

Прикладные проблемы

УДК 555.324:556.3:911.9(574)

Гляциальные озёра бассейна р. Хоргос и оценка опасности их прорывов

© 2013 г. А.Р. Медеу¹, Т.Г. Токмагамбетов¹, А.Л. Кокарев¹, П.А. Плеханов², Н.С. Плеханова²¹Институт географии МОН РК, Алматы;²Институт гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина МОН РК, Алматы*kokarev60@mail.ru**Статья принята к печати 28 мая 2013 г.*

Гляциальные озёра, деградация оледенения, прорыв ледникового озера, селевая активность.
Degradation of glaciation, glacial outburst, glacier lakes, mudflow activity.

Река Хоргос (в Казахстане – Коргас) – пограничная между Казахстаном и КНР. Её бассейн расположен в центральной части южного склона хр. Джунгарский (в Казахстане – Жетысу) Алатау. По соглашению между Казахстаном и КНР на пограничном переходе Хоргос, в пойме р. Хоргос, создаётся крупный Центр приграничного сотрудничества. Оценка безопасности данного объекта, в том числе и в связи с возможными прорывами гляциальных озёр, имеет важное политическое и экономическое значение. В настоящее время состояние гляциальных озёр в верхней части бассейна р. Хоргос достигло апогея. Это подтверждается наличием огромной суммарной площади гляциальных озёр (1,7 млн м² в 41 озере) и «отработанных» чаш бывших гляциальных озёр. Шесть озёр достигли особо опасной прорывной стадии – их объёмы составляют несколько миллионов кубических метров, а максимальные глубины – 30–40 м. Развитие гляциальных озёр в бассейне р. Хоргос, вероятно, ещё будет продолжаться, поэтому и сейчас, и в дальнейшем они представляют собой реальную угрозу для Центра приграничного сотрудничества в случае «наведённого» прорыва завального оз. Казанколь по механизму, аналогичному прорыву завального оз. Иссык, произошедшему в 1963 г. в Заилийском (Иле) Алатау.

Введение и постановка проблемы

Река Хоргос (Коргас) – пограничная между Казахстаном и КНР. Её бассейн расположен в центральной части южного склона хр. Джунгарский (Жетысу) Алатау (рис. 1). Площадь бассейна этой реки в пределах территорий Казахстана и КНР составляет около 5 тыс. км², длина реки до впадения в р. Или (Иле) – 140 км. Максимальные высоты на обрамляющих бассейн гребнях гор достигают 4000–4200 м, устье реки расположено на отметке 540 м над ур. моря. В верховьях р. Хоргос значительные площади занимают современное оледенение и многолетнемерзлые отложения.

В рамках межгосударственного соглашения между Казахстаном и КНР (2004 г.) на пограничном переходе Хоргос, в пойме одноимённой реки, возводится крупный Центр приграничного сотрудничества (МЦПС «Хоргос»), к которому в конце 2011 г. с обеих сторон были подведены железнодорожные пути. В 2014 г. ожидается завершение строительства объектов МЦПС «Хоргос» первой очереди, а с 2018 г. планируется

его полномасштабное функционирование. Этот Центр расположится по обе стороны государственной границы. На территории Казахстана объекты Центра будут находиться на площади 185 га, на территории Китая – на площади 340 га. Инвестиционные вложения с обеих сторон составят несколько миллиардов долларов США. С открытием Центра здесь будет действовать один из крупнейших в мире международных перевалочных сухих портов Центральной Азии. Поэтому оценка безопасности данного сухого порта в связи с возможными прорывами гляциальных озёр в бассейне р. Хоргос приобретает важное и политическое, и экономическое значение.

