

**ИССЛЕДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ БАЙКАЛА**

УДК 551.462, 551.87:(282.256.341)

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-1(59-65)

**О. М. ХЛЫСТОВ\***, **Е. Е. КОНОНОВ\*\***, **Х. МИНАМИ\*\*\***, **А. В. КАЗАКОВ\*\***,  
**А. В. ХАБУЕВ\***, **Н. А. ГУБИН\*\*\*\***, **А. Г. ЧЕНСКИЙ\*\*\*\***

\*Лимнологический институт СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, Россия,  
oleg@lin.irk.ru, ekon@7395.ru, kazakov.gis@gmail.com, shock@lin.irk.ru

\*\*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН,  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, ekon@7395.ru, kazakov.gis@gmail.com

\*\*\*Технологический институт г. Китами (Япония),  
165 Koen-cho Китами, 090-8507, Хоккайдо, Япония, minamihr@kitami-it.ac.jp

\*\*\*\*Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия, gubin.1@yandex.ru, chens-01@yandex.ru

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О РЕЛЬЕФЕ ПОДВОДНОГО ЮЖНОГО СКЛОНА  
ЮЖНО-БАЙКАЛЬСКОЙ КОТЛОВИНЫ**

*Впервые проведена высокоразрешающая батиметрическая съемка всего подводного склона Южного Байкала с помощью многолучевого эхолота. Выявлены новые элементы в подводном рельефе южного склона котловины на протяжении от р. Култучной до р. Мысовки и проведено его районирование на три участка по наличию древних форм рельефа и интенсивности процессов их переработки с границами по авандельте и конусу выноса рек Утулика и Переемной. Реконструирован процесс формирования современного рельефа данного участка подводного склона и установлена доминирующая роль в нем подводно-эрозионных процессов, «спусковым крючком» которых были тектонические движения. Выявлена прямая связь между переработкой древних геоморфологических поверхностей и появлением крупных подводных отдельных возвышенностей или групповых гряд (останцов), каньонов и ложбин. Определена главенствующая роль в облике современного рельефа подводного склона на втором участке обширных плосковыступных в разрезе и веерообразных в плане авандельт крупных рек и конусов выноса, облекающих останцы. Наличие крутого подводного склона от устья р. Переемной до устья р. Большой Тельной, двух крупных уступов и близость максимальных глубин Южной котловины у подножья этого склона объяснено более интенсивным ступенчатым опусканием этой части дна озера по сравнению с западной частью котловины. С этим же связано отсутствие крупных останцов в этой части склона. Восстановлена площадь распространения озерно-речных и озерно-дельтовых отложений Танхойского палеобассейна в пределах южной котловины оз. Байкал. Обнаружены четыре новые гидратоносные структуры, связанные с этими отложениями и морфологически выраженные в вершинных частях останцов. Расширены морфологические поисковые признаки наличия новых скоплений газовых гидратов на подводных склонах Байкала.*

Ключевые слова: Байкал, подводный рельеф, авандельта, картирование, палеорекострукции, газовые гидраты.

**О. М. KHLYSTOV\***, **Е. Е. KONONOV\***, **\*\***, **Н. MINAMI\*\*\***, **А. V. KAZAKOV\***, **\*\***,  
**А. V. KHABUEV\***, **Н. А. GUBIN\*\*\*\***, **А. G. CHENSKI\*\*\*\***

\*Limnological Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, ul. Ulan-Batorskaya, 3, Irkutsk,  
664033, Russia, oleg@lin.irk.ru, ekon@7395.ru, kazakov.gis@gmail.com, shock@lin.irk.ru

\*\*V. B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
ul. Ulan-Batorskaya, 1, Irkutsk, 664033, Russia, ekon@7395.ru, kazakov.gis@gmail.com

\*\*\*Kitami Institute of Technology,  
165 Koen-cho Kitami, Hokkaido, 090-8507, Japan, minamihr@kitami-it.ac.jp

\*\*\*\*Irkutsk National Research Technical University,  
ul. Lermontova, 83, Irkutsk, 664074, Russia, gubin.1@yandex.ru, chens-01@yandex.ru

© 2018 Хлыстов О. М., Кононов Е. Е., Минами Х., Казаков А. В., Хабуев А. В.,  
Губин Н. А., Ченский А. Г.

