

Е.А. Ильичева, Л.М. Корытный, М.В. Павлов

## РУСЛОВАЯ СЕТЬ ДЕЛЬТЫ р. СЕЛЕНГИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 11-05-01038-а).*

Под современным этапом формирования русловой сети дельты р. Селенги мы подразумеваем период с 1959 по 2012 г. (с момента заполнения Иркутского водохранилища). Строительство Иркутской ГЭС совпало с многоводным периодом, во время которого субэаральная поверхность дельты была затоплена. Затопление и последующая стабилизация базиса эрозии значительно изменили направления стока в дельте. В настоящее время перераспределение русловой сети продолжается. Выделены основные направления стока, даны количественные характеристики и определены сезонные колебания. Основными факторами, управляющими развитием русловой сети и дельты, являются: гидрометеорологические, аккумулятивно-эрозионные процессы, строительство гидротехнических сооружений, современные тектонические движения.

**Ключевые слова:** дельта; русловая сеть; аллювий; морфогенез.

В формировании геоэкосистем дельт ведущими являются сложные внутренние связи и процессы во флювиальной подсистеме, т.е. в расположенных в руслах и озерно-болотных чашах водных массах. Среди связей главная – тесная гидравлическая и морфологическая взаимозависимость водотоков и водоемов гидрографической сети русла: естественные или антропогенные изменения любого звена этой сети передаются на всю устьевую систему, причем не только вниз и вверх по течению, но и в поперечном направлении – из одних рукавов дельты в другие. Среди процессов главные – динамические, т.е. перераспределение стока по пространству дельты и изменение морфологии и морфометрии водотоков.

Дельта Селенги расположена в пределах Усть-Селенгинской впадины Байкальской рифтовой зоны. С северо-востока впадина ограничена склонами Морского хребта, а с юга – хребтом Хамар-Дабан [1]. Севернее самой дельты расположен залив Провал, а южнее – Посольский Сор. Возраст дельты оценивается в 500 тыс. лет [2, 3]. Устьевая область р. Селенги относится к открытому типу с устьевым взморьем и лопастной дельтой выдвигения. Дельта сформирована длительным взаимодействием системы «оз. Байкал – р. Селенга» и представляет собой уникальную аккумулятивную равнину с рядом специфических природных характеристик. В экосистеме дельты Селенги фильтруется водный поток, поступающий со всего бассейна. Речной сток составляет около половины притока в озеро. Распределение стока по пространству дельты неравномерно, а также резко различается по сезонам. Общее направление стока носит унаследованный характер. Процессы современного дельтообразования и динамики гидрографической сети происходят в условиях зарегулированности приемного водоема.

В режиме дельты выделяется сезон ее значительного затопления в многоводный период с апреля по октябрь, обусловленный подъемом уровня оз. Байкал и паводочно-паводочным стоком р. Селенги. Вторая особенность современных процессов затопления – общий подъем уровня Байкала и зарегулированность колебаний с амплитудой до 1 м после строительства Иркутской ГЭС в конце 1950-х гг.

Окончание строительства ГЭС в 1959 г. совпало с многоводным периодом и обусловило катастрофически быстрый подъем уровня Байкала, когда в сутки он достигал 70 см [4]. К 1962 г. уровень установился на отметке 266 см над «нулем» графика. Максимальные подъемы уровня отмечались вплоть до 1972 г. Этот продолжительный период внес значительный вклад в переформирование берегов оз. Байкал и перестройку речной сети внутри дельты р. Селенги. В результате длительного стояния высоких уровней Байкала и высокого уровня зеркала грунтовых вод в дельте Селенги произошло затопление больших площадей субэаральной ее части. По новейшим данным, в этот период уровень достигал в некоторые моменты абсолютных отметок 459–460 м над ур.м., что соответствует полному затоплению дельты вплоть до главного узла бифуркации в районе д. Малое Колесово [5–9].

