

ИССЛЕДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ БАЙКАЛА

УДК 282.256.341-551.89-4.036

DOI: 10.15372/GIPR20230106

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

ВОЗРАСТ И МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ БАЙКАЛЬСКИХ ТЕРРАС

Проведен критический анализ существующих опубликованных представлений о роли ведущих факторов формирования байкальских террас: тектонике, климатических колебаниях уровня озера, периодической смене местоположения сточной прорези. Показана несостоятельность предположений о доминирующей роли в создании озерных террас разного уровня (в том числе подводных) смены местоположения в позднем плейстоцене Иркутского направления стока байкальских вод на Ангарское. Приведенные данные показывают, что в периоды похолоданий позднего плейстоцена уровень озера мог снижаться, предположительно, не более чем на 40–45 м, его подъем в периоды потеплений не мог быть выше порогов стока байкальских вод того времени, что исключает возможность образования комплекса высоких террас. Отрицание роли тектонических движений в формировании террас озера находится в полном противоречии с реальной активностью Байкальской впадины, доказанной в многочисленных научных трудах. Установлено, что тектонические движения играют главную роль в моделировании рельефа озерной котловины и определяют гипсометрическое положение террасовых поверхностей и их деформацию. Имеющиеся весьма немногочисленные определения возраста террас не позволяют провести их корреляцию. Главной причиной разногласий по байкальским террасам является отсутствие системных специализированных исследований по этой проблеме.

Ключевые слова: Байкал, террасовый комплекс, генезис, климат, гипсометрия, дискуссия.

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

THE AGE AND FORMATION MECHANISMS OF BAIKAL TERRACES

A critical analysis is made of the available published ideas concerning the role of the leading factors in the formation of Baikal terraces: tectonics, climatic fluctuations of the lake level, and a periodic change of the location of the drain slot. The inconsistency of the assumptions about the dominant role in the creation of lake terraces of different levels (including underwater terraces) of the change of location in the Late Pleistocene of the Irkut direction of the Baikal water discharge to the Angara direction is shown. These data show that during periods of cooling of the Late Pleistocene, the lake level could presumably decrease by no more than 40–45 m, and its rise during periods of warming could not be higher than the runoff thresholds of the Baikal waters of that time, which rules out the possibility for the formation of a complex of high terraces. The denial of the role of tectonic movements in the formation of lake terraces is in complete contradiction with the actual tectonic activity of the Baikal Depression proven in numerous scientific papers. It is established that tectonic movements play a major role in modeling the relief of the lake basin and determine the hypsometric position of terraced surfaces and their deformation. The available, very few, definitions of the age of terraces do not allow for their correlation. The chief reason for the disagreement on the Baikal terraces is the lack of systematic specialized research on this problem.

Keywords: Baikal, terrace complex, genesis, climate, hypsometry, discussion.

ВВЕДЕНИЕ

Впервые байкальский террасовый комплекс был изучен и описан И.Д. Черским еще в 1886 г. [1]. С тех пор многие исследователи пытались решить вопрос о количестве, гипсометрическом положении

и возрасте байкальских террас. Более подробно история их исследования описана в работах Е.Е. Кононова [2, 3] и С.Г. Аржанникова и др. [4]. Опубликованные в многочисленных статьях и монографиях данные о террасах оз. Байкал достаточно убедительно показывают, что на сегодня среди исследователей нет единого понимания о количестве и, особенно, гипсометрии этих геоморфологических образований. Некоторые авторы в своих работах не всегда четко коррелируют между собой террасы, иногда указывают высоту, но не называют порядковый номер террасы. Или, наоборот, указывают количество террас на том или ином участке берега Байкала, но не дают их высотного положения. Другие ученые отмечают предельные отметки террасовых уровней, подчеркивая, что ниже тоже существуют террасы. Еще более сложными и дискуссионными являются вопросы, связанные с происхождением и возрастом байкальских террас. Несмотря на то что их целенаправленные и долгосрочные исследования в последние годы не проводились, это не помешало появлению новых «оригинальных», но не обоснованных гипотез и предположений о количестве террас и их происхождении.

Первая и, пожалуй, главная причина существующего положения дел, связанного с байкальским террасовым комплексом, — отсутствие в прошлом и в настоящее время систематических комплексных исследований озерных террас. Вторая причина заключается в объективной сложности их изучения и сопоставления из-за чрезвычайно активной геодинамической подвижности берегов. Вдоль побережий озера трудно найти участки, которые развивались бы достаточно длительное время стабильно и однонаправленно. Дифференцированные тектонические движения приводят либо к быстрым поднятиям участков берега, либо, наоборот, к их быстрому погружению под урез озерных вод, что не благоприятствует как созданию, так и сохранению террасовых уровней [5].

Однозначное решение вопроса о террасах озера важно для уточнения динамики развития котловины Байкала и ее берегов, установления времени образования единого водоема и генезиса песчаных толщ внутри котловины и по ее периферии, а также для изучения эволюции байкальских стоков.

