

ИССЛЕДОВАНИЯ В БАСЕЙНЕ БАЙКАЛА

УДК 551.462, 551.87:(282.256.341)

DOI: 10.15372/GIPR20210407

Е.Е. КОНОНОВИнститут географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, ekon@7395.ru

ОСОБЕННОСТИ РЕЛЬЕФА ДНА КОТЛОВИН ОЗЕРА БАЙКАЛ

На основе анализа батиметрических материалов, полученных в разные годы с помощью высокоточной геофизической аппаратуры с использованием многолучевых эхолотов, рассмотрены главные особенности донного рельефа Южной, Средней и Северной котловин Байкальской впадины. Установлено, что на подводном склоне всех котловин хорошо развиты грядово-овражные формы и долины каньонов. Максимальной зрелости достигают долины каньонов Средней и Южной котловин ввиду более длительной истории их развития. Долины каньонов здесь сильно извилистые, что связано с особенностями подстилающего субстрата и с разломной тектоникой. Каньоны западного борта Байкальской впадины преимущественно тектогенные по происхождению, имеют небольшую протяженность, значительную крутизну продольного профиля, их долины в основном прямые. Подводный склон вдоль восточного берега Северной котловины и ее абиссальная поверхность осложнены набором ледниковых форм рельефа — моренными валами и конусами выноса, сформированными турбидитными потоками в периоды межледниковий. На берегу их продолжением являются весьма протяженные валы боковых и стадильных морен. Тектогенные уступы широко распространены в нижних частях подводных склонов, и они, как правило, параллельны береговой линии. Установлено, что весьма характерной формой рельефа склонов Южной котловины являются плосковыпуклые поверхности авандельта, которые иногда достигают абиссальной поверхности озера. Многочисленные выходы миоцен-плиоценовых лимнических осадков на восточном побережье Средней котловины, характер их пространственного расположения позволили предположить, что осадочные толщи подводного склона этой котловины и наземные, возраст которых миоцен-плиоценовый, могут быть одновозрастными и генетически однородными. Аналогичные отложения танхойского поля южного берега впадины также далеко распространяются в акваторию озера, что дает право подтвердить существующие точки зрения о сходной истории развития Южной и Средней котловин.

Ключевые слова: донный рельеф, батиметрия, цифровая модель, палеорекострукция, корреляции.

E.E. KONONOVV.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, ekon@7395.ru

BOTTOM RELIEF FEATURES OF THE BASINS OF LAKE BAIKAL

Based on analyzing bathymetric material obtained in different years by using high-precision geophysical equipment featuring multi-beam echo sounders, the main bottom relief features of the South, Middle and North basins of the Baikal depression are considered. It has been established that ridge-ravine forms and canyon valleys are well developed on the underwater slope of all depressions. The valleys of the canyons of the Middle and South basins reach the maximum maturity, which is associated with a longer history of the evolution of these basins. The canyon valleys are highly sinuous there, which is associated with the peculiarities of the underlying substrate and fault tectonics. The canyons of the western side of the Baikal depression are predominantly tectogenic in origin, are short in length and show a significant steepness of the longitudinal profile; their valleys are mostly rectilinear. The underwater slope along the eastern coast of the North basin and its abyssal surface are complicated by a set of glacial landforms: moraine swells and fan cones formed by turbidite flows during interglacial periods. On the coast, they are continued by very extended swells of lateral and stadial moraines. Tectogenic scarps are widespread in the lower parts of the underwater slopes and run usually parallel to the coastline. It has been established that a very characteristic form of the sloping relief of the South basin are the flat-convex surfaces of the deltas which sometimes reach the abyssal surface of the lake.

Numerous outcrops of Miocene-Pliocene limnic sediments on the eastern coast of the Middle basin, and the nature of their spatial arrangement suggests that the sedimentary strata of the underwater slope of this basin may be of the same age and genetically homogeneous with terrestrial strata, which are Miocene-Pliocene in age. Similar deposits of the Tankhoi field on the southern coast of the depression also extend far into the water area of the lake, which gives grounds to confirm the existing points of view about the similar history of the development of the South and Middle basins.

Keywords: *bottom relief, bathymetry, digital model, paleoreconstruction, correlations.*

ВВЕДЕНИЕ

История изучения донной поверхности оз. Байкал подробно описана в многочисленных публикациях [1–3]. В последние 25–30 лет в результате реализации ряда международных программ получены огромные массивы новых данных как по рельефу дна озерной впадины, так и по ее осадочному наполнению [4–9]. В работе использованы материалы, полученные с применением высокоразрешающей геофизической аппаратуры сотрудниками лаборатории геологии Байкала Лимнологического института СО РАН (Иркутск), Исследовательского центра окружающей среды и источников энергии Технического института г. Китами (Япония), Центра морской геологии им. Ренарда Гентского университета (Бельгия) и Иркутского национального исследовательского технического университета, а также материалы батиметрических исследований по проекту INTAS–99–1669 [10].

Работа продолжает уже опубликованный цикл из пяти статей, посвященных исследованиям донного рельефа оз. Байкал (2015–2020 гг.) [6–9, 11]. Цель исследования — уточнение особенностей, истории формирования донного рельефа Байкальской впадины и корреляции его с наземным рельефом.

