# СТРУКТУРА ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА ПО ДАННЫМ НЕПРЕРЫВНОГО ОДНОКАНАЛЬНОГО СЕЙСМОПРОФИЛИРОВАНИЯ

### В. С. Селезнев, В. Г. Николаев\*, М. М. Буслов\*\*, С. М. Бабушкин, Г. В. Ларкин, А. А. Евдокимов\*\*\*

Новосибирская опытно-методическая вибросейсмическая экспедиция СО РАН, 630060, Новосибирск, ул. Зоологическая, 8, Россия \* Геологический институт РАН, 109017, Москва, Пыжевский пер., 7, Россия \*\* Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН, 630090, Новосибирск, Университетский пр., 3, Россия \*\*\* Сибнефтегеофизика, 630070, Новосибирск, ул. Ломоносова, 57, Россия

Впервые на акватории Телецкого озера проведены сейсмические работы. Полученные данные с учетом геологического строения береговых обнажений и данных по четвертичной стратиграфии Горного Алтая позволили выделить в осадочном выполнении озера четыре сейсмокомплекса, разделенные угловыми несогласиями: эоплейстоценовый, раннесреднеплейстоценовый, позднеплейстоценовый и современный. Дана их количественная и вещественная интерпретация. Мощность осадков озера оценена более чем 500 м. В эволюции структуры растяжения озера зафиксированы две фазы: допозднечетвертичная (среднечетвертичная — ?) и позднечетвертично-современная. Структура озера трактуется как грабен, раскрывшийся в южной части и затем распространившийся к северу. Обсуждается возможная модель образования грабена, как зоны растяжения при сдвиговых перемещениях.

Сейсмопрофилирование, грабен, взброс, сдвиг, профиль.

#### введение

В августе 1994 г. партией морских исследователей Новосибирской опытно-методической вибросейсмической экспедиции впервые для акватории Телецкого озера проводились сейсмические работы методом непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСП). Интерпретация сейсмических данных с учетом геологического строения береговых обнажений была произведена Н. С. Николаевым и М. М. Бусловым. Исследования выполнены в рамках договора о проведении совместных работ между Сибирским отделением РАН и Бельгийским Королевским музеем Центральной Африки. В статье рассматриваются предварительные результаты работ, главной целью которых являлось выявление структурных особенностей осадочного выполнения Телецкого озера. Полученная информация важна для выяснения геодинамических условий и этапов формирования молодой структуры озера. Географическое положение Телецкого озера показано в статье М. Синтубина и др. настоящего выпуска.

### АППАРАТУРНАЯ БАЗА И МЕТОДИКА СЕЙСМОПРОФИЛИРОВАНИЯ

Техника проведения полевых работ. Работы проводились с борта самоходной баржи водоизмещением 25 т. Для определения координат судна использовалась спутниковая навигация (комплект аппаратуры фирмы KODEN GPS). Точность определения координат 25—50 м. Регистрация осуществлялась бортовым вычислительным комплексом, предназначенным для управления процессом проведения НСП, сбора и обработки сейсмической информации в цифровой форме. В качестве источников сейсмических колебаний использовались пневмоисточники с объемом камеры 3 дм<sup>3</sup>. Частота излучаемого сигнала у источника ПИ-250 — 100—250 Гц и у источника "Импульс" —

В. С. Селезнев, В. Г. Николаев, М. М. Буслов, С. М. Бабушкин, Г. В. Ларкин, А. А. Евдокимов, 1995

50—120 Гц. Использовалась одноканальная система регистрации. Источник и коса буксировались на удалении 35—40 м от судна. Источник — по правому борту, коса — по левому. Глубина буксировки источника и косы 5—7 м. Боковой вынос косы за кильватерную струю 3 м. Расстояние от источника до центра базы приемников 7 м. Интервал между воздействиями 10 с для пневмоисточника ПИ-250 и 12 с для "Импульса", скорость буксировки от 3 до 11 км/ч.



## Рис. 1. Схема расположения сейсмических профилей.

Утолщенные линии — участки профилей, приведенные на рисунках.

