>1</sup> РГГУ, г. Санкт Петербург, Россия;

<sup>2</sup> Институт географии, г. Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup> АО «Жасыл даму», г. Алматы, Казахстан.

стана и их использование» проводятся работы по инвентаризации озерного фонда РК. Исследуются закономерности многолетних колебаний уровней воды озер, учет которых может улучшить качество долгосрочных прогнозов их уровней.

В настоящей работе временной ряд уровня воды озера Алаколь за 1894...2003 гг. анализируется методом «Периодичностей». Выявленные синусоиды в его колебаниях используются для расчета его поверочного прогноза с заблаговременностью пять и десять лет и оценки его результатов на новом независимом материале.

Помимо расчетов поверочных прогнозов по синусоидам, выявленным на интервале 1894...2003 гг., применялась схема, по которой временной ряд продлевался его прогнозными значениями на ближайшие 3 года, после чего продленный ряд снова анализировался и прогнозировался на следующие три года. Таким образом, составлялся прогноз на весь поверочный интервал, который оказался наилучшим среди использованных схем. Согласно расчетам уровня воды оз. Алаколь на будущее по результатам анализа его ряда возможно его некоторое снижение в ближайшие годы.

Озеро Алаколь расположено на юго-востоке Казахстана. При высоте 347,3 м над уровнем моря (БС) площадь его водной поверхности составляет 2650 км<sup>2</sup>. Длина озера – 104 км, ширина 52 км, наибольшая глубина – 54 м, средняя – 22,1 м [1].

Рассматриваемое озеро является вторым по величине среди водоемов Казахстана и единственным глубоководным среди бессточных озер республики. Береговая линия озера Алаколь отличается большой изрезанностью, образует многочисленные полуострова, мысы, косы, заливы и бухты. На озере имеется несколько островов общей площадью 80 км<sup>2</sup> [5].

Самыми крупными реками бассейна озер Алаколь и Сасыкколь являются реки Тентек, Емель, Уржар. Наиболее водоносна р. Тентек, впадающая в озеро Сасыкколь. Ее длина 96 км, площадь бассейна 3884 км<sup>2</sup>, средний годовой расход 42 м<sup>3</sup>/с. Затем в порядке убывания средних годовых расходов воды следуют реки, впадающие в озеро Алаколь: Уржар – 20 м<sup>3</sup>/с, Ыргайты – 14,8 м<sup>3</sup>/с, Емель – 8,7 м<sup>3</sup>/с, Каракол – 4,3 м<sup>3</sup>/с, Маканчи – 4,1 м<sup>3</sup>/с, Коктерек – 2,6 м<sup>3</sup>/с и др. [11].

По тектоническому происхождению в типизации озер П.П. Филонца [14], озеро Алаколь относится к озерам расположенным в межгорной впадине. Алакольская межгорная впадина разделяет горные системы Тарбагатая и Жонгар Алатау и представляет обширную равнину, образован-

ную мощными конусами выносов рек, впадающих в группу озер Алаколь, Сасыкколь, Кошкарколь (Уялы) и Жаланаш, расположенных в ней. Фундамент Алакольской впадины сложно построен, разбит сбросами на блоки, местами выступающие в виде скалистых островов (например, на озере Алаколь три таких острова). Вокруг озер наблюдаются широкие озерные аккумулятивные террасы, с приближением к горам поднимающиеся на высоту до 90 м. Высокие озерные террасы встречаются на острове Кишке-не-Аралтобе (озеро Алаколь), где они достигают 67 м.

Для оз. Алаколь характерно цикличное повышение и понижение уровня воды. Анализ колебаний уровня озера по историческим данным показал, что минимальный уровень оно имело в 1845...1850 гг., а в начале 1940-х годов он превышал этот минимум на 3...4 м [7], при этом подъемы сопровождались спадами уровня воды. Так, один полный цикл от минимума до минимума (1885...1946 гг.) продолжался 61 год, из которых 23 года пришлось на подъем и 38 лет на спад [6, 10]. Амплитуда колебаний среднегодовых уровней – разность между экстремумами 1908 г. и 1885 г. составила 5,58 м [9].

