

Е.А. ИЛЬЧИЁВА, М.В. ПАВЛОВ

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, lenail3663@mail.ru, maksimpavlov_v@mail.ru**ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ УСТЬЕВ ПРИТОКОВ БАЙКАЛА**

Рассматриваются природные предпосылки развития различных морфогенетических типов устьевых систем основных притоков Байкала. Объектом исследований являются устьевые области и прилегающие побережья озера, развитие которых во многом обусловлено колебаниями современного уровня озера-водохранилища. Устьевые системы притоков Байкала представлены комплексом субаэральных и субакуальных аккумулятивно-эрозионных форм рельефа и слагающих их отложений, сформированных рекой и озером в пределах устья реки на современном этапе. В границах устьевых областей отмечается широкий спектр форм рельефа, созданных в более древние этапы взаимодействия в системе река–море. К основным современным факторам развития устьевых систем Байкала относятся колебания уровня водоема, волновая активность, вдольбереговые течения и связанные с ними перемещения наносов и речной сток. Предпосылками образования и развития различных морфогенетических типов устьевых систем являются геолого-тектонические особенности побережья, в свою очередь предопределенные положительными и отрицательными морфоструктурными элементами Байкальской рифтовой зоны, а также толщей рыхлых отложений. Кроме того, тектонические структуры обуславливают характер взаимодействия речных потоков в зоне контакта с водами принимающего водоема в условиях приглубого или отмелого взморья. Определена связь развития морфогенетических разновидностей устьев с морфоструктурными особенностями краевых элементов Байкальской рифтовой зоны, геометрическим рисунком побережий, уклонами взморья, а также с порядковой структурой речной системы. Устьевые системы Байкала претерпевают разнонаправленные изменения в периоды различной водности, которым соответствует формирование или деградация прибрежных форм рельефа и русловые деформации в низовьях рек-притоков. Разработана интегральная схема, объединяющая динамическую и морфогенетическую классификации побережий и тип устья для притоков Байкала. Представлена картосхема морфогенетических типов устьев и геолого-тектонических предпосылок их формирования.

Ключевые слова: устьевая система, морфоструктура, порядок речной системы, побережье, взморье.

E.A. IL'ICHEVA, M.V. PAVLOV

V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, lenail3663@mail.ru, maksimpavlov_v@mail.ru**NATURAL FACTORS IN THE FORMATION OF THE MOUTHS OF THE BAIKAL TRIBUTARIES**

The natural preconditions for the development of various morphogenetic types of estuarine systems of the main tributaries of Baikal are considered. The objective of this study was to examine the estuarine areas and adjacent shores of the lake, the development of which is largely due to fluctuations in the current level of the lake-reservoir. The river mouth systems are represented by a complex of subaerial and subaquatic accumulative-erosive landforms and their sediments formed by a river and the lake within the river mouth at the present stage. Within the estuarine areas, there is a wider range of landforms created during the more ancient stages of interaction in the river — sea system. The main recent factors in the development of the estuarine systems of Baikal include fluctuations in the level of the reservoir, wave activity, alongshore currents, and the associated sediment transport and river runoff. The preconditions for the formation and development of various morphogenetic types of estuarine systems are the geological and tectonic features of the coast, which in turn are predetermined by the positive and negative morphostructural elements of the Baikal rift zone as well as by the layer of loose deposits. In addition, tectonic structures determine the nature of the interaction of river flows at the contact with the waters of the receiving reservoir in conditions of deep or shallow near-shore zone. The relationship between the development of morphogenetic varieties of river mouths and the morphostructural features of the marginal elements of the Baikal rift zone, the geometric pattern of the coasts, the slopes of the seashore, and also the ordinal structure of the river system has been determined. The estuarine systems of Baikal undergo multidirectional changes during periods of different water levels, which correspond to the formation or degradation of coastal landforms and channel deformations in the lower reaches of tributaries. An integrated scheme has been developed, which combines the dynamic and morphogenetic classifications of coasts and the types of mouth for the Baikal tributaries. A schematic map of the morphogenetic types of estuaries and the geological and tectonic preconditions for their formation is presented.

Keywords: estuarine system, morphostructure, order of the river system, coast, near-shore zone.

ВВЕДЕНИЕ

Возрастающая техногенная нагрузка на Байкальский регион и проблемы природопользования определяют необходимость изучения природных процессов и вопросов экологически ориентированного природопользования, в частности таких, как обоснование абразии берегов и трансформация ландшафтов прибрежной зоны оз. Байкал. При решении этих и других вопросов фундаментальные научные исследования Байкальского побережья, в том числе геологической среды, развития экзогенных процессов в условиях сейсмической нестабильности региона, приобретают огромное значение и позволят прогнозировать сценарии развития берегов и акватории. Изучение развития берегов и акваторий принимающего водоема в различных природных условиях, механизмов русловых процессов, факторов формирования, анализ развития субаэральных и субаквальных комплексов, флуктуаций береговых линий, седиментогенеза являются актуальными задачами междисциплинарных исследований. Вопросам взаимодействия поверхностных вод с подстилающей поверхностью в системе река—море посвящено множество отечественных [1–14] и зарубежных и международных исследований [15–19]. Исследования динамики берегов и устьев Байкала относятся в основном к периоду зарегулированности и продолжаются по настоящее время [20–27].