Учитывая, что глубина озера не превышает 350 м, интервал оцифровки был выбран в 1 с; время задержки от 0 до 0,2 с. Частота дискретизации при работе ПИ-250 — 1 кГц; при работе с "Импульсом" — 0,5 кГц. Частотный диапазон приемного тракта при работе с ПИ-250 — 120— 400 Гц; при работе с "Импульсом" — 80—180 Гц. За весь период было отработано 120 км профилей с использованием пневмоисточника ПИ-250 и 40 км с использованием пневмоисточника "Импульс". Схема расположения профилей представлена на рис. 1.

Обработка сейсмических материалов. Обработка сейсмических материалов проводилась на ВЦ АООТ Сибнефтегеофизика на персональных ЭВМ IBM-PC с использованием обрабатывающего комплекса SDS-PC и интерактивной системы следящего суммирования NPS.

Качество исходного материала в целом удовлетворительное, за исключением профилей 7 и 8. На 7 профиле в результате сбоя аппаратуры во время приема возникли случайные сдвиги трасс большой амплитуды, из-за чего данный профиль был исключен из обработки. На 8 профиле в первой половине записи (интервал с 0 до 400 с) наблюдалась интенсивная регулярная помеха с горизонтальными осями синфазности. Частотный диапазон помехи совпадал со спектром полезного сигнала, что не позволило устранить ее стандартными средствами. В конечном итоге эта помеха была ослаблена специально подобранной функцией усиления.

Граф обработки материалов включал следующие основные процедуры, проиллюстрированные на рис. 2.

— Формирование профиля в системе SDS-PS. Для каждого профиля первой трассы был поставлен в соответствие пикет 0, далее пикеты наращивались с шагом + 25 м.

— Коррекция амплитуд за геометрическое расхождение. Корректирующая фильтрация включала минимально-фазовую предсказывающую деконволюцию (длина оператора 30 мс, интервал предсказания один дискрет), полосовую фильтрацию в диапазоне 120—280 Гц и потрассную нормировку.

 Коррекция потрассных сдвигов. Практически весь материал в разной степени обладал "расфазировкой" с дисперсией сдвигов 2—3 мс. Если учесть, что средний период полезного сигнала



Рис. 2. Иллюстрация графа обработки сейсмических материалов.

А — фрагмент разреза; Б — то же, после коррекции за затухание; В — то же, после корректирующей фильтрации; Г — то же, после пространственной фильтрации.

составляет 6—7 мс, подобные случайные сдвиги вносят существенные искажения и нарушают синфазность отражающих горизонтов. Это хорошо видно на рис. 2(A, B). Эти сдвиги аналогичны статическим поправкам — они постоянны по времени, и причина их, вероятно, связана с неустойчивой работой аппаратуры. Для устранения статических сдвигов была применена программа NPS в режиме автоматической оценки и ввода потрассных сдвигов. Алгоритм включал в себя корреляцию эталона с трассами на заданной базе (в данном случае была выбрана база из 11 точек или 250 м), осреднение найденных сдвигов и ввод среднего сдвига в центральную трассу базы. На рис. 2, В показан фрагмент профиля 4 после коррекции потрассных сдвигов.

— Пространственная фильтрация. Материал однократного профилирования обладает интенсивным фоном случайных и регулярных помех, частотный диапазон которых совпадает с диапазоном полезного сигнала. Для подавления помех опробывались программы веерной и когерентной фильтрации. К сожалению, эти процедуры по разным причинам не привели к желаемому результату. Поэтому для подавления случайных помех была применена процедура следящего суммирования с весами (программа NPS) по разрезу на базе 5 точек (100 м). Данная процедура осуществляет корреляцию эталона с участками трасс в скользящем временном окне и суммирование с весами, обеспечивая подавление регулярных и случайных помех, не удовлетворяющих заданным параметрам. Фрагмент разреза после пространственной фильтрации показан на рис. 2, Γ.

#### ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ

В представленной статье дается предварительная интерпретация сейсмических материалов, которая может быть уточнена после получения данных о скоростях сейсмических волн в слоях. Во впадине Телецкого озера отражения от поверхности акустического фундамента, сопоставимого, по всей видимости, с породами палеозоя, получены в северной части озера на широте м. Айран на глубинах 0,48—0,51 с по профилю 8. Поверхность выделяется по системе дифрагированных волн, выше которой наблюдаются горизонтально-слоистые отражения, а ниже — практически полная потеря корреляции. По мере продвижения к югу поверхность погружается, и уже на широте устья р. Кокши отражений от нее не видно. В южной части озера этой границы также не наблюдается, но можно предположить, что она расположена глубже 0,9 с, поскольку на поперечных участках профиля 4 ниже второго дна просматриваются горизонтальные отражения от низов осадочного чехла.

Фундамент достаточно надежно прослежен по бортам впадины, где он образует крутые разломные уступы. В северной части озера имеются несколько выступов фундамента в виде

700 0,6 0.75

подводных гор высотой 50—70 м. Они расположены преимущественно в субширотной части озера. Одна из таких гор была обнаружена довольно давно и названа хребтом Софьи Лепневой [1].

Сейсмокомплексы. В связи с небольшим количеством участков, где можно проследить поверхность акустического фундамента, оценка мощности осадочного заполнения впадины носит сугубо предварительный характер. Максимальные мощности осадочных образований составляют 0,45—0,50 с, что при скоростях около 2 км/с, характерных для четвертичных толщ, соответствует 450—500 м. Такие мощности прослежены в южной котловине озера (рис. 3). Они больше мощностей 280—300 м, предполагавшихся В. В. Селегеем и Т. С. Селегей [1] для района дельты р. Чулышман. Следует отметить, что вкрест простирания озера мощности практически не изменяются. По направлению к северу мощности постепенно уменьшаются до 100—

Рис. 3. Фрагмент временного разреза 4 через южную часть Телецкого озера, иллюистрирующий мощную толщу недеформированных отложений и прислонение к боковым разломам.

Положение см. на рис. 1. Горизонтальная ось — номер пикета, вертикальная — двойное время пробега в секундах. 150 м, а на широте м. Айран они составляют первые десятки метров. Такие же мощности или еще меньшие значения характерны для субширотной части озера.

В разрезе осадочного выполнения озера по угловым несогласиям и форме записи выделяются несколько сейсмокомплексов (рис. 4). Их возрастная датировка предварительно осуществлена на основании стратификации береговых обнажений (прежде всего разреза Беле). Однако там существуют несоответствия возраста пород по разным методикам [2, 3] и, несомненно, возраст сейсмокомплексов требует уточнения. При датировке сейсмокомплексов используется стратиграфическая шкала четвертичных отложений, принятая Международным стратиграфическим комитетом [4].

Нижний сейсмокомплекс, датируемый предположительно эоплейстоценом, характеризуется полупрозрачной и хаотичной записью. Это соответствует крупноглыбовым и песчано-конгломератовым образованиям. Возможно, верхам нижнего комплекса соответствует песчаный горизонт, описанный в основании разреза Беле [3]. Предполагается, что Телецкое озеро заложилось в конце плиоцена [5] и на тот период представляло собой межгорную котловину, по которой протекал пра-Чулышман и накапливались грубозернистые и глыбовые отложения, что отвечает форме сейсмической записи нижнего комплекса. Мощность нижнего комплекса уменьшается с юга на север до полного выклинивания. Максимальная мощность на юге превышает 100 м.

Выше с угловым несогласием (см. пр. 2 пикет 1000, гл. 0,78 с) залегает сейсмокомплекс, состоящий из переслаивания хорошо слоистых и хаотически-прозрачных горизонтов. Скорее всего первые отвечают глинисто-алевролитовым отложениям, а вторые — песчано-конгломератовым образованиям. По возрасту этот комплекс может быть отнесен к раннему—среднему плейстоцену. Горизонтальные слои, скорее всего, отвечают: нижний — миндель-рисскому межледниковью, а верхний — межледниковью рисс I—рисс II. Такое переслаивание достаточно мощных ледниковых и межледниковых отложений описано для района оз. Эри в Северной Америке [6]. К северу от пикета 920 на профиле 2 происходит потеря корреляции, и горизонтальная слоистость не прослеживается. Однако на параллельных профилях 5 и 10 на отдельных фрагментах горизонтальная слоистость, сопоставимая с описанной, прослеживается к северу до широты р. Чедор. Мощность этого комплекса, так же как и нижележащего, уменьшается с юга на север примерно от 200 м до полного выклинивания.

