

УДК 551.4 (435. 126)

Д.Б. Бабич<sup>1</sup>, Н.Н. Виноградова<sup>2</sup>, В.В. Иванов<sup>3</sup>, В.Н. Коротаев<sup>4</sup>, Е.Р. Чалова<sup>5</sup>

## ДЕЛЬТЫ РЕК, ВПАДАЮЩИХ В ОЗЕРА: МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ И СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА<sup>6</sup>

На основе анализа опубликованных данных, топографических карт и космических снимков получены новые данные о гидрологическом режиме, морфологии, размерах и динамике дельт рек, впадающих в озера (70 объектов) России, республик бывшего СССР и стран СНГ. По результатам полевых гидрографических и геофизических изысканий получены новые сведения о морфологии дна и современным грунтах Кубенского озера и дельты р. Кубена.

*Ключевые слова:* озерные дельты, морфогенетические типы дельт, скорость прироста речных дельт, колебания уровня озер, сток речных наносов.

**Введение.** В России насчитывается около 2 млн озерных водоемов, причем наиболее крупных с площадью >100 км<sup>2</sup> около 100; в Казахстане озер более 48 тыс., а крупных – около 20; в Монголии свыше 3000 озер, крупных – около 20. В остальных республиках бывшего СССР и странах СНГ озер на порядок меньше, например, в Узбекистане их около 500, в Азербайджане около 250, в Армении около 100. Хорошо исследованы природные особенности (гидрометеорологический режим, геологическое строение, палеогеография, донные отложения, водная растительность, ихтиофауна) крупных озер России, Казахстана, Киргизстана, Армении и Монголии [Афанасьев, 1960; Гидрологический..., 1966; Донные..., 1970; Жекулин, Нехайчик, 1979; История Ладожского..., 1990; История озер..., 1991; Климатология..., 1981; Коротаев, 1967; Ладожское..., 2002; Озеро Иссык-Куль, 1978; Озеро Кубенское..., 1977; Озера МНР..., 1991; Озера Тянь-Шаня..., 1980; Романовский..., 1991; Сапожников, 1951; Сапожников, Виселкина..., 1960; Саркисян..., 1955; Саркисян, 2008; Элементы..., 1964]. Однако опубликованных работ о речных дельтах озер нет, за исключением нескольких статей о дельте р. Селенга, дельтах крупных рек бассейнов озер Иссык-Куль и Балхаш [Иванов и др., 2007; Коротаев, Султаналиев, 2000; Сапожников, 1951].

Авторы статьи в 2014 г. в рамках проекта РФФИ провели полевые геоморфологические, русловые и геофизические исследования на оз. Кубенское, а также проанализировали топографические карты и кос-

мические снимки, что позволило получить новые данные о дельтах рек, впадающих в озера.

Озерные дельты формируются в устьях впадающих в них рек. Размеры дельт и скорость их выдвигания зависят от величины стока речных наносов, топографии подводного склона и гидродинамики озера. Механизм их формирования мало отличается от аналогичных процессов в устьях рек, впадающих на океанических побережьях и на берегах окраинных и внутренних морей [Коротаев, 1991, 2012].

Авторы, имея огромный опыт работы в низовьях крупных рек России, основной целью поставили оценить направленность и интенсивность современных процессов дельтообразования в речных дельтах крупных озер.

**Материалы и методы исследований.** Для реализации поставленной цели авторы применили методы полевых гидрографических, геофизических и камеральных картометрических исследований конкретных природных объектов. Для натурных исследований строения донного рельефа и мощности русловых отложений использованы комплекс гидроакустической аппаратуры, разработанный в лаборатории гидролокации дна Института океанологии имени П.П. Ширшова РАН, и GPS-приемники для геодезической привязки судовых галсов. Комплекс гидроакустической аппаратуры состоял из гидролокатора бокового обзора (ГБО-150-1), акустического профилографа (АП-4,5), графического самописца

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева, науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* makkaveev lab@yandex.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* makkaveev-lab@yandex.ru

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* vvi06.56@mail.ru

<sup>4</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева, вед. науч. с., докт. геогр. н.; *e-mail:* vlaskor@mail.ru

<sup>5</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, лаборатория аэрокосмических методов, вед. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* ekar28@yandex.ru

<sup>6</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-05-00156).

«ОКЕАН» и цифровой системы сбора–обработки гидролокационной информации «РАСТР» [История озер..., 1991].

Грунтовые съемки с отбором поверхностного слоя наносов (5–10 см) проводили синхронно с промером и автономно во время остановки судна при помощи донных щупов. Механический анализ проб донных наносов заключался в разделении песчаных фракций размерностью  $<0,1$  мм на стандартном наборе сит и на фракциометре для фракций  $<0,1$  мм. При этом в соответствии с принятой десятичной классификацией выделялись следующие фракции (мм):  $>100$  (валуны), 100–10 (галька), 10–1 (гравий), 1–0,5 (крупный песок), 0,5–0,25 (средний песок), 0,25–0,1 (мелкий песок), 0,1–0,01 (алевриты) и  $<0,01$  (илы).

Геоморфологическое строение дельт озер, подсчет их площади и современную динамику изучали на основе анализа, сопоставления и картометрии топографических карт масштаба 1:100 000 и космических снимков Landsat-7 и Google.

По опубликованным данным гидрометрических постов<sup>7</sup>, а также картометрическим подсчетам авторов составлена сводная таблица гидролого-морфологических показателей озер и впадающих в них рек, где приводятся данные о морфометрии озер (25), площади дельт, среднем расходе воды и наносах 74 рек (табл. 1).