На современном этапе базис эрозии для проток дельты изменяется в течение года с амплитудой колебаний в пределах до 1 м и играет незначительную роль в гидроморфогенезе дельты. Таким образом, формирование современной русловой сети – плановое положение проток, появление новых и исчезновение ранее существовавших проток, врезание и обмеление русел, а также многие другие гидролого-морфологические процессы и явления связаны со следующими главнейшими факторами формирования дельты: гидрометеорологические условия, подстилающие породы, хозяйственная деятельность по укреплению берегов и современные тектонические движения. Дельтоформирующая роль перечисленных факторов различна в отдельных областях дельты р. Селенги, и некоторые зависимы от сезонов.

Средний многолетний расход воды за период инструментальных наблюдений составляет 919 м<sup>3</sup>/с. Со времени стабилизации уровня Байкала отмечены периоды значительной водности в 1971, 1973, 1990, 1993 и 1998 гг.; максимальный сток в вершине дельты составлял 4 140 м<sup>3</sup>/с в 1973 г. Одно из последних событий резкого повышения уровня в протоках дельты произо-

шло в летний паводок 2012 г. Обильные осадки в верхней и средней частях бассейна в этот период вызвали повышение уровня воды в протоках дельты до 10 см в сутки и стабилизировались на 1,5–2 м выше средне-многолетнего. Летом 2012 г. протоки в среднем течении вышли из берегов, периферийные участки дельты затопились.

На основе анализа разновременного картографического материала мы получили данные об изменении положения протоков в плане, а также мощности накопленного руслового аллювия в дельте (рис.1, 2). В расчете учитывались абсолютные отметки карт масштаба 1: 100 000, изданных по съемкам 1956, 1986 и 1998 гг. Проводится сравнение картографических данных с современными крупномасштабными космоснимками. В дополнение к камеральным данным с 2003–2012 гг. ежегодно ведутся комплексные полевые исследования. Экспериментальные работы на сети гидрологических створов и точек наблюдений включают привязку створов, русловые съемки, гидрометрические измерения, наблюдения за русловой эрозией.

Гипсометрический профиль проведен по наиболее широкой части дельты и охватывает все основные протоки ниже узла бифуркации.

В результате расчетов стока наносов за рассматриваемый период и объемов рыхлого материала, полученных при сравнении абсолютных отметок поверхности дельты по гипсометрическим моделям на различные временные срезы в прошлом, мы имеем близкие значения накопления аллювия: 5,5 и 5,1 км<sup>3</sup> в год соответственно. Накопление современного аллювия происходит в центральной части дельты. Основные объемы были созданы в период с 1986 по 1998 г. К 1998 г. субаэральная поверхность дельты приобрела наибольшую расчлененность.

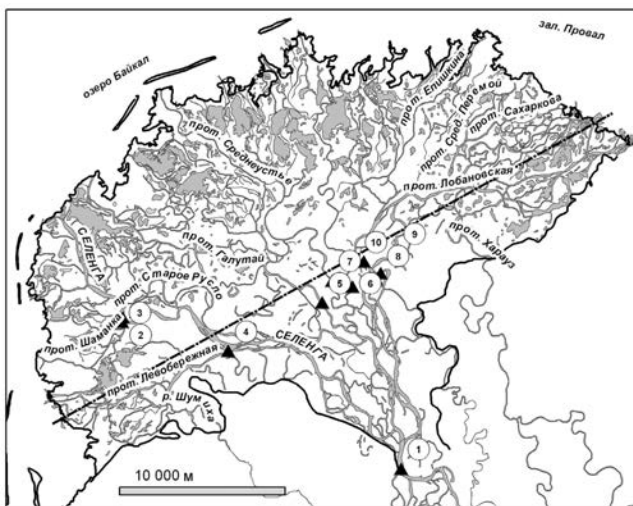


Рис. 1. Дельта р. Селенги. Пунктиром показан гипсометрический профиль; цифрами обозначены основные мониторинговые гидрометрические створы: 1 – вершина дельты – с. Малое Колесово; 2 – протока Шаманка; 3 – протока Харануз; 4 – протока Левобережная; 5 – протока Галутай; 6 – протока Колпинная; 7 – протока Среднеустье; 8 – протока Манзар; 9 – протока Дологан; 10 – протока Лобановская

