

Выводы

1. В результате МДО-процесса, проведенного по двум режимам, были сформированы покрытия на высококремнистом алюминиевом сплаве АК12Д.
2. Одновременное повышение концентрации жидкого стекла и гидроксида приводит к формированию МДО-слоя с большей толщиной, повышенной микротвердостью и пониженной пористостью.
3. Пористость МДО-слоя оказывает доминирующее влияние на коррозионные свойства покрытия.

Результаты работы были получены в ходе выполнения совместного проекта ФГБОУ ВПО УГАТУ и ОАО «УМПО» «Разработка и промышленное освоение координируемых технологий высокоточного формообразования и поверхностного упрочнения ответственных деталей из Al-сплавов с повышенной конструкционной энергоэффективностью», реализуемого в рамках Постановления Правительства РФ № 218 от 9 апреля 2010 года.

Статья поступила 07.08.2014 г.

Библиографический список

1. Жаринов П.М. Эффективные микроразряды и новые способы нанесения покрытий на изделия из алюминиевых сплавов: автореф. дис. ... канд. хим. наук: 19.02.09. М.: МИ-СиС, 2009. 24 с.
2. Габралла М.Э.М. Влияние электрического режима на свойства микродуговых покрытий, формируемых на сплаве Д16: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 08.11.07. М.: МИСиС, 2007. 24 с.
3. Тихоненко В.В., Шкиль А.М. Метод микродугового оксидирования // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2012. Т. 2. Вып. 13 (56). С. 13–18.
4. Дударева Н.Ю. Влияние режимов микродугового оксидирования на свойства формируемой поверхности // Вестник УГАТУ. 2013. Т. 17. Вып. № 3. С. 217–222.
5. Кучмин И.Б., Нечаев Г.Г. Плотность тока как определяющий параметр процесса микродугового оксидирования // Вестник СГТУ. 2013. Вып. № 1 (69). С. 62–66.
6. Суминов И.В. Микродуговое оксидирование: теория, технология, оборудование. М.: Экомет, 2005. 368 с.
7. Чигринова Н.М. Особенности формирования функциональных покрытий в проблемных зонах металлоконструкций торгового и рекламного оборудования // Вестник ГИУА. 2012. Вып. 15. № 1. С. 46–53.
8. Wenbin Xue Preparation of anti-corrosion films by microarc oxidation on an Al-Si alloy // Applied Surface Science. 2007. 253. P. 6118–6124.
9. Wenbin Xue Corrosion behaviors and galvanic studies of microarc oxidation films on Al-Zn-Mg-Cu alloy // Surface & Coatings Technology. 2007. 201. P. 8695–8701.
10. Lei Wen Microarc oxidation of 2024 Al alloy using spraying polar and its influence on microstructure and corrosion behavior // Surface & Coatings Technology. 2013. 228. P. 92–99.
11. Токарев А.В. Электрофизические характеристики покрытий на алюминии, полученных методом микродугового оксидирования // Вестник КПКУ. 2012. Т. 12. Вып. № 10. С. 106–110.
12. Эпельфельд А.В. Применение технологии микродугового оксидирования для формирования защитных покрытий [Электронный ресурс]. URL: http://tompve.ru/science/techn_mash.htm
13. Кристал М.М. О теплопроводности оксидных покрытий, полученных методом микродугового оксидирования на силумине АК9ПЧ // Вектор науки ТГУ. 2012. № 4 (22). С. 169–172.
14. Tongbo Wei Characterization and wear- and corrosion-resistance of microarc oxidation ceramic coatings on aluminum alloy // Journal of Alloys and Compounds. 2005. 389. P. 169–176.

УДК 551.435.126

УСТЬЕВЫЕ ОБЛАСТИ РЕК ОЗЕРА БАЙКАЛ

© Т.Г. Потемкина¹, В.Л. Потемкин², Е.А. Гусева³

^{1,2}Лимнологический институт СО РАН,
664033, Россия, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3.

²Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Впадающие в Байкал реки выделены в две группы – Большую и Малую питающие провинции озера. Наиболее распространенный тип устьевых областей рек Байкала – дельтовый и простой. Устья рек Большой питающей провинции озера по морфологическому строению представлены следующими типами: простой, эстуарный, дельтово-эстуарный, дельтовый. Устья рек Малой питающей провинции озера выделены в три типа: семь устьевых областей относятся к простому типу, столько же к дельтовому и две – к эстуарно-дельтовому. Определены площади акваторий эстуариев. Рассмотрены условия, в которых развиваются устьевые области байкальских рек, и

¹Потемкина Татьяна Гавриловна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, тел.: (3952) 426502, e-mail: tat_pot@lin.irk.ru

Potemkina Tatiana, Candidate of Geography, Senior Researcher, tel.: (3952) 426502, e-mail: tat_pot@lin.irk.ru

²Потемкин Владимир Львович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, тел.: (3952) 426502, e-mail: klimat@lin.irk.ru

Potemkin Vladimir, Candidate of Geography, Senior Researcher, tel.: (3952) 426502, e-mail: klimat@lin.irk.ru

³Гусева Елена Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов, тел.: (3952) 405147, e-mail: el.guseva@rambler.ru

Guseva Elena, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Machine-Building Technologies and Materials, tel.: (3952) 405147, e-mail: el.guseva@rambler.ru

влияние устьев на озерные процессы.