Цель работы — критический анализ опубликованных данных по количеству, гипсометрии, возрасту и генезису байкальских террас.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При выполнении работы изучалась информация из геофондов по геоморфологическому строению и разрезам позднекайнозойских отложений в районах Быстринской впадины [6] и г. Иркутске [7]. Анализировались записи полевых дневников, картографические и морфометрические данные по комплексам байкальских террас, полученные автором во время полевых исследований в период с 1978 по 2016 г. Особое внимание уделялось материалам, посвященным исследованию комплексов террас в районе м. Нижнее Изголовье п-ова Святой Нос, на о. Большой Ушканий (восточный берег Средней котловины оз. Байкал) и м. Валуван (восточный берег Северной котловины оз. Байкал).

При изучении подводных террасовидных поверхностей Северной и Южной котловин были использованы данные, полученные с помощью многолучевого эхолота ELACSeaBeam 1050 и различных систем акустического профилографа. Анализировалась цифровая модель подводного рельефа Южной котловины, созданная в результате поэтапной обработки полученного батиметрического материала с применением современных ГИС-технологий [8]. Прибрежный рельеф Северной котловины рассматривался с привлечением материалов батиметрической карты проекта INTAS [9].

Проанализированы многочисленные статьи и монографии, в которых обсуждалась проблема байкальских террас.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ публикаций (табл. 1), касающихся озерных террас, показывает, что количество предполагаемых террасовых уровней на Байкале варьирует от 37 [1] до 4 [10], а их максимальное высотное положение — до 600–700 м [11].

Противоречия по количеству и гипсометрии террас озера пытались разрешить И.М. Ефимова и В.Д. Мац [19]. В качестве показательных для анализа террасовых комплексов авторы взяли три участка побережья озера с различной историей развития: п-ов Святой Нос, Селенгинско-Баргузинский и Сосновско-Тыйский участки. В результате проведенного анализа исследователи пришли к выводу, что современное гипсометрическое положение террас определяется совместным влиянием гидрологических и тектонических факторов. Максимальный палеоуровень озера, установленный из анализа

Террасы озера Байкал

Автор	Номер террасы и ее высота, м									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Аносов В.С. [10]	1,5–2,5	6–15	40–50	100–200						
Тетяев М.М. [11]	Выделил 14 террас с максимальной высотой до 600–700 м									
Ладохин Н.П. [12]	2–2,5	5–7	10–12	25–35	40–60	110–120	226	–	–	–
Пальшин Г.Б. [13]	1,5–3	7–12	15–21	26–35	52–60	72–82	105–150	170–180	200–210	250–260
Ескин А.С. и др. [14]	2,5–4	7–12	15–18	40	80	90	>90	–	–	–
Ламакин В.В. [15]	Т	Т	Т	36–63	80	Т	150	–	–	–
Базаров Д.-Б. и др. [16, 17]	2–4	4–6	10–12	20	25–35	50–70	–	–	–	–
Кононов Е.Е. [2, 3]	2–3	7–9	13–16	20–22	27–30	40–50	70–80	95–110	–	–
Галкин В.И. [18]	1	5	8	13	22	35	60	125	–	–
Ефимова И.М., Мац В.Д. [19]	1,5–3	6–8	10–14	Т	25	40	65	80–95	105–115	130–145
Аржанников С.Г. и др. [4]	5–8	18–23	51–60	72–83	120–122	138–151	161–201	215	–	–

Примечание. Т – террасы есть, но их высоты авторы не указывают. Прочерк – террас этого уровня, по мнению авторов, нет.

террас, мог быть, по их мнению, на 145–150 м выше современного уровня, и эти цифры хорошо соответствуют высоте долины р. Култук-Ильчи, которая в среднем плейстоцене служила каналом стока байкальских вод.

Н.В. Думитрашко [20] объясняла различие высот одноименных террас на северо-западном берегу, средней и южной частях озера дифференцированными поднятиями более крупного масштаба в северной части Прибайкалья. В.В. Ламакин [21] образование террас на о. Большой Ушканий также связывал с его прерывистыми поднятиями, а роль изменения порога стока в формировании террас, по его мнению, была ничтожна.

О возможности формирования в периоды оледенений подводных террасовидных поверхностей писали многие ученые. В результате подводных исследований специалистами Лимнологического института СО РАН вблизи истока р. Ангары на глубине 39–42 м была обнаружена террасовидная поверхность [22]. В разрезе под слоем алевритово-илистых современных озерных осадков мощностью 15 см найден слой окатанной уплощенной гальки со слабоокатанными валунами в его кровле и подошве, мощность которого составляет около 10 см.