Непрерывность и смена абразионных и аккумулятивных процессов, формирующих берега, легли в основу динамической классификации морских берегов В.П. Зенковича [28]. Особое место в ней уделяется абразионно-аккумулятивным образованиям, для которых создана дополнительная типизация. Немногим позднее разработаны морфогенетические типизации побережий Мирового океана [2, 3]. В типизациях учитываются как геолого-тектонические предпосылки формирования берегов, так и современные экзогенные и эндогенные процессы. Типизация берегов Байкала [29] создана на основе вышеупомянутых работ и на материалах исследований дотехногенного периода формирования побережья. Геометрический принцип выделения берегов Байкала, предложенный Г.Ф. Уфимцевым и др. [30], во многом определяет структурно-морфологические особенности берегов. В настоящем исследовании предпринята попытка интегрировать разработанные классификации побережий и устьевых областей в единую схему с учетом уникальности природных и техногенных факторов формирования современных берегов Байкала.

МЕТОДЫ

Проведена морфогенетическая типизация устьевых систем притоков Байкала и создана обзорная карта природных факторов и условий их формирования. На карте показаны: морфоструктуры побережий, которые создают геолого-тектонические предпосылки для формирования устьев на приглубых или отмелых взморьях; типы современных берегов Байкала с преобладающим процессом развития; порядок речной системы по Хортону—Стралеру; морфогенетический тип устьевой системы. В дополнение к карте создана матрица с набором параметров бассейнов и устьевых систем.

Для создания обзорной картосхемы природных условий формирования устьевых систем за топографическую основу принята навигационная карта [31], в которой собрана и заверена информация о положении берегов и батиметрии озера за период 1969–1991 гг. Получены изобаты и глубины для выделения границ мелководных участков байкальского шельфа и склонов впадин озера. В качестве геолого-геоморфологической нагрузки на разрабатываемую картосхему нанесены морфоструктуры и морфоскульптуры с геоморфологической карты СССР 1986 г. [32]. Геолого-тектонический подход к выделению типов берегов и границы крупных морфоструктур района исследований позаимствован из картосхемы морфологии и динамики берегов озера Байкал [33]. Для морфогенетической типизации устьев использован классический подход В.Н. Михайлова [10]. Порядок речной сети в замыкающем звене речной сети притоков Байкала приведен в соответствие с порядковой системой Хортон—Стралера.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основополагающим фактором развития современных побережий, устьевых систем принято считать геолого-тектоническое строение прибрежной зоны, выражаемое различной степенью изрезанности береговой линии и наличием морфоструктур и морфоскульптур, формирующих отмелое или приглубое взморье. На геоморфологической карте СССР [32] в пределах байкальской рифтовой зоны выделяются положительные структуры — горсты, представленные хребтами, отрогами и склонами гор различной амплитуды поднятий. Породы, слагающие эти орографические элементы, в основном

весьма устойчивы к абразии. К отрицательным морфоструктурным единицам относятся грабены — впадины байкальского типа, заполненные неоген-четвертичными рыхлыми, сцементированными, но податливыми к размыву породами. В дополнение к общей картине геолого-тектонического строения прибрежной зоны выделены малые межгорные впадины, обозначенные грабен-трогами [34] с неоплейстоцен-голоценовыми рыхлыми размываемыми осадками.

Состав горных пород наиболее подробно описан в пояснительных записках к комплектам государственных геологических карт м-ба 1:1 000 000 третьего поколения и полистных геологических карт м-ба 1:200 000 первого и второго поколения, входящих в номенклатуру листов N-48, N-49, M-48 с легендами и пояснительными записками [35]. Характеристика состава горных пород, их свойств и районирование по степени сложности инженерно-геологических условий Байкальского побережья представлены в работах [29, 36–39] и не потеряли своей актуальности.

Степень влияния изменений уровня на побережье обоснована с междисциплинарных позиций изучения берегов и устьев. Разработанные ранее классификации побережий и устьевых областей интегрируются в единую схему с учетом уникальности природных и техногенных факторов формирования современных берегов Байкала. Гидролого-геоморфологический подход основывается на динамической классификации берегов В.П. Зенковича [28] морфогенетической классификации [3, 40], обобщенной типизации устьев [5, 10, 14] и геометрическом рисунке побережья как косвенном признаке тектонического строения [30]. Дополняют общую схему критерии характера взморья, морфоструктурные элементы и геологическое строение со степенью устойчивости к абразии. Побережья Байкала подразделены на три основные группы по направленности ведущего процесса рельефообразования и стадийности. Наряду с абразией и аккумуляцией в отдельную группу выделены абразионно-аккумулятивные берега (см. таблицу, рисунок).

