

УДК 551.435.3:551.435.126 (23.0)

## МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ И ДИНАМИКА РЕЧНЫХ ДЕЛЬТ ГОРНЫХ ОЗЕР

© 2020 г. В. Н. Коротаев<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет,  
Москва, Россия

\*E-mail: vlaskor@mail.ru

Поступила в редакцию 19.02.2019 г.

После доработки 06.11.2019 г.

Принята к публикации 16.06.2020 г.

На основе анализа опубликованных источников, топографических карт и космических снимков получены новые данные по гидрологическому режиму, морфологии, размерам и динамике дельт рек, впадающих в горные озера Евразии (Байкал, Иссык-Куль, Сон-Куль, Чатыр-Куль, Севан, озера Монголии). Большинство малых рек формируют при впадении аллювиальные выступы с веером протоков. Крупные реки, впадающие в долинныя заливы, образуют многорукавные лопастные дельты заполнения (озеро Иссык-Куль). Меньше распространены блокированные устья, дельты заполнения устьевых лагун и дельты выдвигания на открытом взморье (озеро Байкал, некоторые озера Монголии).

Наиболее изученными являются дельты рек, впадающие в озера Байкал и Иссык-Куль. В течение плейстоцена в устье Селенги было сформировано три аллювиальных конуса выноса общей площадью 1.8 тыс. км<sup>2</sup>: 1) среднеплейстоценовый на отметках 12–13 м над урезом 457 м БС; 2) позднеплейстоценовый на отметках 8–12 м и 3) голоценовый на отметках 0.5–2 м выше уреза Байкала. Река Селенга за последние 7–8 тыс. лет выдвинула свой аллювиальный конус выноса на расстояние около 20 км в озеро. За период 1980–2013 гг. прироста дельты не наблюдается.

Трансгрессивно-регрессивный характер колебаний уровня оз. Иссык-Куль оказал сильное влияние на формирование гидрографической сети иссыккульского бассейна и на динамику устьев рек. Глубокая регрессия в конце позднего плейстоцена привела к сокращению площади озера на 2000 км<sup>2</sup>, врезанию рек иссыккульского бассейна в отложения шельфа и выработке эрозионных речных долин вдоль всего периметра озера, сохранившихся до настоящего времени в виде затопленных подводных долин. В современную стадию развития озера большинство рек иссыккульского бассейна прорезало приустьевые пересыпи и на протяжении последних 150 лет формируют разнообразные морфодинамические типы дельт (от аллювиальных конусов выноса на открытом побережье до многорукавных дельт заполнения ингрессионных заливов). Устьевое удлинение наиболее многоводных рек за этот период составило от 1 до 3 км. Увеличение площади речных дельт за последние 30 лет (суммарный эффект от снижения уровня и аккумуляции аллювия) составило от 0.01 до 0.07 км<sup>2</sup>.

Несколько крупных рек России (Верхняя Ангара, Селенга) и Монголии (Тэйсин-Гол, Кобдо-Гол) имеют площади дельт от 200 до 500 км<sup>2</sup>, площади остальных дельт не превышают 50 км<sup>2</sup>. Современная скорость выдвигания большинства озерных дельт за 30 последних лет вследствие крайне незначительного стока взвешенных наносов очень мала, за исключением некоторых крупных рек.

*Ключевые слова:* озеро, дельта, морфогенетические типы, современная динамика

DOI: 10.31857/S0435428120040069

## ВВЕДЕНИЕ

Большинство крупных горных озер, расположенных на территории России, Киргизии, Армении и Монголии, хорошо исследованы в отношении их гидрометеорологического режима, геологической истории развития, донных отложений, водной растительности, ихтиофауны [1–7]. Однако опубликованных работ по речным дельтам этих озер нет, за исключением нескольких статей по дельте р. Селенги и дельтам крупных рек бассейна озера Иссык-Куль [8–10].

Автор, имея огромный опыт работы в низовьях крупных рек России, основной целью поставил изучить морфологическое строение и оценить направленность и интенсивность современных процессов дельтообразования в устьях рек, впадающих в горные озера России, республик бывшего СССР и Монголии.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве информационной основы исследования использован массив опубликованных гидрологических, гидрографических и геолого-геоморфологических данных, а также результаты экспедиционных работ географического факультета МГУ на озерах России и Киргизии. Методы исследования базируются на применении апробированных приемов геоморфологического картографирования дельтовых равнин, а также современных геоинформационных технологий с использованием разновременных картографических и космических источников.

По опубликованным данным гидрометрических постов<sup>1</sup>, а также картометрическим подсчетам автора была составлена сводная таблица гидролого-морфологических показателей озер (длина, глубина, площадь, амплитуда уровня) и впадающих в них рек (площади бассейна, длина, сток воды и наносов, мутность) и размеров озерных дельт (табл. 1).

Геоморфологическое строение дельт озер, подсчеты их площадей и современная динамика изучались на основе анализа, сопоставления и картометрии топографических карт масштаба 1:100000 и космических снимков Landsat-7 и Google (табл. 2). Статья иллюстрирована геоморфологическими картами речных дельт наиболее хорошо изученных горных озер Байкал (Россия) и Иссык-Куль (Киргизия) (рис. 1–3).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основе анализа топографических карт, космических снимков и полевых работ были выделены морфогенетические типы дельт и морфодинамические типы устьев рек, впадающих в озера. В горных озерах (Байкал, Иссык-Куль, Сон-Куль, Чатыр-Куль, Севан, озера Монголии) при впадении большинства малых рек формируются *аллювиальные выступы с веером проток*. Крупные реки, впадающие в долинные заливы, образуют *многорукавные лопастные дельты заполнения* (озеро Иссык-Куль). Меньше распространены *блокированные устья, дельты заполнения устьевых лагун и дельты выдвигания на открытом взморье* (озеро Байкал, некоторые озера Монголии).