Э.Ю. Осиповым [23] у восточного побережья озера в районе м. Валукиан на глубинах 40–45 и 55–70 м были зафиксированы террасовидные поверхности шириной до 800 м. Образование поверхности на глубине примерно 40–45 м он объясняет снижением уровня озера в связи с увеличением эффективного испарения на Байкальском водоразделе в начале МИС 2 (около 24–18 тыс. лет). В районе Муриной банки на южном подводном склоне котловины было выявлено 12 террас на глубинах от 34 до 188 м [24]. А.К. Тулохоновым [25] в котловинах озера обнаружено четыре террасовидных уровня на глубинах 840, 640, 400–450 и ~200 м. Ученый утверждает, что тектоника не участвовала в создании подводных террас. Наполнение котловины озера водной массой происходило в межледниковое время, затем наступало похолодание, во время которого и формировались обнаруженные террасовые палеоуровни.

Изучение террас о. Большой Ушканий привело С.Г. Аржанникова с коллегами [4] к выводу, что высота и количество террас на острове по существу представляют собой функцию эволюции каналов стока озера, которые устанавливают максимальный уровень озера и водного баланса, зависящего от региональных колебаний осадков и температуры. По их мнению, максимальный уровень оз. Байкал непосредственно перед последним межледниковьем регулировался Иркутским порогом стока и мог достигать 670 м над ур. моря, что и привело к созданию VIII террасы на острове. Террасы VII и VI сформировались вследствие падения уровня озера непосредственно перед казанцевским межледниковьем (МИС 5e). Нижние террасы острова были сформированы после образования Ангарского порога стока в результате колебаний уровня озера по климатическим причинам.

Следует отметить, что высоты террас низкого комплекса (I–IV) хорошо выдержаны и примерно одинаковы на всех берегах Байкала (см. табл. 1), за исключением о. Большой Ушканий, где террасы

гипсометрически более высокие. Ситуация резко меняется, начиная с пятой террасы, когда разброс высотного положения одноименных террас на разных берегах озера достигает иногда десятков метров. По этой причине выделение высоких террасовых уровней и их сопоставление только на основании гипсометрического положения практически невозможно.

В большинстве опубликованных работ приводится относительный возраст террас, который базируется на сравнениях гипсометрического положения, наличии в осадках климатических критериев, реже — на находках фауны и флоры. В табл. 2 собраны опубликованные абсолютные датировки некоторых террас. Количество датировок крайне мало, и большинство из них было установлено в последние 10–12 лет. Впервые абсолютный возраст подводной террасы был предложен Э.Ю. Осиповым [24]. На уровне I подводной террасы на склоне Муриной банки на глубине около 30 м были найдены останки зуба мамонта, датирование которого дало возраст по C^{14} ~45 тыс. лет, что позволило соотнести образование террасы с последней регрессией оз. Байкал в МИС 3.

Приведенные в табл. 2 датировки одноименных террас показывают сильный временной разброс, что не позволяет провести даже приблизительную их корреляцию.

Высказанные С.Г. Аржанниковым с коллегами [4] предположения о том, что нижние террасы о. Большой Ушканий были сформированы после образования Ангарского канала стока, не подтверждаются геоморфологическими особенностями береговой зоны Лиственичного залива [31]. Установлено, что на бортах залива хорошо развита только I терраса, а в верхнем отрезке долины р. Ангары зафиксированы две низкие террасы. Отмеченные особенности террасового комплекса бортов залива и долины р. Ангары свидетельствуют о том, что опускание Листвянского тектонического блока и образование Ангарского порога стока произошло после образования III террасы, и связывать создание низких террас на о. Большой Ушканий с возникновением Ангарской прорези не корректно.

Озеро Байкал представляет собой базис эрозии для всех рек своего бассейна, а следовательно, гипсометрическое положение речных террас и их возраст коррелируют изменениям уровня озера. С.А. Лаухин [32] пришел к выводу о сартанском возрасте ($26\ 300 \pm 90$ лет) основной части аллювия I террасы, а отложения пойменной фации — от 9850 ± 500 до 6695 ± 150 лет [33]. О каргинском возрасте II террасы свидетельствуют датировки в низах террасы от $47\ 000 \pm 1000$ до $41\ 600 \pm 1300$ лет и в верхах — от $38\ 850 \pm 2200$ до $29\ 670 \pm 230$ лет [34]. Опираясь на приведенные датировки I и II речных террас, можно предполагать, что в начале МИС 3 образовался порог стока байкальских вод через р. Ангару, и именно в это время могла начать формироваться соответствующая терраса по берегам рек и озера.