Ил. 1. Табл. 4. Библиогр. 14 назв

Ключевые слова: оз. Байкал; реки; устьевые области; дельты; эстуарии; речной сток.

LAKE BAIKAL ESTUARY AREAS

T.G. Potemkina, V.L. Potemkin, E.A. Guseva

Limnological Institute SB RAS,

3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033, Russia.

Irkutsk State Technical University,

83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

Tributaries that feed Lake Baikal are divided into 2 groups – Big and Small influent provinces. The most widely spread types of the mouth areas of Lake Baikal rivers are delta and simple ones. According to the morphological structure, the river mouths of the Big inflowing province are represented by 4 types: simple, estuarial, delta-estuarial and delta, whereas the river mouths of the Small inflowing province include 3 types: 7 estuary areas are referred to the simple type, the same number of mouth areas are referred to the delta type, and 2 areas to the estuarial-delta type. The areas of the estuarial water zones are determined. Consideration is given to the development conditions of Baikal river mouth areas and the effect of the river mouths on the processes taking place in the lake.

1 figure. 4 tables. 14 sources.

Key words: Lake Baikal; rivers; estuary areas; deltas; estuaries; river runoff.

Введение

Устьевые области рек (устья рек) – природные системы, являющиеся «пограничными» районами между приемным водоемом и речными бассейнами. Природный комплекс устьевых областей рек формируется в результате сложных устьевых процессов. Основу этих процессов составляют гидролого-морфологические, гидрохимические, биологические процессы, происходящие в устьевой области реки при взаимодействии вод реки и водоема. С одной стороны, устьевые процессы подчиняются влиянию естественных природных факторов речных бассейнов и приемного водоема, антропогенных нагрузок, с другой – процессы в устьях сами могут оказывать влияние на режим водоема. Усиливающееся влияние глобальных и региональных природных изменений, а также антропогенных воздействий на сток рек и уровни водоемов приводят к перестройке режима устьевых областей многих рек мира. Сток воды и наносов изменяется, выдвигание дельт в водоемы замедляется, а в ряде случаев сменяется отступанием и деградацией. При этом в устьевых областях происходят более сильные и негативные изменения режима, чем в реках и водоемах. Вследствие этого необходимо обязательно учитывать возможные экологические последствия для речных устьев при их освоении или проведении любых крупных хозяйственных мероприятий в речных бассейнах. Поэтому увеличивается важность и возрастает значение исследований устьев рек и, прежде всего, происходящих здесь гидролого-морфологических процессов, являющихся определяющими в формировании природного комплекса устьевых областей рек. Изучение гидролого-геолого-геоморфологических аспектов устьевой проблематики представляет большой научный, экологический и практический интерес и полезно в целях рационального природопользования и охраны уникальных географических объектов – устьев рек.

Озеро Байкал – один из крупнейших природных резервуаров пресной воды в мире (около 20% мировых запасов). Уникальная вода Байкала характеризуется чистотой, прозрачностью, низкой минерализаци-

ей (около 100 мг/л), отсутствием органических примесей, максимальным обогащением кислородом. Побережье озера и окружающие горы отличаются своеобразием микроклимата, флоры и фауны. В 1996 г. Байкал был внесен в список природных объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО. Сохранить природу Байкала в современных условиях – важнейшая задача. Тем более уже сейчас для всей планеты довольно актуальна проблема нехватки питьевой воды, которая связана с деятельностью человека (загрязнение, деградация пресноводных экосистем, бесконтрольная урбанизация, изменения в землепользовании и др.) и изменением климата. Речной сток – важнейший источник, влияющий на экологическое состояние Байкала. Реки приносят в озеро не только наносы и питательные вещества, но и загрязнения. Связующим звеном между реками и водоемом являются устьевые области, которым принадлежит роль своеобразных фильтров (маргинальных фильтров). От гидролого-морфологического типа устьевых областей рек зависит объем поставки речного материала в озеро. В последние полвека в условиях изменений окружающей среды в устьевых областях рек Байкала тоже происходят переформирования. Необходимо отметить, что гидролого-геоморфологические процессы устьевых областей рек Байкала остаются почти не изученными. Между тем устья рек относятся к наиболее уязвимым объектам озерной системы, которые в первую очередь откликаются на природные и антропогенные изменения речного стока и уровня озера. Антропогенная же нагрузка на береговую зону Байкала и устьевые области впадающих в него рек продолжает увеличиваться с каждым годом, растет и усиливается часто бесконтрольный прессинг рекреационных мероприятий.