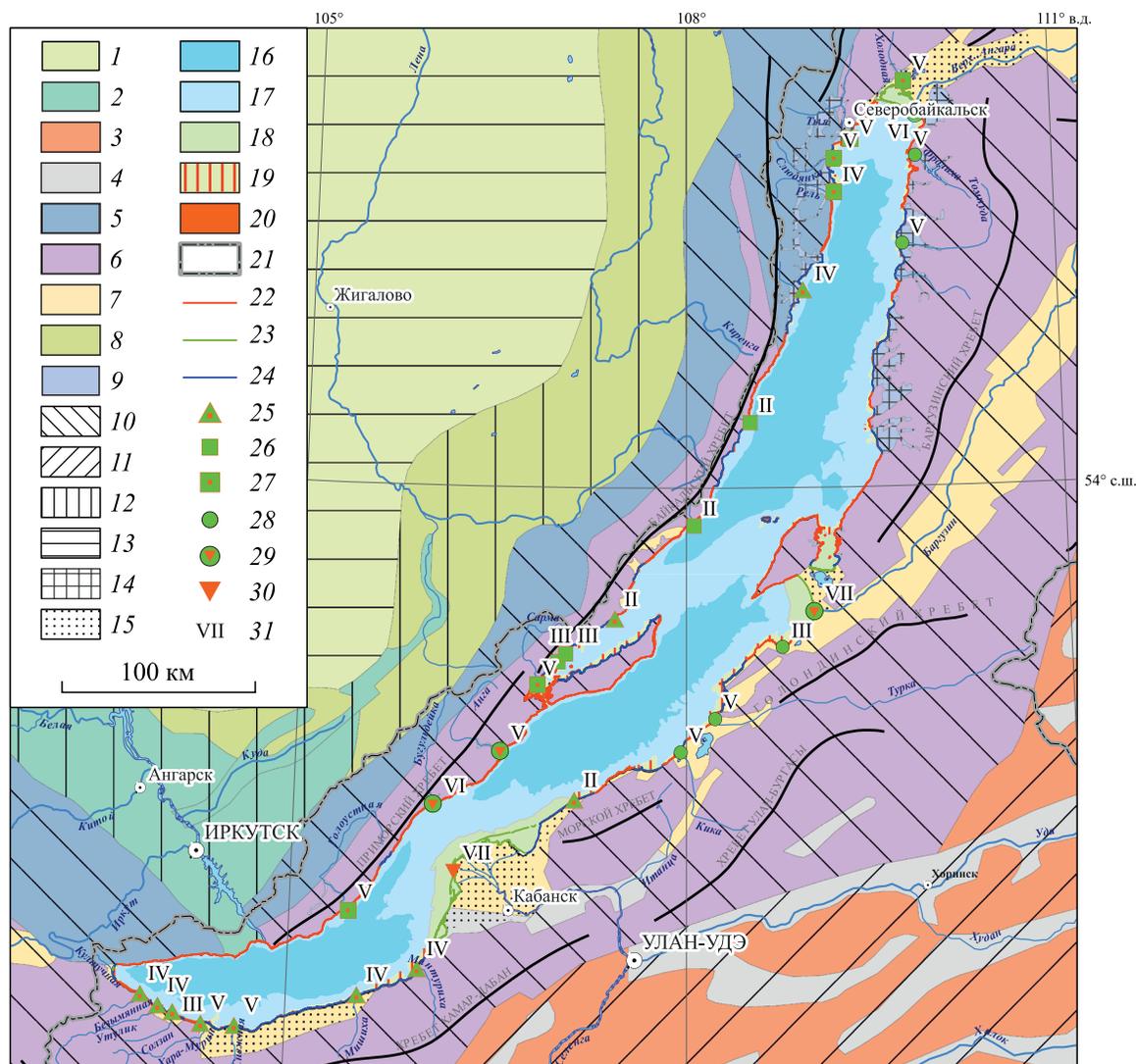
По морфогенетическому типу участки побережья подразделяются на структурный (сбросовый, рисовый, шермовый), структурно-денудационный (гравитационные отложения на склонах и уступах тектонических структур), потамогенный (устьевых систем больших и средних рек). Перечисленные типы относятся к берегам, созданным неволновой деятельностью.

Берега, созданные при преимущественном участии волновой деятельности, формируются за счет донного питания (лагунный, лиманный, морские бары, береговые валы, косы, пляжи с неактивным клифом, переймы и другие выравнивающиеся берега). К полигенетическим берегам, сформированным комплексом форм с различными источниками аккумулятивного материала, относятся абразионно-аккумулятивные системы вторичного расчленения (береговые террасы с активным клифом, в подгорных шлейфах, в конусах выноса и др.).

Геометрический рисунок берега в целом отражает морфоструктурные и морфоскульптурные особенности побережья, характер взморья и морфогенетический тип устьевой системы и может служить прямым признаком при дешифрировании материалов космо- и аэрофотосъемки. В упрощенном виде, по классификации Г.Ф. Уфимцева [30], берега Байкала подразделяются на ровные и бухтовые.

Интегральная схема типизации устьевых систем и берегов Байкала

Динамический тип берега	Морфогенетический тип берега	Характер взморья, уклон, град.	Геометрия берега	Морфогенетический тип устьевой системы, порядок речной системы	Морфоструктурные особенности побережья
Абразионный	Структурный	Особо приглубый, более 3,8–4	Бухтовый, ровный	Эстуарный, эстуарно-дельтовый. V и VI	Отроги и склоны глыбовых хребтов (горсты), плато
	Структурно-денудационный	Приглубый, 3–4	Ровный	Простой, многорукавный. II	
Аккумулятивный	Потамогенный	Отмелый, менее 1,3	Ровный	Дельтовый, эстуарно-дельтовый. VI и VII	Межгорные впадины байкальского типа (грабены)
	Формирующийся волновыми процессами		Ровный	Простой, псевдодельты. III–V	
Абразионно-аккумулятивный	Полигенетический	Переходный от отмелого к приглубому, 1,3–3,8 (3,5)	Бухтовый, ровный	Не выделяется	
	В суходолах				



Геоморфологическая карта-схема Байкальской рифтовой зоны, динамические типы берегов и морфогенетические типы устьевых систем.