Нижнесреднеплейстоценовый комплекс с несогласием перекрыт сейсмокомплексом с горизонтально-слоистой и хаотической формой записи, переходящими друг в друга по латерали. Вероятно,



Рис. 4. Временной разрез и его геологическая интерпретация по участку профиля 2 через центральную часть Телецкого озера.

1 — предполагаемый кристаллический фундамент; 2—5 — сейсмические комплексы и их предполагаемый возраст: 2 — зоплейстоценовый, 3 — нижнесреднеплейстоценовый, 4 — верхнеплейстоценовый, 5 — голоценовый; 6 — фации: А — глинисто-алевролитовые, Б — конгломератовые и моренные, В — дельтовый комплекс р. Кокши; 7 — границы сейсмокомплексов; 8 — разломы; 9 — направление движений по разломам. Обозначение осей см. на рис. 3.

по возрасту этот комплекс относится к позднему плейстоцену и представлен перемежающимися как по вертикали, так и по латерали, грубо- и тонкозернистыми отложениями. Этот комплекс по всей площади озера сохраняет относительную стабильную мощность (около 100 м) с перепадами на 10—15 м. В состав слагающих его образований, вероятно, входят разнообразные литологические разности от грубообломочных до тонкозернистых, накопившиеся в течение рисс-вюрмского межледниковья и вюрмского оледенения, т. е. в условиях речных потоков, морен, ледниковых озер и т. д. Отсюда и такое разнообразие форм сейсмической записи.

Наконец, все эти комплексы перекрывает комплекс, характеризующийся горизонтально-слоистой записью, мощностью 30—40 м, прослеженный по всей акватории озера, включая субширотную часть. Этот комплекс представлен, скорее всего, озерными отложениями, на отдельных участках осложненных дельтовыми косослоистыми фациями или продольными речными долинами. Первые хорошо видны на пикетах 800—900 профиля 2 (см. рис. 4), где при раздуве мощностей до 100 м наблюдается подводный конус выноса р. Кокши. На профилях 5 и 10, приближенных к береговой линии, видны выступы, сложенные, вероятно, палеозойскими породами. Такие выступы, между которыми проходят V-образная долина Кокши, известны вблизи берега озера на суше. Другой вариант — что эти выступы являются конусом выноса р. Кокши, хотя характерной косослоистой формы записи не наблюдается.

В разрезе осадочного чехла выделяются разнообразные разрывные нарушения. Ярко выраженное нарушение прослежено на профиле 2 (см. рис. 4). Здесь горизонтально-расслоенные толщи взброшены по довольно крутой плоскости с юга на север, и имеют характерную привзбросовую форму в виде изогнутых волнообразных антиклиналей. Амплитуды взброса предварительно определена около 60—70 м. Взброс представляет собой систему плоскостей, по некоторым из них происходит поднятие южного крыла, а по некоторым — опускание. Ширина зоны взброса составляет около 2 км. Это взброс захватывает только отложения эоплейстоцена, раннего и среднего плейстоцена и не затрагивает верхние горизонты. Подобные формы записи имеются на профиле 5.

Аналогичная картина наблюдается севернее на профилях 2, 5, 10. Здесь имеется такой же взброс по раннесреднеплейстоценовым образованиям, но он осложнен более молодыми дислокациями (рис. 5). Позднеплейстоценовые и голоценовые дислокации представляют собой систему вертикальных блоковых деформаций амплитудой в первые десятки метров. О том, что это современные деформации говорят изгибы дна с малоамплитудными уступами, отвечающими разрывным нарушениям.

Более крупноамплитудные сбросы наблюдаются параллельно берегам субширотной части озера (см. рис. 3). Здесь величина вертикального смещения составляет примерно 500—600 м, а если учитывать береговые уровни, то еще больше. Амплитуда этих сбросов создавалась в течение всего



Рис. 5. Фрагмент временного разреза 10 через северную часть Телецкого озера, иллюстрирующий современные дислокации на дне, приуроченные к среднечетвертичному разлому.