Существует много разных классификаций гляциальных озёр, например, приведённые А.Р. Медеу в работе [5]. Авторами гляциальные озёра бассейна р. Хоргос исследовались на основе ранее разработанной их классификации по материалам хорошо изученного и близко расположенного к Джунгарскому Алатау северного хребта Тянь-Шаня – хр. Заилийский (Иле) Алатау [8]. Согласно этой



Рис. 1. Бассейн реки Хоргос
Fig. 1. Khorgos river basin

классификации, гляциальные озёра понимаются как объекты, возникновение и развитие которых связано с ледниковой деятельностью. По генезису они делятся на четыре типа: приледниковые, моренно-западинные, моренно-термокарстовые и присклоновые; по возрасту – на три типа: расположенные на современных (молодых), старых и древних моренах (или склонах); по опасности прорывов – на три категории: неопасные, опасные и особо опасные (табл. 1). Нами приняты следующие градации прорывоопасных озёр:

1) *неопасное озеро* – прорывы (опорожнения) этого озера возможны только при форс-мажорных обстоятельствах: землетрясениях; вхождении оползней или падении снежных лавин в чашу озера; антропогенных нарушениях устойчивости озёрных плотин и др. (площадь озера до 10 тыс. м²);

2) *опасное озеро* – имеет тенденцию к увеличению или развитию до прорывоопасной стадии; может опорожниться при стечении благоприят-

ных геоморфологических и/или гидрометеорологических условий (площадь озера до 50 тыс. м²);

3) *особо опасное озеро* – достигло прорывоопасного состояния и может прорваться в любой момент в ближайший тёплый период или в ближайшие годы (площадь озера от 50 до 100 тыс. м² и более, глубина озёр – свыше 10 м, наличие фокусных воронок на ложе озера до 20–40 м и более, нарушение целостности водоудерживающих плотин и др.).

Методика исследований

В процессе исследований авторы использовали следующие материалы: данные из опубликованных и рабочих Каталогов ледников по состоянию на 1956 [2], 1972, 1990, 2000 [4] и 2011 г.; крупномасштабные топографические карты 1978 и 1988 г.; карту селевой опасности территории Республики Казахстан [1]; космические снимки региона Landsat TM от 14 сентября 1989 г., Land-

Таблица 1. Динамика состояния гляциальных озёр и опасности их прорывов в верховьях бассейна р. Хоргос (выше оз. Казанколь) в 1956–2011 гг.