В условиях дефицита информации об устьевых областях рек Байкала изучение устьевых процессов, определение типов устьев и их составных частей важно для оценки их современного состояния и перспектив дальнейшего развития (так как такие оценки ранее не проводились), а также полезно в целях рационального использования и охраны как устьев рек, так и самого

озера. Представленные в статье данные об устьях рек Байкала послужат информационно-аналитическим материалом для изучения устьевых областей других рифтовых озер мира с различной степенью зарегулированности.

Материалы и методы

На основе предложенной В.Н. Михайловым и др. [7] новой гидролого-морфологической типизации устьев впервые определены типы устьевых областей рек Байкала и их составных частей. Выполнение такой работы стало возможным благодаря использованию анализа космических снимков устьевых областей рек и их частей, полученных с помощью информационной системы Google Earth. Для сравнения применялись картографический материал различного масштаба 1900-х и 1960-х гг., а также фотоматериалы устьевых областей рек. Данные Росгидромета позволили рассчитать для рек Байкала средние за период наблюдений (по 2011 г.) значения стока воды и наносов. В статье также использовались данные научных публикаций.

Район исследований

Байкал – рифтовое озеро. Его возраст около 25 млн лет. Объем котловины озера 23 тыс. км³, площадь водного зеркала 31,5 тыс. км². Длина озера 636 км, ширина изменяется от 25 до 80 км. Общая площадь бассейна (без площади акватории Байкала) составляет 545 тыс. км². Около 90% площади бассейна расположено с восточной стороны озера. В пределах России находится 45% площади водосбора Байкала, остальная часть – на территории Монголии [1]. Соотношение площади акватории к площади водосбора Байкала составляет 1:17, что свидетельствует о существенной роли суши в питании озера, и главным звеном в этом процессе является речной сток.

Бассейн Байкала характеризуется преимущественно горным рельефом. Отметки высот варьируют от 456 до 2840 м. Горные хребты вытянуты параллельно котловине озера и ориентированы главным образом с юго-запада на северо-восток. Территория бассейна озера относится в основном к лесостепной и лесной (таежной) зонам. Бассейн Байкала расположен в умеренном климатическом поясе с резко континентальным типом климата. Климатические условия определяются характером циркуляции атмосферы и радиационного режима, рельефом местности и воздействием водных масс озера на прибрежные районы. Многолетняя средняя годовая температура воздуха в бассейне озера составляет -3,7°C. Наибольшее количество осадков выпадает в горах (их средняя годовая сумма 1300 мм), наименьшее (250–300 мм) – в долинах рек Селенги, Баргузина, Уды, на острове Ольхон и в дельте реки Селенги. На теплый период года (май – сентябрь) приходится 80–90% годовой суммы осадков. В бассейне озера широко развита многолетняя мерзлота горных пород.

Бассейн Байкала имеет хорошо развитую речную сеть. Непосредственно в озеро впадает около 500 водотоков. Водосборы основных рек – Селенги, Верх-

ней Ангары, Баргузина и Турки (самых крупных по протяженности, стоку воды и наносов) – находятся на восточном побережье озера. Они выделены в Большую питающую провинцию Байкала и связаны с водоемом только через устья рек. Малая питающая провинция озера – это узкая полоса прилегающего побережья и обращенная к Байкалу поверхность окружающих хребтов. Реки малой провинции берут начало преимущественно на склонах этих хребтов, общим для большей части рек является их горный характер. Характеристика рек Большой и Малой питающих провинций озера приведена в табл. 1. Водосборы рек Большой питающей провинции занимают более 90% площади бассейна озера: Селенги (82%), Баргузина (3,8%), Верхней Ангары (3,9%), Турки (1,1%). Следовательно, происходящие почти на всей территории бассейна Байкала изменения природного и антропогенного характера находят отражения в многолетних данных по стоку воды и наносов этих рек, последние в свою очередь влияют на устьевые процессы, которые уже сами оказывают влияние на динамику и состав взвешенного вещества в озере [13; 14].

Особенности развития устьевых областей рек Байкала

Природный комплекс устьевых областей рек озера формируется в результате сложных гидролого-морфологических процессов: динамического взаимодействия и смешения вод реки и приемного водоема, морфодинамики дельты и дна устьевого взморья, русловых процессов в рукавах и протоках и дельтообразования в целом.