Положение см. на рис. 1, обозначение осей — на рис. 3.



Рис. 6. Фрагмент временного разреза 8 через северную часть Телецкого озера, иллюстрирующий современный разлом на сочленении широтной и меридиональной частей озера.

Положение см. на рис. 1, обозначение осей — на рис. 3.

четвертичного периода, но только самая последняя и современная фаза деформаций создала окончательную картину. Наиболее ярко выражены современные сбросовые деформации на севере озера (рис. 6). Здесь, по профилю 8 наблюдается уступ Нуван на дне озера высотой около 200 м, отвечающий современному сбросу. Близкая картина наблюдается на широте м. Айран на профилях 2 и 8, однако здесь интерпретация осложнена изгибами профилей на площади.

Разломные дислокации, прослеживание зон разрывных нарушений от профиля к профилю с учетом береговой ситуации позволяют составить предварительную схему разломов акватории Телецкого озера с дифференциацией их по возрасту на среднечетвертичные и позднечетвертичные (рис. 7). Возраст разломов хорошо фиксируется по их проявлению в сейсмокомплексах. Среднечетвертичные разломы нарушают допозднечетвертичные осадки и не проникают в вышезалегающие слои. Хорошо интерпретируются позднечетвертичные разломы северо-восточного простирания, пересекающие субширотную часть озера. Среди них выделяются северный взброс (широта водопада Корбу), центральная зона взбросов и сопровождающих их сбросов (широта р. Кокши), южная система ступенчатых сбросов (южное ограничение озера). Северный взброс совпадает по простиранию с разломом, расположенным на восточном берегу озера и хорошо выраженным уступом водопада Корбу. Центральная зона разломов также по простиранию на северо-восток выражена четким геоморфологическим уступом (см. рис. 7), который можно трактовать как взброс. Южная система сбросов в целом соответствует по простиранию разлому, проходящему вдоль южного берега озера. На северном берегу Кыганского залива (район пос. Чири) южная система разломов выражена многочисленными опущенными блоками метаморфических пород.

Вдоль берегов основной части Телецкого озера проявлены среднечетвертичные сбросы субмеридионального простирания. Они повсеместно подновлены молодыми (позднеплейстоценово-современными) сбросами. Сбросы имеют более высокую амплитуду, и именно они определяют современную структуру Телецкого озера. В береговых обнажениях вдоль молодых сбросов повсеместно развита система сползающих блоков пород, которые контролируются сбросами. В южной части озера бортовые разломы имеют северо-западное простирание, а на широте устья р. Кокши простирание меняется и приобретает северо-северо-восточное направление. Затем, к северу основная часть Телецкого озера снова имеет северо-западное простирание. Скорее всего, изменение простираний



#### Рис. 7. Схема разломов Телецкого района.

1—3 — в осадочном заполнении Телецкого озера: 1 — голоценовые и современные сбросы, 2 — среднечетвертичные взбросы, 3 среднечетвертичные сбросы; 4 — четвертичные и современные разломы в береговых обнажениях, 5 — позднепалеозойские разломы, 6 — направления движения (объяснения см. в тексте).

происходит не постепенно в виде пологой дуги, а имеет торцовый характер. Субмеридиональная система сбросов нарушается косыми разрывными зонами, отмеченными только в северной части озера, одна из которых описана ранее [5, 7, 8]. На берегу она может быть выражена брекчией на м. Айран, в которой фиксируются также и сдвиговые деформации. Существенным представляется выделение молодого сброса субмеридиональную Нуван, разделяющего субширотную части озера. Эта система молодых сбросов расположена в зоне крупного Саянского позднепалеозойского разлома и, вероятно, фиксирует позднечетвертичный этап его подновления как вертикальными, так и горизонтальными движениями.