Номер ледника, тип и экспозиция по Каталогу ледников СССР 1956 г. [2]	Деградация ледников за 1956–2011 гг., %	Номер озера	Высота над ур. моря, м	Площадь озера, тыс. м ²					Характеристика озера	Степень опасности озера	Примечание	
				1956 г.	1978 г.	1990 г.	2000 г.	2011 г.				
<i>Река Джыланды</i>												
№ 22, асимм. дол., В	–37,3	1 (Капкан)	3440	Нет свед.	67,7	196,2	213,9	214,1	ММ, ПЛ	3		
		2	3450		4,7	4,4	5,9	5,1				
		2а	3410		5,9	2,2						
№ 22, 23	–45,4	3	3350	172,0	102,6	159,0	101,0	96,6	ММ, МЗ	2	Прорыв вероятен при прорыве оз. 1	
		4	3340	Нет свед.	9,8	12,3	10,9	13,5				
		5	3300		13,3	17,6	15,1	15,7				
		6	3260		1,8	2,0						
№ 22–26	–44,9	7 (Босколь)	3120	201,0	203,5	196,2	176,2	195,1	ММ, МЗ	2	Прорыв вероятен при прорыве оз. № 1	
		7а	3110	Нет свед.	1,9	2,0	3,0	3,1				
		7б	3090		3,9	2,7	2,5	2,0				
		7в	3100		2,2	1,0						
№ 23, шлф, СВ	–52,3	8	3420	Нет свед.	66,6	67,1	70,8	75,2	ММ, МЗ	3		
		8а	3700					2,5				
		8б	3520					4,7	ММ, ПЛ	1	Образовались в 2000-е годы	
		8в	3460			6,7	6,1	3,3				
		8г	3440			Нет свед.	0,9	1,7	ММ, МТК	2	Образовалось в 1980-е годы	
		8д	3345			16,3	8,3	2,5				4,4
		8е	3345			2,8	Нет свед.			ММ, МЗ	2	
		9	3460			Нет свед.	13,4	12,3	12,3			
№ 24, шлф., С	–36,0	10	3440		10,9	2,9	6,5	ММ, ПЛ	1	Образовалось в 1990-е годы		
		10а	3500			2,4	4,7					
		10б	3455				0,5	ММ МТК	1	Образовалось в 2000-е годы		
		10в	3300	Нет свед.	5,5	1,1						
<i>Река Джиль-дайрык</i>												
№ 41, кар.-дол., ЮВ	–45,5	11	3590	Нет свед.	24,0	17,9	22,2	ММ, ПЛ	2			
№ 42, дол., В	–24,5	12	3510	114,0	85,7	96,2	92,8	97,5	ММ, МЗ	3		
№ 39–40	–31,2	12а	3510	Нет свед.	33,6	11,0	5,7				Озеро исчезло в 2000-е годы	
№ 38, шлф., В	–42,7	13	3550		Нет свед.	7,8	3,5	6,7	ММ, МЗ	2		
		14	3540		12,2	11,7	19,1					
		14а	3490		27,2	7,7	5,1	7,3				
№ 37, 38	–44,4	15	3455	Нет свед.	17,6	32,4	35,8	ММ, МЗ				
№ 37, дол., З	–47,0	16	3590	Нет свед.	12,3	9,9	12,7	ММ, МЗ				
<i>Река Западный Сакоу</i>												
		17	3430	Нет свед.	17,4	24,0	30,9	40,4	СК, ПСК (ТК)	2		
		18	3160		14,2	17,6	17,9	12,1	СК, ПСК	1		
<i>Река Восточный Сакоу</i>												
№ 59, 60	–72,8	19	3190	Нет свед.	19,7	24,0	21,8	22,2	ММ, МЗ	2		
<i>Река Тарысай (КНР)</i>												
№ 15, кар.вис., СЗ	–90,0	20	3550	Нет свед.	34,1	49,0	36,4	41,9	ММ, МЗ	2	Образовалось в 1990-е годы	
		20а	3570			2,5	7,6					
№ 14, кар.-вис., СЗ	–73,3	21	3410	Нет свед.	70,2	70,6	61,8	75,6	ММ, МЗ	3		
		22	3610		55,7	59,4	48,7	56,7				
		23	3490		60,4	82,9	67,9	61,4				
<i>Река Улькен-Казан (КНР)</i>												
№ 7, кар.-вис., СЗ	–63,3	24	3380	112,0	130,6	159,0	181,7	179,4	ММ, МЗ	2		
		24а	3370	Нет свед.	25,9	17,6	44,9	47,2				
		25	3380		6,8	7,3	7,8	11,1				
№ 9, кар.вис., СВ	–90,0	25а	3500		68,9	82,9	96,8	100,3	ММ, МЗ	3		
№ 10, вис.-кар., В	–42,2	26	3490	74,0	25,7	24,0	31,4	29,8	ММ, МЗ	2		
№ 10–12	–50,0	27	3310	Нет свед.	87,0	96,1	110,0	101,0	ММ, МЗ	3		
		28	3470				112,9					
		28а	3550				14,9					
№ 12, кар.-дол., С	–54,0	29	3390	Нет свед.	8,4	12,3			ММ, ПЛ	2	Образовалось в 2000-е годы	
											Озеро исчезло в 1990-х годах	

*1. Нет свед. – нет сведений. 2. Ландшафт местности, где расположено озеро: ММ – поверхность молодой (современной) морены, сложенной погребёнными льдами и мёрзлыми породами; МЗ – старая задернованная морена, сложенная мёрзлыми породами; СК – склоновые отложения. 3. Тип озера: ПЛ – приледниковое гляциальное озеро, расположенное в углублении рельефа у края открытого ледника или на его поверхности; МЗ – моренно-западное гляциальное озеро, расположенное в западине рельефа морены (молодой, старой, древней); МТК – моренно-термокарстовое озеро, расположенное в термокарстовом провале на путях внутриморенных каналов стока или в зоне разрывных нарушений погребённых льдов; ПСК – присклоновое озеро, расположенное в западине мёрзлых склоновых отложений. 4. Характеристика степени прорывной опасности гляциального озера: 1 – практически не опасное озеро при площади до 10 тыс. м², 2 – потенциально опасное озеро при площади до 50 тыс. м²; 3 – особо опасное озеро при площади 50–100 тыс. м² и более.