Результатом картометрических работ стали подсчеты площадей и темпы прироста (или деградации) речных дельт озер. На базе космических снимков *Landsat TM+* (2000 г., уровень озера – 1606.4 м абс.) и топографических карт 1:100000 масштаба (состояние местности на 1970–1980 гг., уровень озера – 1606.5 и 1607.9 м абс.) составлены крупномасштабные геоморфологические карты отдельных участков побережья озера Иссык-Куль; подсчитаны площади аккумуляции в устьях ряда рек, впадающих в озера Иссык-Куль и Байкал за период 1971–2013 гг. (табл. 2).

<sup>1</sup> Ресурсы поверхностных вод (Основные гидрологические характеристики), Государственный водный кадастр (Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши).

Таблица 1. Гидролого-морфологические показатели озер, водохранилищ и впадающих в них рек

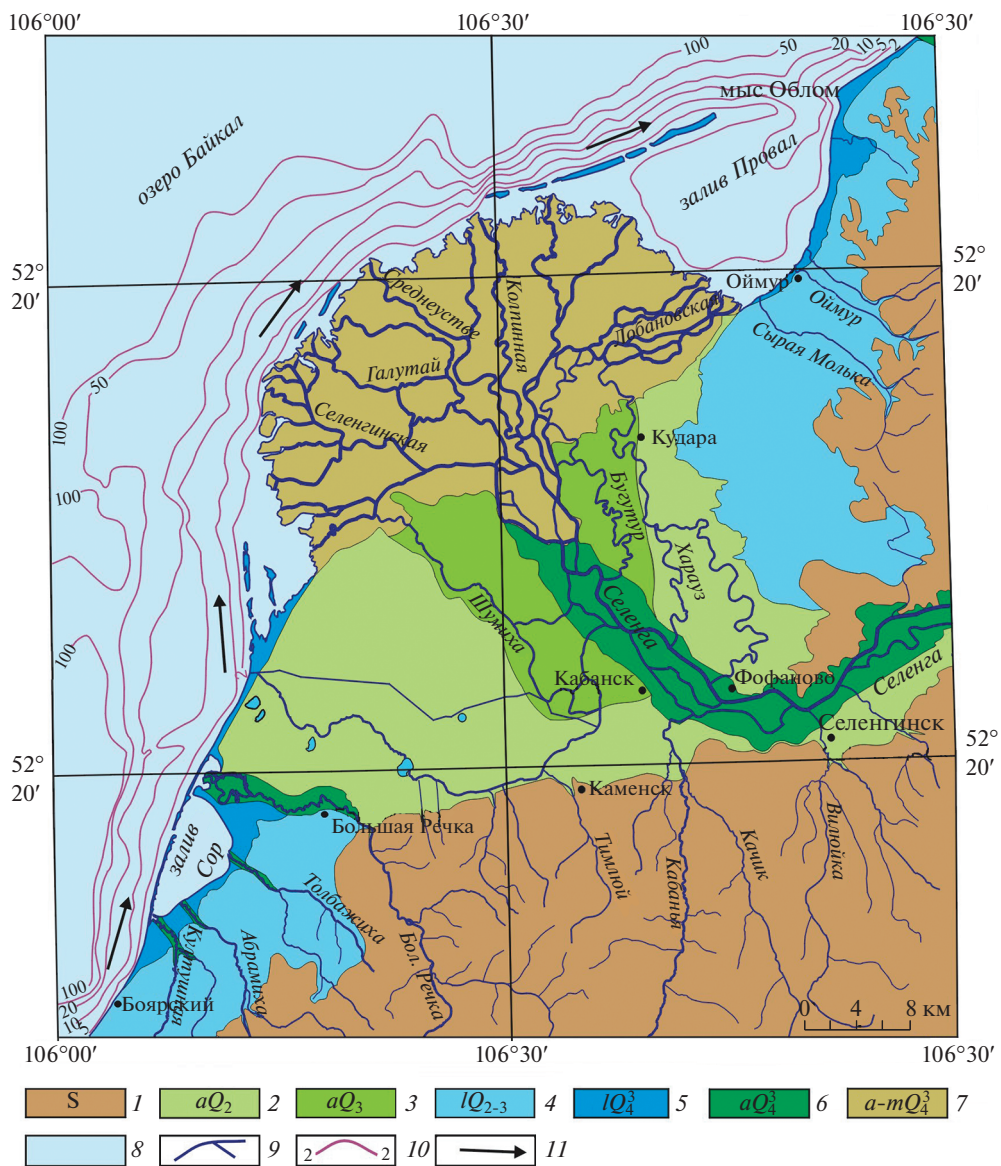
Название водного объекта, реки	Гидрологические параметры				Морфологические параметры		
	длина озера (водохранилища), км/ширина, м км/глубина, м (максимальная)	площадь озера (водохранилища), км <sup>2</sup> /полный объем, км <sup>3</sup> /амплитуда уровня, м	площадь бассейна реки, тыс. км <sup>2</sup> /длина реки, км	площадь дельты, км <sup>2</sup>	средний расход воды, м <sup>3</sup> /с/сток воды, км <sup>3</sup>	средний расход наносов, кг/с/сток наносов, тыс. т	средняя мутность речных вод, г/м <sup>3</sup> (максимальная)
<b>РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ</b>							
Байкал	621/79.4/744 (1642)	31722/23000/1					
Селенга			447/1024	547.20	944/29.8	77.2/2435	81.8
Баргузин			21.1/480	15.78	130/4.10		
Верхняя Ангара			21.4/438	377.30	255/8.04		
Голоустная			2.3/122	12.80	134/4.23		
Сарма			0.787/66	11.33			
Снежная			3.02/173	24.40	8/0.25		
Тья			2.98/125	7.70	38.8/1.22		
Фролиха			—/18	1.23			
Анга			1.01/99	3.76	2.64/0.08		
Рель			0.579/50	9.37	13.04/0.41		
Слюдянка			0.073/21	8.42	0.82/0.02		
Солзан			0.154/34	9.20			
Утулик	0.965/86	13.16	16.39/0.52				
<b>АРМЕНИЯ</b>							
Севан	78/56/26.8 (79.7)	1238/33.2					
Раздан			7.31/146	2.62	16/0.50	2.3/72	144
Дакнагет				2.63			
Гаварагет			480/24	2.82	3.56/0.11	0.35/11	98
Аргичи			384/51	0.40	5.16/0.16	0.14/4.4	27.1
Варденис			11.21.3	0.94			
<b>КИРГИЗСТАН</b>							
Иссык-Куль	178/до 60/278.4(702)	6236/1740/0.3					
Тюп			1.13/—	4.70	10.84/0.34	2.4/75.7	221
Джергалан			2.06/—	11.17	21.3/0.67	2.97/94	139 (430)
Тон (Аксай)			0.742/—	0.63	5.2/1.64	0.6/18.9	(1153)
Актерек (Орде-кучар)			0.722/—	0.3	4.07/0.13	—/—	
Ирдык			0.091/—	0.57	1.34/0.042	2.46/77.6	(1835)
Джуука			0.516/—	0.54	6.31/0.2	0.55/17.3	87