Изучение рельефа донной поверхности котловин носило комплексный характер и включало анализ батиметрических карт, составленных по данным съемок донного рельефа однолучевым эхолотом при создании навигационной карты м-ба 1:200 000 (проект INTAS–99–1669) и с использованием мобильных систем многолучевых эхолотов ELAC Sea Beam 1050 (2009 г.) и Kongsberg EM710S (с 2015 г.) [6, 10]. В результате поэтапной обработки полученного батиметрического материала с применением современных ГИС-технологий была создана цифровая модель рельефа Южной котловины (ЮК) [11]. Рельеф Средней (СрК) и Северной (СК) котловин анализировался с привлечением материалов батиметрической карты проекта INTAS [10].

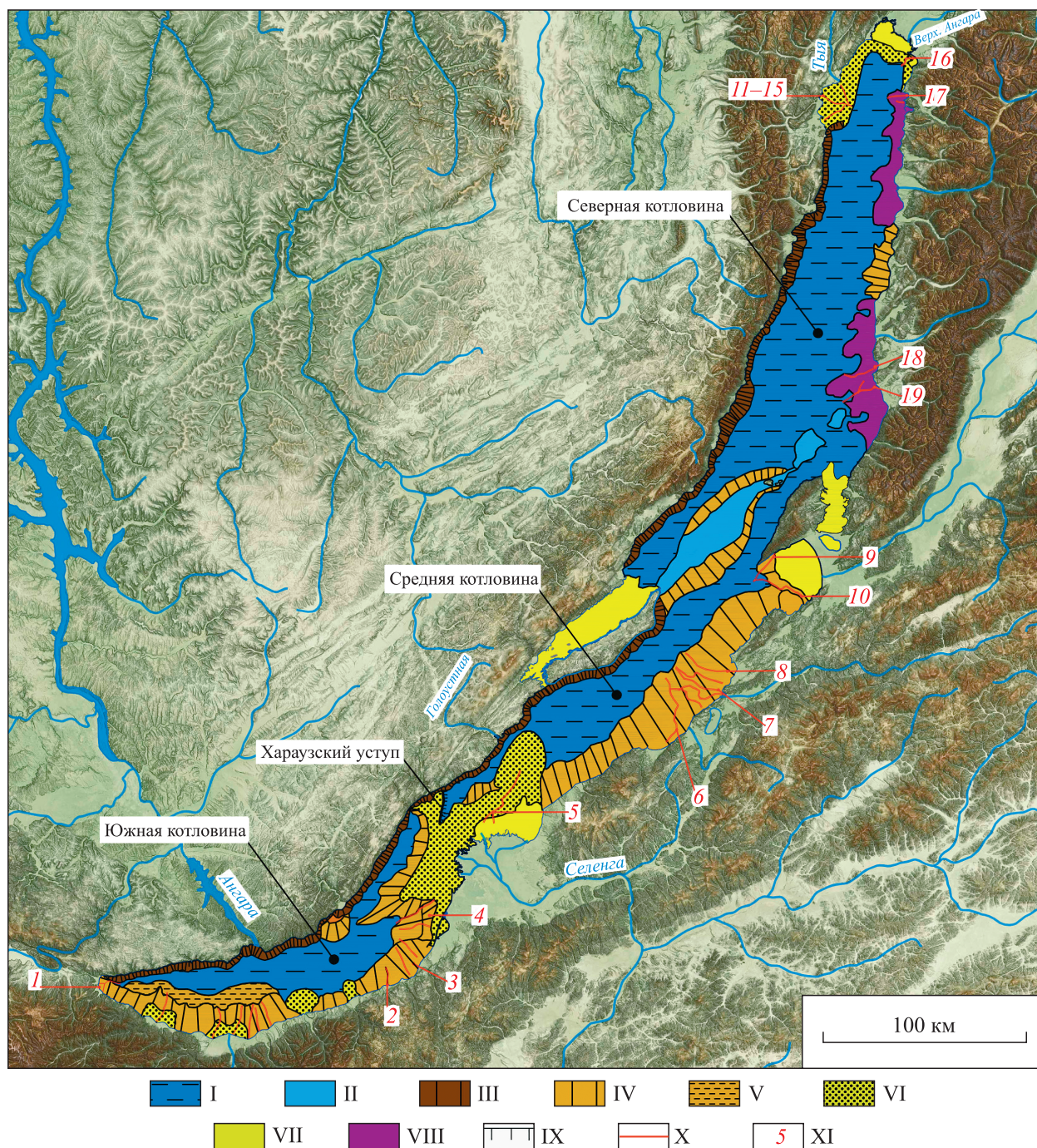
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Южная котловина. По особенностям строения донной поверхности и истории тектонического развития котловина разделяется на три сегмента: Култукский, Мишихинский [12] и Песчаный [4] (см. рисунок). Западный борт ограничен структурами зоны Обручевского разлома. Крутой уступ разлома здесь возвышается над уровнем озера более чем на 500 м и продолжается под урезом воды до глубины 1300–1400 м. Южный борт имеет широкий (до 20–22 км) и пологий подводный склон, плавно переходящий в абиссальную поверхность. Восточный борт в значительной мере представлен обширной авандельтой р. Селенги [9].

В пределах ЮК наиболее сложное строение имеет южный склон. Доминирующими формами рельефа здесь являются грядово-овражные образования, которые протягиваются от береговой линии в глубь озера на расстояние от нескольких сот метров до 20–22 км. Профили оврагов корытообразные или V-образные, глубина вреза — от 150–250 до 10–30 м.