**Результаты исследований и их обсуждение.** Исходя из общих положений геоморфологической концепции формирования речных дельт [Коротаяев, 1967, 1991, 2012] на основе анализа топографических карт и космических снимков выделены морфогенетические типы дельт и морфодинамические типы устьев рек, впадающих в озера (табл. 2). Наиболее распространенный тип речных дельт в равнинных озерах – *многорукавные дельты выдвигения с выровненным или лопастным краем*, что, скорее всего, является следствием относительной стабильности уровня озер в течение длительного времени (озера Ильмень, Псковско-Чудское, Кубенское, Воже, Лача, Онежское, Ладожское и Балхаш). *Аллювиальные выступы с веером протоков* характерны для горных озер (озера Байкал, Севан; многие озера Монголии). *Блокированные устья и дельты заполнения устьевых лагун* отражают специфику литодинамических процессов в береговой зоне, где мощный поток вдольбереговых наносов не позволяет устьевым образованиям выдвинуться за общую линию берега. *Дельты заполнения долинных заливов* наиболее характерны для оз. Иссык-Куль, это реликты недавних ингрессий уровня озера и подтопления речных долин.

**Озеро Байкал** расположено в Байкальской рифтовой впадине на отметке 457 м БС. Из впадающих

в него 336 рек только две реки – Селенга и верхняя Ангара формируют крупные дельты: первая – многорукавную дельту выдвигения площадью 552,1 км<sup>2</sup>, оконтуренную цепью озерных береговых баров; вторая – дельту заполнения устьевой лагуны площадью 377,3 км<sup>2</sup>. В настоящее время верхняя Ангара, заполнив своими отложениями огромную устьевую лагуну за последние 8 тыс. лет, образует блокированное однорукавное русло на открытом взморье. Селенга за этот же период времени выдвинула аллювиальный конус выноса на расстояние ~20 км в озеро. За 1980–2013 гг. по данным сопоставления топографических карт и космических снимков прирост дельты не наблюдается. Наоборот, в результате наполнения Иркутского водохранилища и 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. Недавний сброс вод водохранилища и малоснежные зимы привели к снижению уровня озера на 0,4 м, что, очевидно, приведет к осушению подводной части дельты Селенги.

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

**Озеро Ильмень** занимает наиболее пониженную часть Приильменской низменности на отметке 18,1 м БС и представляет собой остатки приледникового озера глубиной до 30 м, возникшего после распада Валдайского оледенения не позже 15 тыс. лет назад (л. н.). Позднее, после прорыва р. Волхов и сброса вод в Ладожское озеро около 6 тыс. л. н., средняя глубина оз. Ильмень уменьшилась до 3–4 м (максимальная глубина 10 м). Современный режим озера отличается значительными внутригодовыми колебаниями уровня с амплитудой 7,4 м, связанными с проточностью озера (вытекает р. Волхов) и изменениями общей увлажненности его бассейна. Две наиболее крупные реки, впадающие в озеро, – Ловать и Мста – формируют многорукавные дельты выдвигения площадью 220,8 и 237,4 км<sup>2</sup> соответственно. За 1981–2012 гг. дельта р. Ловать увеличилась на 4,4 км<sup>2</sup>, а р. Мста – на 7,4 км<sup>2</sup>. В устье р. Шелонь образовался аллювиальный конус выноса площадью 21,6 км<sup>2</sup>. Само оз. Ильмень интенсивно заиливается и мелеет.

**Псковско-Чудское озеро** представляет собой относительно мелководный реликт Литоринового моря (средняя глубина 7,1 м, максимальная – 15 м), образовавшийся после отступления Валдайского ледника 12 тыс. л. н. в пределах Псковско-Чудской экзарационной впадины. Уровень озера находится на отметке 30 м БС; амплитуда сезонных колебаний составляет от 1 до 3 м, они вызывают подтопление

<sup>7</sup> Ресурсы поверхностных вод (основные гидрологические характеристики), Государственный водный кадастр (многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши).