Морфоструктура: 1 — Сибирская мезо-кайнозойская платформа, 2 — Иркутские юрские предгорные прогибы, 3 — Витимо-Селенгинская зона мезозойских глубинных складок, 4 — мезозойские впадины забайкальского типа, 5 — Саяно-Становое мезозойское сводовое поднятие, 6 — Байкальское сводовое неоген-четвертичное поднятие, 7 — кайнозойские суходольные впадины байкальского типа, 8 — Ангаро-Киренгский четвертичный предгорный прогиб на окраинах Саяно-Станового и Байкальского сводовых поднятий, 9 — плейстоценовые малые межгорные впадины. Морфоскульптура (типы рельефа): 10 — горный, 11 — среднегорный, 12 — грядовый, 13 — холмисто-увалистый, 14 — грядово-холмистый, 15 — наклонных равнин. Рельеф дна озерных впадин: 16 — днище, 17 — борт, 18 — отмелое взморье, 19 — переходное взморье, 20 — приглубое взморье. 21 — водосборный бассейн оз. Байкал. Морфодинамический тип берега: 22 — абразионный, 23 — аккумулятивный, 24 — абразионно-аккумулятивный. Морфогенетический тип устья: 25 — простые устья с аккумулятивным выступом или расширением, 26 — многорукавные устья, образованные на конусах выноса, 27 — псевдodelьты, 28 — эстуарии, 29 — эстуарно-дельтовые системы, 30 — дельта выдвигания р. Селенги. 31 — порядок речной сети по Хортону—Стралеру.

Характер взморья во многом отвечает за формирование некоторых морфогенетических типов устьевых систем. Для озерной котловины Байкала по уклону выделено четыре градации: особо приглубый (более 3,8–4°); приглубый (3–4°); переходный от отмелого к приглубому (1,3–3,8°); отмелый (менее 1,3°). Морфогенетический тип устьевой системы связан с вышеперечисленными особенностями берегов. Здесь выделены типы устьевых систем: дельтовые (с дельтой выдвигания); эстуарные, эстуарно-дельтовые, псевдodelьтовые (врезанные в конуса выноса), простые и многорукавные на

конусах выноса с фитогенным берегом или с аккумулятивным выступом. При некоторых условиях гидравлической связи речных и подземных вод встречаются суходольные устьевые системы с конусами выноса с эпизодической русловой системой.

Морфометрические характеристики бассейнов речных систем (РС) высоких порядков (VI–VII) определяют условия для формирования значительных объемов стока воды и наносов. Это, в свою очередь, дает возможность для развития дельтовых и эстуарно-дельтовых устьевых систем на мелко-водных взморьях, приуроченных к предгорным впадинам байкальского типа, заполняемым осадками начиная с неогена. Устьевые системы бассейнов рек IV–V порядков чаще всего развиваются на полигенетических конусах в малых межгорных впадинах плейстоцен-голоценовой истории седиментации. Простые устьевые системы, как правило, формируются речными системами низких порядков (ниже III), развиваются на селевых конусах выноса, не имеют достаточного объема стока воды и наносов, развитой русловой сети и представлены малорукавными устьями с устьевым расширением или аккумулятивным выступом. Многие устьевые системы формируют фитогенно-дельтовые берега в зоне заболоченного (обводненного) пояса береговой зоны с лагунно-лиманским комплексом, возникновение и развитие которых мы связываем с водностью периода в суббассейнах и уровнем оз. Байкал.

Характеристика некоторых устьевых систем. Южное побережье Байкала представлено единым морфоструктурным комплексом глыбово-сводового поднятия хр. Хамар-Дабан, выходящего на побережье сбросово-денудационными уступами отрогов гор. В основании уступов и крутых склонов развиты коллювиально-делювиальные осыпи и конусы, состоящие из глыб и валунов и подверженные волновой обработке в активной зоне прибоя. Коренные породы уступов и шлейфов принадлежат к харагольской и култукской свитам, представленным метаморфизованными гнейсами, мраморами, кристаллическими сланцами, а также протерозойским интрузиям габбро-диабазов, габбро-диоритов, гранитов и граносиенитов с высокой степенью сопротивляемости абразии. Положительные морфоструктуры чередуются с предгорными впадинами байкальского типа (Муринский прогиб, выраженный в рельефе Танхойской предгорной равнины с конусами выноса по рекам Хара-Мурин и Снежная). Утуликская впадина представлена наклонной предгорной равниной, осложненной в прибрежной части селевыми и аллювиальными конусами выноса по долинам рек Утулик и Солзан. Култукская впадина (субаэральный ступень Южно-Байкальской впадины) образует пологонаклонную аллювиальную заболоченную равнину с лагунами, лиманами, отграниченными косами и барами. Впадины заполнены с основания неоген-четвертичными рыхлыми отложениями танхойской и других свит, слабоустойчивых к разрушительной деятельности прибоя. В пределах впадин развиты аллювиальные, пролювиальные, делювиальные селевые и ледниковые отложения.

Структурно-денудационные склоны и сбросовые уступы Олхинского плато на участке Ангарского надвига сложены биотитовыми и мигматитовыми гнейсами шумихинской и жидойской свит, входящих в шарыжалгайскую серию архея. К истоку Ангары в составе пород, слагающих надвиг, преобладают архей-раннепротерозойские интрузии китойского комплекса (гнейсовидные плагиограниты и биотитовые граниты). В истоке Ангары — еловский комплекс раннепротерозойских интрузий габброидов, измененных до состояния кристаллосланцев. Породы склонов и гравитационных отложений, выходящих на побережье Байкала, устойчивы к выветриванию. Аллювиальные отложения приурочены к устью р. Половинной, рекам и ручьям с небольшими водосборами. По логам и распадкам развиты пролювиальные и коллювиальные шлейфы и конусы.