Соответственно происходили и изменения размеров озера. В 1840 г. оно имело длину 70 км и ширину 43 км, в 1931 г. – 75 км и 48 км, в 1951 г. – 90 км и 50 км. С 1950 г. по 1962 г. уровень озера поднялся на 4,25 м. К началу 1960-х годов северные берега озера по сравнению с 1939 г. отодвинулись до 6 км [12].

Подъем уровня озера вынудил жителей пос. Рыбачье (Камыскала), расположенного на северном берегу оз. Алаколь, с 1956 по 1971 гг. 5 раз сменить местонахождение населенного пункта. Затопленным оказался и крупнейший в регионе рыбкомбинат. С 1974 по 1979 гг. происходило постепенное понижение уровня воды, в результате чего в западной части озера появилась группа островов Чубар-Тюбек (Песчаный, Южный), а также о. Каракум в заливе Заячья губа, которые стали важнейшим местом гнездования реликтовой чайки и других колониальных птиц. Незначительный подъем уровня воды 1980 г. смыл колонии на о-ве Южном. Вследствие дальнейшего обмеления о-ва Чубар-Тюбек к 1986 г. соединились с сушей.

После 1986 г. начался новый подъем уровня воды оз. Алаколь. В первой половине 1990-х гг. группа островов западной части оказалась затопленной. На южном его берегу затопило прибрежные улицы пос. Коктума. С 1996 г. по 1999 г. отмечался медленный спад уровня озера, в ходе которого уровень воды в заливе Заячья губа понизился на 1 м [9].

Кроме колебаний уровня, обусловленного колебаниями элементов водного баланса, на оз. Алаколь происходят колебания в результате сгонно-нагонных явлений. При юго-восточных и южных ветрах происходит сгон в юго-восточной оконечности озера и нагон в северо-западной части озера. При ветрах западных направлений значительный нагон наблюдается в устье р. Уржар, при восточных и юго-восточных ветрах – на северо-западном побережье. По данным наблюдений поста пос. Рыбачье, наибольшая высота подъема от нагонов составляла 0,8...1,0 м. Продолжительность нагонов колеблется от нескольких часов до нескольких суток.

**Метод исследования.** Метод «Периодичностей» основан на аппроксимации временного ряда гидрометеорологической характеристики синусоидальными функциями последовательно с пошаговым изменением периода [3]. При этом, для каждого периода дополнительное слагаемое, около которого колеблется аппроксимирующая синусоида, ее амплитуда и фаза рассчитываются методом наименьших квадратов.

Для этих периодов также рассчитываются суммы квадратов разностей аппроксимирующих синусоид и значений ряда. В зависимости от периода аппроксимации, у определенных его значений будут отмечаться локальные минимумы этих сумм [4]. Такой минимум суммы квадратических разностей аппроксимирующей синусоиды и значений ряда может быть признаком присутствия здесь периодичности.

В табл., столбцы 1...5, представлены результаты аппроксимации синусоидальными функциями временного ряда уровня воды озера Алаколь за 1894...2003 гг. В первом столбце таблицы указаны периоды аппроксимации  $T$ , во втором – дополнительное слагаемое  $H_{01}$ , около которого колеблется аппроксимирующая функция. В третьем столбце представлены значения амплитуды наилучшей аппроксимирующей синусоиды, а в четвертом – фазы.

Таблица

Аппроксимация синусоидальными функциями исходного, 1894...2003 гг. (столбцы 1 – 5), и продленного на три года временного ряда уровня озера Алаколь

$T$ , год	$H_{01}$ , м	$\frac{\delta H_1}{2}$ , м	$\varphi \cdot H_1$ , радиан	$S_{H_1}$ , м <sup>2</sup>	$H_{02}$ , м	$\frac{\delta H_2}{2}$ , м	$\varphi \cdot H_2$ , радиан	$S_{H_2}$ , м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,0	10,518	0,056	2,570	491,595	10,595	0,056	2,422	516,412
4,0	10,518	0,034	-0,290	491,705	10,595	0,084	0,002	516,197
5,0	10,518	0,132	-1,527	490,808	10,596	0,048	4,669	516,462