Таблица 1. Продолжение

Название водного объекта, реки	Гидрологические параметры				Морфологические параметры		
	длина озера (водохранилища), км/ширина, м/глубина, м (максимальная)	площадь озера (водохранилища), км <sup>2</sup> /полный объем, км <sup>3</sup> /амплитуда уровня, м	площадь бассейна реки, тыс. км <sup>2</sup> /длина реки, км	площадь дельты, км <sup>2</sup>	средний расход воды, м <sup>3</sup> /с/сток воды, км <sup>3</sup>	средний расход наносов, тыс. т/с/сток наносов, тыс. т	средняя мутность речных вод, г/м <sup>3</sup> (максимальная)
Чон-Кызылсу			0.302/–	1.11	4.89/0.15	0.6/19	123
Барскоон			0.352/–	0.07	4.28/0.13	0.9/28.4	210 (880)
Тамга			0.135/–	0.15	1.14/0.04	0.002/0.06	1.8
Сон-Куль	28.3/16.8/до 13	270/2.64/–					
Ак-Таш				4.76			
Чатыр-Куль	23/10/до 20.8	153/0.61/0.24					
Кёкайгыр				1.20	3/0.055		
<b>МОНГОЛИЯ</b>							
Айраг-Нуур	16/9 (13)/6 (10)	143/0.82/–					
Захван-гол				45.12	27/0.85		
Цагаан-гол				20.84			
Ачит-Нур	24/12 (18)/2 (5)	299/0.665/–					
Бух-Мурэн-Гол				121.77			
Алтан-Галасны-Хэв				71.54			
Убсу-Нур	84/79/10.1 (20)	3350/35.7/–					
Тэсийн-Гол				469.95			
Нарийны-Гол				81.72			
Хандагайты-Гол и Улатай				223.46 (193.72)			
Урэг-Нур	20/12 (18)/27 (42)	238/6.42/–					
Каргы			1.49/92	48.24			
Хара-Ус-Нур	78/26/2.1 (4.5)	1852/3.43/–					
Кобдо-Гол				474.53	75/2.4		
Хубсугул	133.4/19.6	2620/337.5					
Мунгараг и Хотны-Гол				31.75			
Их-Хороо-Гол	(39.5)/121.2 (138.3)			7.24			
Жаргалант-Гол				3.68			
Баян-Гол				2.07			
Ханх-Гол				6.21			
Хонгир-Боош-Гол				4.30			

Таблица 2. Современная динамика некоторых озерных дельт

Озеро, река	Период наблюдений, годы	Отметка уреза водоема, м БС		Величина изменения уровня, м (±)	Площадь дельты км <sup>2</sup>		Скорость прироста дельты, км <sup>2</sup> /год (±)
		в начале периода	в конце периода		в начале периода	в конце периода	
<b>РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ</b>							
Байкал	1980–2013	455.9	458.0	+2.1			Подтопление (–0.78)
Селенга					552.09	526.37	
<b>КИРГИЗСТАН</b>							
Иссык-Куль	1971–2013	1607.59	1607.30	–0.29			Осушение + аккумуляция (+0.020)
Тюп						4.7	
Иссык-Куль	1971–2003	1607.59	1606.7	–0.89	3.8		Осушение + аккумуляция (+0.012)
Джергалан					10.8	11.2	
Иссык-Куль	1981–2000	1606.70	1606.40	–0.30	Осушение + аккумуляция за период (+0.07)		
Чон-Кызылсу							



**Рис. 1.** Геоморфологическая карта дельты р. Селенга (Россия).

1 – эрозивно-денудационный рельеф среднегорий; аллювиальные конуса выноса: 2 – среднеплейстоценовый, 3 – позднеплейстоценовый; озерные террасы: 4 – высокая (50–60 м), 5 – низкая (1–5 м); 6 – пойменно-русловой комплекс; 7 – голоценовый дельтовый конус выноса; 8 – водные объекты; 9 – гидрографическая сеть; 10 – изобаты, м; 11 – направление потока вдольбереговых наносов.