Выделяются две разновозрастные генерации склоновых форм рельефа [7]. Древняя генерация располагается на глубине 1200–1400 м и очерчивает максимальную границу распространения отложений танхойского поля миоцен-плиоценового возраста. Более молодая генерация грядово-ложбинных форм прослеживается начиная с глубины 800–900 м и до прибрежного мелководья. Поверхность свала глубин авандельты р. Селенги также расчленена грядово-овражным рельефом. Глубина вреза этого рельефа и его протяженность на склоне свала уменьшаются по мере продвижения с юга на север авандельты [6].

Широко распространены долины подводных каньонов, среди которых выделяются размерами Мысовский, Боярский, Посольский и ряд небольших каньонов (см. рисунок, каньоны № 2–4). Долины в основном извилистые, реже прямолинейные (Слюдянский). Их протяженность от 7–8 до 23 км. Профили долин трапециевидные или корытообразные с плоским дном и крутыми бортами. Ширина днищ долин — от 300 до 1200 м. Конусы выноса плоские и слабо выражены в рельефе дна.



Геоморфологическая схема донной поверхности Байкала.

I — субгоризонтальные или наклонные абиссальные поверхности; II — слабонаклонная, местами расчлененная поверхность Академического хребта; III — сбросовые абразионно-тектонические склоны; IV — грядово-овражный рельеф, современная генерация склонов; V — грядово-овражный рельеф, древняя генерация склонов; VI — субгоризонтальные и наклонные поверхности аванделъта и прибрежного мелководья (литераль, сублитераль); VII — субгоризонтальные поверхности мелководных заливов, проливов и бухт; VIII — поверхности, осложненные ледниковыми формами рельефа (морены, конусы выноса флювиогляциальных потоков); IX — тектонические уступы; X — долины каньонов. XI — каньоны: 1 — Слюдянский, 2 — Боярский, 3 — Мысовской, 4 — Посольский, 5 — Кукуйский, 6 — Киканский, 7 — Туркинский; 8 — Горячинский, 9 — Южно-Святоносский, 10 — Максимихинский, 11 — Тыйский, 12 — Портовский, 13 — Курлинский, 14 — Шивиканский, 15 — Мысовой, 16 — Дагарский, 17 — Фролихинский, 18 — Давшинский, 19 — Сосновский.

Исключение составляет конус выноса Посольского каньона шириной до 10–12 км, осложненный комплексом впадин и холмов, фрагментами древней долины [8]. Извилистость некоторых каньонов обусловлена, по-видимому, тектогенными факторами. К примеру, долина Боярского каньона дважды изменяет свое направление после пересечения тектогенных уступов (Верхнего и Нижнего) [8].

Весьма характерными формами подводного склона являются слабовыпуклые, веерообразные в плане поверхности авандельты, которые являются подводным продолжением наземных аллювиальных поверхностей рек Мангутай, Утулик, Солзан, Большая Осиновка, Хара-Мурин, Снежная, Переёмная и Мишиха [7, 9]. Особенность авандельты — наличие фрагментов миоцен-плиоценовых, аллювиально-озерных образований танхойского поля, возвышающихся над их поверхностями на 100–150 м. В поперечном разрезе форма этих фрагментов островерхая или плосковершинная. Примером плосковершинного фрагмента является Муринская банка. У восточного подножия банки протягивается S-образная долина Муринского каньона [7].

Западный борт ЮК на всем протяжении очень крутой, абразионно-денудационный, что связано с тем, что борт ограничен динамически активным, постоянно обновляющимся уступом Обручевского сброса. В рельефе борта выделяется треугольная выемка Лиственничного залива в районе истока р. Ангары, образованная в результате опускания блока суши под урез озерных вод в конце неоплейстоцена [13]. На северо-восточном борту залива отмечаются долины каньонов Сенного и Большого Черемшаного. Каньоны имеют ступенчатый продольный профиль с крутизной от 15 до 40°. Борты каньонов круглые, субвертикальные [2]. Севернее истока, южнее пос. Большие Коты, отмечаются долины каньонов Жилище и Черного [2]. Борты каньонов субвертикальные, ширина днища и глубина вреза с глубиной уменьшаются. Продольный профиль тальвегов очень крутой, ступенчатый. Севернее Больших Котов и до палеodelьты р. Голоустной берег абразионно-денудационный, тектогенный. Палеodelьта имеет веерообразную форму шириной 18–20 км. Свал глубин осложнен грядово-овражными формами и каньонообразными долинами с глубиной расчленения от 40 до 220 м и с V-образным поперечным профилем. Севернее палеodelьты р. Голоустной и до дельты р. Бугульдейки надводный и подводный склон крутой, абразионно-денудационный. Дельта р. Бугульдейки имеет выпуклую в поперечном разрезе форму шириной около 6,5–7 км.

Абиссальная поверхность котловины в юго-западной части (Култукский сегмент) плоская, выровненная и имеет уклон на северо-запад и восток. Максимальные глубины здесь приурочены к северо-западному борту. Максимальные глубины восточной части (Мишихинский сегмент) приближены к южному берегу, а отмеченные Верхний и Нижний уступы являются, по-видимому, южным ограничением котловины [8]. Восточным продолжением ЮК является грабенообразная впадина, расположенная между юго-восточным склоном Посольской банки и береговым склоном котловины.