Природные условия Байкальского региона, а также крупные хозяйственные мероприятия в нем определили ряд особенностей в развитии устьев впадающих в Байкал рек.

Берега Байкала, в которых развиваются устьевые области, делятся на два типа – ровные и бухтовые – и отличаются тем, что их контур и в целом борта котловины озера контролируются тектоническими разломами [3]. Наиболее ровным является западный берег Байкала, вдоль которого на сотни километров протянулся Обручевский сброс. Характерная особенность берегов озера – наличие крупных мысовых выступов, представляющих конусы выноса в устьях протяженных долин или в устьях рек. Конусы выноса либо далеко вдаются в озеро в форме полукругов, либо слабо выступают в озеро, в них вложены устья многих рек. Новейший тектонический процесс – поднятие, расстрескивание, погружение, проседание отдельных блоков Байкальской впадины – оказывает определенное влияние на формирование устьевых областей рек озера. Частые землетрясения в Байкальском регионе (700–800 землетрясений за один месяц) ускоряют процессы тектонического опускания впадин (где расположены некоторые устьевые области рек, в частности дельты) и интенсивность уплотнения устьевых (дельтовых) отложений, что в конечном итоге отражается на процессах в устьях.

Таблица 1

Характеристика рек озера Байкал

Река	Длина реки / площадь водосбора, км/км ²	Категория реки	Средние данные за период наблюдений	
			сток воды, км ³ /год	сток наносов, тыс. т/год
Малая питающая провинция				
Голоустная	122 / 2300	С	0,29	0,69*
Бугульдейка	80 / 1720	М	0,17	0,51*
Анга	99 / 1010	М	0,081	2,1*
Сарма	66 / 787	М	0,14	0,82*
Рель	50 / 579	М	0,42	2,7*
Тыя	120 / 2580	С	1,24	14*
Давша	29 / 93,7	М	0,029	0,03*
Кика	107 / 2010	С	0,72	13*
Большая Сухая	33 / (379)	М	0,13	1,1*
Большая Речка	77 / 656	М	0,39	4,9*
Мысовая	30 / 151	М	0,091	0,72*
Снежная	173 / 3020	С	1,49	47
Хара-Мурин	86 / 1150	М	0,76	14,5
Утулик	86 / 965	М	0,53	31,5
Слюдянка	20 / (56,3)	СМ	0,026	7,1
Большая Половинная	44 / (356)	М	0,080	0,19*
Большая питающая провинция				
Селенга	1024/447060	Б	28,1	1735
Верхняя Ангара	438/21400	С	8,44	274
Баргузин	480/21100	С	3,97	107
Турка	272/5870	С	1,63	24*

Примечание. СМ – самые малые реки с длиной менее 10–25 км; М – малые реки с длиной 26–100 км; С – средние реки длиной 101–500 км; Б – большие реки длиной от 501–1000 км и более 1000 км; * – расчетные данные по стоку взвешенных наносов [2].

Глобальное потепление климата влияет как на климатические характеристики региона, так и на сток основных рек Байкала. Изменение режима речного стока приводит к переформированиям в устьях. Так, со второй половины 1970-х гг. на реках Байкала наблюдается уменьшение стока наносов на 48–81%, в то время как водоносность рек увеличивается до 5,3%. Исключение представляет река Селенга, сток воды которой уменьшился на 3,2% [10]. Бассейн Селенги простирается далеко в южном направлении и охватывает районы с разными климатическими условиями (умеренно влажные, сухие и очень сухие, как с положительным, так и с отрицательным трендом осадков и др.). Но преобладают по площади (более 80%) территории, испытывающие дефицит влаги, который в условиях потепления климата усиливается и влияет на водоносность реки. Наличие многолетней мерзлоты в Байкальском регионе и ее деградация в связи с потеплением способствует появлению дополнительной влаги и увеличению водоносности рек [10]. Уменьшение стока наносов в реках Байкала неизбежно приводит к переформированиям в устьях, например Верхней Ангара, и береговой зоне озера. Кроме природных факторов на этот процесс воздействует и антропогенная деятельность.