## ГОРНЫЕ ОЗЕРА РОССИИ, АРМЕНИИ, КИРГИЗИИ И МОНГОЛИИ

Генезис большинства горных озер тектонический – Байкал (Россия), Севан (Армения), Иссык-Куль, Чатыркуль, Сонкуль (Киргизия), Яйраг-Нуур, Ачит-Нуур, Убсу-Нуур, Урэг-Нуур, Хара-Ус-Нуур, Хубсугул и др. (Монголия). Они располагаются в наиболее

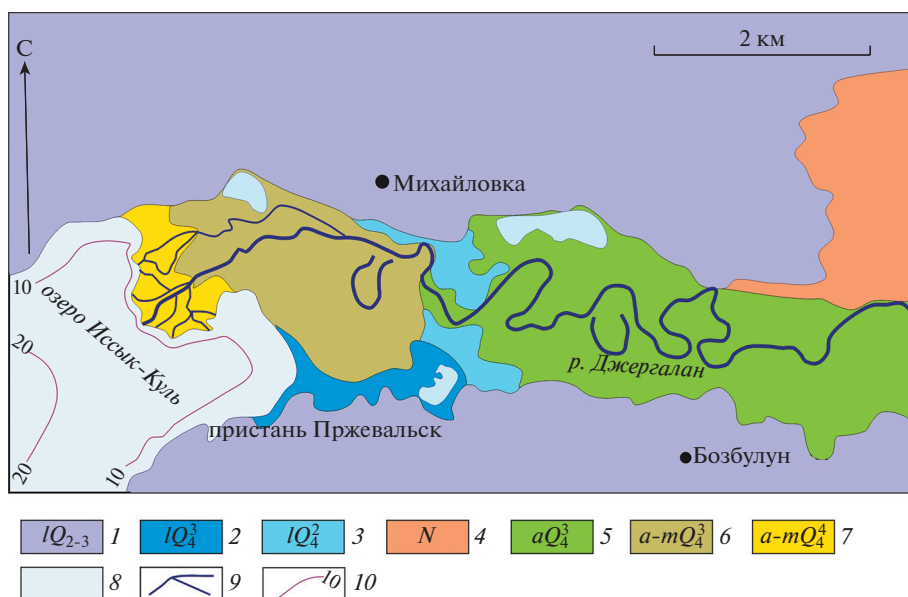


Рис. 2. Геоморфологическая карта дельты р. Джергалан (Киргизия).

Озерные террасы: 1 – средне-позднеплейстоценовая, 2 – позднеголоценовая, 3 – современная; 4 – увалистые гряды; 5 – пойменно-русловой комплекс; дельтовые поймы: 6 – старая, 7 – молодая; 8 – водные объекты; 9 – гидрографическая сеть; 10 – изобаты, м.

пониженных частях тектонических депрессий, окруженных горными сооружениями. Бессточные горные озера аридной зоны имеют очень неустойчивый уровень, связанный с климатическими циклами увлажнения и с динамикой горно-долинных оледенений.

Абсолютные отметки урезов горных озер превышают 300 м БС (Балтийская система).

**Озеро Байкал** располагается в Байкальской рифтовой впадине на отметке 457 м БС (по топографической карте 1980 г.). Из впадающих 336 рек только две реки – Селенга и Верхн. Ангара формируют крупные дельты: первая – многорукавную дельту выдвижения площадью 552.1 км<sup>2</sup>, ооконтуренную цепью озерных береговых баров; вторая – дельту заполнения устьевой лагуны площадью 377.3 км<sup>2</sup> [8].

В течение плейстоцена в устье Селенги было сформировано три аллювиальных конуса выноса общей площадью 1.8 тыс. км<sup>2</sup>: 1) среднеплейстоценовый на отметках 12–13 м над урезом озера; 2) позднеплейстоценовый на отметках 8–12 м и 3) голоценовый – 0.5–2 м выше уреза Байкала.

Река Селенга за последние 7–8 тыс. лет выдвинула свой аллювиальный конус выноса на расстояние около 20 км в озеро. За период 1980–2013 гг. по данным сопоставленного анализа топографических карт и космических снимков прироста дельты не наблюдался. Наоборот, в результате недавнего подъема уровня озера произошло подтопление внешнего края дельты в сорах и уменьшение ее площади на 25.7 км<sup>2</sup>, хотя огромное количество взвешенных наносов аккумулируется внутри самой дельты (рис. 1).

Верхняя Ангара в настоящее время, заполнив своими отложениями огромную устьевую лагуну, сообщается с озером через блокированное однорукавное русло на открытом взморье.