Т а б л и ц а 1

## Гидролого-морфологические показатели некоторых озер и впадающих в них рек

| Название водного объекта, реки | Гидрологические параметры озер и водохранилищ                                 |                                                                                            |                                                                       |                                       |                                                                        |                                                              |                                                                    |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                | длина озера, км /<br>ср. ширина, км /<br>средняя глубина<br>(максимальная), м | площадь озера, км <sup>2</sup> /<br>полный объем, км <sup>3</sup> /<br>амплитуда уровня, м | площадь<br>бассейна<br>реки, тыс. км <sup>2</sup> /<br>длина реки, км | площадь<br>дельты,<br>км <sup>2</sup> | средний расход воды,<br>м <sup>3</sup> /с / сток воды, км <sup>3</sup> | средний расход<br>наносов, кг/с /<br>сток наносов,<br>тыс. т | средняя мутность<br>речных вод, г/м <sup>3</sup><br>(максимальная) |
| <b>Байкал,</b><br>р. Селенга   | 621/79,4/744 (1642)                                                           | 31722/23000/1                                                                              | 447/1024                                                              | 552,10                                | 944/29,8                                                               | 77,2/2435                                                    | 81,8                                                               |
| р. Баргузин                    |                                                                               |                                                                                            | 21,1/480                                                              | 15,78                                 | 130/4,10                                                               |                                                              |                                                                    |
| р. верхняя Ангара              |                                                                               |                                                                                            | 21,4/438                                                              | 377,30                                | 255/8,04                                                               |                                                              |                                                                    |
| р. Голоустная                  |                                                                               |                                                                                            | 2,3/122                                                               | 12,80                                 | 134/4,23                                                               |                                                              |                                                                    |
| р. Снежная                     |                                                                               |                                                                                            | 3,02/173                                                              | 24,40                                 | 8/0,25                                                                 |                                                              |                                                                    |
| р. Тугя                        |                                                                               |                                                                                            | 2,98/125                                                              | 7,70                                  | 38,8/1,22                                                              |                                                              |                                                                    |
| р. Анга                        |                                                                               |                                                                                            | 1,01/99                                                               | 3,76                                  | 2,64/0,08                                                              |                                                              |                                                                    |
| р. Рель                        |                                                                               |                                                                                            | 0,579/50                                                              | 9,37                                  | 13,04/0,41                                                             |                                                              |                                                                    |
| р. Слюдянка                    |                                                                               |                                                                                            | 0,073/21                                                              | 8,42                                  | 0,82/0,02                                                              |                                                              |                                                                    |
| р. Утулик                      |                                                                               |                                                                                            | 0,965/86                                                              | 13,16                                 | 16,39/0,52                                                             |                                                              |                                                                    |
| <b>Ильмень,</b><br>р. Ловать   | 745/до 35/3-4 (10)                                                            | 982/12/7,5                                                                                 | 21,9/530                                                              | 220,80                                | 169/5,33                                                               |                                                              |                                                                    |
| р. Мста                        |                                                                               |                                                                                            |                                                                       | 237,41                                |                                                                        |                                                              |                                                                    |
| р. Шелонь                      |                                                                               |                                                                                            | 9,71/248                                                              | 21,58                                 | 43,6/1,38                                                              |                                                              |                                                                    |
| <b>Кубенское,</b><br>р. Кубена | 54/12/1,2 (13)                                                                | 407/1,67/3,6                                                                               | 11/368                                                                | 101,50                                | 100/3,15                                                               |                                                              |                                                                    |
| р. Уфтога                      |                                                                               |                                                                                            | 1,28/117                                                              | 8,94                                  | 11,6/0,36                                                              |                                                              |                                                                    |
| <b>Ладожское,</b><br>р. Свирь  | 219/138/46,9 (230)                                                            | 18135/838/до 3                                                                             | 84,4/224                                                              | 147,40                                | 790/24,9                                                               |                                                              |                                                                    |
| р. Сясь                        |                                                                               |                                                                                            | 7,33/261                                                              |                                       | 54,4/1,72                                                              | 0,7/22,1                                                     | 12,9 (23)                                                          |
| <b>Онежское</b><br>р. Вытегра  | 245/91,6/30 (127)                                                             | 9700/285/-                                                                                 | 1,67/64                                                               | 33,70                                 |                                                                        |                                                              |                                                                    |
| р. Андома                      |                                                                               |                                                                                            | 2,57/156                                                              | 44,0                                  |                                                                        |                                                              |                                                                    |
| р. Водла                       |                                                                               |                                                                                            | 13,7/149                                                              | 28,20                                 | 130/4,10                                                               |                                                              |                                                                    |
| р. Шуя                         |                                                                               |                                                                                            | 10,1/194                                                              | 3,61                                  | 90,2/2,84                                                              |                                                              |                                                                    |

О к о н ч а н и е   т а б л . 1

|                                             |                       |                    |           |        |            |            |            |
|---------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------|--------|------------|------------|------------|
| Псковско-Чудское,<br>р. Великая             | -51/7.1 (15)          | 3555 (708)/25,07/- | 25,4/406  | 16,70  | 134/4,23   | 1,5/47,3   | 11,4       |
| Ханка,<br>р. Комиссаровка                   | 90/45/4,5 (10,6)      | 4070/18,3          | 2,3/162   | 40,50  |            |            |            |
| Севан (Армения),<br>р. Раздан               | 78/56/26,8 (79,7)     | 1238/33,2          | 7,31/146  | 2,62   | 16/0,50    | 2,3/72     | 144        |
| р. Гаварагет                                |                       |                    | 480/24    | 2,82   | 3,56/0,11  | 0,35/11    | 98         |
| р. Аргичи                                   |                       |                    | 384/51    | 0,40   | 5,16/0,16  | 0,14/4,4   | 27,1       |
| Балхаш (Казахстан),<br>р. Или (г/п Учжарма) | 614/30/6 (до 27)      | 18200/110,5/до 2   | 140/1001  | 12000  | 479/15     | 105/3300   | 219 (870)  |
| р. Каратал                                  |                       |                    | 14,22/432 | 460,00 | 68/2,1     | 15/470     | 220        |
| р. Лепсы                                    |                       |                    | 4,1/287   | 47,47  | 17/0,54    | 27/850     | 990 (1588) |
| Зайсан,<br>р. Черный Иртыш                  | 105/22-48/ 4-6 (15)   | 1800/-/18,5        | 1643/42,2 | 557,19 | 296/9,34   | 66,3/2090  |            |
| Иссык-Куль<br>(Киргизия),<br>р. Тюп         | 178/до 60/278,4 (702) | 6236/1740/0,3      | 1,13/-    | 4,70   | 10,84/0,34 | 2,4/75,7   | 221        |
| р. Джергалан                                |                       |                    | 2,06/-    | 11,17  | 21,3/0,67  | 2,97/94    | 139 (430)  |
| р. Тон (Аксай)                              |                       |                    | 0,742/-   | 0,63   | 5,2/1,64   | 0,6/18,9   | (1153)     |
| р. Актерек (Ордекучар)                      |                       |                    | 0,722/-   | 0,30   | 4,07/0,13  | -/-        |            |
| р. Ирдык                                    |                       |                    | 0,091/-   | 0,57   | 1,34/0,042 | 2,46/77,6  | (1835)     |
| р. Джуука                                   |                       |                    | 0,516/-   | 0,54   | 6,31/0,2   | 0,55/17,3  | 87         |
| р. Чон-Кызылсу                              |                       |                    | 0,302/-   | 1,11   | 4,89/0,15  | 0,6/19     | 123        |
| р. Барскоон                                 |                       |                    | 0,352/-   | 0,07   | 4,28/0,13  | 0,9/28,4   | 210 (880)  |
| р. Тамга                                    |                       |                    | 0,135/-   | 0,15   | 1,14/0,04  | 0,002/0,06 | 1,8        |
| Айраг-Нуур<br>(Монголия),<br>р. Захван-гол  | 16/9 (13)/6 (10)      | 143/0,82/-         |           | 45,12  | 27/0,85    |            |            |
| р. Цагаан-гол                               |                       |                    |           | 20,84  |            |            |            |
| Убсу-Нуур,<br>р. Тэсийн-Гол                 | 84/79/10,1 (20)       | 3350/35,7/-        |           | 469,95 |            |            |            |
| р. Нарийны-Гол                              |                       |                    |           | 81,72  |            |            |            |
| рр. Хандагайты-Гол и<br>Улагай              |                       |                    |           | 223,46 |            |            |            |
| Хара-Ус-Нуур,<br>р. Кобдо-Гол               | 78/26/2,1 (4,5)       | 1852/3,43/-        |           | 474,53 | 75/2,4     |            |            |