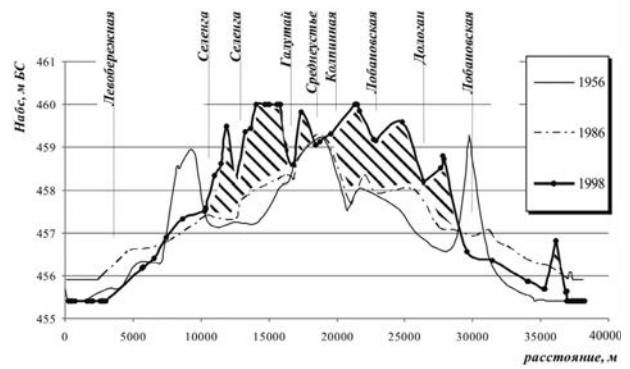


Рис. 2. Поперечный гипсометрический профиль. Штриховкой показана мощность накопленного аллювия с 1986 по 1998 г.

Как было сказано выше, перестройка русловой сети дельты и наибольшее накопление толщ аллювиальных отложений происходят в периоды значительной водности. Одним из свидетельств тому служит сравнение поперечных профилей в вершине дельты (створ Малое Колесово) за относительно небольшой промежуток времени (рис. 3). В паводочный период 2012 г. подъем уровня воды составил более 1,5 м в сравнении с измерениями 2011 г. За прошедшее время мощность накопленного аллювия составила 1,2 м.

Береговая эрозия в паводок достигала 2,5 м в сутки. Кроме того, в центральной части дельты береговые разрезы представлены слоистыми песками, литологически определяемыми как аллювиально-дельтовые. Эксклюзивная особенность этих отложений – это присутствие палеопочвенных горизонтов, перекрытых 1,5-метровым слоем аллювиальных песков под современным почвенным горизонтом. Накопление аллювиального слоя мы привязываем к выходу вод проток дельты на пойму в периоды ее затопления в недавнем прошлом.

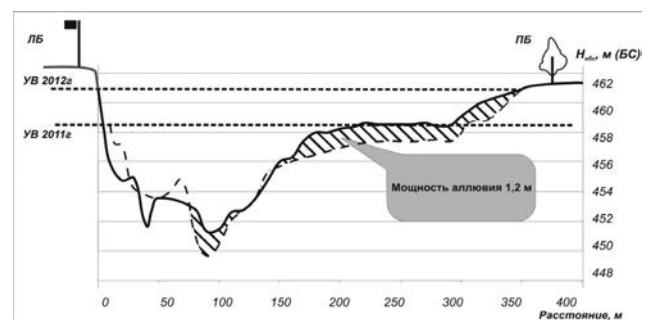


Рис. 3. Сравнение поперечных профилей на створе Малое Колесово

С учетом положения и динамики формирования береговой линии побережья, основных гидроморфологических элементов за период зарегулированности проведены границы морфодинамических областей. Выделены три сектора дельты: Лобановский, Среднеустьевский и Селегинский, названные по крупным протокам дельты [10]. Определены тенденции развития русловых процессов и динамика распределения стока воды и наносов по русловой сети дельты.

Все протоки извилистые. Этому способствуют наличие пространства для блуждания и легкоразмываемые грунты. Ширина пояса меандрирования в привершинной части составляет 10 км, в северной (Лобановский сектор) – 7,5–10 км и в южной (Селенгинский сектор) – 2–3,5 км [11].

Основные факторы формирования тела дельты – поступление наносов из речного стока и их аккумуляция. Выделены три главных направления стока: Лобановское, Среднеустьевское и Селенгинское. Максимальный сток вещества в настоящее время перераспределяется из Селенгинского сектора к Лобановскому и составляет 35 и 45% соответственно; до 20% стока проходит по русловой сети проток Среднеустье и Колпинная. Распределение взвешенных наносов в процентном отношении коррелирует с водностью секторов и составляет 27, 21 и 52% (рис. 4). Отмечена связь распределения стока с сезонами.