Посольская банка располагается на юго-западном окончании дельты р. Селенги и представляет собой вытянутое на 6,2–6,5 км с востока, северо-востока на запад, юго-запад подводное поднятие с максимальными отметками над абиссальной поверхностью озера до 1200–1250 м. Вершинная поверхность банки находится ниже уреза озерных вод на 35–50 м. Банка — уцелевший от разрушения фрагмент древней авандельты р. Селенги. Рельеф поверхности довольно сложный и неоднородный. В северо-восточной части поверхность сильно деформирована и представляет собой систему концентрических в плане структур — сейсмогравитационных ступеней или блоков оседания. Склоны банки осложнены грядово-овражным рельефом [6].

Донная поверхность северной части котловины (Песчаный сегмент) неравномерно поднимается с юга на север. Подъем поверхности завершается почти прямолинейным Хараузским уступом, пересекающим поперек котловину. Уступ протягивается на 15–15,5 км от авандельты р. Селенги до западного борта озера. Субвертикальная стенка уступа высотой 150–220 м сильно изрезана оврагами, а у подножия уступа протягивается одноименный каньон длиной 10–11 км.

Средняя котловина. Котловина состоит из двух линейных понижений — грабенов, различающихся по степени активности на современном этапе ее эволюции. Приольхонский грабен протягивается вдоль западного борта котловины от широты мыса Большой Кадильный до сухоходной впадины р. Сосновки на восточном берегу СрК, огибая п-ов Святой Нос с запада. Второй грабен, Селенгино-Чивыркуйский, начинается под дельтой р. Селенги на юге и замыкается на севере в Чивыркуйском заливе [12]. Западный борт представлен береговыми уступами Приольхонского плато и о. Ольхон, которые подрезаются Морским разломом, ответвляющимся от Приморского разлома в районе устья р. Бугульдейки [12]. Берег здесь крутой абразионно-денудационный. Северо-восточнее о. Ольхон продолжением борта котловины является подводный юго-восточный склон Академического хребта, осложненный грядово-овражным рельефом с глубиной вреза до 150–200 м.

Сложную геоморфологическую поверхность имеет склон восточного борта СрК. В южной части этого борта хорошо выделяется береговая выемка залива Провал, образовавшаяся в результате землетрясения 1862 г. [14]. Западнее залива расположены поднятие подводной Кукуйской гряды и долина Кукуйского каньона (см. рисунок, № 5). Грива имеет форму клиновидного выступа с острым гребнем, вытянутым вдоль центральной части озера на восток, северо-восток на 10–10,5 км. Ее размеры в поперечнике — от 3 до 6,5 км. В поперечном профиле грива имеет асимметричное строение. Западный склон гривы пологий, в центральной части этого склона прекрасно выражены следы гигантского оползня. Юго-восточный склон гривы более крутой, часто обрывистый, что обусловлено эрозионно-гравитационной деятельностью Кукуйского каньона, проходящего вдоль подножия склона [6]. Протяженность каньона около 55 км. Долина имеет трапециевидную форму. Конус выноса простирается на северо-северо-запад еще на 25–26 км до глубины от 900 до 1500 м. В пределах конуса отмечаются фрагменты древнего русла трапециевидной формы шириной до 500–600 м, разной протяженности и возраста [15]. Долина каньона чрезвычайно извилистая и имеет хорошо выраженный современный ущельеобразный врез русла.

Рельеф подводного склона СрК севернее долины Кукуйского каньона и до мыса Тонкого преимущественно грядово-овражный и простирается на 10–12 км в глубь котловины. Гряды островерхие, профили оврагов V-образные с глубиной вреза до 100–150 м. Севернее мыса Тонкого протяженность грядово-овражных форм возрастает до 27–28 км, а врез до 400 м. Глубоководные окончания грядово-овражного рельефа часто резко обрезаются тектогенными уступами. В плане уступы прямолинейные, северо-восточного простирания.

Наиболее яркими формами рельефа на участке склона, севернее мыса Тонкого, являются долины Киканского, Туркинского и Горячинского каньонов (см. рисунок, № 6–8). Верховья Киканского каньона находятся южнее устья р. Кики и состоят из двух притоков. Протяженность каньона — 23–24 км. Долина сильно извилистая. Профиль преимущественно корытообразный и только в нижней части долины — трапециевидный с широким днищем (до 0,8 км) и крутыми бортами. Сильно извилистая долина Туркинского каньона располагается севернее Киканского, протягивается на 45–47 км. Профиль долины практически на всем ее протяжении трапециевидный или корытообразный с днищем шириной от 300 м в верховьях и до 2 км в нижней части долины. Верховья каньона сформированы двумя притоками. В устьевой части — небольшой конус выноса. Горячинский каньон располагается севернее Туркинского и протягивается на 29–30 км. Долина извилистая. Профиль долины каньона практически на всем протяжении корытообразный или трапециевидный, днище шириной до 1 км. Приустьевая часть долины обрезается уступом северо-восточного простирания высотой более 100 м и не переходит в донную поверхность озера. Указанный уступ прослеживается на северо-восток и юго-запад и идет практически параллельно береговой линии. Севернее Горячинского каньона и до акватории Баргузинского залива развиты грядово-овражные формы рельефа с глубиной расчленения от 50 до 250 м и несколько небольших каньонов.