На Байкале выделяют три случая грандиозного

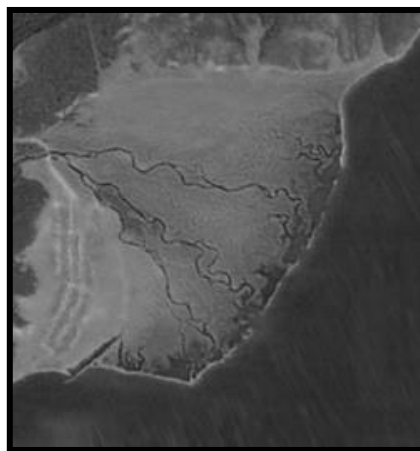
антропогенного вмешательства в естественное состояние его природной системы. Это строительство Кругобайкальской железной дороги (1896–1905 гг.), Иркутской ГЭС (1959–1962 гг.), в связи с чем уровень Байкала был повышен в среднем на 0,8 м, и современной Байкало-Амурской магистрали (1972–1984 гг.). Самым значимым влиянием на экосистему озера было антропогенное повышение его уровня. Это привело к целому ряду геоэкологических осложнений, в первую очередь в береговой зоне озера и устьях рек. Произошло подтопление низменных участков и устьевых областей рек, ускорились заболачивание, частичное разрушение естественных перемычек (кос, береговых баров), отделяющих мелководные заливы (лагуны, соры) от озера, усилились абразия и геодинамические процессы в береговой зоне. Уже 50 лет (с 1962 г.) уровень озера регулируется работой Иркутской ГЭС и устьевые области рек находятся в условиях антропогенного (техногенного) воздействия. С 2001 г. Постановлением правительства РФ колебания уровня Байкала ограничены одномоетровым диапазоном в целях охраны берегов озера, в том числе и устьевых областей рек. Но несмотря на это последствия техногенного повышения уровня озера будут прослеживаться и в будущем. Так, в северной части Байкала в устьевой области реки Верхняя Ангара произошли существен-

ные переформирования. Здесь в последние десятилетия происходят необратимые процессы: озерный край дельты отступает, увеличивается площадь акватории устьевой лагуны, а отделяющий ее от озера песчаный береговой бар интенсивно размывается и в будущем может полностью исчезнуть [8, 12]. Причиной возникновения таких изменений в устье Верхней Ангары послужило совместное действие природных и антропогенных факторов. Изменения произошли и в устьевой области реки Голоустная. Если в начале 1900-х гг. в дельте реки существовало шесть рукавов, то в настоящее время осталось лишь три (рис. 1). В устье Голоустной активно развивается туристическое дело. В настоящее время растет и усиливается часто бесконтрольный прессинг рекреационных мероприятий на устья рек, береговую зону и прилегающее побережье Байкала. Например, в устьевой области реки Турки ведется строительство особой экономической зоны, цель которой – круглогодичный туризм. Укрепляются берега, строятся причалы и другие инженерные сооружения, углубляется русло реки. Это, очевидно, повлечет изменения гидролого-морфологических процессов в устье реки, которые приведут к активизации экзогенных процессов в береговой зоне озера. Таким образом, с интенсивным вовлечением природных ресурсов в хозяйственный оборот деятельность человека оказывает все большее воздействие на устьевые процессы, которые влияют на режим озера.

которой содержится 18,5 млрд т взвешенных веществ, из них в пределах фильтра ежегодно осаждается около 17 млрд т (92%) (табл. 2). Здесь же осаждается значительная часть (20–40%) растворенных в речной воде элементов и соединений. Столь мощный захват осадочного вещества системой маргинального фильтра приводит к седиментационному голоданию пелагических частей океана, глубоким преобразованиям осадочного вещества, поступающего с суши. Поэтому устьевые области (области маргинальных фильтров), занимающие менее 10% поверхности океана и менее 0,5% по объему, забирают более 90% осадочного вещества, поступающего с суши [5; 6]. Так, основная часть речного материала осаждается на небольших по площади участках, прилегающих к устьям рек. Это главная на Земле область седиментации, область действия маргинальных фильтров. Это открытие изменило сложившиеся ранее и считавшиеся классическими представления о закономерностях потоков вещества с суши в океан, о безусловном диктате речного стока. Таким образом, данные многочисленных балансовых подсчетов, которые не учитывают явление маргинального фильтра, а также построения моделей седиментации, определения других средних показателей осадочного процесса, приходится считать ошибочными. Явление маргинального фильтра следует учитывать и при оценке экологического состояния водоемов.



а)



б)

Устьевая область реки Голоустная: а – 1902 г., б – 2013 г.

Роль устьевых областей рек в мобилизации речного материала в водоем

На пути мобилизации в водоем речного материала устьевым областям принадлежит роль своеобразных фильтров (маргинальных фильтров). Маргинальные фильтры – это система кардинальной перестройки структуры потока речного материала на границе река – водоем. Здесь происходят преобразования как терригенной составляющей поступающего из рек материала, так и его взвешенной, коллоидной и растворенной частей. Наиболее обоснованные и детализированные представления о механизме этого явления даны А.П. Лисицыным [5; 6]. Маргинальный фильтр – это уникальная и глобальная по масштабам система: ежегодно в нее подается 35550 км^3 речной воды, в