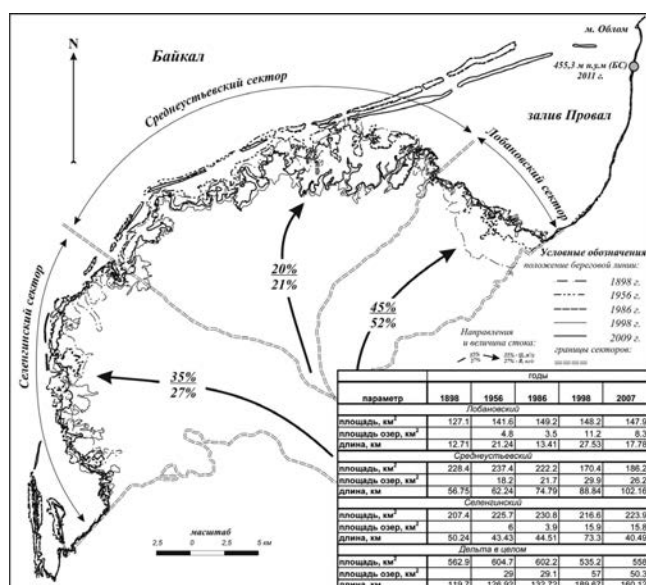


Рис. 4. Гидролого-морфологическая схема дельты

Лобановский сектор включает в себя зону рельефообразования одноименной протоки. Граница сектора простирается по обрамлению дельты от материкового побережья у с. Дубинино до устья протоки Средний Перемой. В этом секторе исторически продолжается выдвигание дельты, скорость роста составляет 30–40 м/год от границ естественного положения береговой линии до современных (2009 г.). Проявляется унаследованность развития береговой линии, выражающаяся в плановой спрямленности очертаний, что соответствует положению предполагаемого сейсмогенного сброса. Лобановский сектор приурочен к зоне сеймотектонических опусканий с эпицентрами землетрясений [12]. Длина береговой линии не претерпевает существенных изменений на фоне общего выдвигания. Лимитирующим фактором развития береговой линии по Лобановскому сектору можно считать современные разрывные нарушения. Площадь сектора увеличилась с 127 до 148 км<sup>2</sup>, происходит незначительное приращение площади озер. Лобановский сектор с 2009 г. находится в стадии акти-

визации, что выражается в удлинении проток, увеличении уклона, а в устьевой области отмечается врезание русла [13].

За весь период наблюдений протоки Средний и Новый Перемой, протока Сахаркова обмелели, изменили свою конфигурацию; произошло слияние протоки Лобановской с протокой Дологан, ранее имевшей собственное важное значение в распределении стока по сектору.

Внешняя граница Среднеустьевского сектора располагается от устья протоки Средний Перемой до устья протоки Галутай (по правому берегу). В тектоническом плане сектор относится к отрицательной морфоструктуре с резкой неотектонической дифференциацией кристаллического фундамента, мощностью кайнозойских отложений до 6 тыс. м [12]. Площадь сектора уменьшается с 228 до 186 км<sup>2</sup> при увеличении длины береговой линии. Уменьшение площади происходит за счет подтопления фронта дельты и образования внутривдольных озер, площадь которых возросла с 18 до 26 км<sup>2</sup>. По всему обрамлению дельты преобладают отрицательные плановые смещения береговой линии с максимумом 6,5 км.

Ранее сектор рассматривался как область динамического равновесия [14], однако по результатам наших исследований выявлена отрицательная динамика гипсометрических отметок поверхности в периферийной части сектора, видимо, связанная с нестабильной сеймотектонической обстановкой. Сектор характеризуется максимальной амплитудой колебания абсолютных отметок в районе бифуркации, где сохранились останцы высокой террасы (460 м над ур.м. – 458 м над ур.м.) и минимальными отметками в устьях проток и затопленных территорий. В Среднеустьевском секторе длины проток уменьшаются, уклон практически стабилен, а в устьевой области преобладает аккумуляция, что приводит к заилению самих проток и вновь образованных лиманов.