В акватории Баргузинского залива вдоль его северо-западного склона располагается прямолинейная ущельеобразная долина Южно-Святоносского каньона протяженностью около 15 км (см. рисунок, № 9). Профиль долины асимметричный, правый борт крутой, а левый более пологий. Верхняя часть долины выглядит как типичное ущелье, а в низовьях долина расширяется, имеет плоское днище шириной до 2 км. Юго-восточнее описанного каньона отмечается извилистая долина Максимихинского каньона (см. рисунок, № 10). Профиль долины U-образный, ширина днища — 200–300 м. Переход долины каньона к поверхности нижерасположенной впадины резкий, через уступ высотой примерно 50 м. Общая протяженность долины более 20 км. Конусы выноса описанных каньонов незаметно сливаются с донной поверхностью небольшой впадины. Дно впадины плоское, слабонаклонное на запад, юго-запад в сторону глубоководных частей озерной котловины. Впадина расположена выше днища СрК на 150–160 м. Борта впадины сильно осложнены грядово-овражными формами.

Рельеф абиссальной поверхности СрК неоднороден. С юга на север, начиная от Хараузского уступа, донная поверхность сначала ступенчато понижается от отметок 600–620 м до 1100 м, затем поднимается, при пересечении выпуклой поверхности конуса выноса Кукуйского каньона. Севернее конуса донная поверхность вновь плавно понижается и, достигая максимальных отметок около 1600 м на траверзе Баргузинского залива, начинает полого подниматься до глубины 1300 м. На траверзе мыса Нижнее Изголовье п-ова Святой Нос котловина резко сужается, ее поверхность упирается в крутой уступ высотой около 400 м. Выше и севернее уступа котловина по своим морфологическим признакам соответствует типичному грабену, западный борт которого представлен уступом Академического хребта, а восточный — уступом п-ова Святой Нос.

Северная котловина. Восточный борт котловины образован глыбово-сводовым поднятием Баргузинского хребта, а береговая линия часто «обозначена» короткими тектогенными уступами мысов. Западный борт представлен горными сооружениями Байкальского хребта, который узкой лентой (20–30 км) протягивается на север на 120 км от мыса Рытый до мыса Малая Коса. Севернее мыса хребет отходит от береговой полосы к западу, уступая место Рель-Тыйской предгорной ступени. На юге, юго-востоке СК отделяется от СрК Ольхонско-Ушканской межвпадинной перемычкой, включающей Ольхонский и Ушканский горсты и горст подводного Академического хребта [16–19].

В самых общих чертах донный рельеф котловины, за исключением плоского днища, можно назвать трансгрессивным, т. е. затопленным водами озера [3]. Наиболее расчлененный рельеф развит на подводном склоне северного окончания и восточного борта котловины. Здесь широко распространены грядово-овражные формы рельефа и долины каньонов. Грядово-овражные формы развиты в верховьях практически всех каньонов. Распространены овраги и на обширном мелководье аванделъты р. Верхней Ангары. Верховья большинства оврагов здесь расположены на значительном удалении (до 2 км) от берега. Глубина вреза оврагов небольшая — до 10–15 м. На восточном борту овраги развиты практически от береговой линии, протяженность их достигает 5–7 км, глубина вреза — 150 м.

Каньоны, как правило, являются подводным продолжением наземных долин, причем напротив крупных рек располагаются самые длинные каньоны. Примером может служить Дагарский каньон (до 20 км) — подводное продолжение долины Верхней Ангары.

Тыйский каньон расположен в северной части аванделъты р. Тыи и образуется в результате слияния трех притоков — Центрального, Южного и Северного. Верховья притоков осложнены оврагами. Притоки Центральный и Южный на глубине около 100 м сближаются и формируют единую долину с плоским днищем шириной до 750 м. На глубине около 400 м три притока сливаются и окончательно формируют долину единого каньона шириной около 600 м. Продольный профиль долины ступенчатый, уклон тальвега — 8–11° [2, 3]. Портовский каньон расположен вблизи порта Курла. В верховьях он имеет два притока, отдаленных друг от друга на 800 м. На глубине более 200 м притоки сливаются в одно русло, которое прослеживается до глубины 500 м. Профиль каньона асимметричен. Ширина днища местами достигает 1 км. Напротив Портовского каньона, в пределах восточного берега СК, находится крупный Фролихинский каньон и грабен р. Фролихи. Не исключено, что оба каньона располагаются по линии одного из глубинных разломов, пересекающих котловину [3]. Напротив долины р. Курлы отмечается система Курлинского каньона, состоящая из нескольких глубоких долин общей шириной более 1 км. Долины начинаются на расстоянии примерно 250 м от берега и на глубине 18–20 м. Каньон прослеживается до глубин более 500 м. В приустьевой части р. Курлы почти от самого берега и до предельных глубин озера простирается Шивиканский каньон длиной 8 км, с шириной днища 400–600 м, глубина его вреза — 150 м. В верховьях уклон тальвега — до 17°, ниже выполаживается. Конус выноса каньона сливается с конусом Курлинского каньона. Севернее Курлинского каньона, напротив мыса Курла, расположен еще один каньон — Мысовой. Долина каньона широкая — более 1 км. Тальвег долины в верховьях крутой — до 36°. Отмечаются еще несколько небольших безымянных каньонов протяженностью не более 2 км. Как правило, их верховья находятся на расстоянии более 2 км от берега (см. рисунок, № 11–15). Каньоны на мелководье аванделъты Верхней Ангары, как правило, короткие, их профили ущельеобразные с глубиной вреза до 50 м. Долины каньонов не достигают больших глубин (не глубже 300 м). В целом длина каньонов северного окончания СК уменьшается с юга на север с 10–12 до 6 км и менее [3].