## NEW EVIDENCE ON THE RELIEF OF THE SOUTHERN UNDERWATER SLOPE IN THE SOUTH BAIKAL BASIN

*A high-resolution bathymetric survey of the entire underwater slope in South Baikal was carried out for the first time by means of the multibeam echosounder. New elements were revealed in the underwater relief of the southern slope of the basin from the Kultuchnaya river to the Mysovka river, and a relevant regionalization was carried out into three areas according to the presence of ancient landforms and the intensity of the processes of their reworking, with the boundaries along the delta-front and the river fan of the Utulik and Pereemnaya. We reconstructed the formation process of the modern relief of this area of the underwater slope and determined a dominant role of the underwater-erosion processes in the formation of the modern relief, with the tectonic movements served as the "trigger" for them. The study revealed a direct correlation between the reworking of the ancient geomorphological surfaces and the occurrence of separate large underwater elevations or group ridges (remnants), canyons and linear depressions. It is determined that the pivotal role in the appearance of the modern relief of the underwater slope in the second area of extensive plano-convex (in section) and fan-shaped (in plan) delta-fronts of large rivers and debris fans enveloping the remnants. The existence of a steep underwater slope from the mouth of the Pereemnaya to the mouth of the Bol'shaya Tel'naya and of two large benches, and also the proximity of the maximum depths of the southern basin at the foot of this slope are explained by a more intense step-like lowering of this part of the lake when compared with the western part of the basin. This also accounts for the absence of large remnants in this part of the slope. The area of occurrence of lacustrine-fluvial and lacustrine-delta deposits of the Tankhoi paleobasin within the southern basin of Baikal is reconstructed. Four new hydrate-bearing structures associated with these deposits and morphologically pronounced in the vertex parts of the remnants were discovered. The morphological exploration indicators of the presence of new accumulations of gas hydrates on the underwater slopes of Baikal have been expanded.*

Keywords: Baikal, underwater relief, delta-front, mapping, paleoreconstruction, gas hydrates.

### ВВЕДЕНИЕ

История исследований донной поверхности оз. Байкал началась еще в конце XVIII в., когда были проведены первые батиметрические работы [1]. Позже, в конце XIX в. и на протяжении всего XX в., неоднократно предпринимались попытки создания батиметрических моделей донной поверхности озера [2]. Полученные данные позволили исследователям выделить Северную, Среднюю и Южную впадины, а в их пределах — поднятия Муринской и Посольской банок, Кукуйской гривы, Академического хребта, русла каньонов, рассекающих подводные склоны.

В последние 20–25 лет исследования дна озера носят наиболее интенсивный характер, что связано, в том числе, с реализацией многочисленных международных программ по изучению климата Центральной Азии, геологии и углеводородов Байкальской впадины. Благодаря использованию новейших технических и технологических возможностей получены огромные массивы данных по рельефу дна озерной впадины и ее осадочному наполнению [3–10]. Однако до самого последнего времени подводный склон Южно-Байкальской котловины оставался малоизученным, хотя береговые отложения были достаточно детально исследованы еще в прошлом столетии [11, 12].

Опираясь на уже опубликованные данные и новые материалы своих исследований, И. М. Машук и Н. И. Акулов [13] предложили схему развития береговой полосы Южного Байкала, согласно которой в раннеолигоценное время началось формирование танхойской свиты в озерно-болотных условиях. Сильнейшая тектоническая активность в среднемиоценовое время привела к полной перестройке Танхойского палеобассейна. Именно в это время возник прообраз современной глубоководной Южно-Байкальской рифтовой впадины. Палеозеро, по данным ученых, в то время имело крутую береговую зону, простиравшуюся вдоль хр. Хамар-Дабан. По мнению С. В. Рассказова и его коллег [14], формирование осадочных отложений Танхойского поля началось на «раннеорогенном» этапе в котловине, которая стала прообразом будущей Южной впадины озера. В миоценовую эпоху обстановка осадконакопления, по их мнению, выглядела как обширное, периодически заболачивавшееся Танхойское озеро. По мнению Г. Ф. Уфимцева [12], вдоль южного и юго-восточного бортов Байкальской впадины местами прослеживаются приподнятые в виде тектонических ступеней участки дна впадины. Они образуют наклонные аккумулятивные предгорные равнины (Утуликско-Солзанскую и Танхойскую), сложенные мощной толщей кайнозойских отложений. Поверхность этих равнин в озерной части вовлекается в опускание дна озерной впадины, а в прихребтовой слабо поднимается.