По побережью Байкала от истока Ангары до пос. Большие Коты продолжается распространение метаморфических и кристаллических пород шарыжалгайской серии (шумихинской и жидойской свит), устойчивых к волновой деятельности и абразии. В морфоструктурном плане породы подняты сводово-глыбовым поднятием Приморского хребта, выходящего к берегу структурно-денудационными склонами и уступами. Далее на небольшом отрезке побережья до мыса Кадильного распространены сжатые в складки породы юры байкальской толщи (дабатская и заларинская свиты), состоящей из конгломератов галечников и валунов, редко гравелитов и песчаников, имеющих среднюю сопротивляемость к абразии. До конуса выноса р. Голоустной на побережье местами выходит таланчанская толща гнейсов и амфиболитов. Долина р. Голоустной занимает малую межгорную впадину и открывается в сторону Байкала зубцом, заполненным осадками селевого конуса выноса, преобразованными рукавами устьевой системы реки. На побережье формируются фитогенный берег выдвигания псевдодельты, лагуны, галечные косы и бары. Севернее по побережью сбросово-денудационные уступы и склоны сложены породами приморского интрузивного комплекса гранитов и доломитизированных известняков с доломитами, кварцитами, песчаниками и гравелитами байкальской серии верхнепротерозойского комплекса голоустненской свиты; улунгуйской свитой кристаллических и доломитизи-

рованных известняков, сланцев, песчаников; кочергатской свитой, представленной песчано-глинистыми конгломератами, сланцами, песчаниками. Здесь встречаются участки пород, устойчивых к абразии и податливых длительной абразии, что выражается в бухтовом рисунке береговой линии.

Устье р. Бугульдейки представлено эстуарно-дельтовой системой с дельтой заполнения, образованной между сбросовыми уступами Приморского хребта и Приольхонской краевой ступени. В устье формируются галечные косы за счет волно-прибойной деятельности. Морфоструктура горстовых поднятий краевой ступени протягивается вплоть до северной оконечности о. Ольхон. Побережье структурное сбросовое, местами сбросово-денудационное. Береговые уступы ступени круто падают под воду Байкала, редко формируется глыбовая отмостка, поэтому взморье здесь особо пригнуто с уклонами более 4–8°. Породы побережья и гравитационных отложений представлены кристаллическими известняками святоносской толщи озерской свиты и габбро-норитами, габбро-диоритами и диоритами с дайками габбро-диабазов муйского комплекса и раннепротерозойскими интрузиями.

К устью р. Анги в строении береговой части ступени появляются биотитовые гнейсы, кристаллические известняки, кварциты и гранитовые интрузии тажеранской свиты архея. Устьевая область р. Анги также относится к эстуарно-дельтовому морфогенетическому типу. В периферийной части на отмеле взморье формируется низкое фитогенное заболоченное побережье, подверженное размыву и затоплениям. Далее на север по побережью Приольхонская ступень понижается и прорывается по межгорной впадине пра-Сармы, отделяясь от о. Ольхон проливом Ольхонские Ворота. По побережью Малого моря до мыса Хадарта в строении берега принимает участие чернорудская свита святоносской толщи, сложенная биотитовыми и роогообманковыми гнейсами, кристаллическими известняками и кварцитами, устойчивыми к абразии. Берега Малого моря структурные абразионные, по морфогенетической классификации — риасовые с бухтами, в которых на побережье образуются песчаные пляжи. Генетические типы рыхлых отложений на этом участке весьма разнообразны: коллювиальные, пролювиальные, волновые, озерные, селевые и аллювиальные. В устье р. Сармы сформирован многоуровневый селевый конус, прорезаемый современной гидрографической сетью. На отмеле взморье формируется фитогенный берег, выдвигающийся в акваторию. На границе галечные косы блокируют лагуны, местами заболоченные, встречаются переиры. Побережье подвержено затоплениям и подтоплениям при подъеме уровня озера, породы не устойчивы к абразии.

От мыса Хадарта и далее на север происходит смена морфоструктурных элементов Приморского сводового поднятия на блоки, принадлежащие Байкальскому хребту. В строении побережья до пос. Замы участвуют породы тажеранской и чернорудских свит архея, присутствующие в коллювиально-делювиальных шлейфах на опущенном крыле Приморского сброса. На участке развиваются гравийно-галечные пляжи, отшнурованные береговыми валами лагуны, переиры и другие абразионно-аккумулятивные комплексы, чувствительные к колебаниям уровня озера. Сбросовые уступы Зундукско-Заминской промежуточной ступени отвесно обрываются в озеро сбросово-денудационными уступами, сложенными метаморфизованными породами. Заминское побережье образовано абразионно-аккумулятивным комплексом на пониженном участке ступени, наклонно уходящей под воды Байкала, и чувствительно к флуктуациям его уровня. В районе предгорной крутонаклонной равнины Кочерекво-Онгуренской краевой промежуточной ступени на побережье обрывами выходят кристаллические и метаморфические неразмываемые и слабаразмываемые породы харанцойской и чернорудской свит архея и протерозоя, а также голоценовые, хорошо размываемые склоновые образования. От мыса Рытый до мыса Покойники вплотную к Байкалу выходят сбросово-глыбовые уступы отрогов Байкальского хребта, сложенного устойчивыми к абразии верхнепротерозойскими породами чайского комплекса габбро-долеритов, кочерекковского гранитоидного комплекса, хибеленского вулканического комплекса туфов, андезитами, базальтами и интрузиями иликтинской свиты сарминской серии метаморфизованных песчаников и конгломератов.