Каньоны вдоль восточного побережья озера на участке мысов Бирокан и Немнянка представляют собой незначительные долинообразные понижения крутого подводного склона с небольшим врезом. Самый крупный из них — Фролихинский каньон (см. рисунок, № 17) — прямое подводное продолжение грабенообразной долины р. Фролихи. Каньон прослеживается до плоского днища впадины, достигая глубины около 600 м. Профиль трапециевидный с плоским днищем, протяженность — 10–11 км. Рельеф склона, пересекаемого каньоном, сильно осложнен моренными грядами [3, 20].

Одной из характерных особенностей наземного и подводного рельефа СК является наличие наземных и подводных ледниковых форм рельефа. Почти вся прибрежная полоса вдоль Баргузинского хребта шириной 10–15 км покрыта ледниковыми отложениями в форме моренных дуг протяженностью до 10 км. Морены хорошо сохранились в береговой полосе вдоль акватории бухты Азя, в долине р. Фролихи [20], в междуречье Таркулика и Кудалды, в пределах Большеречинской низменности, в устьевых участках долин рек Шинанды и Томпуды. Упоминания о «подводных» следах оледенения в виде банок и моренных гряд до глубины в несколько сотен метров встречаются во многих работах

[3, 20, 22, 23]. По мнению В.В. Ламакина [24], на восточном побережье Байкала следует выделять особый, байкальский тип оледенения, при котором огромные предгорные ледниковые щиты спускались в Байкал до изобат 200–300 м ниже уровня озерных вод. Д. Евангелиос с соавторами [15] и С.Н. Нельсон с соавторами [25] установили, что на донной поверхности СК в результате интенсивного роста турбидитовых потоков в периоды межледниковий были созданы плосковыпуклые конусы выноса.

Приведенные материалы по особенностям подводного рельефа ЮК, СрК и СК четко указывают, что на подводном склоне восточного и южного берегов этих котловин доминируют грядово-овражный рельеф и долины каньонов, а на западном — абразионно-денудационный рельеф. Грядово-овражные формы СК менее протяженные, что, вероятно, связано с меньшими глубинами этой впадины. В пределах северного окончания СК и южного борта ЮК развиты плосковыпуклые поверхности аванделът. Отсутствие в СрК плосковыпуклых поверхностей аванделът может быть объяснено историей развития сравниваемых участков донной поверхности [7–9]. В СрК на протяжении длительного отрезка времени происходит перманентное опускание донной поверхности вдоль системы глубинных разломов северо-восточного простирания. В погружение была вовлечена периферийная часть прибрежной равнины, что привело к ее преобразованию, формированию подводного грядово-овражного рельефа, созданию долин каньонов. В настоящее время разрушение древней поверхности продолжается, некоторые каньоны постепенно приближаются к берегу (Туркинский, Киканский), а верховья Горячинского и Максимихинского каньонов находятся на значительном удалении от береговой линии. В таких условиях не происходит формирования заметных в рельефе склона аванделът рек и конусов выноса каньонов, так как опускание донной поверхности не компенсируется поступлением осадков с суши.

Отличительной особенностью рельефа СК является наличие ледниковых форм, созданных в периоды позднеплейстоценовых эпох похолодания и наложенных на донную поверхность. Понижение уровня озера в периоды похолоданий вызвало выдвижение моренных валов в акваторию котловины [3, 20, 22, 23], что сформировало довольно сложный донный рельеф. В периоды межледниковий происходила интенсификация турбидитных потоков. Это способствовало дополнительному расчленению подводного склона и формированию на разном удалении от современной береговой линии овально-выпуклых веерообразных поверхностей подводных конусов выноса [15].

Широко распространенными формами рельефа на склонах котловин являются долины каньонов. Абсолютное большинство долин имеет извилистую форму. Многие изгибы и повороты в направлениях русел байкальских каньонов могут быть обусловлены, иногда в значительной мере, структурно-текстурными особенностями склоновых отложений, прорезаемых каньоном. Некоторые повороты русел каньонов, как показали наши исследования, явно связаны с поперечными грядами, сложенными более плотными отложениями, которые весьма устойчивы к размыву мутьевыми потоками. В местах, где русло каньона встречает такие породы, формируется изгиб — каньон меняет свое направление (Посольский, Кукуйский, Киканский, Туркинский, каньоны Утуликско-Муринского участка).