В последние годы интенсивно осуществлялись площадные съемки дна озера с применением высокоразрешающих многолучевых эхолотов и профилографов. Установлено, что выступ Муринской банки представляет собой фрагмент древней поверхности Танхойского поля, смоделированный подводно-эрозионными процессами, активизированными поднятиями южного берега Байкала в голоце-

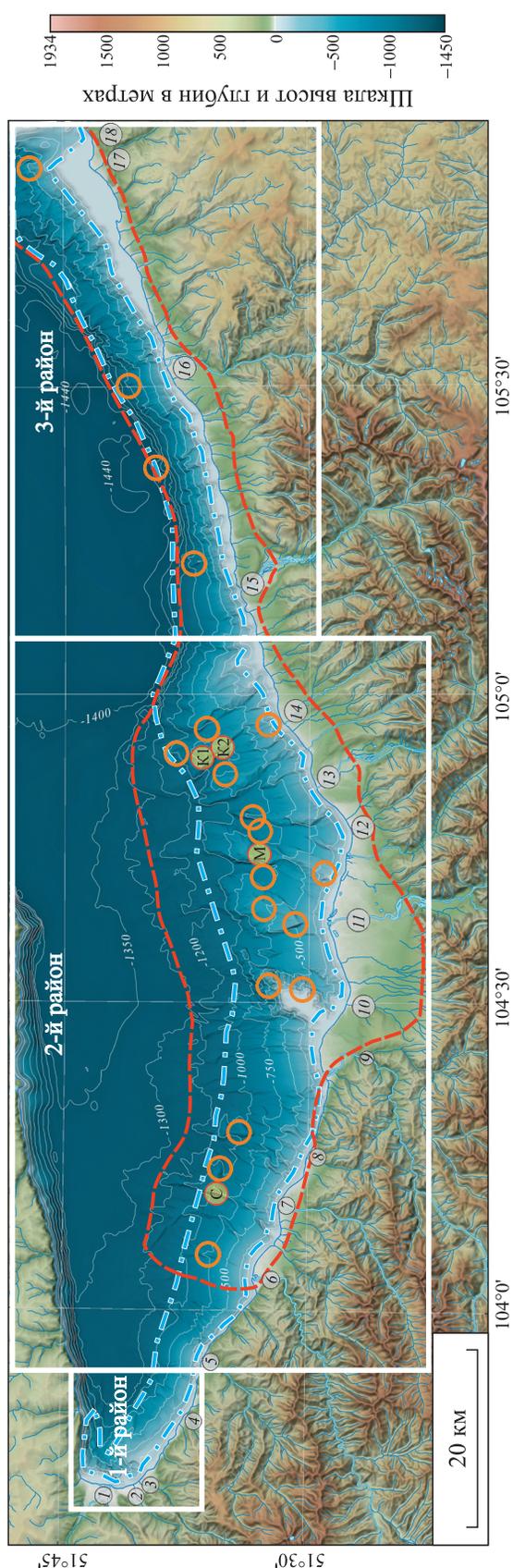


Рис. 1. Совмещенный рельеф дна южной котловины и прилегающей береговой полосы.

Реки: 1 — Култучная, 2 — Похабиха, 3 — Слодянка, 4 — Буровщина, 5 — Мангутай, 6 — Улулик, 7 — Солзан, 8 — Большая и Малая Осинька, 9 — Хара-Мурин и Лангутуй, 10 — Паньковка, 11 — Снежная, 12 — Осинька, Большой и Малый Мамай, 13 — Выдринная, 14 — Аносовка, 15 — Переменная, 16 — Мишиха, 17 — Мысовка, 18 — Большая Тельная. 19 — места отбора проб донных отложений. 20 — гидратоносные структуры: С — «Солзан», М — «Мамай», К1 — «Кедр-1», К2 — «Кедр-2». 21 — граница области батиметрической съемки дна 2015–2016 гг. 22 — предполагаемый контур Танхойского палеобассейна.