Т а б л и ц а 2

**Морфодинамические типы устьевых систем рек, впадающих в озера**

| Морфодинамический тип устьевой системы                                    | Морфодинамический тип устья                  | Водный объект                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Бездельтовый                                                              | Открытое однорукавное с устьевым баром       | <b>оз. Ладожское</b><br>рр. Свирь, Волхов, Сясь<br><b>оз. Онежское</b><br>рр. Водла, Андома, Вытегра, Пяльма                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Дельта заполнения устьевой лагуны                                         | Блокированное с устьевым баром               | <b>оз. Байкал</b><br>рр. верхняя Ангара, Баргузин, Турка,<br><b>оз. Онежское</b><br>р. Ошта                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Аллювиальный выступ с веером водотоков                                    | Открытое многорукавное                       | <b>оз. Байкал</b><br>рр. Риты, Слюдянка<br><b>оз. Эльтон</b><br>рр. Хара, Ланцуг, Самарода                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Клювовидная дельта выдвижения                                             | Открытое с устьевым баром                    | <b>оз. Галичское</b><br>р. Векса<br><b>оз. Ханка</b><br>р. Мельгуновка<br><b>оз. Онежское</b><br>р. Немина                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Клювовидная дельта заполнения залива                                      | Полузакрытое с устьевым баром                | <b>оз. Иссык-Куль (Киргизстан)</b><br>рр. Ирдык, Тон, Актерек, Тамга, Барскоон                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Многорукавная дельта выдвижения с выровненным или лопастным краем         | Открытое многорукавное с устьевым баром      | <b>оз. Байкал</b><br>рр. Хурай-Нур, Голоустная<br><b>оз. Воже</b><br>р. Вожега<br><b>оз. Галичское</b><br>рр. Челсма, Средняя<br><b>оз. Ильмень</b><br>рр. Ловать, Мста<br><b>оз. Псковское</b><br>р. Великая<br><b>оз. Кубенское</b><br>р. Кубена<br><b>оз. Онежское</b><br>р. Шуя<br><b>оз. Псковско-Чудское</b><br>р. Великая<br><b>оз. Ханка</b><br>р. Комиссаровка<br><b>оз. Убсу-Нур (Монголия)</b><br>р. Тэсийн-Гол<br><b>оз. Хара-Ус-Нур (Монголия)</b><br>р. Кобдо-Гол<br><b>оз. Балхаш (Казахстан)</b><br>рр. Или, Каратал |
| Многорукавная дельта заполнения залива с лопастным краем                  | Полузакрытое многорукавное                   | <b>оз. Иссык-Куль (Киргизстан)</b><br>рр. Тюп, Джергалан                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Многорукавная лопастная дельта выдвижения, оконтуренная береговыми барами | Блокированное многорукавное с устьевым баром | <b>оз. Байкал</b><br>рр. Селенга, Тья, Сарма                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

окружающей местности на площади  $>700 \text{ км}^2$ . Наиболее крупные впадающие в него реки – Суур-Эмайги и Великая. Последняя сформировала в озере многорукавную дельту выдвижения площадью  $16,7 \text{ км}^2$ . За 1967–2011 гг. площадь дельты увеличилась на  $2,7 \text{ км}^2$ .

**Кубенское озеро** занимает наиболее пониженную часть Кубенского грабена в пределах Московской синеклизы и представляет собой остатки приледникового озера времени валдайского оледенения. Современный средний уровень озера находится на отметке 110,1 м БС, амплитуда сезонных колебаний составляет 3,6 м. В озеро впадает около 80 рек, наиболее многоводные из которых Кубена и Уфтюга, сформировавшие к настоящему времени многорукавные дельты выдвижения площадью  $101,3$  и  $8,9 \text{ км}^2$  соответственно. Прирост этих дельт за 1982–2005 гг. составил  $3,7$  и  $0,7 \text{ км}^2$  соответственно. Относительно небольшой темп выдвижения дельты Кубены можно объяснить интенсивным изъятием дельтовых наносов в русловых карьерах.