В центре южной части озера прослеживается несколько субвертикальных разломов, протягивающихся параллельно бортам. Они выражены небольшими, в 10—20 м деформациями и не затрагивают голоценовые отложения. Вероятно, эти разрывы являются следствием уплотнения осадков, а не являются результатом тектонических движений.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные нами данные однозначно свидетельствуют о тектонической природе происхождения Телецкого озера. Ранее выдвигались две модели тектонического происхождения озера. Так, П. М. Бондаренко [9] для объяснения формирования структуры Телецкого озера и других аналогичных по морфологии озер Горного Алтая использовал результаты тектонического моделирования рифтовых структур байкальского и африканского типов. Моделирование показало, что подобного рода структуры могли формироваться в связи с сводообразованием в результате воздействия глубинных процессов. Телецкое озеро с его симметричным строением представляет, по мнению П. М. Бондаренко, классический пример формы впадины, расположенной в зоне растяжения на своде. Согласно другой модели, выдвинутой Н. В. Лукиной [10], депрессия Телецкого озера рассматривается как локальная структура растяжения, возникшая между двумя сдвиговыми зонами Саянского и Шапшальского разломов, которые имеют противоположные направления движения.

Полученные данные по интерпретации сейсмических профилей осадочного выполнения Телецкого озера позволяют обсудить вопрос о геодинамических условиях и этапах формирования его структуры. Наличие четырех сейсмокомплексов, разделенных угловыми несогласиями, а также двух разновозрастных систем разломов, однозначно свидетельствует о сложных тектонических условиях четвертичного этапа формирования Прителецкого района. В осадочном выполнении Телецкого озера отчетливо фиксируются два структурных плана: допозднечетвертичный (среднечетвертичный — ?) и позднечетвертично-современный. Более древний структурный план в осадках озера проявлен фрагментарно. Для него можно выделить разломы северо-восточного простирания, которые по морфологии трактуются как северный взброс, центральная зона сопряженных взбросов и сбросов и южная система ступенчатых сбросов. В бортах южной части озера интерпретируются допозднечетвертичные сбросы субмеридионального простирания, которые отвечают за формирование среднечетвертичного грабена. Если рассматривать центральную зону разломов как сдвиг (это позволяет объяснять наличие в ней как сбросовых, так и взбросовых движений), то можно предположить, что он образует с грабеном единую геодинамическую систему. Другим ограничением этой системы можно считать сдвиг, расположенный к югу от Телецкого озера (см. рис. 7). Позднечетвертично-современный структурный план в целом унаследованно развивает среднечетвертичный грабен и вовлекает в опускание северные части Телецкого озера. В это время фиксируются движения вдоль Саянского разлома, который можно рассматривать как основной сдвиг, сопряженно к которому открывалась зона растяжения субмеридиональной части озера [7]. Коленообразные изгибы грабена Телецкого озера, скорее всего, свидетельствуют о вращательных движениях вдоль Саянского разлома (см. статью Д. Дельво, Е. М. Высоцкого и др. в настоящем выпуске).

Результаты, полученные Д. Дельво и др. на основе анализа космических снимков, морфотектоники района Телецкого озера, согласуются с нашими результатами. Эти исследования также подтверждают, что меридиональная часть Телецкого озера является тектонической депрессией растяжения, образованной между разломами с противоположными направлениями четвертичных движений: левосторонним Саянским сдвигом и правосторонним Шапшальским сдвигом. Предполагается также, что большая степень растяжения южной части озера может быть связана с вращательными движениями блоков.

В целом результаты наших исследований и данные Д. Дельво и др. свидетельствуют о тектоническом происхождении Телецкого озера и согласуются с представлениями Н. В. Лукиной.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Интерпретация сейсмических профилей с учетом данных по четвертичной стратиграфии Горного Алтая и разреза Беле позволила выделить в осадочном выполнении Телецкого озера четыре сейсмокоплекса, разделенных угловыми несогласиями: эоплейстоценовый, раннесреднеплейстоценовый, позднеплейстоценовый и современный. Эоплейстоценовый сейсмокомплекс трактуется как русловые глыбовые и песчано-конгломератовые образования, мощность которых уменьшается к северу от более чем 100 м до полного выклинивания. Раннесреднеплейстоценовый сейсмокомплекс рассматривается как ледниковые и озерные отложения, которые полностью выклиниваются с юга на север. Максимальная их мощность на юге оценивается в 200 м. Позднеплейстоценовый сейсмокомплекс плекс — это чередование по разрезу и простиранию грубо- и тонкозернистых образований, сформированных моренами, ледниковыми озерами и речными наносами. Мощность комплекса стабильна и составляет около 100 м. Самый верхний сейсмокомплекс выполнен современными озерными осадками, среди которых выделяются дельтовые косослоистые фации. Мощность осадков меняется от 30 до 40 м. Максимальная мощность всех четвертичных и современных осадков озера превышает 450—500 м.