не, а Посольская банка и Кукуйская грива — ныне автономные останцы когда-то единой древней дельтовой системы [2, 15].

Продолжение этих работ в Южном Байкале дало большой массив информации по особенностям строения дна Южно-Байкальской котловины, что во многом изменило сложившиеся представления о характере донного рельефа и позволило реконструировать процессы подводного рельефообразования. В предлагаемой работе изложены некоторые новые данные этих исследований и предварительные итоги.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования поверхности подводного склона Южно-Байкальской котловины использовался многолучевой эхолот «Koningsberg EM710S», позволяющий получать батиметрические параметры по вертикали с разрешением в первые сантиметры, а по горизонтали — в первые метры [15]. За 2015–2016 гг. было отснято 1100 км<sup>2</sup> донной поверхности юго-западного и южного склонов котловины (рис. 1).

Геологическая заверка проведенных батиметрических исследований заключалась в отборе проб грунта с помощью прямооточной гравитационной стальной трубы. Использовались две трубы длиной 3,5 и 6 м и массой 500 и 800 кг соответственно. Длина отбираемых колонок геологического разреза донных отложений варьировала от 3 до 5,5 м. Отобрано и изучено 32 керна из разных элементов донного рельефа в 23 районах. В трех из них открыты четыре гидратоносные структуры: «Солзан», «Мамай», «Кедр-1» и «Кедр-2» (см. рис. 1).

Для построения гидрологически корректной цифровой модели рельефа (ЦМР) со связанной дренажной структурой, объединяющей рельеф суши и дна, в программном комплексе ArcGISforDesktop посредством модуля SpatialAnalyst методом Хатчинсона, основанным на дискретизированной методике плоского сплайна (пользователям ArcGIS данный метод

больше известен как «Топо в растр»), построена первичная цифровая модель рельефа. Для удаления ошибок и общего сглаживания полученной ЦМР, а также улучшения аппроксимации интерполируемой поверхности дна озера применялись методы сглаживания MeshDenoise и RankFilter, разработанные специально для обработки шумов и помех объемных топоданных. Для применения данных алгоритмов сглаживания в качестве программного средства нами использовалась аналитическая ГИС «SAGA», созданная в Институте географии Гамбургского университета и представляющая собой программное обеспечение с открытым исходным кодом.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ БАТИМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

На основе полученных батиметрических материалов 2015 и 2016 гг., топографических данных прилегающей суши (ЦМР AWD3d30 AlosJaxa), а также батиметрических данных съемки 2009 г. и батиметрической карты озера м-ба 1:200 000 построена полностью гидрологически корректная цифровая модель рельефа дна и суши для юго-западного и южного склонов Южно-Байкальской котловины озера (см. рис. 1). Дополнительно для более правильного понимания особенностей геоморфологического строения подводного склона построен ряд последовательно дополняющих друг друга поперечных батиметрических профилей, каждый из которых приблизительно параллелен береговой линии. По результатам анализа объемных и плановых изображений подводной поверхности создана геоморфологическая схема подводного склона Южного Байкала (рис. 2).

Согласно особенностям геоморфологического строения, изученная поверхность берегового склона Южного Байкала разделена на три района (см. рис. 1). Первый из них расположен в юго-западной оконечности озера от пос. Култук до р. Мангутай. Рельеф поверхности подводного склона в этом районе чрезвычайно неровный и представляет собой чередование глубоковрезанных V-образных форм и остроугольных (грядобразных) или плосковершинных приподнятых участков — остатков более древней поверхности шельфа и берегового склона, крутизна которого резко возрастает при приближении к абиссальной равнине. Широко распространены каньонообразные формы, верховья которых проецируются на суше с руслами водотоков (реки Похабиха, Слюдянка, Буровщина). По морфологическим особенностям отмеченные формы очень напоминают долины типичных байкальских каньонов, описанных в районе авандельты р. Селенги [2].