Явление маргинального фильтра имеет место как на морях и океанах, так и на Байкале, и его эффект необходимо учитывать в литодинамических, седиментологических, экологических исследованиях. Сток воды и наносов на реках Байкала (см. табл. 1) измеряется, как правило, в створах, расположенных значительно выше устьевых областей и фактически означает приток к ним. Так, 59% от объема наносов, приносимых Селенгой к своей устьевой области, осаждается в ее дельте. 41% объема наносов выносится в озеро, из которых около 30% поступает в донные осадки устьевой зоны озера (мелководья, устьевое взморье). Таким образом, в устьевой области Селенги осаждается около 90% речного материала [9; 11]. Устьевая область реки Верхней Ангары перехватывает, по пред-

варительным данным, около 70% стока наносов [12]. Река Баргузин почти весь речной материал выносит в эстуарий – Баргузинский залив. В прибрежной зоне залива осаждается около 60% наносов реки, а 40% поступает в его глубоководную часть и выходит в открытый Байкал. Роль маргинального фильтра Баргузина фактически выполняет Баргузинский залив. В устьевых областях рек наблюдаются максимальные скорости отложения наносов. Например, в устьевой области Селенги скорость осадконакопления составляет 1,9 мм/год, в то время как в глубоководном Байкале она на 1–2 порядка меньше [11]. С учетом действия процессов маргинального фильтра значения фактического притока речного материала в озеро будут отличаться от представленных в табл. 1.

Таблица 2
Потери взвешенного вещества (% от общего количества) на границе река – море [4]

Река	Потеря взвешенных веществ, %
Амазонка	95
Миссисипи	90
Святого Лаврентия	93
Заир	95
Шельда	92
Хуанхе	95
Кура	90–95
Реки бассейна Черного и Азовского морей	83

Итак, устьевые области рек – это маргинальные фильтры, где идет отделение и осаждение взвешенных и части растворенных форм вещества литосферы суши, а также разных форм загрязнений. Устья рек – это природный защитный барьер для озера.

Гидролого-морфологическая типизация устьевых областей рек и их составных – эстуариев

От гидролого-морфологического типа устьевых областей рек и их составных частей зависит степень влияния устьевых процессов на режим озера. Согласно новой гидролого-морфологической типизации [7] устьевые области рек могут состоять из четырех основных частей: устьевого участка реки (УУР), дельты (Д), эстуария (Э) и устьевой зоны озера (УЗО). Устьевые области, в состав которых входит либо дельта, либо эстуарий, целесообразно называть дельтовыми или эстуарными соответственно. Во многих устьях рек одновременно находятся и дельта, и эстуарий, образуя сложные комплексы, в которых главным морфологическим элементом может быть как первый, так и второй объект. Такие устьевые области рек подразделяют на эстуарно-дельтовые (в них главный элемент – эстуарий, в котором формируется дельта) и дельтово-эстуарные, когда дельта – главный элемент устьевой области реки, а эстуарий сформирован в ее водотоках или проточных водоемах. Те устьевые области рек, в которых нет ни дельты, ни эстуария, называют простыми.

В табл. 3 приведены морфологические типы устьев рек Большой и Малой питающих провинций озера. В Большой питающей провинции реки Верхняя Ангара, Баргузин, Турка относятся к категории средних, к большим рекам относится лишь одна Селенга.

Таблица 3

Гидролого-морфологическая типизация устьевых областей рек озера Байкал

Река	Тип устьевых областей рек	Количество устьев основных водотоков	Состав устьевых областей рек
Малая питающая провинция			
Голоустная	Д	3	Д–УЗО
Бугульдейка	Д	1	Д–УЗО
Анга	ЭД	1	Д–Э–УЗО
Сарма	Д	3	Д–УЗО
Рель	Д	3	Д–УЗО
Тыя	Д	2	Д–УЗО
Давша	П	1	УУР–УЗО
Кика	П	1	УУР–УЗО
Большая Сухая	П	1	УУР–УЗО
Большая Речка	ЭД	2	Д–Э–УЗО
Мысовая	П	1	УУР–УЗО
Снежная	П	1	УУР–УЗО
Хара-Мурин	Д	4	Д–УЗО
Утулик	Д	3	Д–УЗО
Слюдянка	П	1	УУР–УЗО
Большая Половинная	П	1	УУР–УЗО
Большая питающая провинция			
Селенга	Д	7	Д–УЗО
Верхняя Ангара	ДЭ	2	Д–Э–УЗО
Баргузин	Э	1	УУР–Э–УЗО
Турка	П	1	УУР–УЗО

Примечание. Тип устьевых областей рек: Д – дельтовый, ЭД – эстуарно-дельтовый, ДЭ – дельтово-эстуарный, П – простой; состав устьевых областей рек: УУР – устьевой участок реки, Д – дельта, Э – эстуарий, УЗО – устьевая зона озера.