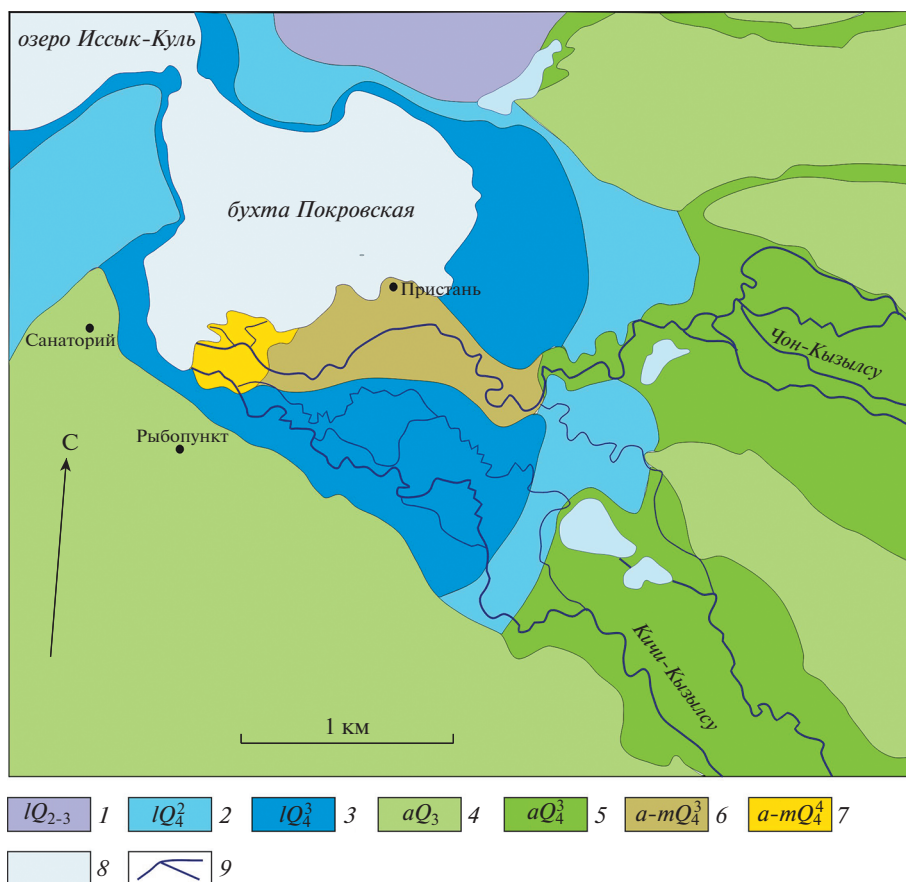


Рис. 3. Геоморфологическая карта дельты р. Чон-Кызылсу (Киргизия).

Озерные террасы: 1 – средне-позднеплейстоценовая, 2 – позднеголоценовая, 3 – современная; 4 – верхнеплейстоценовый аллювиальный конус выноса; 5 – пойменно-русловой комплекс; дельтовые поймы: 6 – старая, 7 – молодая; 8 – водные объекты; 9 – гидрографическая сеть.

Большинство небольших рек бассейна оз. Байкал в настоящее время формируют аллювиальные конусы выноса на открытом взморье площадью не более 4–24 км<sup>2</sup>.

Высокогорное **озеро Иссык-Куль (Киргизия)** (отметка уреза – 1606.15 м БС на 2011 г.) располагается на дне обширной межгорной впадины – Иссыккульского мегасинклинория.

Первые детальные геоморфологические исследования на Иссык-Куле проводились в 60–80-х годах прошлого столетия [2, 4, 9]. Подробно описаны морфоструктура и типы рельефа Иссык-Кульской котловины и обрамляющих ее гор, морфология и динамика береговой зоны озера. Геоморфологические работы, связанные с изучением динамики речных дельт, приходятся на 1990–1992 гг. [10]. В последнее десятилетие появились новые возможности изучения динамики береговой зоны с использованием ГИС-технологий и спутниковой информации.

Палеогеографический анализ озерных отложений свидетельствует, по крайней мере, о 4 крупных трансгрессивно-регрессивных фазах Иссык-Куля, связанных с периодами оледенений и межледниковий. Данные радиоуглеродных определений возраста озерных отложений позволяют утверждать, что в период с 26 по 10 тыс. л. н. уровень



озера находился выше современного на отметках 1640–1660 м БС, а в промежуток времени от 10 до 1.5 тыс. л. н. его уровень занимал наиболее низкое положение на отметке 1540 м БС. К береговой линии этого времени привязаны все подводные долины крупных рек Иссыккульского бассейна. В период 1400–1200 л.н. позднеголоценовая трансгрессия сформировала под абразионными обрывами по всему периметру озера низкую аккумулятивную террасу и блокировала устья рек в подтопленных долинах, превратив их в лиманы. Остатки древних пересыпей встречаются практически во всех речных долинах и имеют возраст по данным  $^{14}\text{C}$   $1140 \pm 160$  лет. Возраст лиманных отложений оценивается как 300–400 лет.

Трансгрессивно-регрессивный характер колебаний уровня оз. Иссык-Куль оказал сильное влияние на формирование гидрографической сети его бассейна и на динамику устьев рек. Глубокая регрессия в конце верхнего плейстоцена привела к сокращению площади озера на  $2000 \text{ км}^2$ , врезанию рек в отложения шельфа и выработке эрозионных речных долин вдоль всего периметра озера, сохранившихся до настоящего времени в виде затопленных подводных долин. На подгорные равнины и осушенную полосу озерного дна была вынесена огромная масса обломочного материала (около  $700 \text{ км}^3$ ). С этого времени начинается история Иссык-Куля как бессточного, солоноватого водоема.