Точка зрения о том, что о. Большой Ушканий всегда был в тектонически стабильном состоянии, а гипсометрическое положение его террас определяется только климатическими колебаниями уровня озера и сменой сточных прорезей [4], вступает в серьезное противоречие с установленным фактом, что высоты террас низкого комплекса достаточно хорошо выдержаны и примерно одинаковы на всех берегах Байкала, а на острове эти же террасы практически в два раза выше (см. табл. 1). Естественно

Таблица 2

Существующие определения возраста байкальских террас

Автор	Номер и возраст террасы, тыс. лет								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Мац В.Д. [26], Мац В.Д. и др. [27]	5490 ± 65	Верхи — 8–9, низы МИС 2	Верхи — >22, низы от МИС 3 до МИС 2	МИС 3	—	—	—	Q ₂	—
Кононов Е.Е. [3]	—	9–17	—	—	—	—	—	—	—
Иметхенов А.Б. [28]	—	—	$39\ 000 \pm 680$, $35\ 200 \pm 510$, $37\ 000 \pm 520$	—	—	—	—	—	—
Ефимова И.М., Мац В.Д. [19]	—	—	—	—	—	—	—	—	120
Аржанников С.Г. и др. [4, 29]	МИС 1	—	МИС 3	38,6–30,4	50–44	—	—	74 ± 2	—
Коломиец В.Л. и др. [30]	—	>42 000	>84 000	—	—	—	—	—	—

Примечание. МИС 1, МИС 2, МИС 3 — стадии морских изотопов (МИС), представляют собой чередующиеся теплые и холодные периоды позднего плейстоцена; Q₂ — средний плейстоцен.

было бы предположить, что климатические колебания уровня озера должны сформировать вдоль береговой полосы террасовые поверхности такой же высоты, что и на острове. Следует также отметить, что возраст IV террасы на о. Большой Ушканий и ее гипсометрическое положение [4] совпадают с возрастом и гипсометрией VII террасы в районе г. Северобайкальска [35]. Данное противоречие невозможно объяснить колебаниями уровня озера, но оно легко объясняется возможными прерывистыми поднятиями острова. Согласно опубликованным данным, обширная область центральной части Байкала в прошлом действительно поднималась. К примеру, установленные скорости вертикальных движений для п-ова Святой Нос — 0,4–0,5 мм/год, а для о. Большой Ушканий — 0,6–0,8 мм/год [36]. В настоящее время эта область опускается. Унаследованная тенденция к погружению выявлена для пунктов, расположенных в центральной части Байкала — островов Большой Ушканий и Ольхон и п-ова Святой Нос [37]. Максимальное значение скорости опускания получено именно для о. Большой Ушканий — до 3,13 мм/год. Об опусканиях свидетельствует тот факт, что разница вершинной поверхности острова и вершинной поверхности п-ова Святой Нос составляет почти 1 км, а относительно Приольхонья — сотни метров. Сложно предположить, что в столь обширной области, испытывающей устойчивые опускания, присутствует длительно стабильный тектонический блок. Вероятнее всего, образование террас на острове связано с прерывистыми тектоническими поднятиями, которые в настоящее время сменились опусканиями.

Предположение А.К. Тулохонова [25] о том, что на ранних этапах эволюции озера его уровень был более чем на 800 м ниже современного (примерно на 350 м ниже уровня моря), вызывает большие сомнения. Расчеты [38] показывают, что в эпохи похолоданий уровень притока в оз. Байкал понижался до 16–25 км³ в год, но сток из Байкала все-таки существовал и мог составлять 13–22 км³. Очень сильное понижение уровня озера привело бы к биологической катастрофе — гибели большей части глубоководной эндемичной фауны и флоры озера. А этот факт на Байкале не зафиксирован.

Реален ли механизм формирования террас на Байкале в результате периодической смены сточной прорези?

На сегодня в публикациях фигурирует следующая временная последовательность смены каналов стока [5]: через Пра-Манзурскую долину в систему р. Лены; через Култучно-Ильчинскую долину и далее в р. Иркут (Иркутское направление стока); через Ангарскую прорезь в долину р. Иркуты и далее в р. Енисей. Перемещение стока байкальских вод от древних прорезей к современной прорези р. Ангара связано с новейшими деформациями земной коры. Процесс разрыва самого древнего Пра-Манзурского канала стока был достаточно длительным, а не мгновенным. Подсчитано [39], что скорость подъема озерных вод, в случае прекращения стока, составляла бы 1–2 м в год, что на два порядка выше скорости тектонических поднятий. Это обстоятельство позволяет сделать предположение, что поднятие уровня вод Байкала всегда успевало за тектоническим поднятием Приморского хребта, и формирование террас в этот период могло быть связано только с периодами длительной стабилизации тектонических деформаций западного борта впадины [40].