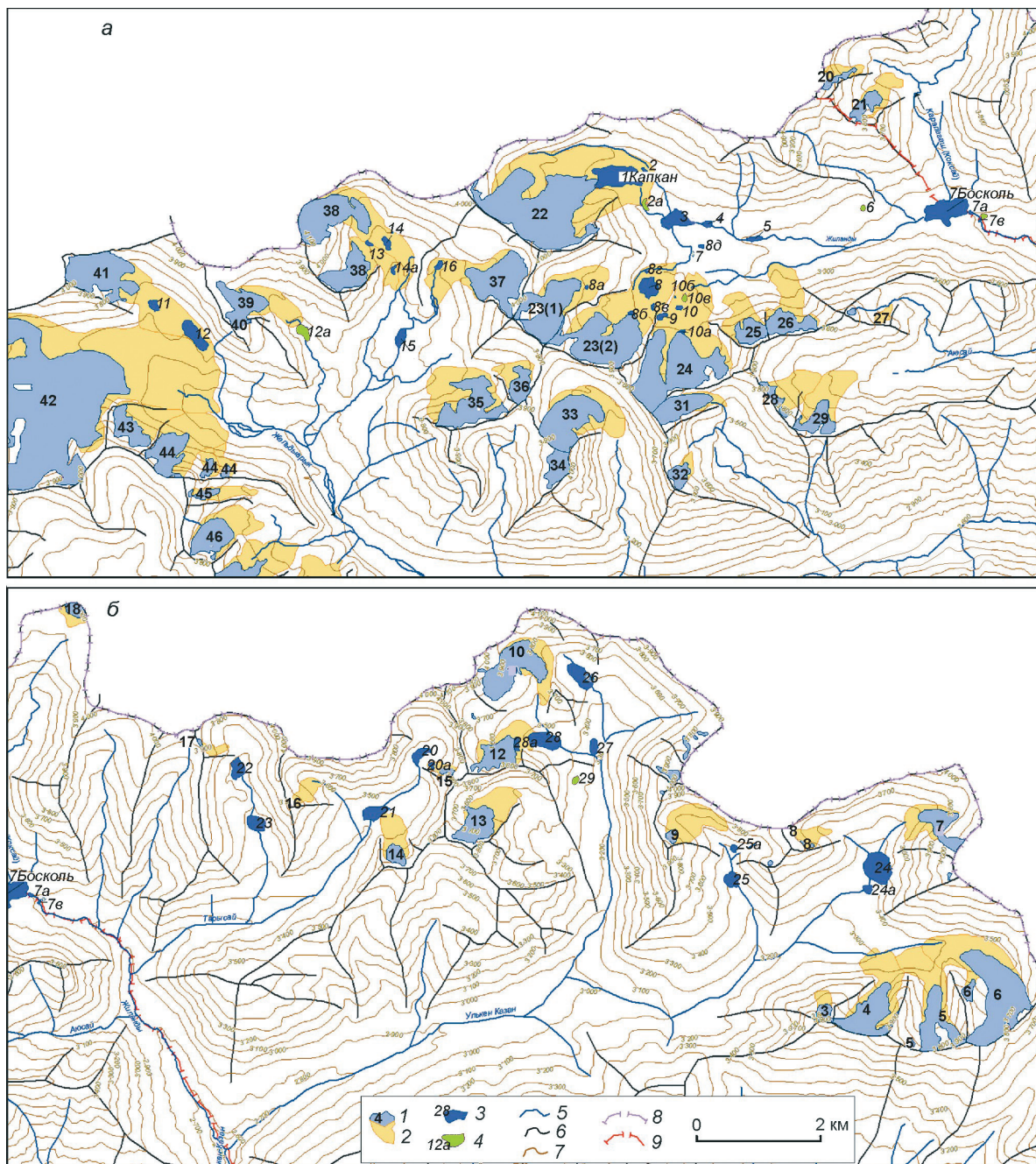


Рис. 2. Карта гляциальных озёр верховьев бассейна реки Хоргос: *а* – бассейны рек Джланды и Джильдайрык (Казахстан); *б* – бассейны рек Улькен-Казан и Тарысай (КНР); 1 – ледники; 2 – современные морены; 3 – озёра; 4 – озёра, исчезнувшие в период с 1990 по 2011 г.; 5 – реки; 6 – хребты; 7 – изолинии; 8 – государственные границы до 1980-х годов; 9 – современные государственные границы