Севернее устья р. Култучной (примерно в 6–6,5 км от него) в рельефе дна хорошо выражены два уступа северо-западного простирания с перепадом глубин в 50–70 м. Уступы прослеживаются практически от берега на юго-восток до отметок, близких 1100 м. На суше, на продолжении подводных уступов, протягивается левый борт грабенообразной долины р. Култучной.

Для донного рельефа второго района, расположенного между реками Мангутай и Переемной, характерно доминирование относительно плоских, веерообразных в плане и слабовыпуклых в поперечном разрезе форм — авандельт, которые прослеживаются от береговой линии в глубь озерной котловины. Береговая равнина в этом районе хорошо выражена и местами достигает ширины 5–7 км, поэтому отроги Хамар-Дабана находятся на некотором удалении от береговой линии. Равнина разрезана несколькими довольно крупными водотоками, транспортирующими в акваторию озера большое количество обломочного материала и формируя на подводном склоне аномально выпуклые в разрезе тела авандельт. Поверхности авандельт полого спускаются в сторону более глубоких элементов дна котловины, незаметно сливаясь с ними, и протягиваются в глубь озера на 15–20 км от береговой линии. Наиболее ярко выражены авандельты рек Утулик, Солзан, Хара-Мурин, Снежной, Выдриной, Аносовки. Характерная особенность авандельт — это наличие на их поверхности фрагментов (останцов) более древних аллювиально-озерных поверхностей, возвышающихся местами на 100–150 м. В поперечном разрезе форма останцов островерхая (реки Мангутай, Утулик, Солзан, Большая Осиновка, Хара-Мурин, Снежная, Большой и Малый Мамай, Выдриная, Аносовка) или с плоской вершинной поверхностью (Муринская банка), а в плане они чаще всего имеют вытянутую клинообразную форму с зауженным концом, направленным к берегу. Согласно геологическим данным, останцы сложены плотными серыми глинами с примесью песчаного материала. На ряде древних останцов, напротив рек Солзан, Мамай и Аносовки, отмечается эрозийный микрорельеф в виде небольших впадин и кратероподобных форм. В ходе геологической заделки этих участков выявлены газовые гидраты вблизи поверхности дна и обильное газонасыщение донных отложений.

Еще одна особенность описываемого района — наличие участков с доминированием сильно расчлененного склона, представленного грядо- и ущельеобразными формами, которые достигают берего-