Селенгинский сектор занимает участок дельты, формирующийся за счет аккумуляции отложений, выносимых селенгинской русловой сетью, и ограничен береговой линией от материкового побережья в районе с. Истомино до устья протоки Галутай. Сектор характеризуется положительной динамикой береговой линии практически на всем протяжении. Максимальное смещение береговой линии наблюдается на участке в междуречье проток Левобережной и Основного русла (Харауза), где прирост дельты составил 2 км за 100 лет. Средняя скорость выдвигания достигает 10–20 м/год. За счет выдвигания береговой линии сектора увеличивается его площадь с 207 км<sup>2</sup> в 1898 г. до 224 км<sup>2</sup> в настоящее время. Длина береговой линии сокращается за счет заполнения изрезанных участков наносами. В секторе произошло существенное изменение гидрографической сети: перераспределение стока, возникновение новых озер и увеличение их общей площади. Динамика русловой сети выражается уменьшением транзита по Основному руслу с перехватом стока в новообразованную протоку Левобережная и обмелением судоходной протоки Харауз, утратил свое значение и участок протоки, ныне названной Старая Борозда.

Современное развитие дельты сопровождается изменением параметров русловой сети, перераспределением стока, как водного, так и стока наносов. Мобильность русловой сети наиболее ярко проявляется в период прохождения высоких вод и характерна для многоводных проток, боковая эрозия в большей степени фиксируется в протоках Лобановского сектора. В Селенгинском секторе произошла значительная перестройка русловой сети, обусловленная возникновением протоки Левобережная и обводнением южной части дельты. Наиболее интенсивно размываются берега вершины дельты (более 70 м за последние 10 лет) и проток Лобановской, Дологана (более 3 м/год).

В Среднеустьевском секторе изменения русловой сети, вероятно, обусловлены современным тектоническим фактором, что выражается в затоплении периферийной части сектора.

Исследования в дельте реки Селенги, в первую очередь экспериментальные, расширяют рамки познания механизмов формирования структуры гидрографической сети дельты и причины ее динамических трансформаций, что важно для понимания функционирования ее как геоэкологического и биологического фильтра. Комплексное изучение дельты р. Селенги продолжается в рамках исследования гидролого-геоморфологических процессов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Экологически ориентированное планирование землепользование в Байкальском регионе. Район дельты р. Селенги.* Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. 149 с.
2. *Зорин Л.В.* Формирование дельты Селенги и образование залива Провал // Ученые записки МГУ. Сер. Геоморфол. М., 1956. Вып. 182. С. 193–196.
3. *Рогозин А.А.* Береговая зона Байкала и Хубсугула. Морфология, динамика и история развития. Новосибирск : Наука, 1993. 168 с.
4. *Динамика берегов озера Байкал при новом уровненом режиме.* М. : Наука, 1976. 88 с.
5. *Атлас озера Байкал.* Составлен Гидрографической экспедицией под начальством полковника Ф.К. Дриженко. СПб. : Издание Главного гидрографического управления, 1902.
6. *Атлас озера Байкал. Прибрежная часть.* РСФСР. Министерство Речного Флота Восточно-Сибирское бассейновое управление пути. Иркутск, 1959.
7. *Лоция и физико-географический очерк озера Байкал / под ред. Ф.К. Дриженко.* СПб. : Издание Главного гидрографического управления, 1898. 443 с.
8. *Лоцманская карта реки Селенги от устья до 424 км.* СССР Министерство речного флота «ГЛАВВОСТОК». Восточно-Сибирское Бассейновое управление пути. Иркутск, 1949.
9. *Лоцманская карта реки Селенги от устья до селения Усть-Кяхта.* СССР. Министерство речного флота «ГЛАВВОСТОК». Восточно-Сибирское Бассейновое управление пути. Иркутск, 1986.
10. *Ильичёва Е.А., Павлов М.В.* Унаследованность береговой линии дельты реки Селенги // Материалы XIV совещания географов Сибири и Дальнего Востока. Владивосток : Дальнаука, 2011. С. 426–428.
11. *Ильичева Е.А.* Гидрографическая сеть дельты р. Селенги в период искусственного регулирования уровненого режима озера Байкал // Материалы Третьей Всероссийской конференции с международным участием «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов». Барнаул, 2010. С. 382–387.
12. *Сейсмогеология и детальное сейсмическое районирование Прибайкалья.* Новосибирск : Наука, 1981. С. 102–128.
13. *Ильичёва Е.А., Амосова И.Ю.* Эрозионно-аккумулятивные процессы основных русловых потоков дельты р. Селенги // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвящ. 100-летию со дня рождения д-ра геогр. наук, проф. Льва Николаевича Ивановского, «Рельеф и экзогенные процессы гор». Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2011. С. 85–87.
14. *Богоявленский Б.А.* Моделирование природы озёрного края селенгинской дельты, её динамика и прогноз развития // История развития речных долин и проблемы мелиорации земель. Новосибирск : Наука, 1979. С. 105–128.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 25 декабря 2013 г.