Fig. 2. Map of glacial lakes of upper reaches of Khorgos river basin: *a* – Djlandy and Djildayryck river basins (Kazakhstan); *b* – Ulken Kazan and Tarysai river basins (China); 1 – glaciers; 2 – recent moraines; 3 – lakes; 4 – lakes disappeared in 1990–2011; 5 – rivers; 6 – ranges; 7 – isolines; 8 – state boundaries before 1980; 9 – modern state boundaries

sat 7 ETM+ от 04 сентября 2000 г., Landsat 7 ETM+ от 11 сентября 2011 г.; результаты полевых обследований озёр в 2011 г. Статистическая информация по гляциальным озёрам бассейна р. Хоргос,

взятая из указанных источников, дана в табл. 1, а их современное расположение показано на рис. 2.

Основные параметры гляциальных озёр (см. табл. 1) определены с помощью следующих

Таблица 2. Изменение площади оледенения в частных бассейнах р. Хоргос

Бассейн	Площадь оледенения, км ²					Изменение площади оледенения за 1956–2011 гг.		
	1956 г.	1972 г.	1990 г.	2000 г.	2011 г.	км ²	%	%/год
Улькен-Казан	8,9	6,075	4,753	3,876	2,62	–6,280	–70,6	1,28
Тарысай	1,3	0,8	0,419	0,199	0,114	–1,186	–91,2	1,66
Жиланды	7,2	6,563	5,326	4,603	3,971	–3,229	–44,8	0,82
Жельдыарык	20,1	17,75	13,037	11,069	9,474	–10,626	–52,9	0,96
Сакоу	0,9	0,622	0,363	0,288	0,219	–0,681	–75,7	1,38
Восточный Сакоу	0,9	0,716	0,383	0,325	0,229	–0,671	–74,6	1,36
<i>Всего</i>	39,300	32,526	24,281	20,360	16,627	–22,673	–57,7	1,05

источников: 1) номер ледника, его тип и экспозиция – на основе данных Каталога ледников СССР по состоянию на 1956 г. [2]; остальные параметры ледников и озёр – по данным непосредственных измерений или по крупномасштабным топографическим картам и космическим снимкам; 2) площади озёр рассчитывались с использованием ГИС-программы MapInfo на основе картографических материалов и данных дистанционного зондирования; 3) степень прорывоопасности озера оценивалась на основе измеренных или рассчитанных площадных характеристик озера, а также внешней оценки состояния его вододерживающей фронтальной плотины. Правильнее было бы оценивать прорывную опасность озёр по их объёмам, однако в высокогорьях непосредственные измерения объёмов озёр выполнены лишь для единичных случаев, а расчёт этих объёмов по известным эмпирическим формулам [3, 5, 6 и др.] для исследуемого региона ($V = f(F)$) даёт ошибки в 50% и более.

Результаты исследований

Анализ данных табл. 1 позволяет сделать следующие выводы. Гляциальные озёра в бассейне р. Хоргос начали появляться в 1930-х годах в связи с деградацией горного оледенения, и к настоящему времени масштаб этого процесса достиг апогея. Гляциальные озёра возникают и развиваются практически у всех морфологических типов ледников: долинных, шлейфовых, карово-долинных, карово-висячих и висячих с экспозициями от западных до юго-восточных (по часовой стрелке). Нет и не было гляциальных озёр только в секторе от западных до юго-восточных (против часовой стрелки), т.е. на наиболее тёплых экспозициях. Степень деградации ледников, на моренах которых появились гляциальные озёра, колеблется от 25 до 90%. При этом