В июне 2014 г. во время полевых изысканий на Кубенском озере и в дельте р. Кубена выполнен следующий комплекс работ: 1) эхолотный промер рукавов в дельте Кубены и два поперечных профиля в южной части озера; 2) гидролокационная съемка дна дельтовых рукавов и южной части озера; 3) два сейсмоакустических профиля в южной части озера; 4) отбор проб грунта в дельтовых рукавах.

Предварительные результаты исследований на Кубенском озере показали следующее. Во-первых, на привершинном участке главного русла Кубены между пос. Канский и Устье формируются крупные песчаные гряды длиной 1–2 км и высотой 5–7 м. В нижнем течении высота крупных гряд уменьшается до 4,5–5 м, а длина до 0,5–1 км. Между крупными грядами расположена серия из 3–5 дюн высотой от 0,5 до 3 м и длиной 500–700 м. Поверхность крупных гряд и дюн осложнена песчаными рифелями. Во-вторых, профиль дна озера на приустьевом участке отличается относительной выровненностью; колебания отметок дна не превышают 0,5–1 м. В-третьих, сейсмоакустическое профилирование дна озера в районе о. Каменный выявило чрезвычайно неровную кровлю коренных отложений (предположительно водно-ледникового генезиса), перекрытых толщей озерных накоплений мощностью 1–12 м.

Донные отложения в магистральном дельтовом рукаве Кубены представлены песчаными и песчано-гравийными фракциями руслового аллювия. На некоторых участках русла встречается галька, очевидно, моренного происхождения, вскрытая при проведении дноуглубительных работ и во время добычи строительных материалов в русловых карьерах. В гранулометрическом составе озерных отложений в юго-западной части Кубенского озера преоблада-

ют песчано-илистые фракции. Палеогеоморфологический анализ дельтовой равнины р. Кубена показал, что первоначально основной сток направлялся на юг в сторону истока р. Сухона, а затем произошло смещение дельтовых рукавов в северо-западном направлении в район пос. Устье, где сформировался современный конус выноса площадью  $34,8 \text{ км}^2$ .

**Озеро Иссык-Куль** (Киргизстан) высокогорное (отметка уреза 1607,0 м БС), расположено на дне обширной межгорной впадины – Иссык-Кульского мегасинклинория. Большинство исследователей придерживаются мнения о существовании озерного водоема в позднем плиocene. Палеогеографический анализ озерных отложений свидетельствует по крайней мере о 4-х крупных трансгрессивно-регрессивных фазах Иссык-Куля, связанных с периодами оледенений и межледниковий. Данные радиоуглеродных определений абсолютного возраста озерных отложений позволяют утверждать, что в период с 26 по 10 тыс. л. н. уровень оз. Иссык-Куль находился выше современного – на отметках 1640–1610 м БС, а в промежутке 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, по данным радиоуглеродного анализа они имеют возраст  $1140 \pm 160$  лет. Возраст лиманных отложений оценивается в 300–400 лет.

В последние 700–500 лет уровень озера неоднократно превышал современный или находился на 2–5 м ниже. По данным инструментальных наблюдений за 1927–1988 гг. среднегодовое падение уровня оз. Иссык-Куль составило 5 см/год.

Трансгрессивно-регрессивный характер колебаний уровня оз. Иссык-Куль сильно повлиял на формирование гидрографической сети иссыккульского бассейна и динамику устьев рек. Глубокая регрессия в конце позднего плейстоцена привела к сокращению площади озера на  $2000 \text{ км}^2$ , врезанию рек иссыккульского бассейна в отложения шельфа и выработке эрозионных врезов 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 ( $\sim 700 \text{ км}^3$ ). С этого времени начинается история Иссык-Куля как бессточного, солоноватого водоема.

В современную стадию развития озера большинство рек иссыккульского бассейна прорезало приустьевые пересыпи, на протяжении последних

150 лет они формируют разнообразные морфодинамические типы дельт (от аллювиальных конусов выноса на открытом побережье до многорукавных дельт заполнения ингрессионных заливов). 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. Средняя скорость прироста речных дельт за последние 30 лет варьировала от 0,02 до 0,06 км<sup>2</sup>/год.

**Озеро Балхаш** (Казахстан) занимает наиболее пониженную часть Балхаш-Алакельской котловины в пределах Туранской плиты и системы разломов Джунгарского Алатау на отметке 340 м БС. По мнению некоторых ученых (Костенко, 1946; Квасов, 1959), появление водоема связано с катастрофическим прорывом Илийского озера через Капчагайское ущелье около 5 тыс. л. н. К этому времени приурочено образование дельты р. Или в юго-западной части среднего плеса, которая прослеживается в виде затопленных рукавов и конусов выноса на дне озера. Быстрому поднятию уровня водоема и развитию балхашской трансгрессии способствовало впадение в озеро р. Лепса. По данным абсолютных датировок озерных отложений установлено, что в голоцене Балхаш прошел сложный путь развития, в течение которого происходили неоднократные поднятия (2690–3580 и 750 л. н.) и понижения (4380–3860 и ~1500 л. н.) его уровня.

Для современного оз. Балхаш характерны долгосрочные колебания уровня с амплитудой 12–14 м и краткосрочные с амплитудой до 3 м. В результате строительства Капчагайского водохранилища на р. Или уровень озера за 1970–1987 гг. понизился на 2,2 м.