2. В эволюции структуры Телецкого озера выделяются две главные фазы: допозднечетвертичная (среднечетвертичная — ?) и позднечетвертично-современная. Они в целом похожи и отражают этапы формирования зон растяжения, сопряженных со сдвиговыми перемещениями, что в общем соответствует геодинамическим схемам, предложенным ранее [7, 8]. В среднечетвертичное время образовался грабен южной части Телецкого озера. В позднечетвертичное время зоны растяжения распространились к северу. В настоящее время они фиксируются в северной и южной частях озера.

Дальнейшие сейсмические работы необходимо провести методом преломленных волн, что позволит решить важный вопрос — прослеживание поверхности фундамента впадины Телецкого озера.

Авторы благодарят Н. Л. Добрецова, С. В. Крылова и В. Д. Ермикова за организацию обсуждений сейсмических данных и за ценные дискуссии при их интерпретации.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1. Селегей В. В., Селегей Т. С. Телецкое озеро. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ. Л., Гидрометиздат, 1978, 142 с.
- 2. Бутвиловский В. В. Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. Томск, Изд-во Том. ун-та, 1993, 251 с.
- 3. Разрезы новейших отложений Алтая. М., Изд-во Моск. ун-та, 1977, 206 с.
- 4. Стратиграфия СССР. Четвертичная система (полутом 1). М., Недра, 1982, с. 443.
- 5. Богачкин Б. М. История тектонического развития Горного Алтая в кайнозое. М., Наука, 1981, 130 с.

- 6. Evenson E. B., Dreimanis A., Newsome J. M. Subaquatic flow: a new interpretation for the genesis of some laminated till a leposits. Boreas, 1977, v. 6, № 2, p. 115–133.
- 7. Дергунов А. Б. Структуры сжатия и растяжения на востоке Алтая в четвертичное время // Геотектоника, 1972, № 3, с. 99—110.
- 8. Лукина Н. В. Современные процессы на границах микроплит Южной Сибири и Северной Монголии // Изв. АН СССР Сер. геол., 1992, № 3, с. 127—134.
- 9. Бондаренко П. М. О механизме образования Телецкого озера как рифтовой впадины // Природа и природные ресурсы Горного Алтая (материалы конференции). Горно-Алтайск, 1971, с. 82—85.
- 10. Лукина Н. В. Молодой грабен Телецкого озера // Природа, 1991, № 2, с. 56-64.

Поступила в редакцию 3 апреля 1995 г.

V. S. Seleznev, V. G. Nikolaev, M. M. Buslov, S. M. Babushkin, G. V. Larkin and A. A. Evdokimov

#### STRUCTURE OF SEDIMENTARY FILLING OF LAKE TELETSKOE ACCORDING TO DATA OF CONTINUOUS ONE-CHANNEL SEISMIC PROFILING

Seismic surveys have been carried for the first time on the Teletskoe lakescape. Taking account of the geological structure of exposed bluffs and data on stratigraphy of Gorny Altai, the obtained data permitted four seismic complexes to be recognized in the lake sedimentary filling, divided by angular discordances. These are Eopleistocene, Early- and Middle-Pleistocene, Late-Pleistocene, and recent complexes. They are interpreted quantitatively and compositionally. The lake sediment thickness is estimated at more than 500 m. Two phases are recorded in evolution of lake extension: pre-Late-Quaternary (Middle-Quaternary—?) and Late-Quaternary—recent. The lake structure is considered to be a graben which had opened in the southern part and then spread northward. A possible model of the graben formation as a zone of shear extension has been discussed.

Seismic profiling, graben, reverse fault, strike slip fault, profile