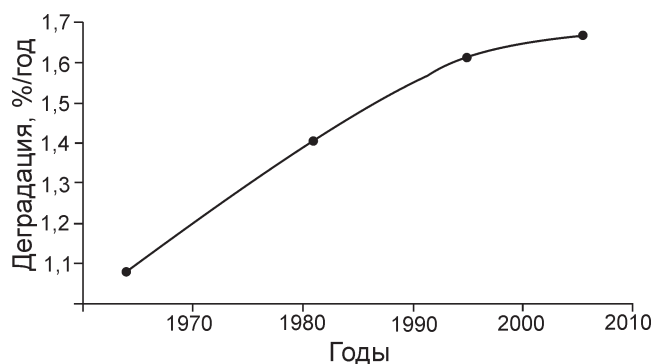


Рис. 3. Изменение площади ледников частных бассейнов р. Хоргос

Fig. 3. Rates of the area glaciers degradation of local basins of Khorgos River

средний темп деградации в рассматриваемых бассейнах составляет около 1% в год. Правда, в последнее десятилетие темпы деградации оледенения по сравнению с предыдущими периодами замедлились [4] (табл. 2, рис. 3).

В бассейне р. Хоргос встречаются гляциальные озёра четырёх типов: приледниковые, моренно-западинные, моренно-термокарстовые и присклоновые. Они расположены в различных ландшафтных зонах (в том числе исчезнувшие озёра) на разной высоте. На современных моренах озёра находятся на высотах 3260–3700 м (в среднем на высоте 3470 м над ур. моря); присклоновые озёра расположены в диапазоне высот 3160–3610 м (в среднем на высоте 3420 м); озёра на старых моренах – в интервале высот 3090–3450 м (в среднем на высоте 3290 м). За рассматриваемый период с 1956 по 2011 г. в бассейне р. Хоргос возникли и уже прекратили своё существование семь озёр, в том числе шесть на современных моренах и одно – на старой морене.

При исследовании гляциальных озёр установить каких-либо закономерностей в их возник-

Таблица 3. Динамика развития гляциальных озёр в бассейне р. Хоргос в интегральном выражении*

Типы гляциальных озёр	1956 г.	1978 г.	1990 г.	2000 г.	2011 г.
На моренах:					
современных	3/275	14/546	18/736	21/733	22/818
старых	3/485	13/590	10/676	14/674	14/705
На склонах	Нет свед.	4/148	4/184	4/165	4/171
<i>Всего</i>	6/760	31/1284	32/1596	39/1572	40/1694

*В числителе дано число озёр, в знаменателе – их суммарная площадь, тыс. м².

новении и развитии не удаётся, скорее, факты их наличия в пространстве и во времени – случайные. Поэтому была сделана попытка выявить эти закономерности путём анализа их интегральных показателей, которые представлены в табл. 3.

По данным табл. 3 чётко прослеживаются следующие две общие тенденции: 1) на современных моренах до 1980-х годов гляциальные озёра существенно увеличивались как по числу, так по и суммарной площади, а с 1990-х годов такая тенденция практически не наблюдалась; 2) гляциальные озёра на старых моренах и склонах, очевидно, имеют крайне неактивную динамику. Основываясь на выявленных закономерностях, можно утверждать, что в бассейне р. Хоргос, как и в Заилийском Алатау [8], гляциальные озёра развиваются по определённому сценарию. Так, в горно-ледниковых регионах Казахстана гляциальные озёра, как правило, связаны с климатически обусловленной деградацией оледенения. В этот период на современных моренах и на ледниках озёра возникают различными путями: образованием термокарстовых провалов и трещин в погребённых или мёртвых льдах или мёрзлых грунтах; в результате обрушения кровли внутриморенных каналов стока на современных моренах; при протаивании поверхности фронтальных морен в местах с наименьшей толщиной моренного чехла у концов ледников. Появившиеся таким образом озёра существуют в основном в тёплое время года – с мая по сентябрь, однако многие из этих озёр частично заполнены круглый год.