Корреляция гипсометрического положения высоких террас с уровнем порога стока через Култучно-Ильчинскую прорезь [4] на сегодня не обоснована. В последние годы установлено, что на водоразделе между реками Ильчей и Култучной в пределах предполагаемой долины палеостока в коренном залегании на большом расстоянии хорошо сохранилась в нетронутым виде мел-палеогеновая кора выветривания, что было бы совершенно невозможно при наличии в недавнем прошлом стока байкальских вод через этот участок [41]. А.А. Щетников и Г.Ф. Уфимцев [42] считают, что долина р. Ильчи на выходе из Быстринской впадины и долина р. Иркуты в районе Зыркузунского ущелья в силу своих размеров не могли бы вместить поток такой реки, как Пра-Ангара, к тому же вместе с Иркутом. Если пренебречь высказанными сомнениями и предположить, что сток через Култучно-Ильчинскую долину все-таки существовал, очень важно понять, каков был уровень озера на тот момент. По мнению С.Г. Аржанникова и др. [4], уровень Байкала достигал 670 м абс. выс., что соответствует высоте отложений галечного пляжа на самой высокой VIII террасе о. Большой Ушканий. Абсолютные отметки кровли ильчинской толщи, образование которой связывается с деятельностью Култучно-Ильчинского канала, составляют 700–710 м. Именно эту высоту можно назвать маркером уровня озера в то время. Если мы уберем из последних цифр вклад неотектонических поднятий (80–90 м — современный врез р. Ильчи) за время, прошедшее после разрыва этого канала стока, то получим величину 620–630 м. Именно этот уровень должен быть зафиксирован формированием соответствующей террасы по берегам озера. На острове данному уровню приблизительно соответствует VII, а не VIII терраса.

И.М. Ефимовой и В.Д. Мац [19] возраст IX террасы (105 м) на Селенгинско-Баргузинском участке был определен примерно в 120 тыс. лет. Возраст VIII террасы (215 м) на о. Бол. Ушканий у С.Г. Ар-

жанникова и др. [4] — 74 ± 2 тыс. лет. Учитывая утверждение последних авторов о стабильности острова, по-видимому, следует предполагать, что более древняя IX терраса на Селенгинско-Баргузинском участке после формирования VIII террасы острова опустилась на более чем 100 м.

Могут ли поднятия или опускания уровня озера, связанные с изменениями климата, привести к созданию надводных и подводных террасовидных поверхностей?

С.Г. Аржанников и др. [4] предположили, что образование VII, VI и IV–I террас на о. Большой Ушкан было обусловлено климатическими колебаниями уровня озера. В начале МИС 5е уровень Байкала резко упал более чем на 100 м, когда Приморский хребет частично обрушился в зал. Лиственный и образовался новый, более низкий, Ангарский порог стока. Это событие они фиксируют на относительной высоте 105–115 м (561–571 м абс. выс.). На этой высоте, по их данным, располагается V терраса о. Большой Ушканый (50–44 тыс. лет). Затем по климатическим причинам в МИС 3 произошло поднятие уровня озера, что привело к созданию II–IV террас с нынешней высотой, соответственно, 18–23, 51–60 и 72–83 м. Но ведь исходный уровень озера в то время уже был на 105–115 м выше современного [4], а следовательно, современная высота названных террас должна быть на эту же величину выше. Далее, по предположениям авторов, в МИС 2 произошло падение уровня озера с формированием подводных террасовидных поверхностей на глубинах до 40 м ниже современного уровня озера. То есть уровень озера опустился ниже уровня сточной Ангарской прорези на 140–150 м. Затем произошел подъем уровня в МИС 1 и началось создание I террасы. Предложенная схема изменений уровня озера очень сложно сочетает влияние климата и локальных тектонических событий и отрицает тектоническую подвижность горного обрамления озера. В начале МИС 5е из-за образования Ангарской сточной прорези уровень озера упал более чем на 100 м, сформировалась V терраса, затем из-за наступившего потепления уровень поднялся в МИС 3, и выше древней V террасы образовались II–IV террасы. Если проанализировать все приведенные названными авторами данные по климатическим колебаниям уровня озера, то они будут варьировать в пределах 150–180 м.

В дополнение к высказанным предположениям было бы интересно изложить соображения Э.Ю. Осипова [24] о возрасте подводной 40-метровой террасы в районе Южного Байкала. По его мнению, она сформировалась в каргинское время (30–50 тыс. лет). Возникает вопрос: как в это же самое время могла формироваться V терраса о. Большой Ушканый, располагающаяся ныне на 160 м выше подводной террасы (учитывая, что остров не поднимался!)? В долине р. Ангары примерно в это же время шло формирование II террасы, хотя сток через Ангару отсутствовал из-за низкого уровня озера. Установленные Э.Ю. Осиповым 12 уровней подводных террас создавались в периоды резких похолоданий, когда уровень озера опускался. Известно, что приблизительная длительность зырянского оледенения около 30 тыс. лет, а сартанского — 13–14 тыс. лет. Названные цифры продолжительности ледниковых эпох позднего плейстоцена показывают те временные границы, в течение которых могли бы сформироваться указанные подводные террасы. В связи с этим возникает вопрос: какова реальная длительность формирования типичной террасы? По нашим данным [3], длительность формирования только низов II террасы Байкала около 10 тыс. лет. У С.Г. Аржанникова и др. [4] длительность формирования низов IV террасы составляет около 8 тыс. лет, а V — около 6 тыс. лет. Приведенные цифры позволяют предположить, что для формирования полного разреза террасы необходимо не менее 10–12 тыс. лет. Следовательно, для формирования 12 террас нужно более 100 тыс. лет! Еще стоит отметить, что в условиях низких температур, очень короткого теплого периода и сухости климата продолжительность формирования террас значительно увеличивается.