T, год	$H_{01}, \text{M}$	$\frac{\delta H_1}{2}, \text{M}$	$\varphi \cdot H_1, \text{радиан}$	$S_{H_1}, \text{M}^2$	$H_{02}, \text{M}$	$\frac{\delta H_2}{2}, \text{M}$	$\varphi \cdot H_2, \text{радиан}$	$S_{H_2}, \text{M}^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6,0	10,517	0,069	3,703	491,507	10,595	0,035	0,640	516,517
7,0	10,517	0,113	1,089	491,062	10,595	0,109	-0,028	515,922
8,0	10,519	0,166	-1,071	490,255	10,595	0,235	4,699	513,498
9,0	10,519	0,118	1,047	490,995	10,595	0,138	2,093	515,504
10,0	10,518	0,251	0,513	488,294	10,595	0,221	-0,050	513,859
11,0	10,518	0,099	2,248	491,227	10,593	0,095	0,705	516,078
12,0	10,519	0,236	4,237	488,757	10,598	0,090	4,311	516,129
13,0	10,515	0,077	1,602	491,439	10,592	0,165	0,600	515,042
14,0	10,519	0,184	1,736	489,874	10,594	0,242	1,113	513,305
15,0	10,519	0,090	0,999	491,324	10,595	0,078	3,085	516,242
16,0	10,519	0,144	0,905	490,609	10,594	0,231	0,274	513,587
17,0	10,528	0,294	0,020	487,042	10,607	0,282	0,541	512,188
18,0	10,523	0,574	2,065	473,795	10,608	0,412	1,990	506,926
19,0	10,509	0,474	0,213	479,260	10,592	0,440	-0,130	505,657
20,0	10,511	0,124	1,653	490,923	10,589	0,181	0,712	514,746
21,0	10,519	0,368	1,416	484,545	10,599	0,216	1,225	513,988
22,0	10,518	0,598	2,924	472,123	10,600	0,519	2,672	501,617
23,0	10,511	0,572	2,057	473,309	10,591	0,587	1,791	496,888
24,0	10,510	0,358	-0,853	484,625	10,585	0,445	-1,128	505,175
28,0	10,512	0,852	-0,187	451,333	10,598	0,789	-0,379	481,624
29,0	10,497	0,939	2,385	442,014	10,581	0,929	2,210	467,353
30,0	10,484	0,945	3,944	441,701	10,561	0,978	3,798	462,065
31,0	10,477	0,882	4,592	448,855	10,546	0,949	4,472	465,805
40,0	10,541	0,554	1,266	474,499	10,611	0,670	1,159	490,385
41,0	10,547	0,587	2,457	472,415	10,615	0,706	2,389	487,289
42,0	10,554	0,610	3,269	471,033	10,620	0,730	3,238	485,312
43,0	10,560	0,626	3,729	470,236	10,624	0,744	3,737	484,406
44,0	10,566	0,635	3,864	469,830	10,628	0,749	3,911	484,410
	T, год			$\eta$	T, год			$\eta$
	133,0			0,817	134,0			0,827
	30,0			0,319	30,0			0,325
	22,0			0,200	43,0			0,250
	18,0			0,191	23,0			0,195
	10,0			0,084	19,0			0,146
	12,0			0,078	14,0			0,080
	14,0			0,062	8,0			0,077
	8,0			0,056	10,0			0,073
	5,0			0,044	4,0			0,028
	3,0			0,019				

В пятом столбце рассчитаны суммы квадратических разностей наилучшей аппроксимирующей синусоиды и значений ряда. В зависимости от периода аппроксимации локальные минимумы этой суммы отмечаются у периодов, длиной 3, 5, 8, 10, 12, 14, 18, 22, 30 лет. Характеристики аппроксимирующих синусоид с этими периодами выделены курсивом. Минимум суммы квадратических разностей временного ряда и аппроксимирующей синусоиды также присутствует у периода, длиной 133 года.

В диапазоне значений периодов 25...27 лет и 32...39 лет нет минимумов сумм квадратических разностей аппроксимирующих синусоид и значений ряда. Эти периоды и характеристики их аппроксимирующих синусоид в таблице не приводятся.