Последние 700–500 лет уровень озера неоднократно превышал современный или располагался ниже на 2–5 м. По данным инструментальных наблюдений за период 1927–1998 гг. падение уровня составило  $3.35 \text{ м}$  (среднее за год – около  $5 \text{ см/год}$ ). С 1998 по 2011 г. уровень озера поднялся почти на  $1 \text{ м}$  за счет интенсивного таяния ледников, увеличения речного стока и уменьшения изъятия воды на сельскохозяйственные нужды.

В современную стадию развития озера большинство рек Иссыккульского бассейна прорезало приустьевые пересыпи и на протяжении последних 150 лет формируют дельты разнообразных морфодинамических типов (от аллювиальных конусов выноса на открытом побережье до многорукавных дельт заполнения ингрессионных заливов) (рис. 2–3). Устьевое удлинение наиболее многоводных рек, сток наносов которых колеблется от 35 до 86 тыс. т/год, за этот период составило от 1 до 3 км. Увеличение площади речных дельт за последние 30 лет (суммарный эффект от снижения уровня и аккумуляции аллювия) оценивается величиной от  $0.01$  до  $0.07 \text{ км}^2$  [10].

**Озеро Чатыр-Куль (Киргизия)** располагается в плоской межгорной Чатыркель-Аксайской грабенообразной котловине между хребтами Атабаши и Туругарт, занимая наиболее пониженную северо-западную часть древнего озерного водоема на высоте 3530 м БС. Судя по остаткам древних озерных отложений, уровень озера за последние 8–9 тыс. лет понизился на 12–14 м и его современная длина не превышает 23 км, а ширина – 11 км. Преобладающие глубины – 3–7 м, наибольшая глубина – 20.8 м. Площадь озера, в зависимости от положения его уровня, колебалась за последнее столетие от  $170$  до  $194 \text{ км}^2$  [5], подтверждая его постепенное усыхание.

Основным водотоком, который питает оз. Чатыр-Куль, является р. Кёкайгыр – единственный водоток в бассейне озера с постоянным стоком. В устье Кёкайгыра в настоящее время сформирована небольшая дельта выдвигания площадью  $1.2 \text{ км}^2$ .

**Озеро Сон-Кёль (Киргизия)** занимает наиболее пониженную часть Сонкельской межгорной депрессии, окруженной горст-антиклиналями хребтов Сонкель-Тоо, Байдула и Молдо-Тоо, на высоте 3016 м БС. По современным подсчетам, площадь озера составляет  $270 \text{ км}^2$ , длина – 27 км, ширина – 16 км. Средняя глубина – 8.6 м, максимальная – 13.2 м, объем водной массы озера –  $2.64 \text{ км}^3$  [5].

В озеро Сон-Кёль впадает около 18 различных водотоков, наибольшие из которых Акташ и Джаманичке доносят свои воды в виде постоянного руслового стока. Из озера вытекает р. Сонкель.

Современную речную дельту площадью 4.76 км<sup>2</sup> формирует только р. Акташ, заполняя своими наносами лагуну, отделенную от озера вдольбереговой косой.

По распространению поднятых аккумулятивных озерных террас и наличию подводной эрозионной ложбины на продолжении устья р. Акташ можно предполагать о позднеголоценовых колебаниях уровня оз. Сон-Кёль в интервале от +30 до –3 м от современного уреза, связанных с историей горно-долинных оледенений в его бассейне.

**Озеро Севан (Армения)** – крупнейший водоем Кавказа. Оно расположено на отметке 1898 м БС (на 1980 г.) и занимает наиболее пониженную часть тектонической депрессии Малого Кавказа типа обширной брахисинклинали, осложненной грабенами и разломами. Площадь водной поверхности озера после создания Севано-Разданского каскада уменьшилась с 1416 до 1254 км<sup>2</sup>, а уровень понизился на 18.5 м. Для стабилизации уровня через Варденский туннель в озеро перебрасывается ежегодно до 0.25 км<sup>3</sup> воды. В озеро впадает 28 рек, наиболее значительными из которых являются рр. Аргичи, Масрик, Гаварагет, Дакнагет, Памбак и др. [2, 11].

На побережье озера развита серия поднятых аккумулятивных озерных и озерно-аллювиальных террас на относительных высотах 200, 150, 100, 50, 25, 10 и 5 м, что может свидетельствовать либо о более высоком уровне озера в прошлом, либо о значительных неотектонических деформациях его берегов. Последнее находит подтверждение в существовании голоценовых тектонических нарушений, например, в районе Нордаузской возвышенности, где происходили недавние перемещения по разломам.

Наличие на подводном склоне озера следов подводных эрозионных долин говорит о том, что в конце раннего и в начале среднего плейстоцена озеро могло быть частично или полностью осушено.

Сток воды и наносов рек бассейна озера Севан незначительный. Поэтому дельтовые накопления в их устьях небольшие – площадью от 0.4 до 2.8 км<sup>2</sup>.