Далее, вплоть до мыса Заворотного, эти породы находятся в терригенных коллювиально-делювиальных шлейфах на предгорных краевых ступенях сводово-глыбового поднятия Байкальского хребта (Солнцепадской, Саган-Морянской). В прибрежной части на подводных отмелях участках ступеней между пролювиальными конусами выноса развиваются абразионно-аккумулятивные формы лагун, кос, береговых валов, пляжей, образованных при устойчивом уровне Байкала в позднем голоцене. До границы Иркутской (мыс Елохин) области побережье представляют слабаразмываемые формы и породы ирельского гранит-граносиенитового и чайского комплексов габбро-диаритового состава.

Долины рек Мужинай, Молокон, Куркула, Горемыка, Тья, Слюдянка, Рель и др. располагаются в малых межгорных впадинах, разбивающих на блоки Тья-Котельниковскую краевую ступень и Мужинайско-Солнцепадскую промежуточную предгорную субэральную ступень, сложенные кристал-

лическими и метаморфическими неразрываемыми и слаборазмываемыми породами архея и протерозоя. На склонах и побережье развиты предгорные шлейфы и конусы различного генезиса этих пород, в связи с чем вдоль береговой линии образуются галечно-гравийные косы, которые отшнуровывают лагуны и лиманы. В абразионно-аккумулятивных комплексах побережья встречаются замкнутые озера и переиры. Берег бухтовый, полигенетический, абразионно-аккумулятивный, переходный от мелководного к приглубому. Устьевые системы рек представлены псевдодельтами, многорукавными и простыми устьями, развитыми на конусах выноса с фитогенными берегами.

Побережье залива Ангарский сор аккумулятивное, потамогенное, с отмельным взморьем, представлено эстуарно-дельтовым типом устьевой системы с дельтой заполнения, сформированным реками Кичерой, Холодной и Верхней Ангарой. Заболоченный лагунно-лиманский комплекс блокируется морскими барами и косами (система островов Ярки) и относится к ровным или выравнивающимся берегам. Нижнеангарская (кичерская) впадина байкальского типа представлена грабеном, заполненным неоген-четвертичными рыхлыми хорошо размываемыми осадками.

Предгорная ступень Баргузинского хребта примыкает к побережью северной котловины озера и раздроблена на блоки малыми межгорными впадинами в чередовании со сбросовыми уступами. По межгорным впадинам формируются высокопорядковые водосборы рек с эстуарными (реки Фролиха и Ая) и эстуарно-дельтовыми (реки Ширильды и Томпуда) устьевыми системами. Берега структурные и структурно-денудационные, ровные с приглубым взморьем.

Южнее, вплоть до Чивыркуйского залива, встречаются устьевые системы простого типа, одно- и многорукавные с устьевым расширением, часто блокированные береговыми валами, косами с лагунно-лиманским комплексом, развитыми на полигенетических конусах выноса, прорезаемые руслами рек низких порядков (реки Кабанья, Давша, Шумилиха, Грамотуха, Большая и Малая Черемшины, Кедровая, Большая и Малая Сухая, Большой Чивыркуй и др.) В морфоструктуре главенствуют сбросы краевой ступени Баргузинского хребта, чередующиеся с малыми впадинами, днища которых сложены рыхлыми, размываемыми среднеплейстоценовыми и голоценовыми отложениями.

Побережье Баргузинского залива сформировано эстуарно-дельтовой устьевой системой р. Баргузин при активном участии волновых процессов, что отражается в образовании переиры, серии береговых валов и современного песчано-галечного пляжа на мелководном взморье. Баргузин — один из крупных притоков Байкала (VII порядка), имеет сложный в морфологическом отношении водосборный бассейн, располагающийся во впадинах байкальского типа. Усть-Баргузинская межгорная впадина байкальского типа (грабен), заполненная неоген-четвертичными рыхлыми, хорошо размываемыми породами. Низовья реки сложены комплексом голоценовых террас, примыкающих к береговым валам. Таким образом, древний эстуарий, вероятно, переходит из стадии заполнения в стадию дельты выдвигания. Современная устьевая эстуарно-дельтовая система р. Баргузин впадает одним руслом в Баргузинский залив. Лагунно-лиманский комплекс представлен озерами Арангатуй, Светлое, Бармашовое, Лебяжье, поймы заболочены.

Южнее сбросовые уступы Кика-Усть-Баргузинской краевой ступени, сложенной архей-протерозойскими неразмываемыми породами, разделены Максимихинской, Котокельской, Хаимской впадинами байкальского типа с рыхлыми размываемыми отложениями, в которых развиты эстуарные устьевые системы среднепорядковых рек Максимиха, Турка, Кика. Устьевые системы рек низких порядков представлены простыми устьями. Устьевые области часто заболочены.

Сбросовые и денудационные уступы Малосухинского надвига с неразмываемыми породами и абразионные уступы Дуланских увалов с податливыми к абразии породами вмещают простые устьевые системы низкопорядковых рек. По побережью отмечаются серии береговых валов, пляжи и террасы.