Нет никакого сомнения в том, что гидрофизические условия на Байкале во время похолоданий были более суровыми, чем в настоящее время. М.Н. Шимараев и И.Б. Мизандронцев [39] предположили, что в сартанский период сток из Байкала мог значительно падать, а уровень озера понижаться примерно на 1 м. По данным А. Урабе и др. [43], уровень озера за последние 100 тыс. лет снижался на 45 м в МИС 2 и на 73 м в МИС 4. С. Колман [44] утверждает, что колебания уровня озера из-за изменения климата не могли превышать 2 м. Это примечательные цифры, заставляющие по-другому взглянуть на механизм формирования подводных террасовидных поверхностей.

По расчетам И.Н. Резанова [38], в первой половине среднего плейстоцена приход воды в Байкал был примерно в 1,5 раза больше современного. Даже при таком же истоке, как сейчас, подъем уровня озера на 80–100 м был невозможен. Для того чтобы поднять уровень озера на 100 м, необходимо увеличить приход воды в 1000 раз против современного. Приведенные цифры показывают несостоятельность предположения С.Г. Аржанникова и др. [4] об образовании II–IV террас Байкала в результате поднятия уровня озера в МИС 3.



Фрагмент моренных отложений в разрезе уступа VI (40 м) байкальской террасы в береговом уступе на южной окраине г. Северобайкальска.

Позднеплейстоценовые эпохи похолодания климата внесли определенный вклад в специфику образования озерных террас по бортам северной котловины. Следы оледенений здесь сохранились в виде моренных образований по берегам озера и в разрезах байкальских террас (см. рисунок), где моренные отложения часто представлены в виде мощных включений карбонатизированных грубо-обломочных отложений, иногда с линзами ленточных глин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующие на сегодня модели палеоклиматических изменений для Байкальской области и связанных с ними колебаний уровня озера настолько полярны и так сильно разнятся друг с другом, что говорить уверенно о ведущей роли климатического фактора в создании байкальских террас некорректно.

Сложно оценивать и роль тектонического фактора. Неодинаковая геодинамическая активность байкальских берегов никем не отрицается, роль тектоники в формировании берегов озера признается большинством исследователей ведущей, но до сих пор никто не оценил, в том числе и в историческом аспекте, характер и амплитуды тектонических движений на разных участках береговой зоны озера. Существуют в основном только качественные оценки интенсивности тектонических движений разных участков бортов Байкальской впадины.

Батиметрические материалы по подводным террасовидным поверхностям дали толчок новым представлениям о террасовом комплексе озера. Неоднократно высказанные предположения о формировании подводных террасовидных поверхностей в периоды максимальных похолоданий из-за резкого понижения уровня озера не имеют на сегодня однозначного общепринятого обоснования. По этой причине рассматривать лестницу байкальских террас как единый комплекс подводных и надводных террас нельзя.

Корреляция террас различных участков береговой полосы озера вызывает необходимость учета их тектонической деформации по отношению к высотам фрагментов поверхности пенеблена, которые широко распространены в береговой полосе озера. При этом важно установить лестницу террас для каждого изучаемого участка, датировать каждую из них, а затем коррелировать одновозрастные (возможно, разновысотные) террасы и соотносить их с фрагментами поверхности выравнивания.

Игнорирование любого из факторов, «ответственных» за создание озерных террас, как правило, приводит к необоснованным выводам.

Имеющиеся противоречия и нестыковки могут быть в значительной мере преодолены только в результате комплексных геолого-геофизических (подводных и надводных), палеогеографических, геохронологических и биологических исследований.