Периоды с минимумами сумм квадратов разностей временного ряда и аппроксимирующих его синусоид в порядке убывания их корреляции со значениями ряда представлены в нижних строках табл.. При расчетах поверочных прогнозов использованы те синусоиды, корреляция которых с временным рядом превышала 0,20. Такой корреляцией характеризуются синусоиды с периодами соответственно 133 года и 30 лет.

**Результаты исследований.** Результаты долгосрочного прогноза уровня воды озера на временном интервале оцениваются по числу оправдавшихся прогнозов на год, а также по различным параметрам, связанным с суммой квадратов их ошибок. Прогноз на год считается оправдавшимся, если разность между фактическим и спрогнозированным значениями гидрологической характеристики меньше допустимой ошибки прогноза, за которую принимается величина, равная 0,674 от среднего квадратического отклонения временного ряда [2].

Прогноз тем успешней, чем больше число оправдавшихся годовых прогнозов и меньше сумма квадратов их ошибок. Успешный долгосрочный прогноз должен быть не хуже оценки предсказываемой характеристики по среднему значению ее временного ряда. Результаты прогнозов по методике, описывающей колебания уровня озера синусоидами и их суммами, могут также быть сопоставлены с его предсказанием по линейной тенденции.

Колебания уровня воды оз. Алаколь по данным метеостанции (М) пос. Рыбзавод представлены на рис. Его максимуму на этом графике 1974 г. – 14,14 м примерно соответствует отметка 349,78 м (БС), а ноль этого графика – 335,64 м.

Среднее значение уровня воды озера за 1894...2003 гг. составило 10,52 м, среднее квадратическое отклонение – 2,11 м. Допустимая ошибка

прогноза, таким образом, оказалась равной 1,43 м. При прогнозе по среднему значению с заблаговременностью 10 лет не оправдалось ни одного прогноза, а сумма квадратов его ошибок оказалась равной 147,3 м<sup>2</sup>. Сумма квадратов ошибок прогноза на первые пять лет составила 46,50 м<sup>2</sup>.

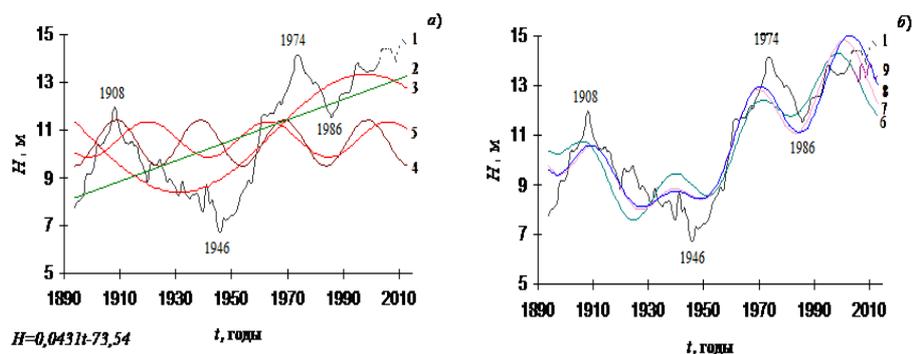


Рис. Колебания уровня воды озера Алаколь. 1 – данные наблюдений (пунктиром выделен интервал поверочного прогноза 2004...2013 гг.), 2 – тенденция линейного тренда, 3 – синусоида с периодом 133 года, 4 – синусоида с периодом 30 лет (тенденция тренда построена и синусоиды с периодами 133 года и 30 лет выявлены на интервале ряда 1894...2003 гг.), 5 – синусоида с периодом 43 года, выявленная на интервале 1894...2006 гг. при добавлении к исходному ряду трех последующих значений, рассчитанных по сумме синусоид с периодами 133 года и 30 лет, 6 – сумма синусоид с периодами 133 года и 30 лет, 7 – сумма синусоид с периодами 134 года, 30 лет и 43 года, выявленных на интервале 1894...2006 гг. при добавлении к исходному ряду трех последующих значений, рассчитанных по сумме синусоид с периодами 133 года и 30 лет, 8 – сумма синусоид с периодами 137 лет, 31 год и 44 года, выявленных на интервале 1894...2009 гг. при добавлении к рассматриваемому ряду трех следующих после 2006 г. значений, рассчитанных на 2007...2009 гг., 9 – итоговый прогноз, составленный с на основе сумм синусоид выявленных на первичном и на продленных рядах.