Устьевые области рек Большой питающей провинции Байкала по морфологическому строению представлены четырьмя типами. К простым устьевым областям, когда дельта и эстуарий отсутствуют, относится устье реки Турка. Устьевая область Баргузина эстуарного типа, в нем нет дельты, а смешение речных и озерных вод происходит в глубоко вдающемся в сушу Баргузинском заливе – эстуарии (главном элементе устьевой области реки этого типа). Река Верхняя Ангара имеет дельтово-эстуарную устьевую область. Главный элемент устьевой области реки – дельта, к которой примыкает эстуарий – крупная устьевая лагуна (залив) Ангарский Сор, отделенная от озера низким песчаным береговым баром Ярки. Дельта Верхней Ангара относится к дельтам выполнения заливов. Устьевая область реки Селенги дельтового типа с дельтой выдвижения на открытом отмеле устьевом взморье (прибрежная зона) со свалом глубин. Дельта – это сформированная в результате литодинамических процессов часть устьевой области реки, включающая верхнюю, подверженную руслоформирующей деятельности речного потока толщу устьевого конуса выноса реки и надводную аллювиальную сушу, обычно имеющую сложную и изменчивую гидрографическую сеть и специфический «дельтовый» ландшафт. Собственно дельты, без признаков

сы смешения речных и озерных водных масс. На Байкале эстуарий присутствует в устьях четырех рек: Анги, Большой Речки, Верхней Ангара, Баргузина (табл. 4). В соответствии с типизацией В.Н. Михайлова [7] по главным признакам – морфологическому и генетическому, эстуарии подразделяются на три типа: речные, лагунные и морские. В каждом типе выделяется несколько подтипов в соответствии с особенностями протекающих в эстуариях гидролого-морфологических процессов. К типу лагунных и подтипу собственно лагунных относятся эстуарии рек Верхней Ангара и Большой Речки. Происхождение и формирование таких эстуариев связаны преимущественно с волнением и движением наносов в прибрежной зоне, благодаря которым в устьях сформировались аккумулятивные образования (береговые бары, косы), отчленяющие лагуны от озера. Собственно лагунные эстуарии похожи на небольшие мелководные озера, которые хорошо перемешиваются ветровым волнением и относительно свободно сообщаются с открытым озером через промоины в береговых барах и косах. Основное отличие лагунных эстуариев от эстуариев других типов состоит в том, что гидролого-морфологические процессы в них так или иначе связаны с динамикой аккумулятивных форм, отделяющих эти объекты от озера.

Таблица 4

Гидролого-морфологическая типизация эстуариев

Река	Название эстуария	Тип эстуария	Подтип эстуария	Площадь эстуария, км ²
Верхняя Ангара	Ангарский Сор	лагунный	собственно лагунный	109
Большая Речка	Малый Посольский Сор			2,1
Баргузин	Баргузинский залив	озерный	собственно озерный	765
Анга	залив Усть-Анга		риасовый	2,1

эстуария, типичны для рек, впадающих во внутренние моря и озера, не подверженные влиянию приливов, к которым и относится Селенга.

Малую питающую провинцию озера составляют в основном малые реки, устья которых выделены по морфологическому строению в три типа. 7 устьевых областей рек малой питающей провинции из 16, представленных в табл. 3, относятся к простому типу, столько же – к дельтовому и две – к эстуарно-дельтовому типу. Устье реки Анги эстуарно-дельтового типа, в вершине эстуария формируется дельта выполнения, главный элемент устьевой области – эстуарий. Эстуарно-дельтовая устьевая область Большой Речки имеет эстуарий – лагуну Малый Посольский Сор, к которому примыкает дельта реки, относящаяся к классу дельт выполнения. Устьевые области рек дельтового типа представлены дельтами выдвижения с разной степенью выдвинутости в озеро.

Эстуарий – составная часть устьевых областей некоторых рек. Эстуарий – это полузамкнутая система водных объектов в пределах устьевой области реки, которая хотя бы периодически сообщается с озером и в которой действуют общие для всей системы процес-

сы смешения морского (а для Байкала – озерного) типа относятся эстуарии Баргузина и Анги. К эстуариям этого типа относятся большие заливы, в которые впадают реки. В таких заливах зона смешения речных и морских (озерных) водных масс происходит в основном лишь в привершинной их части, которую и следует считать эстуарием. Отличительная особенность морских эстуариев – их тесная связь с морем и относительно слабое влияние на них речного стока. В работе [7] морские эстуарии условно разделены на три подтипа: собственно морские (обычно в устьях средних и больших рек), фьордовые и риасовые (в устьях малых рек). К собственно озерному (морскому) подтипу относится Баргузинский залив – эстуарий в устье Баргузина, который по морфогенетическим признакам и протекающим в нем гидролого-морфологическим процессам соответствует этому подтипу. Риасовый эстуарий реки Анга, как и все эстуарии этого подтипа, имеет значительно вытянутую вдоль своей оси форму. Риасы – затопленные речные долины неледников происхождения в горных областях [7].