Рассмотрение основных событий геологической истории Байкальской котловины в совокупности с этапами биологической эволюции показывает ясно выраженную связь в развитии и преобразованиях абиотических и биотических компонентов природы региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черский И.Д. О результатах исследования озера Байкал // Материалы для геологии России. — 1889. — Т. XIII. — С. 1–48.
2. Кононов Е.Е. High terraces of lake Baikal // Russian Geology and Geophysics. Special Combined Issue: Intern. Baikal Drilling Project. — New York: Allerton Press. Inc., 1993. — 8 p.
3. Кононов Е.Е. Террасы озера Байкал и проблемы их изучения // Вестн. Иркутск. технич. ун-та. — 2010. — № 5 (45). — С. 42–48.
4. Arzhannikov S., Arzhannikova A., Ivanov A., Demonterova E., Yakhnenko A., Gorovoy V., Jansen J. Lake Baikal high stand during MIS 3 recorded by palaeo-shore lines on Bolshoi Ushkani Island // Boreas. 2020. [Электронный ресурс]. — <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/bor.12464> (дата обращения 15.11.2021).
5. Кононов Е.Е. Байкал. Аспекты палеогеографической истории. — Иркутск: Изд-во Иркут. технич. ун-та, 2005. — 128 с.
6. Петров В.П., Бобровский В.Т., Пальшин А.П. Отчет Култукской партии и Култукского отряда ИЗК. — Иркутск, 1977. — 324 с.
7. Пермяков С.А., Алексеев Н.А. Отчет Иркутской партии. — Иркутск: 1985. — 303 с.
8. 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.
9. Шерстянкин П.П., Алексеев С.П., Абрамов А.М., Ставров К.Г., Де Батист М., Хус Р., Канальс М., Касамор Х.Л. Батиметрическая электронная карта озера Байкал // Докл. РАН. — 2006. — Т. 408, № 1. — С. 102–107.
10. Аносов В.С. Некоторые данные о древней речной сети в Юго-Западном и Центральном Прибайкалье // Новые данные по геологии, нефтеносности и полезным ископаемым Иркутской области. — М.: Недра, 1964. — С. 247–251.
11. Тетяев М.М. Озеро Байкал в его недавнем прошлом // Геол. вестник. — 1915. — Т. 1, № 2. — С. 76–79.
12. Ладохин Н.П. К вопросу о древнем оледенении Прибайкалья // Тр. Вост.-Сиб. ин-та ВСФ АН СССР. — 1959. — Вып. 2. — С. 153–173.
13. Пальшин Г.Б. К вопросу о распространении террас оз. Байкал // Тр. ВСФ АН СССР. Сер. геол. — 1959. — Вып. 10. — С. 3–22.
14. Ескин А.С., Пальшин Г.Б., Гречищев Е.К., Галазий Г.И. Геология и некоторые вопросы неотектоники Ушканьих островов на Байкале // Материалы по геологии Сибири. Тр. Вост.-Сиб. геол. ин-та ВСФ СО АН СССР. — 1959. — Вып. 2. — С. 129–152.
15. Ламакин В.В. Неотектоника Байкальской впадины. — М.: Наука, 1968. — 247 с.
16. Базаров Д.-Б., Будаев Р.Ц., Калмыков Н.П. О возрасте плейстоценовых террас северо-западного побережья оз. Байкал // Поздний плейстоцен и голоцен юга Вост. Сибири. — Новосибирск: Наука, 1982. — С. 155–158.
17. Базаров Д.-Б. Кайнозой Прибайкалья и Западного Забайкалья. — Новосибирск: Наука, 1986. — 181 с.
18. Галкин В.И. Динамика развития впадин // Динамика байкальской впадины. — Новосибирск: Наука, 1975. — С. 44–59.
19. Yefimova I.M., Mats V.D. Change of the Baikal lake level substantiated by analysis of terraces // Intern. Symposium — Speciation in Ancient Lakes, Sial III. — Irkutsk–Berlin: Berliner Abhandlungen, 2003. — 11 p.
20. Думитрашко Н.В. Геоморфология и палеогеография Байкальской горной области // Материалы по геоморфол. и палеогеогр. СССР. — 1952. — Т. IV, вып. 9. — 189 с.
21. Ламакин В.В. Ушканьи острова и проблема происхождения Байкала. — М.: Географгиз, 1952. — 199 с.
22. Хлыстов О.М., Ханаев И.В., Грачёв М.А. Свидетельства низкого стояния оз. Байкал во время последнего ледникового // Докл. РАН. — 2008. — Т. 422, № 2. — С. 254–257.
23. Osipov E., Khlystov O. Glaciers and melt water flux to Lake Baikal during the Last Glacial Maximum // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology: journal home page [Электронный ресурс]. — www.elsevier.com/locate/palaeo (дата обращения 11.10.2021).
24. Osipov E.Y. Morphology of submerged terraces in southern Lake Baikal. Limnology and Fresh Water Biology. [Электронный ресурс]. — <http://limnolfw-biol.com/index.php/LFWB/article/view/513> (дата обращения 05.12.2021).
25. Тулохонов А.К. Новые факты и представления о геологической эволюции озера Байкал (по данным исследований глубоководных обитаемых аппаратов «Мир») // Докл. РАН. — 2011. — Т. 437, № 6. — С. 793–797.
26. Мац В.Д. Байкальские террасы низкого комплекса // Природа Байкала. — Л.: Изд-во ГО СССР, 1974. — С. 31–57.