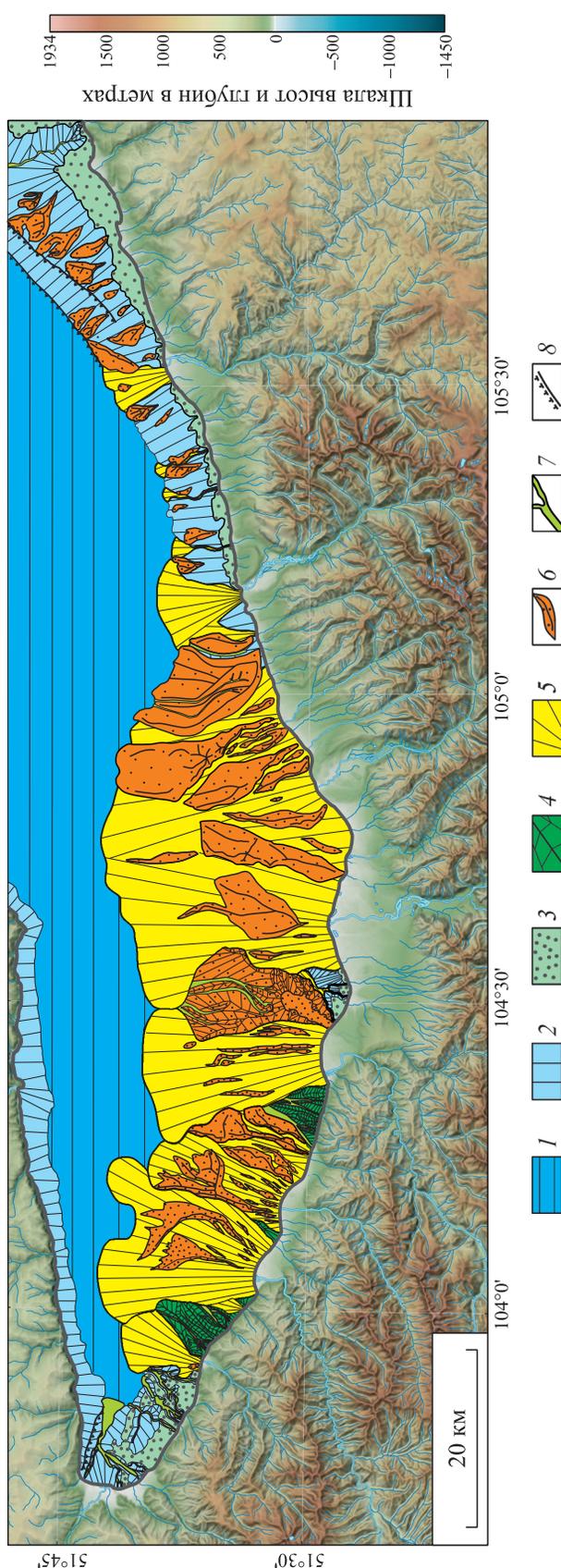


Рис. 2. Геоморфологическая схема Южного Байкала.

1 — современная глубоководная равнина; 2 — склоны; 3 — фрагменты древних поверхностей шельфа и склона; 4 — унаследованные формы рельефа; 5 — современные подводные конусы выноса (авандельты); 6 — древние аллювиально-озерные образования; 7 — русла каньонов; 8 — тектонические уступы.

вой линии. Плановый анализ этого рельефа показывает, что он представляет собой продолжение наземного рельефа, сохраняя его основные характеристики — направленные водораздельных линий, уклоны склонов и т. д.

Третий район располагается восточнее авандельты р. Переемной и протягивается до р. Большой Тельной. Плосковыпуклая авандельта р. Переемной резко, на небольшом расстоянии сменяется крутым, сильно изрезанным и очень коротким склоном (не более 3–5 км), и далее нарастание глубин идет очень быстро. Для сравнения, склоновая поверхность второго района протягивается в глубь озера более чем на 10 км. Следует также отметить, что максимальные глубины (>1450 м) Южной впадины находятся напротив района между реками Переемной и Мишихой примерно в 12 км от берега, т. е. ось впадины явно смещена к береговой линии южного берега. Доминирующие формы рельефа подводного склона этого района — подводно-эрозионные промоины и грядобразные формирования — останцы более древних склоновых, озерно-аллювиальных поверхностей. В местах выхода к озеру наиболее крупных водотоков на подводном склоне сформированы авандельты. Наиболее крупные из них располагаются в приустьевой части рек Переемной и Мишихи.

От устья р. Мишихи до р. Большой Тельной наблюдается расширение склона до 6–9 км, в основном за счет увеличения ширины мелководного шельфа. Напротив р. Большой Тельной наиболее примечательной формой донного рельефа является каньонообразное ущелье, верховья которого уже практически достигли береговой линии. В верхней части этот каньон имеет ущельеобразную поперечную форму с глубиной вреза до 400 м. По мере удаления от берега она уменьшается до 100–120 м, а поперечный профиль приобретает трапециевидную форму с плоским дном шириной до 400–500 м, что близко к профилю типичного каньона [2].

На границе с глубоководной равниной на глубинах около 1200–1350 м и на подводном склоне при глубине воды 800–1000 м прослеживаются два прямолинейных в плане уступа, протягивающихся с северо-востока от дельты р. Селенги до района авандельты р. Мишихи, где они постепенно исчезают.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ полученных батиметрических данных изученной территории позволил выделить на подводном склоне Южной котловины оз. Байкал ряд характерных форм: веерообразные в плане современные авандельты, останцы древних поверхностей, каньонообразные формы, грядо- и ущельеобразные линейновытянутые формы, а также прямолинейные уступы в западной и восточной частях склона.