На рис. а представлены синусоиды, выявленные в колебаниях уровня оз. Алаколь, и тенденция тренда его временного ряда. Видна положительная его тенденция. При прогнозировании уровня озера на 2004...2013 гг. по тенденции тренда оказались верными 5 прогнозов, 2 из которых оправдались за первый пятилетний интервал. Сумма квадратов ошибок прогнозирования за пять лет составила 9,14 м<sup>2</sup>, а за все десять лет – 17,99 м<sup>2</sup>. Корреляция синусоиды с периодом 30 лет и временного ряда равна 0,319. Эта синусоида хорошо описывает значения группы лет повышенного уровня с его максимумом 1908 г. и уровни группы лет у его локального минимума 1986 г.

На этот график также нанесена синусоида с периодом 43 года, которая выявилась при анализе продленного временного ряда тремя его следующими значениями, рассчитанными по сумме синусоид с периодами 133 года и 30 лет. Ее корреляция с временным рядом уровня составила 0,250. Она достаточно хорошо описывает группы лет пониженных значений уровня озера с минимумами 1946 и 1986 гг.

Корреляция временного ряда уровня озера и синусоиды с периодом 133 года оказалась равной 0,817, а ее суммы с синусоидой с периодом 30 лет – 0,859. При прогнозировании уровня озера на 2004...2013 гг. по синусоиде с периодом 133 года и ее сумме с 30 летней синусоидой оправдалось по 6 прогнозов. Все прогнозы оказались верными за первые годы поверочного интервала.

Суммы квадратов ошибок прогнозов по синусоиде с периодом 133 года и ее сумме с синусоидой с периодом 30 лет равны соответственно  $19,08 \text{ м}^2$  и  $34,61 \text{ м}^2$ . При этом, при расчетах будущего уровня озера с заблаговременностью пять лет по синусоиде с периодом 133 года и по ее сумме с 30 летней синусоидой суммы квадратов их ошибок составили соответственно  $6,133 \text{ м}^2$  и  $6,114 \text{ м}^2$ .

Таким образом, при прогнозировании с заблаговременностью пять лет самые лучшие результаты прогнозов получились по сумме синусоид с периодами 133 года и 30 лет. Несколько хуже они оказались по синусоиде с периодом 133 года, еще хуже получились прогнозы по тенденции тренда, а при прогнозировании по среднему значению результаты оказались наихудшими.

Результаты прогнозов с заблаговременностью десять лет по тенденции тренда и по синусоиде с периодом 133 года можно оценить, как примерно одного качества. Сумма квадратов ошибок прогнозов меньше по тенденции тренда, но и число оправдавшихся прогнозов также меньше на 1. Прогноз по сумме синусоид с периодами 133 года и 30 лет оказался хуже, чем по тенденции тренда и по синусоиде с периодом 133 года. Результаты прогнозов по тенденции тренда, по синусоиде с периодом 133 года и по ее сумме с 30 летней синусоидой оказались лучше, чем по среднему значению.

При прогнозировании с заблаговременностью три года результаты по сумме синусоид с периодами 133 года и 30 лет оказались значительно лучше, чем по всем остальным схемам. Поэтому, для прогнозирования уровня озера на более длительный срок использовался подход, когда ряд удлинялся на три значения, полученные по этой сумме синусоид. Этот уд-

линенный ряд снова анализировался методом «Периодичностей» и по сумме выявленных синусоид рассчитывался его прогноз на 2007...2009 гг. После этого ряд еще два раза соответственно удлинялся, анализировался и прогнозировался на 2010...2012 гг. и 2013 г.

В табл., столбцы 6...9, приводятся результаты аппроксимации синусоидальными функциями удлиненного ряда уровня озера за 1894...2006 гг. Помимо установленных синусоид у удлиненного ряда оказалась также выявленной синусоида с периодом 43 года. При последующих удлинениях и анализе этого ряда выявлялись синусоиды с периодами соответственно 133...140 лет, и немногим более 30 и 40 лет, корреляция которых с ним превышала 0,20. Других синусоид с высокой корреляцией выявлено не было.