В течение ряда лет, иногда десятилетий, гляциальные озёра морфологически изменяются. Одни озёра после появления на следующий год или через несколько лет исчезают, другие заполняются на протяжении многих лет, оставаясь практически в стабильном состоянии; третьи, напротив, значительно увеличиваются в размерах, а затем прорываются. Чаще всего увеличи-

ваются в размерах озёра, возникшие у концов ледников. Развиваются такие озёра, как правило, в два этапа. На первом этапе увеличивается в основном площадь озёра, продвигаясь вслед за деградирующими концами ледников. На этой стадии рост глубин водоёмов незначителен из-за низких температур воды в озёрах ($-1 \div -2$ °C), что связано с охлаждающим действием ледникового ложа, поступлением в озёра холодной (около 0 °C) воды с ледников и частой сменой водных масс в водоёмах в результате их малых размеров. Второй этап в развитии приледниковых озёр наступает с момента «зачехления» концов ледников абляционными моренами и стабилизации в связи с этим площадных изменений водоёмов. В дальнейшем в озёра поступает более прогретая (до 1–2 °C) талая вода с повышенным количеством твёрдых наносов, которые, откладываясь в озёрах, изолируют от погребённых льдов их ложе. Этот процесс способствует прогреву воды в водоёмах нередко до 8–10 °C и активизации термокарстовых процессов, которые протекают в основном спорадично в местах сброса воды во внутриморенные каналы стока. В таких местах водоёмы углубляются до 10–15 м, а нередко – до 20–30 м. Именно на этой стадии озёра становятся прорывоопасными. После одного или серии прорывов озёра обычно исчезают, а на их месте остаются своеобразные озёрные котловины или так называемые зандровые (песчаные) поля.

Полный цикл развития проходят далеко не все озёра. Многие из них деградируют без прорывов при перекрытиях в водоёмах донных каналов стока или, напротив, при достаточном увеличении их пропускной способности. В первом случае озёра полностью или частично заиливаются и образуются зандровые поля, а во втором – на месте озёр, как и после их прорыва, остаются пустые озёрные котловины. Возможно также и возрождение озёр в бывших



Рис. 4. Озеро Капкан (справа язык ледника № 22) с видом на долину правой составляющей р. Хоргос. Сентябрь 2011 г. Фото А. Кокарева

Fig. 4. Lake Kapkan (to the right is the tongue of glacier № 22) with the view to the valley of the right inflow of Khorgos river. September 2011. Photo by A. Kokarev

котловинах. Как правило, возродившиеся озёра существуют недолго и опорожняются через 1–2 месяца после заполнения в весеннее время. До 90% случаев опорожнения возродившихся озёр происходит путём прорывов.

Если взять за основу указанные теоретические предпосылки, то можно достаточно уверенно констатировать, что гляциальные озёра бассейна р. Хоргос вошли во вторую – уже прорывоопасную стадию развития, когда объём озёр увеличивается в основном за счёт их углубления. Это подтверждают данные табл. 1, а также результаты экспедиционных обследований бассейна р. Хоргос в 2011 г., выполненные специалистами ГУ «Казселезащита» и Института географии Казахстана, которые позволили выявить и непосредственно обследовать крайне опасное гляциальное озеро, названное впоследствии Капкан (рис. 4). Это озеро имеет относительно большие размеры для исследуемых горно-ледниковых условий: его длина 830 м, максимальная ширина 320 м, средняя глубина 19 м, максимальная глубина 41,2 м, площадь 214,1 тыс. м². На ложе озера, по данным батиметрических измерений, обнаружены две ярко выраженные фокусные воронки, глубиной до 40 м, указывающие на наличие внутриморенной фильтрации озёрных вод под телом плотины.

По внешним признакам на оз. Капкан похожи и другие озёра, отмеченные в табл. 1. Таким образом, мы считаем, что в настоящее время в бассейне р. Хоргос есть шесть прорывоопасных озёр, включая оз. Капкан, которые могут прорваться уже в самые ближайшие годы. Чтобы ответить на вопросы о возможных масштабах и механизмах прорывов озёр, необходимы их дополнительные полевые обследования.