Наличие останцов древних поверхностей, с одной стороны, и современных плосковыпуклых авандельт, с другой, указывает на недавнюю тектоническую активизацию прибрежной полосы. Тектонические поднятия неизбежно изменили базис эрозии наземных водотоков, что усилило их эрозионную активность и привело к значительному размыву древних подводных поверхностей, возникновению останцов и формированию поверхностей современных авандельт. В настоящее время идут процессы компенсированного осадконакопления в районах авандельт, способствующие выравниванию их поверхностей и созданию веерообразной в плане, выпуклой в разрезе формы на подводном береговом склоне.

Протяженность останцов во втором районе вкосте простирания береговой линии достигает 10–20 км, в третьем — 4–5 км. Их наличие объясняется следующим образом. До образования современной геоморфологической поверхности на ее месте существовала более древняя аккумулятивная, сложенная олигоцен-плиоценовыми отложениями Танхойского поля. На суше южные границы этого поля достаточно убедительно подтверждены [12–14]. На севере, в подводной части, распространение танхойских осадков подтверждается позднемиоценовым возрастом образца из донных отложений с глубины 850 м, поднятых ГОА «МИР» со склонов Муринской банки [15]. Более северные выходы древней поверхности возрастных определений не имеют. Тем не менее на вершинах останцов обнаружены гидратоносные структуры, указывающие на наличие газа в этих останцах или под ними, а это свидетельствует о том, что источником газов могут быть толщи угленосной танхойской свиты, общая мощность которой на побережье Южного Байкала достигает 500 м, а в подводной части — до 2 км [3, 8, 11]. Таким образом, по наличию газогидратных структур на поверхности останцов можно косвенно судить о распространении танхойских отложений как на север, практически до середины акватории Южного Байкала, так и на запад до р. Утулик (см. рис. 1).

В местах, где отроги Хамар-Дабана выходят непосредственно к берегу, тектоническая активизация привела к формированию на подводном склоне грядо- и ущельеобразных линейно вытянутых форм. На таких участках, как правило, нарастание глубин идет очень быстро, и поэтому доминирует подводно-эрозионная, подводно-гравитационная деятельность.

Резкое морфологическое отличие в строении склонов второго и третьего районов может быть связано с разным тектоническим режимом их развития. Изучение топоосновы показало, что на суше вдоль правого берега долины р. Переемной, вдоль борта р. Мысовки, а также р. Большой Тельной прослеживаются тектогенные уступы, которые, возможно, намечают границы блока, испытывающего более интенсивные, по сравнению с соседними участками, опускания в озерной части. Приуроченность к южному берегу максимальных глубин Южно-Байкальской котловины именно в этом районе и наличие двух подводных уступов на участке восточнее р. Мишихи, расположенных практически вдоль подошвы склона, косвенным образом подтверждают ступенчатое опускание озерной части блока. Вероятно, по этой причине большая часть отложений Танхойского поля в пределах третьего района сейчас погребена под современными осадками абиссальной равнины, а на прибрежном склоне сохранились небольшие останцы этого поля.

Уступы, описанные в юго-западной оконечности озера, также явно тектогенные, так как при трассировании на сушу они переходят в очень крутой левый борт долины р. Култучной, которая представляет собой грабен и является составным элементом, входящим в структуру оперения Главного Саянского разлома.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ созданной геоморфологической схемы и уже опубликованных материалов [2] однозначно указывает на большую роль в формировании современного рельефа юго-западного, южного и юго-восточного подводных склонов Южного Байкала подводно-эрозионных процессов, инициатором которых, несомненно, были тектонические движения. Переработка древних геоморфологических поверхностей предопределила появление крупных подводных отдельных или групповых гряд, хребтов, каньонов и ложбин, а также способствовала формированию обширных плосковыпуклых, веерообразных в плане современных авандельт.

Восстановленная по вершинным фрагментам, ныне сильно денудированная и местами практически уничтоженная древняя поверхность осадконакопления представляла, по нашему мнению, в геологическом прошлом озерно-болотную поверхность Танхойского поля, которая в конце миоцена — начале плиоцена была поднята в прибортовой части Южно-Байкальской котловины и опущена в озерной [13]. Подводная часть танхойской поверхности, по нашим данным, предположительно простирается на север от современной береговой линии на 15–20 км, а на запад — до траверза р. Утулик.