На рис. б представлены суммы синусоид с периодами 133 года и 30 лет, выявленные при анализе ряда, а также суммы синусоид, полученных по результатам анализа удлиненного ряда 1894...2006 гг. и 1894...2009 гг. Отдельно проводился анализ удлиненного временного ряда уровня озера за 1894...2012 гг., и по сумме выявленных синусоид рассчитывался прогноз на 2013 г.

Сумма синусоид, выявленных на интервале 1894...2012 гг. при ее нанесении на график оказывается близка к сумме, полученных при анализе ряда за 1894...2009 гг. Поэтому на рис. б она не приводится. Корреляция сумм синусоид трех синусоид и ряда уровня озера в каждом случае составляет порядка 0,900.

При прогнозировании уровня озера Алаколь с заблаговременностью 10 лет по схеме последовательного удлинения ряда на три года за счет его прогноза и дальнейшего его анализа оказались верными все прогнозы. Сумма квадратов ошибок прогнозов за 2004...2013 гг. составила  $8,036 \text{ м}^2$ , а за 2004...2008 гг. –  $2,907 \text{ м}^2$ .

**Заключение.** Прогнозирование уровня воды оз. Алаколь на ближайшую перспективу проведено по результатам анализа ряда за 1894...2003 гг. Расчеты уровня озера на будущее выполнены по синусоиде с периодом 133 года и по ее сумме с синусоидой с периодом 30 лет, так как корреляция этих синусоид и ряда наблюдений превышает 0,20. Результаты прогнозов сопоставлены с оценками уровня по среднему значению ряда и по его линейной тенденции.

При прогнозировании с заблаговременностью пять лет наилучшие результаты получились в результате расчетов по сумме синусоид с этими перио-

дами. Но, при расчетах уровня озера на 2004...2013 гг. лучше всего оказались прогнозы по тенденции тренда, а затем – по синусоиде с периодом 133 года.

Использована схема прогнозов, позволившая получить самые лучшие результаты за пять и за все десять лет, когда временной ряд уровня озера последовательно удлиняется на три года значениями его прогноза. Продленный ряд анализируется, прогнозируется и снова удлиняется, пока прогностические расчеты не охватят весь поверочный интервал.

В результате анализа удлиненных рядов выявлялись синусоиды с периодами порядка 133...140 лет и 30...31 год, близкие к тем, которые были установлены в первоначальном ряду, а также синусоида с периодом порядка 43...44 лет, которая при анализе ряда за 1894...2003 гг. выявлена не была. Это могло произойти в результате того, что ряд в 110 лет слишком короткий для обнаружения в нем синусоиды с длиной периода более 40 лет.

Фактический прогноз уровня воды озера с заблаговременностью пять и десять лет, рассчитанный по методу «Периодичностей» по схеме прогноза на ближайшие три года и последовательного продления ряда указывает на некоторое его снижение, как это происходило в периоды 1975...1986 гг. и 1996...1999 гг. Понижение, если оно произойдет, будет менее значительным, чем 1975...1986 гг.

Прогноз о возможном снижении уровня озера мог получиться из-за его тенденции к росту. Так как значения уровня воды озера за последние годы больше, чем за все предыдущие, максимумы синусоид с различными периодами, аппроксимирующие этот ряд, будут приходиться на его окончание. На прогнозном интервале значения этих синусоид и их сумм будут уменьшаться от их максимумов.

Однако, тенденция к повышению уровня оз. Алаколь, четко прослеживающаяся после 1946 г., может быть результатом не внутривековых его колебаний, а связанной с глобальными изменениями климата. В этом случае, она может сохраниться и на ближайшие годы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиргалиев Н.А., Тимирханов С.Р., Альпейсов Ш.А. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озер. – Алматы: Бастау, 2006. – 368 с.
2. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 419 с.
3. Бабкин А.В. Усовершенствованная модель оценки периодичности изменений уровня и элементов водного баланса Каспийского моря // Метеорология и гидрология. – 2005. – №11. – С. 63-73.