27. **Mats V.D., Fujii Sh., Mashiko K., Osipov E., Ehpimova I., Klimansky A.** Changes in Lake Baikal water levels and runoff direction in the Quaternary period // *Lake Baikal: A mirror in time and space for understanding global change processes.* — Amsterdam: Elsevier, 2000. — P. 15–34.
28. **Иметхенов А.Б.** О возрасте байкальских террас низкого комплекса // *Четвертичная геология и первобытная археология Южной Сибири: Тез. докл. Всесоюз. конф.* — Улан-Удэ, 1986. — С. 111–112.
29. **Arzhannikov S.G., Ivanov A.V., Arzhannikova A.V., Demonterova E.I., Jansen J.D., Preusser F., Kamenetsky V.S., Kamenetsky M.B.** Catastrophic events in the Quaternary outflow history of Lake Baikal // *Earth-Science Reviews.* — 2018. — N 177. — P. 76–113.
30. **Kolomiets V.L., Kononov E.E., Rasskazov S.V.** Pleistocene Sedimentation and Paleogeography in Eastern Coast of the Middle Baikal // *Limnology and Freshwater Biology* [Электронный ресурс]. — https://www.researchgate.net/profile/Dmitry-Subetto/publication/344165812_The_4th_International_Conference_Palaeolimnology_of_Northern_Eurasia/links/5f57a1d3a6fdcc9879d6c182/The-4th-International-Conference-Palaeolimnology-of-Northern-Eurasia.pdf (дата обращения 05.12.2021).
31. **Кононов Е.Е., Мац В.Д.** История формирования стока вод Байкала // *Изв. вузов. Геология и разведка.* — 1986. — № 4 (46). — С. 91–98.
32. **Лаухин С.А.** Следы колебаний климата позднего юрмы в центральных частях внеледниковой зоны Сибирской платформы // *Стратиграфия плейстоцена Сибири. Актуальные проблемы и задачи.* — Новосибирск: Изд-во Ин-та геологии и геофизики, 1985. — С. 61–73.
33. **Равский Э.И.** Осадконакопление и климаты Внутренней Азии в антропогене. — М.: Наука, 1972. — 330 с.
34. **Лаухин С.А.** К палеогеографии юго-востока Западно-Сибирской низменности во время последнего позднеплейстоценового оледенения // *Изв. АН СССР. Сер. геогр.* — 1981. — № 6. — С. 101–113.
35. **Ineshin E.M., Kononov E.E.** The new datum about moraine complexes in the North of Baikal // *Stratigraphy, paleontology and paleoenvironment of Pliocene-Pleistocene of Transbaikalia and interregional correl.* — Ulan-Ude, 2006. — P. 44–45.
36. **Саньков В.А., Лухнев А.В., Мирошниченко А.И., Бызов Л.М., Ашурков С.В., Ефимова И.М., Саньков А.В., Башкуев Ю.Б., Дембелов М.Г., Гацуцев А.В.** Изучение кинематики разломов центральной части Байкальско-го рифта с применением комплекса радиогеодезических и геолого-геофизических методов // *Электрон. сборник докл. «Зондирование земных покровов радарами с синтезированной апертурой».* — Улан-Удэ; М.: Изд. JRE-ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 2010. — С. 111–118.
37. **Саньков В.А., Лухнев А.В., Мирошниченко А.И., Первалова Н.П., Добрынина А.А., Саньков А.В., Лебедева М.А.** Современные вертикальные движения земной коры Байкальского региона: длительные тренды и временные вариации // *Актуальные проблемы науки Прибайкалья.* — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2017. — 235 с.
38. **Резанов И.Н.** Кайнозойские отложения и морфоструктура Восточного Прибайкалья. — Новосибирск: Наука, 1988. — 128 с.
39. **Шимараев М.Н., Мизандронцев И.Б.** Реконструкция абиотических условий в Байкале в позднем плейстоцене и голоцене // *Геология и геофизика.* — 2004. — Т. 45, № 5. — С. 557–564.
40. **Нагорья Прибайкалья и Забайкалья** / Под ред. Н.А. Флоренсова. — М.: Наука, 1974. — 358 с.
41. **Кононов Е.Е., Выркин В.Б., Опекунова М.Ю.** Рельеф и четвертичные отложения Быстринской котловины (Юго-Западное Прибайкалье) // *География и природ. ресурсы.* — 2002. — № 4. — С. 46–52.
42. **Щетников А.А., Уфимцев Г.Ф.** Структура рельефа и новейшая тектоника Тункинского рифта. — М.: Науч. мир, 2004. — 158 с.
43. **Urabe A., Tateishi M., Inouchi M., Matsuoka Y., Inoue T., Dmytriev F., Khlystov O.** Lake-level changes during the past 100,000 years at Lake Baikal, Southern Siberia // *Quaternary Research.* — 2004. — Vol. 62, N 2. — P. 214–222.
44. **Colman S.** Water-level changes in Lake Baikal, Siberia: Tectonism versus climate // *Geology.* — 1998. — Vol. 26. — P. 531–534.

Поступила в редакцию 17.11.2021

После доработки 17.05.2022

Принята к печати 01.11.2022