## THE RIVER NETWORK OF THE SELENGA DELTA AT PRESENT

*Tomsk State University Journal.* No. 380 (2014), 190-194.

**Ilyicheva Yelena A., Korytny Leonid M. V.B.** Sochava Institute of Geography SB RAS (Irkutsk, Russian Federation). E-mail: lenail3663@mail.ru / kor@irigs.irk.ru

**Pavlov Maksim V.** Geospectr (St. Petersburg, Russian Federation). E-mail: maksimpavlov@rambler.ru

**Keywords:** delta; fluvial network; alluvium; morphogenesis.

The Selenga Delta is located in Eastern Baikal within the Ust-Selenga depression of the Baikal rift zone. Its estimated age is 500 thousand years. The mouth area of the Selenga is of the open-type with delta shore and lobate delta protrusion. The delta was formed by long-term interaction of the system «Lake Baikal – the Selenga River» and is a unique accumulative plain with a number of specific natural features. The ecosystem of the delta of the Selenga filters water stream coming from the river basin. A comparison of multi-temporal cartographic material (sailing directions of the Selenga River and Lake Baikal topographic survey of 1908, 1949, 1986, 2001; 1:100 000 scale topographic maps of 1956, 1986, 1998; and modern satellite images) was made. Since 2003, annual field researches have been carried out. Experimental work on the network of hydraulic sections and observation points include section binding, riverbed survey, hydrometric measurements, riverbed erosion observations, geological and geomorphological work. The main factors in the formation of the delta at present are meteorological conditions, bedrock, economic activities related to bank protection, and modern tectonic movements. The role of these processes is different in separate areas of the Selenga Delta. The completed construction of the Irkutsk hydroelectric power station in 1959 coincided with a high-water period and led to a catastrophic rapid rising of Lake Baikal. By 1962, the level was 266 cm above zero of the graph. The peak level was observed till 1972. This long period significantly contributed to the re-formation of the shores of Lake Baikal and the restructuring of the river network in the Selenga River delta. Prolonged high levels of Lake Baikal and the high level of the

water table in the delta of the Selenga River resulted in the flooding of large areas of sub-aerial part of the delta, formation of new channels, and redistribution of the runoff. At the present stage the annual amplitude fluctuations in Lake Baikal are within the range of 1 m, which is limited by Irkutsk power plant. The morphogenesis of the mouth area is accompanied by changes in the channel network parameters, redistribution of the water and sediment runoff. Changes of the channel network are most clearly manifested in the high water period; it is typical for high-water flow distributaries. Lateral erosion largely occurs in the Lobanovsky sector. The changes of the channel network and the altitude points of the sub-aerial surface of the delta are most clearly shown in hypsometric models designed according to the data of the topographic maps of different periods. By comparing hypsometric models we obtained the accumulation and erosion processes in the delta. At the present stage, the levels up to 459 meters above sea level move into the central part of the delta. The boundaries of the morphodynamic areas were allocated by the dynamics of the shoreline and by various hydromorphological elements. Three sectors of the Delta were identified: Lobanovsky, Sredneustevsky and Selenginsky, named after the large branches of the delta. The tendencies of development of the riverbed processes and the dynamics of the distribution of water flow and sediment in the channel network of the delta were obtained.