Палеогеоморфологический анализ дельтовой равнины р. Или указывает на периодическую миграцию дельтовых рукавов, весьма характерную для рек с чрезвычайно высокой мутностью речных вод (например, Амударья, Сырдарья, Терек, Кура). В пределах дельтовой равнины площадью 12 тыс. км<sup>2</sup> (вершина дельты в районе пос. Баканас) на космических снимках хорошо прослеживается система отмерших русел Чит-Баканас, Орта-Баканас, Нарын-Баканас и Жана-Су. В современном конусе выноса р. Или наиболее активны рукава собственно р. Или, а также р. Жидель, формирующие клювовидные дельты выдвижения.

Дельтовая равнина р. Каратал – второй по водности в бассейне оз. Балхаш – имеет площадь ~460 км<sup>2</sup> (вершина дельты в районе пос. Алмалы). Аллювиальный конус выноса Каратала сформирован веерной системой дельтовых рукавов собственно Каратала, Кокозека, Майозека и других безымянных. В настоящее время активен рукав Каратал, образующий в устье клювовидную дельту, где наблюдается прирост берега 0,4 км<sup>2</sup>/год. На внешнем крае дельтового конуса в районе отмирающих рукавов происходит разрушение дельты.

**Озера Монголии.** Большинство крупных озер Монголии расположено 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. Однако только в некоторых из них реки формируют дельты. Так, по нашим подсчетам, в оз. Убсу-Нур (площадь зеркала 3250 км<sup>2</sup>), самом большом, но относительно мелководном (средняя глубина 10 м) озере Монголии, реки Тэйсин-Гол, Нарийны-Гол и вместе Хандагайты-Гол и Улатай сформировали многорукавные дельты выдвижения площадью 470, 82 и 224 км<sup>2</sup> соответственно. В оз. Хубсугул (средняя глубина 120 м), самом глубоком озере Монголии, реки образуют небольшие аллювиальные конусы выноса площадью от 2 до 32 км<sup>2</sup>.

#### Выводы:

– большинство крупных озер возникло в послевалдайское время в наиболее пониженных частях тектонических депрессий;

– наибольшие размеры озерных дельт в Российской Федерации (км<sup>2</sup>) имеют реки бассейна Байкала (Селенга, 552; верхняя Ангара, 377), а также реки Ловать (221), Мста (237), Свирь (147) и Верхняя Таймыра (114); в Казахстане – реки бассейна оз. Балхаш (Или, 12 000; Каратал (460), бассейна оз. Зайсан (Черный Иртыш, 557) и оз. Саякколь (Тентек, 286); в Монголии – реки бассейна оз. Убсу-Нур (Тэйсин-Гол, ~470; Хандагайты-Гол и Улатай, 224), оз. Хара-Ус-Нур (Кобдо-Гол, 474) и оз. Ачит-Нур (Бух-Мурэн-Гол, 122). Площадь большинства озерных дельт не превышает 50 км<sup>2</sup>. На высокогорных озерах Севан, Иссык-Куль, Сон-Куль и Чатыр-Куль площади дельт впадающих в них рек варьируют от 0,1 до 4 км<sup>2</sup>;

– скорость прироста речных дельт озер зависит главным образом от величины стока речных наносов и строения подводного склона аванделты (табл. 3). Современная скорость выдвижения большинства озерных дельт по данным совместного анализа топографических карт и космических снимков за последние 30 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. Селенга (сток наносов на гидростоме Мостовое составляет 2,2 млн т) скорость заполнения лагунных акваторий между озерным краем субэвальной дельты и цепью береговых окаймляющих баров в северо-восточном секторе за 1975–2000 гг. составила 4,3, в западном – 2,7 и в северном – 1,8 км<sup>2</sup>/год. Отсутствие признаков выдвижения озерных дельт или их очень незначительный прирост (Каратал 0,4; Черный Иртыш 0,85 км<sup>2</sup>/год), как правило, отмечен для рек Средней Азии и Казахстана, где речная вода практически полностью разбирается для сельскохозяйственных нужд. Средняя скорость прироста крупных рек бас-

сейна оз. Иссык-Куль (Тюп, Джергалан) составляет от 0,1 до 0,23 км<sup>2</sup>/год, оз. Чатыр-Куль (Кёкай-гыр) – 0,1 км<sup>2</sup>/год. Выдвижение речных дельт в

горных озерах Монголии составляет <1 км<sup>2</sup>/год (Хандагаты-Гол и Улетай 0,72 км<sup>2</sup>/год).