## ОЗЕРА МОНГОЛИИ

Большинство крупных озер Монголии располагается в котловине Больших Озер на отметках от 600 до 2000 м БС, остальные небольшие и неглубокие озера находятся в степных районах и в пустыне Гоби [12]. Однако только в некоторых из них реки формируют дельты. Так, по нашим подсчетам, в самом большом, но относительно мелководном (ср. глубина 10 м) озере Монголии – Убсу-Нур (площадь зеркала 3250 км<sup>2</sup>) – рр. Тэйсин-Гол, Нарийны-Гол и Хандагайты-Гол и Улатай сформировали многорукавные дельты выдвигания площадью 470.82 и 224 км<sup>2</sup> соответственно. В самом глубоком озере Монголии – Хубсугул (ср. глубина 120 м) – реки образуют небольшие аллювиальные конусы выноса площадью от 2 до 32 км<sup>2</sup>.

## ВЫВОДЫ

1. Наибольшие размеры речных дельт горных озер в Российской Федерации имеют реки бассейна Байкала (Селенга – 547 км<sup>2</sup>, Верхняя Ангара – 377 км<sup>2</sup>), в Монголии – реки бассейна оз. Убсу-Нур (Тэйсин-Гол – ок. 470 км<sup>2</sup>, Хандагайты-Гол и Улатай – 223 км<sup>2</sup>), оз. Хара-Ус-Нур (Кобдо-Гол – 474 км<sup>2</sup>) и оз. Ачит-Нур (Бух-Мурэн-Гол – 122 км<sup>2</sup>). На высокогорных озерах Севан, Иссык-Куль, Сон-Куль и Чатыр-Куль площади дельт впадающих в них рек колеблются от 0.1 до 4 км<sup>2</sup>. Площади большинства озерных дельт не превышают 50 км<sup>2</sup>.

2. Скорости прироста речных дельт озер зависят главным образом от величины стока речных наносов, топографии подводного склона авандельты и изменчивости уровня приемного водоема (табл. 2). Современная скорость выдвигания большинства озерных дельт по данным сопоставленного анализа топографических карт и космиче-

ских снимков за период около 30 последних лет, вследствие крайне незначительного стока взвешенных наносов, очень мала, за исключением некоторых крупных рек или рек с большой мутностью (от 200 до 430 г/м<sup>3</sup>). Например, в дельте р. Селенги (сток наносов по г/п Мостовое 2.2 млн т) скорость заполнения лагунных акваторий между озерным краем субэвралной дельты и цепью береговых окаймляющих баров в северо-восточном секторе достигала за период 1975–2000 гг. 4.3 км<sup>2</sup>/год, в западном – 2.7 и в северном – 1.8 км<sup>2</sup>/год.

Средняя скорость прироста крупных рек бассейна оз. Иссык-Куль (Тюп, Джергалан, Чон-Кызылсу), вследствие больших уклонов подводного склона, составляет от 0.01 до 0.07 км<sup>2</sup>/год, оз. Чатыр-Куль (Кёкайгыр) – 0.01 км<sup>2</sup>/год. Речные дельты в горных озерах Монголии выдвинулись на расстояние менее 1 км<sup>2</sup>/год (Хандагаты-Гол и Улетай – 0.72 км<sup>2</sup>/год).

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-05-00156 – “Речные дельты водохранилищ и озер: закономерности формирования и прогноз развития”).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Квасов Д.Д., Мартинсон Г.Г., Раукас А.В. История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханка. Л.: Наука, 1990. 280 с.
2. Саядян Ю.В., Милановский Е.Е., Асланян А.Т., Севастьянов Д.В., Трешников А.Ф. История озер Севан, Иссык-Куль, Балхаш, Зайсан и Арал. Л.: Наука, 1991. 301 с.
3. Климатология, гидрология и гидрофизика озер Внутреннего Тянь-Шаня / Отв. ред. А.В. Шнитников, Н.П. Смирнова. Л.: Наука, 1981. 244 с.
4. Озеро Иссык-Куль (очерки по физической географии) / Отв. ред. В.Г. Королев. Фрунзе: Илим, 1978. 210 с.
5. Шнитников А.В., Лийва О.А., Бердовская Г.Н., Земляничина Л.А. Озера Тянь-Шаня и их история. Л.: Наука, 1980. 230 с.
6. Сапожников Д.Г., Виселкина М.А. Современные осадки озера Иссык-Куль и его заливов. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 160 с.
7. Саркисян С.Г. Байкал. М.: Гос. изд-во геогр. литературы, 1955. 80 с.
8. Иванов В.В., Коротаев В.Н., Лабутина И.А. Морфология и динамика дельты р. Селенги // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2007. № 4. С. 48–54.
9. Коротаев В.Н. Береговая зона озера Иссык-Куль. Фрунзе: Илим, 1967. 155 с.
10. Коротаев В.Н., Султаналиев Э.Н. История формирования и современная динамика озера Иссык-Куль // Эрозия почв и русловые процессы. 2000. Вып.12. С. 278–397.
11. Саркисян В.О. Воды Армении. Ереван: Ереванский гос. ун-т строит. и архитектуры, 2008. 208 с.
12. Рассказов А.А., Лувсандорж Ш., Севастьянов Д.В., Цэрэнсодном Ж., Егоров А.Н. Озера МНР и их минеральные ресурсы / Отв. ред. Л.К. Яхонтова, Н.С. Зайцев. М.: Наука, 1991. 134 с.