Исключение составляют долины, образование которых связано с тектоническими разломами. Они, как правило, прямолинейные и короткие (все каньоны западного борта впадины, Южно-Святоносский, Хараузский, Слюдянский). Большая протяженность и зрелость каньонов ЮК и СрК (до 55 км), по сравнению с каньонами СК (не более 20 км), связаны с более широким подводным склоном ЮК и СрК. Широкое распространение зрелых долин каньонов на подводном склоне восточного и южного берегов котловин вызвано в том числе тем обстоятельством, что через эти склоны идет интенсивный транзит и последовательное осаждение рыхлого материала от берега к депоцентрам. В СК депоцентры расположены на траверзах мыс Елохин — мыс Хибелен и бухта Богучаны — мыс Тыя. В Средней котловине депоцентры находятся у Ольхонского разлома вблизи северной оконечности острова и у подножия юго-восточного склона Академического хребта. В ЮК депоцентры прижаты к западному борту, а в Мишихинском сегменте — к разлому в осевой части сегмента [26].

В пределах прибрежной полосы восточного борта СрК исследователями получено много косвенных данных о вероятности существования в геологическом прошлом в ее пределах низменной предгорной равнины, где шло формирование осадочных толщ, которые могли быть аналогами танхойской свиты [27–29]. Пространственное расположение установленных выходов миоцен-плиоценовых отложений на восточном берегу СрК показывает, что современные подводные склоны котловины могли представлять собой в то время единую с наземной поверхность, которая в постплиоценовое время была вовлечена в опускания под урез озерных вод, что в конечном итоге привело к созданию расчлененного рельефа на склоне глубоководного озера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рельеф донных поверхностей описанных котловин во многом сходен. Широко распространены грядово-овражные образования, долины каньонов. Сопоставление морфометрии этих форм рельефа показывает, что грядово-овражные образования и каньоны Северной котловины более короткие (чаще до 7–8 км), чем аналогичные образования Средней и Южной котловин, имеют более крутые уклоны тальвегов, что может быть связано с меньшей глубиной Северной котловины и относительной молодостью этого бассейна.

Значительную роль в формировании донного рельефа Северной котловины сыграли позднеплейстоценовые эпохи похолодания и потепления климата. По этой причине весьма характерной особенностью котловины является наличие моренных и конусовидных образований на донной поверхности, расположенных на разной глубине и, как правило, напротив устьев рек восточного борта.

Обнаружение вдоль восточного побережья Средней котловины многочисленных фрагментов миоцен-плиоценовых осадков, их пространственное расположение позволяет предположить, что осадочные толщи подводного склона восточного борта котловины могут быть разновозрастными с наземными. Мы склонны согласиться с предположением Д.Р. Хатчинсон и др. [4] о том, что Южная и Средняя котловины имеют, по-видимому, близкий возраст и сходную историю. Окончательное заключение по высказанному предположению может быть сделано после получения качественного донного материала и проведения его всестороннего анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лут Б.Ф. Геоморфология дна Байкала // Геоморфология дна Байкала и его берегов. — М.: Наука, 1964. — С. 5–123.
2. Карабанов Е.Б., Фиалков В.А. Подводные каньоны Байкала. — Новосибирск: Наука, 1987. — 104 с.
3. Лут Б.Ф., Власова Л.К., Фиалков В.А., Лещиков Ф.Н., Мирошниченко А.П., Галкин В.И., Карабанов Е.Б., Мизандронцев И.Б., Белова В.А., Логинова Л.П., Хурсевич Г.К., Компанец В.Х. Литодинамика и осадкообразование Северного Байкала. — Новосибирск: Наука, 1984. — 290 с.
4. Хатчинсон Д.Р., Гольшток А.Ю., Зоненшайн Л.П., Мур Т.К., Шольц К.А., Клитгорд К. Особенности строения осадочной толщи оз. Байкал по результатам многоканальной сейсмической съемки // Геология и геофизика. — 1993. — Т. 34, № 10–11. — С. 25–36.
5. Кузьмин М.И., Карабанов Е.Б., Каваи Т., Вильямс Д., Бычинский В.А., Кербер Е.В., Кравчинский В.А., Безрукова Е.В., Прокопенко А.А., Гелетий В.Ф., Калмычков Г.В., Горегляд А.В., Антипин В.С., Хомутова М.Ю., Сошина Н.М., Иванов Е.В., Хурсевич Г.К., Ткаченко Л.Л., Солотчина Э.П., Йошида Н., Гвоздков А.Н. Глубоководное бурение на Байкале — основные результаты // Геология и геофизика. — 2001. — Т. 42, № 1–2. — С. 8–34.
6. Хлыстов О.М., Кононов Е.Е., Хабуев А.В., Белоусов О.В., Наудс Л. Геолого-геоморфологические особенности Посольской банки и Кукуйской гривы озера Байкал // Геология и геофизика. — 2016. — Т. 57, № 12. — С. 2229–2239.
7. Хлыстов О.М., Кононов Е.Е., Минами Х., Казаков А.В., Хабуев А.В., Губин Н.А., Ченский А.Г. Новые данные о рельефе подводного южного склона Южно-Байкальской котловины // География и природ. ресурсы. — 2018. — № 1. — С. 59–65.
8. Кононов Е.Е., Хлыстов О.М., Минами Х., Казаков А.В., Ченский А.Г., Наудс Л. Каньоны восточного берега Южного Байкала: морфология и генезис // География и природ. ресурсы. — 2019. — № 1. — С. 60–69.
9. Kononov E.E., Khlystov O.M., Kazakov A.V., Khabuev A.V., Batist M. de, Naudts L., Minami H. The lake floor morphology of the Southern Baikal rift basin as a result of holocene and Late Pleistocene seismogenic and gravitational processes // Quaternary International. — 2019 [Электронный ресурс]. — https://www.researchgate.net/publication/330746747_The_lake_floor_morphology_of_the_Southern_Baikal (дата обращения 09.03.2021).
10. Batist M. de, Canals M., Sherstyankin P., Alekseev S. INTAS Project 99–1669. A new bathymetric map of Lake Baikal [Электронный ресурс]. — <http://www.lin.irk.ru/insta/index.html> (дата обращения 09.03.2021).
11. Казаков А.В., Кононов Е.Е., Хлыстов О.М., Батуев А.Р. Новые подходы к картированию рельефа донной поверхности водного бассейна на примере Песчаного сегмента Южной котловины оз. Байкал // География и природ. ресурсы. — 2020. — № 5. — С. 106–112.
12. Леви К.Г., Бабушкин С.М., Бадардинов А.А., Буддо В.Ю., Ларкин Г.В., Мирошниченко А.И., Саньков В.А., Ружич В.В., Вонг Х.К., Дельво Д., Колман С. Активная тектоника озера Байкал // Геология и геофизика. — 1995. — Т. 36, № 10. — С. 154–163.
13. Кононов Е.Е., Мац В.Д. История формирования стока вод Байкала // Изв. вузов. Геология и разведка. — 1986. — С. 91–98.