Т а б л и ц а 3

## Современная динамика озерных дельт

| Озеро, река               | Период наблюдений, годы | Отметка уреза водоема в начале периода, м БС | Отметка уреза водоема в конце периода, м БС | Величина изменения уровня, ± м | Площадь дельты в начале периода, км <sup>2</sup> | Площадь дельты в конце периода, км <sup>2</sup> | Скорость прироста дельты, км <sup>2</sup> /год |
|---------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Байкал, Селенга           | 1980–2013               | 455,9                                        | 458,0                                       | +2,1                           | 552,09                                           | 526,37                                          | Затопление дельты                              |
| Ильмень, Ловатъ           | 1981–2012               | 18,1                                         | 18,1                                        | 0                              | 216,37                                           | 220,78                                          | 0,14                                           |
| Ильмень, Мста             | 1983–2012               | 18,1                                         | 18,1                                        | 0                              | 230,0                                            | 237,41                                          | 0,24                                           |
| Кубенское, Кубена         | 1982–2005               | 110,1                                        | 110,1                                       | 0                              | 97,61                                            | 101,27                                          | 0,16                                           |
| Кубенское, Уфтыога        | 1982–2005               | 110,1                                        | 110,1                                       | 0                              | 8,22                                             | 8,94                                            | 0,03                                           |
| Онежское, Шуя             | 1986–2012               | 33,4                                         | 33,4                                        | 0                              | 2,57                                             | 3,61                                            | 0,04                                           |
| Псковско-Чудское, Великая | 1967–2011               | 30,0                                         | 30,0                                        | 0                              | 13,97                                            | 16,68                                           | 0,06                                           |
| Ханка, Комиссаровка       | 1980–2013               | 68,5                                         | 68,5                                        | 0                              | 75,79                                            | 79,56                                           | 0,11                                           |
| Балхаш, Каратаг           | 1980–2013               | 341,0                                        | 341,0                                       | 0                              | 451,9                                            | 463,8                                           | 0,4                                            |
| Зайсан, Черный Иртыш      | 1980–2013               | 395,0                                        | 390,0                                       | –5                             | 228,9                                            | 557,2                                           | Осушение дельты                                |
| Иссык-Куль, Тюп           | 1971–2013               | 1608,8                                       | 1606,5                                      | –2,3                           | 3,8                                              | 4,7                                             | Осушение дельты                                |
| Иссык-Куль, Джергалан     | 1973–2003               | 1608,8                                       | 1606,5                                      | –2,3                           | 10,8                                             | 11,2                                            | Осушение дельты                                |
| Сарыкамыш, Дарьякол       | 1980–2013               | –1,0                                         | 0                                           | +1                             | 22,9                                             | 40,6                                            | 0,53                                           |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ  
REFERENCES

Афанасьев А.Н. Водный баланс озера Байкал // Тр. Байкальской лимнологической станции. Т. 18. М.:Л., 1960. С. 155–241.

Afanas'ev A.N. Vodnyj balans ozera Bajkal [Water balance of Lake Bajkal] // Tr. Bajkal'skoj limnologicheskoi stancii, T. 18, M.; L., 1960, pp. 155–241 (in Russian).

Гидрологический режим и водный баланс Ладозского озера. Л.: Изд-во ЛГУ, 1966 (Тр. лаборатории озероведения; вып. 20). 324 с.

Gidrologicheskij rezhim i vodnyj balans Ladozhskogo ozera [Hydrological mode and water balance of Lake Ladoga], L.: Izd-vo LGU, 1966 (Tr. Laboratorii ozerovedenija; Vol. 20), 324 p. (in Russian).

Донные отложения Байкала. М.: Наука, 1970. 160 с.  
Donnye otlozhenija Bajkala [Ground deposits of Baikal], M.: Nauka, 1970, 160 p. (in Russian).

Жекулин В.С., Нехаичик В.П. Озеро Ильмень. Л., 1979. 55 с.  
Zhekulin V.S., Nehajchik V.P. Ozero Il'men' [Lake Ilmen], L., 1979, 55 p. (in Russian).

Иванов В.В., Коротаев В.Н., Лабутина И.А. Морфология и динамика дельты р. Селенга // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2007. № 4. С. 48–54.

Ivanov V.V., Korotaev V.N., Labutina I.A. Morfologija i dinamika del'ty r. Selengi [Morphology and dynamics of the delta of the Selenga River], Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografija, 2007, no 4, pp. 48–54 (in Russian).

История озер Ладозского, Онежского, Псковско-Чудского, Байкала и Ханка. Л.: Наука, 1990. 280 с.

Istorija Ladozhskogo, Onezhskogo, Pskovsko-Chudskogo, Bajkala i Hanka [History of Lake Ladoga, Onega, Pskov and Chudsky, Baikal and Khanka], L.: Nauka, 1990, 280 p. (in Russian).

История озер Севан, Иссык-Куль, Балхаш, Зайсан и Арал. Л.: Наука, 1991. 301 с.

Istorija ozjor Sevan, Issyk-Kul', Balhash, Zajsan i Aral [History of Lakes Sevan, Issyk Kul, Balkhash, Zaisan and Aral], L.: Nauka, 1991, 301 p. (in Russian).

Климатология, гидрология и гидрофизика озер Внутреннего Тянь-Шаня (Тенденции природного развития). Л.: Наука, 1981. 243 с.

Klimatologija, gidrologija i gidrofizika ozer Vnutrennego Tjan'-Shanja (Tendencii prirodnogo razvitija) [Climatology, hydrology and hydrophysics of lakes of Internal Tien Shan (Tendencies of natural development)], L.: Nauka, 1981, 243 p. (in Russian).

Коротаев В.Н. Береговая зона озера Иссык-Куль (Кадастр берегов и подводного склона. Очерки по морфологии береговой зоны). Фрунзе: Илим, 1967. 155 с.

Korotaev V.N. Beregovaja zona ozera Issyk-Kul' [Coastal zone of the Lake Issyk Kul] (Kadastr beregov i podvodnogo sklona. Oчерки po morfologii beregovoj zony), Frunze: Ilim, 1967, 155 p. (in Russian).



Коротаев В.Н. Геоморфология речных дельт. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 224 с.

Korotaev V.N. Geomorfologija rechnyh del't [Geomorphology of river deltas], M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1991, 224 p. (in Russian).

Коротаев В.Н. Очерки по геоморфологии устьевых и береговых систем. М., 2012. 540 с.