4. Бабкин А.В., Семейкин Н.И. Многолетние колебания и долгосрочное прогнозирование годового стока р. Нева // Известия Русского географического общества. – 2014. – №1. – С. 43-48.
5. Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана (Алаколь-Сасыккольская система озер). – Астана, 2007. – 271 с.
6. Коровин В.И. Изменение уровней воды на озерах Балхаш и Алаколь в зависимости от гидрометеорологических условий и колебаний ледников // Гляциологические исследования в период МГГ. – Алма-Ата, 1963. – Вып. 3.
7. Курдюков К.В. О колебаниях уровня озера Алаколь (в историческом и геологическом прошлом) // Вопросы геогр. Казахстана. Физическая география. – 1951. – №24. – С. 117-133.
8. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы устойчивого водообеспечения // Водное хозяйство. – 2011. – №9. – С. 13-22.
9. Охраняемые природные территории Средней Азии и Казахстана. [Электрон. ресурс] URL: <http://iucnca.net/inforeserve165>. (дата обращения: 16.05.2016).
10. Северский И.В., Кокарев А.Л., Пиманкина Н.В. Снежно-ледовые ресурсы Казахстана / Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Т. 6. – Алматы: 2012. – 246 с.
11. Тюменев С.Д. Водные ресурсы и водообеспеченность территории Казахстана: Учебник. – Алматы: КазНТУ, 2008. – 267 с.
12. Филонец П.П. Морфометрия Алакольских озер / Алакольская впадина и ее озера. Сб. «Вопросы географии». –1965. – Вып. 12. – С. 79-87.
13. Филонец П.П. Очерки по географии внутренних вод Центрального, Южного и Восточного Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 186 с.
14. Филонец П.П., Омаров Т.Р. Озера Центрального и Южного Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 197 с.

Поступила 28.07.2017

Геогр. ғылымд. докторы	А.В.Бабкин
Геогр. ғылымд. канд.	А.С. Мадиебеков
Техн. ғылымд. канд.	А. Мұсақұлқызы
Геогр. ғылымд. докторы	А.В. Чередниченко

**ЖАҚЫН БОЛАШАҚҚА АЛАКӨЛДІҢ СУ ДЕҢГЕЙІН ТЕКСЕРУ  
ЖӘНЕ НАҚТЫ БОЛЖАУ**

**Түйінді сөздер:** кезеңдік, тексеру болжау, синусоидтар, алдын ала уақыт, аппроксимация мерзімі, квадрат айырмасы, сызықтық тенденция

*Алакөлдің су деңгейінің уақыттық қатары "Кезеңдік" әдісімен талданды. Қатармен корреляциясы 0,20-дан асатын синусоидтар табылды, олар су деңгейін бес және он жылға алдын ала тексеру және нақты болжаудағы есептеулерге қолданылды. Көл деңгейін орташа мәнімен және сызықтық тенденциясымен болашаққа бағалауды қоса есептегенде қолданылған кестелердің ішінен, тексеру болжаудың тізбелі ұзартуды үш жылға жылжыту арқылы жүргізілуі жақсы нәтиже көрсетті.*

*Нақты болжау жақын жылдарда көл деңгейінің кейбір төмендеуін көрсетеді.*

Babkin A.V., Madibekov A.S., Mussakulkyzy A., Cherednichenko A.V.

#### **VERIFICATION AND ACTUAL FORECASTS OF THE WATER LEVEL OF LAKE ALAKOL IN THE NEAR FUTURE**

**Keywords:** periodicity, verification forecast, sinusoids, lead time, approximation period, quadratic differences, linear trend

*Time series of water level of Alakol Lake was analyzed by the method of «Periodicities». The revealed sinusoids which correlation with time series exceeded 0,20 were applied for calculations of training and actual forecasts of level with the lead time of five and ten years. Among all applied schemes including the estimations of the future lake level by the mean value and linear tendency of time series the best results of training forecasts were received for the successive extending of time series for three years by standing into it forecast values, analysis of extended time series and its prediction for the next three years.*

*According to actual prediction some reduction of water level could be for the next years.*