Теоретически прорывные расходы даже в несколько сотен кубических метров в секунду ни в верховьях, ни в среднем течении р. Хоргос не смогут вызвать селевые процессы из-за малых русловых уклонов (3–5°) [7]. Однако натурные исследования показали, что при прорыве оз. Капкан паводковая волна стока может вызвать формирование наносоводных потоков повышенной мощности в результате прорыва четырёх расположенных ниже озёр (включая оз. Босколь) (см. рис. 4). Реальную опасность будет представлять собой завальное оз. Казанколь, расположенное в среднем течении реки на высоте 2218 м над ур. моря, объёмом около 6 млн м³. Здесь при вхождении прорывного паводка в озеро может быть разрушена завальная плотина, и при этом, согласно данным [1], может возникнуть наносоводный поток с расходами около 6 тыс. м³/с, который будет чрез-

вычайно опасен расположенным ниже населённым пунктам и строящемуся МЦПС «Хоргос».

В заключение отметим, что все возможные варианты возникновения катастрофических процессов, связанные с прорывами гляциальных озёр, должны быть просчитаны при проектировании и строительстве системы противоселевой защиты объектов и территорий, расположенных на предгорной равнине бассейна р. Хоргос, с учётом современных требований по управлению селевыми рисками [5].

Литература

1. Карта селевой опасности территории Республики Казахстан. Алматы: изд. Главного управления по гидрометеорологии РК, КазНИИ мониторинга окружающей среды и климата, РГП «Казселезащита», 1996.
2. Каталог ледников СССР: Т. 13. Вып. 2. Ч. 4. Бассейны рек Хоргоса, Усека. Л.: Гидрометеоздат, 1975. 84 с.
3. Керемкулов В.А. Морфометрические характеристики и классификация моренных озёр // Селевые потоки. 1985. № 9. С. 36–47.
4. Кокарев А.Л., Шестерова И.Н. Современное состояние оледенения и погребённых льдов Южного Жетысуского (Джунгарского) Алатау // Вопросы географии Сибири. 2009. Вып. 27. С. 62–67.
5. Медеу А.Р. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Основы управления. Алматы: изд. ТОО «Арко», 2011. 282 с.
6. Попов Н.В. Особенности морфометрии приледниковых озёр в Заилийском Алатау // Проблемы противоселевых мероприятий. Алма-Ата: Казахстан, 1988. С. 31–37.
7. Руководство по изучению селевых потоков. Л.: Гидрометеоздат, 1976. 144 с.
8. Plekhanov P.A. Long-Term Forecast of Mudflow Hazard of Snow-Glacial Zone in the Mountains of South-East Kazakhstan // The Soviet-China-Japan Symposium and Field Workshop on Natural Disasters. Shanghai, Lanchzhou, Urumqi, Alma-Ata, Dushanbe, 1991. P. 395–399.

Summary

The river Khorgos (in Kazakhstan – Korgas) is a boundary river between Kazakhstan and China. Its basin is located in the central part of southern slope of Dzhungarskiy (Zhetysu) Alatau range. According to agreement between Kazakhstan and China at the boundary transition of Khorgos in the floodplain of the river Khorgos the large Center of Frontier Cooperation is erected. Estimation of safety of the mentioned object including connection with possible glacial lakes outbursts has the importance of political-economical value. Nowadays development of glacial lakes in the overhead part of Khorgos river basin has reached apogee. As a roof we can mention the maximum of total glacial lakes area (1,7 million m² in 41 lakes) and emptied kettles of former glacial lakes. Six lakes reached highly dangerous outburst stage: the volume of lakes reached some million m³, maximum depth up to 30–40 m. Focal ground filtration of the water from lakes takes place. Development of glacial lakes in Khorgos river basin will continue, and these lakes give and will give real danger for the Center of Frontier Cooperation in case of outburst of naturally dammed lake Kazankol with the similar mechanism of Issyk lake outburst, occurred in 1963 in ZailiyskiyAlatau (Ile Alatau).