Селенгинский участок представляет собой наиболее протяженное аккумулятивное побережье Байкала. Устьевая область представлена дельтой выдвигания на отмелем взморье. Дельта сформирована в Усть-Селенгинской впадине байкальского типа. Непосредственно селенгинское побережье относится к потамогенному типу, созданному неволновыми процессами, а цепочка окаймляющих дельту баров формируется за счет перемещения речных наносов вдольбереговыми течениями, образуя сложную аккумулятивную систему. Устьевая система сочетает взаимосвязанные в масштабе геологического времени и по ведущему рельефообразующему фактору, но различные по возрасту и литологии части единой природной устьевой геосистемы — субаэральную дельтовую равнину (активную и отмершие ее части) и субаквальную мелководную платформу (авандельту), где процессы формирования дельтовых фаций постепенно сменяются с глубиной озерным седиментогенезом. Устьевая система Селенги представлена комплексом субаэральных и субаквальных аккумулятивных и эрозионных форм рельефа и слагающих их отложений, сформированных рекой и озером в пределах устья за время их

взаимодействия. Современными условиями формирования дельты являются колебания уровня Байкала, волновая активность и вдольбереговые течения и связанные с ними перемещения наносов и речной сток. Также важнейшим фактором формирования и переформирования выступает высокая сейсмичность. Сочетание и иерархия взаимодействующих факторов определяют морфодинамический тип устья и его эволюцию. Речная система Селенги имеет наивысший порядок во всем байкальском бассейне — VIII–X (в зависимости от масштаба карт). Приток воды и наносов Селенги составляет до 50 %. Возраст речной системы сопоставим со временем формирования южной котловины озера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведена гидролого-геоморфологическая привязка различных морфогенетических типов устьевых систем Байкала к морфоструктурным элементам байкальской рифтовой зоны. Создана таблица, объединяющая различные классификации побережий, типов устьев и геолого-тектонических предпосылки их развития в уникальных условиях побережий Байкала. Создана картосхема, визуализирующая результаты исследований. Установлена связь между высокими порядками речной сети и формированием эстуарно-дельтовых и дельтовых устьевых систем в неогеновых впадинах байкальского типа. Более низкие порядки суббассейнов формируют в замыкающих звеньях псевдodelьты, развитые на полигенетических конусах выноса и приуроченные к плейстоцен-голоценовым малым межгорным впадинам. Многорукавные и простые устья развиваются на селевых конусах выноса, имеют низкий порядок бассейновой структуры. Одним из последствий зарегулированности Байкала стало развитие фитогенно-дельтовых берегов в пределах мелководных аванделть, размеры которых зависят от водности периодов.

Исследование проведено в рамках НИР (122010800014–7; АААА–А21–121012190059–5) и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (17–29–05052–офи_м).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян А.Б., Салганкин В.П., Шараров В.А. Водохранилища. — М.: Мысль, 1987. — 325 с.
2. Каплин П.А., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г. Берега. — М.: Мысль, 1991. — 479 с.
3. Каплин П.А. Вопросы геоморфологии и палеогеографии морских побережий и шельфа: Избранные труды. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2010. — 620 с.
4. Коротаев В.Н. Геоморфология речных дельт. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. — 234 с.
5. Коротаев В.Н. Очерки по геоморфологии береговых и устьевых систем: Избранные труды. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012. — 540 с.
6. Бабич Д.Б., Виноградова Н.Н., Иванов В.В., Коротаев В.Н., Чалова Е.Р. Типизация и динамика устьев рек, впадающих в водохранилища // Геоморфология. — 2018. — № 1. — С. 33–44.
7. Кравцова В.И., Михайлов В.Н. Антропогенные изменения геосистем современной дельты Хуанхэ // Вестн. Моск. ун-та. Сер. География. — 2017. — № 2. — С. 33–41.
8. Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. — 88 с.
9. Михайлов В.Н. Речные дельты: строение, образование, эволюция // Соросов. образов. журн. — 2001. — Т. 7, № 3. — С. 59–66.
10. Михайлов В.Н., Магрицкий Д.В., Иванов А.А., Ефимова Л.Е., Коротаев В.Н., Свиточ А.А., Иванов В.В., Бузин В.А., Повалишников Е.С. Гидрология дельты и устьевого взморья Кубани. — М.: Геос, 2010. — 728 с.
11. Большианов Д.Ю., Макаров А.С., Шнайдер В., Штоф Г. Происхождение и развитие дельты реки Лены. — СПб.: Изд-во Аркт. и антаркт. НИИ, 2013. — 268 с.
12. Брызгалов В.А., Никаноров А.М., Косменко Л.С., Решетняк О.С. Устьевые экосистемы крупных рек России: антропогенная нагрузка и экологическое состояние. — Ростов на Дону: Изд-во Южн. федер. ун-та, 2015. — 164 с.
13. Эстуарно-дельтовые системы России и Китая: гидролого-морфологические процессы, геоморфология и прогноз развития / Под ред. В.Н. Коротаева, В.Н. Михайлова, Д.Б. Бабича, Ли Цзунсяна, Лю Шугуана. — М.: Геос, 2007. — 445 с.
14. Морфодинамика устьевых систем крупных рек Арктического побережья России: Атлас / Отв. ред. В.Н. Коротаев, Г.И. Рычагов, Н.А. Римский-Корсаков. — М.: АПР, 2017. — 148 с.
15. Jeffrey A. Nittrouer and Enrica Viparelli. Sand as a stable and sustainable resource for nourishing the Mississippi River delta // Nature Geoscience. — 2014. — Vol. 7. — P. 350–354.
16. Nittrouer A.J., Mohrig D., Allison M.A., Peyret A.-P.B. The lowermost Mississippi River: a mixed bedrock-alluvial channel // Sedimentology. — 2011. — Vol. 58 (7) [Электронный ресурс]. — <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2011.01245.x> (дата обращения 20.07.2021).