Korotaev V.N. Ocherki po geomorfologii ust'evykh i beregovykh system [Sketches on geomorphology of estuarial and coastal systems], M., 2012, 540 p. (in Russian).

Коротаев В.Н., Султаналиев Э.Н. История формирования и современная динамика устьев рек бассейна озера Иссык-Куль // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 12. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. С. 278–297.

Korotaev V.N., Sultanaliyev Je.N. Istorija formirovaniya i sovremennaja dinamika ust'ev rek bassejna ozera Issyk-Kul' [History of formation and modern dynamics of mouths of the rivers of the basin of the Lake Issyk Kul]. Jerozija pochv i ruslovyje processy. Vol. 12, M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 2000, pp. 278–297 (in Russian).

Ладожское озеро: прошлое, настоящее, будущее. СПб.: Наука, 2002. 327 с.

Ladozhskoe ozero: proshloe, nastojashhee, budushhee [Lake Ladoga: last, real, future], SPb.: Nauka, 2002, 327 p. (in Russian).

Озеро Иссык-Куль (Очерки по физической географии). Фрунзе: Илим, 1978. 210 с.

Ozero Issyk-Kul' [Lake Issyk Kul] (Ocherki po fizicheskoy geografii), Frunze: Ilim, 1978, 210 p. (in Russian).

Озеро Кубенское. Ч. 1. Гидрология; Ч. 2. Гидрохимия, донные отложения и растительные сообщества. Л.: Наука, 1977. 306 с.; 220 с.

Ozero Kubenskoe [Lake Kubena]. Vol. 1. Hidrologija; Vol. 2. Hidrohimija, donnye otlozhenija i rastitel'nye soobshhestva, L.: Nauka, 1977, 306 p.; 220 p. (in Russian).

Озера МНР и их минеральные ресурсы / Отв. ред. Л.К. Яхонтова, Н.С. Зайцев. М.: Наука, 1991. 134 с.

Ozjora MNR i ih mineral'nye resursy [Lakes MNR and their mineral resources]. Otv. red. L.K. Jahontova, N.S. Zajcev. M.: Nauka, 1991, 134 p. (in Russian).

Озера Тянь-Шаня и их история (Физическая география и палеогеография). Л.: Наука, 1980. 230 с.

Ozjora Tjan'-Shanja i ih istorija [Lakes of Tien Shan and their history] (Fizicheskaja geografija i paleogeografija), L.: Nauka, 1980, 230 p. (in Russian).

Романовский В.В. Озеро Иссык-Куль как природный комплекс. Фрунзе: Илим, 1991. 168 с.

Romanovskij V.V. Ozero Issyk-Kul' kak prirodnyj kompleks [Lake Issyk Kul as natural complex], Frunze: Ilim, 1991, 168 p. (in Russian).

Сапожников Д.Г. Современные осадки и геология озера Балхаш. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 208 с. (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 132).

Sapozhnikov D.G. Sovremennye osadki i geologija ozera Balhash [Modern rainfall and geology of Lake Balkhash], M.: Izd-vo AN SSSR, 1951, 208 p. (Tr. GIN AN SSSR; Vol. 132) (in Russian).

Сапожников Д.Г., Виселкина М.А. Современные осадки озера Иссык-Куль и его заливов. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 160 с. (Тр. ИГЕМ; Вып. 36).

Sapozhnikov D.G., Viselkina M.A. Sovremennye osadki ozera Issyk-Kul' i ego zalivov [Modern rainfall of the Lake Issyk Kul and its gulfs], M.: Izd-vo AN SSSR, 1960, 160 p. (Tr. IGEM; Vol. 36) (in Russian).

Саркисян С.Г. Байкал. М.: Гос. изд-во географической литературы, 1955. 80 с.

Sarkisjan S.G. Bajkal [Baikal], M.: Gos. izd-vo geograficheskoy literatury, 1955, 80 p. (in Russian).

Саркисян В.О. Воды Армении. Ереван: Ереванский гос. ун-т строит. и архитектуры, 2008. 208 с.

Sarkisjan V.O. Vody Armenii [Waters of Armenia], Erevan: Erevanskij gos. un-t stroit. i arhitektury, 2008, 208 p. (in Russian).

Элементы гидрометеорологического режима озера Байкал. М.;Л.: Наука, 1964. 194 с. (Тр. Лимнологического ин-та; Вып. 25).

Jelementy gidrometeorologicheskogo rezhima ozera Bajkal [Elements of the hydrometeorological mode of Lake Baikal], M.;L.: Nauka, 1964, 194 p. (Tr. Limnologicheskogo in-ta; Vol. 25) (in Russian).

Поступила в редакцию  
15.09.2014

**D.B. Babich, N.N. Vinogradov, V.V. Ivanov,  
V.N. Korotaev, E.R. Chalova**

#### **DELTA OF THE RIVERS RUNNING INTO LAKES AND RESERVOIRS: MORPHOGENETIC TYPES AND RECENT DYNAMICS**

Basing on publications, topographic maps and space imagery new data on the hydrological regime, morphology and dynamics of deltas of the rivers entering lakes (70 objects) and reservoirs (30 objects) of Russia, the former USSR republics and the NIS countries are obtained. The results of field hydrographical and geophysical investigations provide new information about the bottom morphology and recent sediments for the Mozhaisk reservoir, the Kubenskoye Lake and the Kubena River delta.

**Keywords:** deltas, morphogenetic types, Mozhaisk reservoir, Kubenskoye Lake, Kubena River delta.