## REFERENCES

1. Ekologicheski orientirovannoe planirovanie zemlepol'zovanie v Baykal'skom regione. Rayon del'ty r. Selengi. Irkutsk : izd-vo In-ta geografii SO RAN, 2002. 149 p.
2. Zorin L.V. Formirovanie del'ty Selengi i obrazovanie zaliva Proval. *Uchenye zapiski MGU. Ser. Geomorfol. M.*, 1956. Vyp. 182. P. 193-196.
3. Rogozin A.A. Beregovaya zona Baykala i Khubsugula. Morfologiya, dinamika i istoriya razvitiya. Novosibirsk : Nauka, 1993. 168 p.
4. Dinamika beregov ozera Baykal pri novom urovennom rezhime. M. : Nauka, 1976. 88 p.
5. Atlas ozera Baykal. Sostavlennyye gidrograficheskoy ekspeditsiyey pod nachal'stvom polkovnika F.K. Drizhenko. SPb. : Izdanie Glavnogo gidrograficheskogo upravleniya, 1902.
6. Atlas ozera Baykal. Pribreznaya chast'. RSFSR. Ministerstvo Rechnogo Flota Vostochno-Sibirskoe basseynovoe upravlenie puti. Irkutsk, 1959.
7. Lotsiya i fiziko-geograficheskiy ocherk ozera Baykal. Pod red. F.K. Drizhenko. SPb. : Izdanie Glavnogo gidrograficheskogo upravleniya, 1898. 443 p.
8. Lotsmanskaya karta reki Selengi ot ust'ya do 424 km. SSSR Ministerstvo rechnogo flota "GLAVVOSTOK". Vostochno-Sibirskoe Basseynovoe upravlenie puti. Irkutsk, 1949.
9. Lotsmanskaya karta reki Selengi ot ust'ya do seleniya Ust'-Kyakhta. SSSR. Ministerstvo rechnogo flota "GLAVVOSTOK". Vostochno-Sibirskoe Basseynovoe upravlenie puti. Irkutsk, 1986.
10. Il'icheva E.A., Pavlov M.V. Unasledovannost' beregovoy linii del'ty reki Selengi. *Materialy XIV soveshchaniya geografov Sibiri i Dal'nego Vostoka. Vladivostok : Dal'nauka*, 2011. P. 426-428.
11. Il'icheva E.A. Gidrograficheskaya set' del'ty r. Selengi v period iskusstvennogo regulirovaniya urovennogo rezhima ozera Baykal. *Materialy Tret'ey vsrossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Fundamental'nye problemy vody i vodnykh resursov"*. Barnaul, 2010. P. 382-387.
12. Seysmogeologiya i detal'noe seysmicheskoe rayonirovanie Pribaykal'ya. Novosibirsk : Nauka, 1981. P. 102-128.
13. Il'icheva E.A., Amosova I.Yu. Eroziionno-akkumulyativnye protsessy osnovnykh ruslovykh potokov del'ty r. Selengi. *Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashch. 100-letiyu so dnya rozhdeniya d-ra geogr. nauk, prof. L'va Nikolaevicha Ivanovskogo, «Rel'ef i ekzogennye protsessy gor»*. Irkutsk : izd-vo In-ta geografii SO RAN, 2011. P. 85-87.
14. Bogoyavlenskiy B.A. Modelirovanie prirody ozernogo kraya selenginskoy del'ty, ee dinamika i prognoz razvitiya. *Istoriya razvitiya rechnykh dolin i problemy melioratsii zemel'*. Novosibirsk : Nauka, 1979. P. 105-128.