Следует заметить, что, хотя различия между типами и подтипами эстуариев велики, их определение

не всегда бывает легким. Связано это как со сложностью морфологического строения устьевых областей рек, так и с возможностью перехода эстуария в процессе развития из одного подтипа в другой.

Заключение

Устьевые области рек Байкала развиваются в условиях новейшего тектонического процесса, активных в Байкальской рифтовой зоне землетрясений, техногенно повышенного и регулируемого работой ГЭС уровня озера, глобального регионального потепления климата и его проявлений, увеличивающегося воздействия деятельности человека на ландшафты побережья озера и его береговую зону. Эти процессы приводят к переформированиям в устьях рек, береговой зоны Байкала и влияют на его режим.

От гидролого-морфологического типа устьевой области реки и ее составных частей зависит степень влияния устьевых процессов на режим озера. На Байкале наиболее распространенным типом устьевых областей рек является дельтовый и простой. В устьях больших и средних рек озера осаждается около 60–90% речного материала. Дельтовые устьевые области, по предварительным данным, задерживают в своих пределах больше речных наносов, чем простые.

Современное состояние устьевых областей рек,

впадающих в Байкал, характеризуется: связанными с изменением стока воды и наносов переформированиями, подтоплением и отступанием дельт, уменьшением количества дельтовых рукавов, размыванием береговых баров, увеличением акваторий эстуариев и усилением водообмена между ними и озером. Изменения процессов в устьях рек обусловлены как природными, так и антропогенными факторами, которые в разных районах бассейна Байкала проявляются по-разному и с различной интенсивностью.

Изучение устьевых процессов, выявление факторов, влияющих на эти процессы и вносящих изменения в их динамику, оценка масштабов изменений в устьях необходимы для анализа и прогноза состояния устьевых областей байкальских рек в целях рационального природопользования и охраны как устьев, так и самого озера. Данные об устьях рек Байкала могут быть полезны и для изучения устьевых областей рек других рифтовых озер мира.

Работа выполнена в рамках государственной программы VIII.76.1.8 «Биогеохимическое взаимодействие береговых и аквальных биогеоценозов озера Байкал, роль природных и антропогенных факторов».

Статья поступила 08.07.2014 г.

Библиографический список

1. Атлас Байкала. М.: Роскартография. 1993. 160 с.
2. Власова Л.К. Речные наносы бассейна озера Байкал. Новосибирск: Наука, 1983. 133 с.
3. Геометрические рисунки берегов озера Байкал / Г.Ф. Уфимцев, Т.Г. Потемкина, Т.М. Сковитина, И.А. Филинов, А.А. Щетников // География и природные ресурсы. 2009. № 4. С. 56–62.
4. Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. М.: Наука, 1983. 249 с.
5. Лисицын А.П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 1988. 309 с.
6. Лисицын А.П. Маргинальные фильтры и биофильтры Мирового океана // Океанология на старте XXI века. М.: Наука, 2008. С. 159–224.
7. Михайлов В.Н., Горин С.Л. Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей – эстуариев // Водные ресурсы. 2012. № 3. С. 243–257.
8. Потемкина Т.Г. Исчезающий остров Байкала // Природа. 2011. № 5. С. 32–38.
9. Потемкина Т.Г. Литодинамика прибрежной зоны озера Байкал: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Иркутск: Институт географии СО РАН им. В.Б. Сочавы, 2000. 17 с.
10. Потемкина Т.Г. Тенденции формирования стока наносов основных притоков озера Байкал в XX – начале XXI столетия // Метеорология и гидрология. 2011. № 12. С. 63–71.
11. Потемкина Т.Г., Фиалков В.А. Баланс наносов в дельте Селенги и их распространение в Байкале // Водные ресурсы. 1993. № 6. С. 689–692.
12. Потемкина Т.Г., Ярославцев Н.А., Петров В.А. Гидролого-морфологические особенности устьевой области р. Верхняя Ангара // Водные ресурсы. 2012. № 4. С. 367–376.
13. Potyomkina T.G., Grachev A.M., Potyomkin V.L., Baryshev V.B. Chemical composition of suspension in water body of Lake Baikal // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 1998. V. 405 (2–3). P. 543–545.
14. Potyomkina T.G., Potyomkin V.L. Study of the chemical composition suspended particles in lake Baikal // Lakes & Reservoirs: Research and Management. 2000. V. 5 (3). P. 133–136.