14. Лунина О.В., Андреев А.В., Гладков А.С. По следам Цаганского землетрясения 1862 г. на Байкале: результаты исследований вторичных косейсмических деформаций в рыхлых осадках // Геология и геофизика. — 2012. — Т. 53, № 6. — С. 775–796.
15. Evangelinos D., Nelson C.H., Escutia C., Batist M. de., Khlystov O.M. Late Quaternary climatic control of Lake Baikal (Russia) turbidite systems: Implications for turbidite systems worldwide // Geology. — 2017. — Vol. 45, N 2. — P. 179–182.
16. Zonenshain L.P., Savoctin L.A. Geodinamics of the Baikal rift zone and plate tectonics of Asia // Tectonophysics. — 1981. — Vol. 76. — P. 1–45.
17. Ceramicola S., Rebesco M., Batist M. de, Khlystov O. Seismic evidence of small-scale lacustrine drifts in Lake Baikal (Russia) // Marine Geophysical Researches. — 2001. — Vol. 22. — P. 445–464.
18. Mats V.D., Khlystov O.M., Batist M. de, Ceramicola S., Lomonosova T.K., Klimansky A. Evolution of the Academician Ridge Accommodation Zone in the central part of the Baikal Rift, from high-resolution reflection seismic profiling and geological field investigations // Journ. of Earth Sciences. — 2000. — Vol. 89 (2). — P. 229–250.
19. Khlystov O.M., Mats V.D., Vorob'eva S.S., Klimanskii A.V., Batist M. de, Ceramicola S. Structure and evolution of the underwater Akademicheskoy Ridge (Baikal) // Russian Geology and Geophysics. — 2000. — Vol. 41 (6). — P. 819–824.
20. Бухаров А.А., Фиалков В.А. Кайнозойское развитие Байкала по результатам глубоководных и сейсмостратиграфических исследований // Геология и геофизика. — 1996. — Т. 37, № 12. — С. 98–107.
21. Кононов Е.Е. Некоторые особенности внутреннего строения моренных и террасовых образований в районе распространения древних ледников на восточном берегу оз. Байкал // Вестн. Ирк. техн. ун-та. — 2013. — № 4 (75). — С. 62–66.
22. Back S., Strecker M.R. Asymmetric late Pleistocene glaciations in the North Basin of the Baikal Rift, Russia // Journ. of the Geological Society. — 1998. — Vol. 155. — P. 61–69.
23. Леви К.Г., Мац В.Д., Куснер Ю.С. Постгляциальная тектоника в Байкальском рифте // Рос. журн. наук о Земле. — 1998. — Т. 1, № 1. — С. 61–88.
24. Ламакин В.В. Ледниковые отложения в береговой полосе Байкала // Труды Комиссии по изучению четвертичного периода. — М., 1963. — Т. 21. — С. 126–147.
25. Nelson C.H., Karabanov E.B., Colman S.M. Late Quaternary turbidite systems in Lake Baikal, Russia // Atlas of deep-water environments: Architectural style in turbidite systems. — London: Chapman & Hall, 1995. — P. 29–33.
26. Мац В.Д., Уфимцев Г.Ф., Мандельбаум М.М. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины. Строение и геологическая история. — Новосибирск: Гео, 2001. — 251 с.
27. Коломиец В.Л. Седиментогенез плейстоценового аквального комплекса и условия формирования нерудного сырья суходольных впадин Байкальской рифтовой зоны: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. — Иркутск, 2010. — 18 с.
28. Иметхенов А.Б. Позднекайнозойские отложения побережья озера Байкал. — Новосибирск, Наука, 1987. — 151 с.
29. Хассан А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., Усольцева М.В., Федин А.Ю. Соотношения стратонив в осадочном наполнении южной части Баргузинской котловины // Геодинамика и минерализация Северной и Центральной Азии: Материалы V Всерос. науч.-практ. конф. — Улан-Удэ, 2018. — С. 364–366.

Поступила в редакцию 04.03.2021

После доработки 19.05.2021

Принята к публикации 24.06.2021