#### Morphogenetic types and dynamics of river deltas in alpine lakes in Northern Eurasia

V. N. Korotaev<sup>a, #</sup>

<sup>a</sup>Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

<sup>#</sup>E-mail: vlaskor@mail.ru

Based on the analysis of published sources, topographic maps, and satellite images, new data were obtained on the hydrological regime, morphology, size and dynamics of river deltas in the lakes in the mountains of southern Russia and Mongolia. For high mountain lakes (Baikal, Issyk-Kul, Son-Kul, Chatyr-Kul, Sevan, lakes of Mongolia), most small rivers form alluvial fans with numerous channels. Large rivers flowing into the valley bays form multi-arm

lobed padded deltas (Issyk-Kul Lake). Less common are blocked estuaries, deltas filling estuarine lagoons and prograding deltas on the open coasts (Lake Baikal, some lakes of Mongolia). The most studied are the river deltas flowing into Lake Baikal and Issyk-Kul. During the Pleistocene, River Selenga formed three alluvial fans with a total area of 1.8 thousand km<sup>2</sup>: 1) the Middle Pleistocene fan at 12–13 m above the level of Lake Baikal (457 m a.s.l.); 2) the Late Pleistocene fan at 8–12 m, and 3) the Holocene fan at 0.5–2 m. Over the past 7–8 thousand years, the Selenga River has prograded its delta by about 20 km into the lake. For the period 1980–2013 no delta growth has been observed.

Lake Issyk-Kul's level fluctuations had a strong influence on the formation of the hydrographic network of the Issyk-Kul basin and on the dynamics of river mouths. Deep regression at the end of the Upper Pleistocene led to a lake area reduction by 2000 km<sup>2</sup>, incision of the rivers of the Issyk-Kul basin into lacustrine shelf deposits and the development of erosive river valleys along the entire perimeter of the lake, preserved to date in the form of flooded underwater valleys. In the recent epoch, most of the rivers of the Issyk-Kul basin have cut through mouth estuaries and over the past 150 years have formed various morphodynamic types of deltas (from the open-coast alluvial fans to multi-branch deltas filling ingression gulfs). One to three km elongation of the high-discharge rivers occurred during this period. The increase in the area of river deltas over the past 30 years (the total effect of the decrease of the lake level and accumulation of alluvium) ranged from 0.01 to 0.07 km<sup>2</sup>.

Several large rivers of Russia (Upper Angara, Selenga) and Mongolia (Teysin-Gol, Kobdo-Gol) have delta areas from 200 to 500 km<sup>2</sup>, the remaining deltas do not exceed 50 km<sup>2</sup>. The current progradation rate of most lake deltas over the past 30 years is very low due to an extremely insignificant load of suspended sediment, with the exception of some large rivers.

*Keywords:* lake, delta, morphogenetical types, recent dynamics

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This work was financially supported by RFBR (project No. 13-05-00156 – “River deltas of reservoirs and lakes: patterns of formation and forecast development”).

#### REFERENCES

1. *Istoriya ozer Ladozhskogo, Onezhskogo, Pskovsko-Chudskogo, Baikala and Khanka* (The History of Lakes Ladozhskoe, Onezhskoe, Pskovsko-Chudskoe, Baikal and Khanka). L.: Nauka (Publ.), 1990. 280 s. (in Russ.)
2. *Istoriya ozer Sevan, Issyk-Kul', Balkhash, Zaysan i Aral* (The History of Lakes Sevan, Issyk-Kul, Balkhash, Zaysan and Aral). L.: Nauka (Publ.), 1991. 301 s. (in Russ.)
3. *Klimatologiya, gidrologiya i gidrofizika ozer Vnutrennego Tyan'-Shanya* (Climatology, Hydrology and Hydrophysics of Lakes Inner Tyan-Shan). L.: Nauka (Publ.), 1981. 244 s. (in Russ.)
4. *Ozero Issyk-Kul'* (Lake Issyk-Kul). Frunze: Ilim (Publ.), 1978. 210 s. (in Russ.)
5. *Ozera Tyan'-Shanya i ikh istoriya* (Lakes of Tyan-Shan and Their History). L.: Nauka (Publ.), 1980. 230 s. (in Russ.)
6. Sapozhnikov D.G. and Viselkina M.A. *Sovremennye osadki ozera Issyk-Kul' i ego zalivov*. (The Recent Sediments of Lake Issyk-Kul and of Its Bays). M.: Academy Sc. USSR (Publ.), 1960. 160 s. (in Russ.)
7. Sarkisyan S.G. *Baikal* (Baykal). M.: State of Geographical References (Publ.), 1955. 80 s. (in Russ.)
8. Ivanov V.V., Korotaev V.N., and Labutina I.A. *Morfologiya i dinamika delty r. Selengi*. (Morphology and Dynamics of Selenga Delta River). *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 5. Geografia*. 2007. No. 4. S. 48–54. (in Russ.)
9. Korotaev V.N. *Beregovaya zona ozera Issyk-Kul'* (The Coastal Zone of Lake Issyk-Kul). Frunze: Ilim (Publ.), 1967. 155 s. (in Russ.)
10. Korotaev V.N. and Sultanaliyev E.N. *Istoriya formirovaniya i sovremenaya dinamika ozera Issyk-Kul'* (The History of Formation and Recent Dynamics of Issyk-Kul Lake). *Eroziya pochv i ruslovye protsessy*. 2000. Vol. 12. S. 278–297.
11. Sarkisyan V.O. *Vody Armenii* (Waters of Armenia). Erevan: Erevan State University of building and architecture (Publ.), 2008. 208 s. (in Russ.)
12. *Ozera MNR i ikh mineralnye resursy* (Lakes MPR and Their Mineral Resources). M.: Nauka (Publ.), 1991. 134 s. (in Russ.)