Таким образом, с помощью высокоразрешающих батиметрических данных удалось в значительной мере реконструировать процесс формирования современного рельефа южного и юго-восточного подводных склонов Южно-Байкальской котловины, предположить по сохранившимся останцам первоначальную площадь распространения древних озерно-речных, озерно-дельтовых отложений Танхойского поля. Морфологические изменения вершинных частей останцов, связанные с наличием газовых гидратов, расширили возможности поиска по этому признаку новых гидратоносных участков в южной котловине озера.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Лимнологического института СО РАН (0345-2016-0007), японского общества содействия науке (JSPS) (KAKENHI, 16H05760 to Н. М.) и президентского гранта Технологического института Китамии.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузо С. Первые исследователи глубин Байкала [Электронный ресурс]. — <http://www.magicbaikal.ru/history/first-researchers-of-baikal-death.htm> (дата обращения 27.06.2016).
2. 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.
3. 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.
4. Moore T. C., Klitgord K. D., Golmshtok A. Ya., Weber E. Sedimentation and subsidence patterns in the central and north basins of Lake Baikal from seismic stratigraphy // Bull. Geol. Soc. Amer., — 1997. — Vol. 109, N 6. — P. 746–766.
5. Scholz C. A., Hutchinson D. R. Stratigraphic and structural evolution of the Selenga Delta Accommodation Zone, Lake Baikal Rift, Siberia // Int. J. Earth Sci. — 2000. — Vol. 89. — P. 212–228.
6. 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.
7. Batist M. de, Klerkx J., Rensbergen P. van, Vanneste M., Poort J., Golmshtok A., Kremlev A., Khlystov O., Krinitsky P. Active hydrate destabilization in Lake Baikal, Siberia? // Terra Nova. — 2002. — Vol. 14. — P. 436–442.
8. Суворов В. Д., Мишенькина З. Р. Структура осадочных отложений и фундамента под южной котловиной озера Байкал по данным КМПВ // Геология и геофизика. — 2005. — Т. 46, № 5. — С. 1159–1167.
9. Naudts L., Khlystov O., Granin N., Chensky A., Poort J., Batist M. de. Stratigraphic and structural control on the distribution of gas hydrates and active gas seeps on the Posolsky Bank, Lake Baikal // Geo-Marine Letter. — 2012. — Vol. 32. — P. 395–406.
10. Suylaerts M., Naudts L., Casier R., Khabuev A. V., Belousov O. V., Kononov E. E., Khlystov O. M., Batist M. de. Distribution and morphology of mud volcanoes and other fluid flow-related lake-bed structures in Lake Baikal, Russia // Geo-Marine Letter. — 2012. — Vol. 32. — P. 383–394.
11. Логачёв Н. А. Литология третичных отложений юго-западной части Байкальской рифтовой зоны. — М.: Наука, 1972. — 120 с.
12. Мац В. Д., Уфимцев Г. Ф., Мандельбаум М. М. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины. Строение и геологическая история. — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2001. — 251 с.
13. Машук И. М., Акулов Н. И. Олигоценные отложения Байкальской рифтовой впадины // Геология и геофизика. — 2012. — Т. 53, № 4. — С. 461–475.
14. Рассказов С. В., Лямина Н. А., Лузина И. В., Черняева Г. П., Чувашова И. С., Усольцева М. В. Отложения Танхойского третичного поля, Южнобайкальская впадина: стратиграфия, корреляции и структурные перестройки в Байкальском регионе. 2014 [Электронный ресурс]. — <http://gt.crust.irk.ru/jour/issue/view/10/show-Toc> (дата обращения 10.12.2016).
15. Хлыстов О. М., Кононов Е. Е., Минами Х., Казаков А. В., Хабуев А. В., Губин Н. А., Ченский Д. А., Ченский А. Г., Сутурин А. Н. О рельефе и генезисе подводной возвышенности Муринская банка (Южный Байкал) // География и природ. ресурсы. — 2016. — Спец. выпуск (№ 5). — С. 109–116.

*Поступила в редакцию 8 сентября 2017 г.*