17. Kenney M.A., Hobbs V.F., Mohrig D., Huang H., Nitttrouer J.A., Kim W., Parker G. Cost analysis of water and sediment diversions to optimize land building in the Mississippi River delta // Water Resources Research. — 2013. — Vol. 49. — P. 3388–3405. — DOI: 10.1002/wrcr.20139.
18. Luna B.L., Wolman M.G., John P.M. Fluvial Processes in Geomorphology. — New York: Dover Publications, 1992. — 567 p.
19. Pietro'n J., Nitttrouer J.A., Chalov S.R., Dong Tian Y., Kasimov N., Shinkareva G., Jarsju J. Sedimentation patterns in the Selenga River delta under changing hydroclimatic conditions // Hydrological Processes. — 2018. — Vol. 32, N 2. — P. 278–292.
20. Зорин Л.В. Формирование дельты Селенги и образование залива Провал // Учен. зап. Моск. ун-та. Сер. Геоморфология. — 1956. — Вып. 182. — С. 193–196.
21. Афанасьев А.Н. Водные ресурсы и водный баланс бассейна оз. Байкал // Труды Лимнол. ин-та. — Новосибирск: Наука, 1976. — Т. 25 (45). — 237 с.
22. Айнбунд М.М., Давтян Н.А., Судольский А.С., Фиалков В.А. Исследование динамики устьев рек и придельтовых частей водоемов на примере р. Селенги и оз. Байкал // Труды IV Всесоюз. гидрол. съезда. — 1975. — Т. 5. — С. 356–365.
23. Пинегин А.В., Рогозин А.А., Лешиков Ф.Н., Кулиш Л.Я., Якимов А.А. Динамика берегов озера Байкал при новом уровненом режиме. — М.: Наука, 1976. — 88 с.
24. Рогозин А.А. Береговая зона Байкала и Хубсугула: морфология, динамика и история развития. — Наука, 1993. — 168 с.
25. Снытко В.А., Выркин В.Б., Китов А.Д. Использование ГИС-технологии при анализе границ котловин байкальского типа // ИнтерКарто. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы междунар. конференции. — Новороссийск; Севастополь, 2003. — С. 202–206.
26. Богоявленский Б.А. Моделирование природы озерного края Селенгинской дельты, ее динамика и прогноз развития // История развития речных долин и проблемы мелиорации земель. Сибирь и Дальний Восток. — Новосибирск: Наука, 1979. — С. 105–128.
27. Козырева Е.А., Кадетова А.В., Рыбченко А.А., Пеллинен В.А., Светлаков А.А., Тарасова Ю.С. Типизация и современное состояние берегов озера Байкал // Водные ресурсы. — 2020. — Т. 47, № 4. — С. 453–465.
28. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 710 с.
29. Байкал: Атлас / Ред. Г.И. Галазий. — М.: Изд-во Федер. службы геодезии и картографии России, 1993. — 160 с.
30. Уфимцев Г.Ф., Потемкина Т.Г., Сквитина Т.М., Филинов И.А., Щетников А.А. Геометрический рисунок берегов озера Байкал // География и природ. ресурсы. — 2009. — № 4. — С. 56–61.
31. Озеро Байкал: Навигационная карта м-ба 1:200 000. — СПб.: Изд-во Гл. управления навигации и картографии, 1992. — 4 л.
32. Геоморфологическая карта СССР масштаба 1:2 500 000. — М.: ГУГК, 1986. — 16 л.
33. Иметхенов А.Б. Позднекайнозойские отложения побережья озера Байкал. — Новосибирск: Наука, 1987. — 150 с.
34. Уфимцев Г.Ф. Малые впадины в Байкальской рифтовой зоне // География и природ. ресурсы. — 2013. — № 4. — С. 28–36.
35. Комплекты геологических карт ВСЕГЕИ [Электронный ресурс]. — <http://webmapget.vsegei.ru/index.html> (дата обращения 11.11.2021).
36. Гидрогеология СССР: В 5 вып. Вып. 5. Инженерно-геологическое районирование и закономерности формирования инженерно-геологических условий территории СССР / Гл. ред. А.В. Сидоренко. — М.: Недра, 1975. — 264 с.
37. Инженерная геология Прибайкалья / Ред. Г.Б. Пальшин. — М.: Наука, 1968. — 186 с.
38. Инженерная геология СССР: В 8 т. Т. 3. Восточная Сибирь / Ред. Г.А. Голодковская. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. — 657 с.
39. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины: Строение и геологическая история. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. — 252 с.
40. Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г., Соловьева Г.Д., Холодильни Н.А. Карта типов берегов и побережий Мирового океана // Рельеф и ландшафты. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. — С. 116–126.

Поступила в редакцию 22.06.2022

После доработки 10.09.2022

Принята к публикации 03.10.2022