

ГЕОЛОГИЯ

УДК 550(5):(571,5)(285.2)

**ГЕОЛОГИЯ ДНА БАЙКАЛА, ИЗУЧЕННАЯ С ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ  
«ПАЙСИС»**

© 1993 г. *Л.П. Зоненшайн, В.Г. Казьмин, М.И. Кузьмин, Н.Л. Добрецов, Б.В. Баранов, М.В. Кононов, В.Д. Мац, З. Балла, В.А. Фиалков, В.В. Харченко*

Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской Академии наук, Москва

Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской Академии наук, Иркутск

Лимнологический институт Сибирского отделения Российской Академии наук, Иркутск

Поступило 21.01.93 г.

Летом 1991 г. проведена геологическая экспедиция с подводными обитаемыми аппаратами (ПОА) «Пайсис VII» и «Пайсис XI» с 16 (11 на Академическом хребте) погружениями на дно оз. Байкал. В предыдущем году выполнено лишь два погружения в южной части Байкала на Посольской банке [*Богданов и Зоненшайн, 1991*], где были установлены отложения позднего миоцена и плиоцена.

В 1991 г. в качестве главного объекта изучения с подводных аппаратов выбран Академический хребет (рис. 1). Он отделяет глубокие, более 1600 м, впадины Центральной и Южной котловин от более мелководной, не более 1000 м, Северной котловины. Опробование донных осадков трубками в 1980 г. показало развитие здесь верхнемиоценовых осадков. Согласно сейсмопрофилированию как одноканальному [*Николаев и др., 1985*], так и, в особенности, многоканальному (выполненному под руководством А.Я. Гольмштока), Академический хребет состоит из серии тектонических сбросовых уступов, которые простираются от о. Ольхон (на западном побережье озера) к о. Большой Ушканий (на восточном побережье). Азимуты простираения уступов в целом составляют 50°, что хорошо совпадает с направлением на полюс раскрытия Байкальского рифта [*Zonenshain & Savostin, 1981*]. Вершины хребта находятся на глубинах 300-350 м. На юго-восточном склоне хребта хорошо картируется система сбросов с поднятыми северо-западными и опущенными юго-восточными бортами [*Зоненшайн и др., 1992*]. При переходе на северо-восток по простираению хребта ближе к о. Б. Ушканий появляется серия сбросов, наклоненных в противоположную сторону, на северо-запад (рис. 1). Все это показывает, что Академический хребет является горстом, разделяющим две крупные впадины, выполненные осадками: очень мощными до 7.5 км на юго-востоке и не

более 3 км на северо-западе [*Зоненшайн и др., 1992*].

До последнего времени об истории Академического хребта известно мало. Предполагалось, что он погрузился ниже уровня озера в плиоцене или плейстоцене [*Логачев, 1974; Лут, 1964; Николаев и др., 1985*]. Подводные исследования с аппаратами «Пайсис» были сделаны в тех местах, где, согласно сейсмическим данным, обнажаются кристаллический фундамент и перекрывающие его осадки.

Контакт осадков с фундаментом проходит на уступах разломов, нарушающих склоны Академического хребта, на глубинах 400-350 м (рис. 2а-в). На уступах Ушканьего и Ольхонского разломов вблизи Ушканьих островов контакт прослежен на глубинах 830-1020 м. На подводном продолжении п-ова Святой Нос он пересечен на глубине 1150 м (рис. 2г). Почти повсеместно породы фундамента интенсивно выветрены. Сохраняя первичные текстуры и структуры, они легко разрушаются в руках. Мощность коры выветривания, видимо, колеблется от первых метров до 10-20 м, а на продолжении Св. Носа - до 150 м. Кора выветривания формировалась в наземных условиях. В дресвяниках содержатся споры мел-палеогенового возраста, переотложенные, очевидно, из древней коры выветривания (здесь и ниже определения Г.Н. Шиловой и Е.В. Безруковой).

На неровной поверхности фундамента залегает базальный горизонт слабо сцементированных галечников с отдельными валунами до 25 см, состоящими из плоской, хорошо окатанной гальки подстилающих метаморфических пород, кварца, а также из щебнистого материала в глинистой матрице. Мощность базального горизонта обычно составляет несколько метров.

На Академическом хребте и на уступе Приморского разлома (маршруты I, II, IV, VI, VII) галечники перекрыты характерными глинами, поверхность которых испещрена

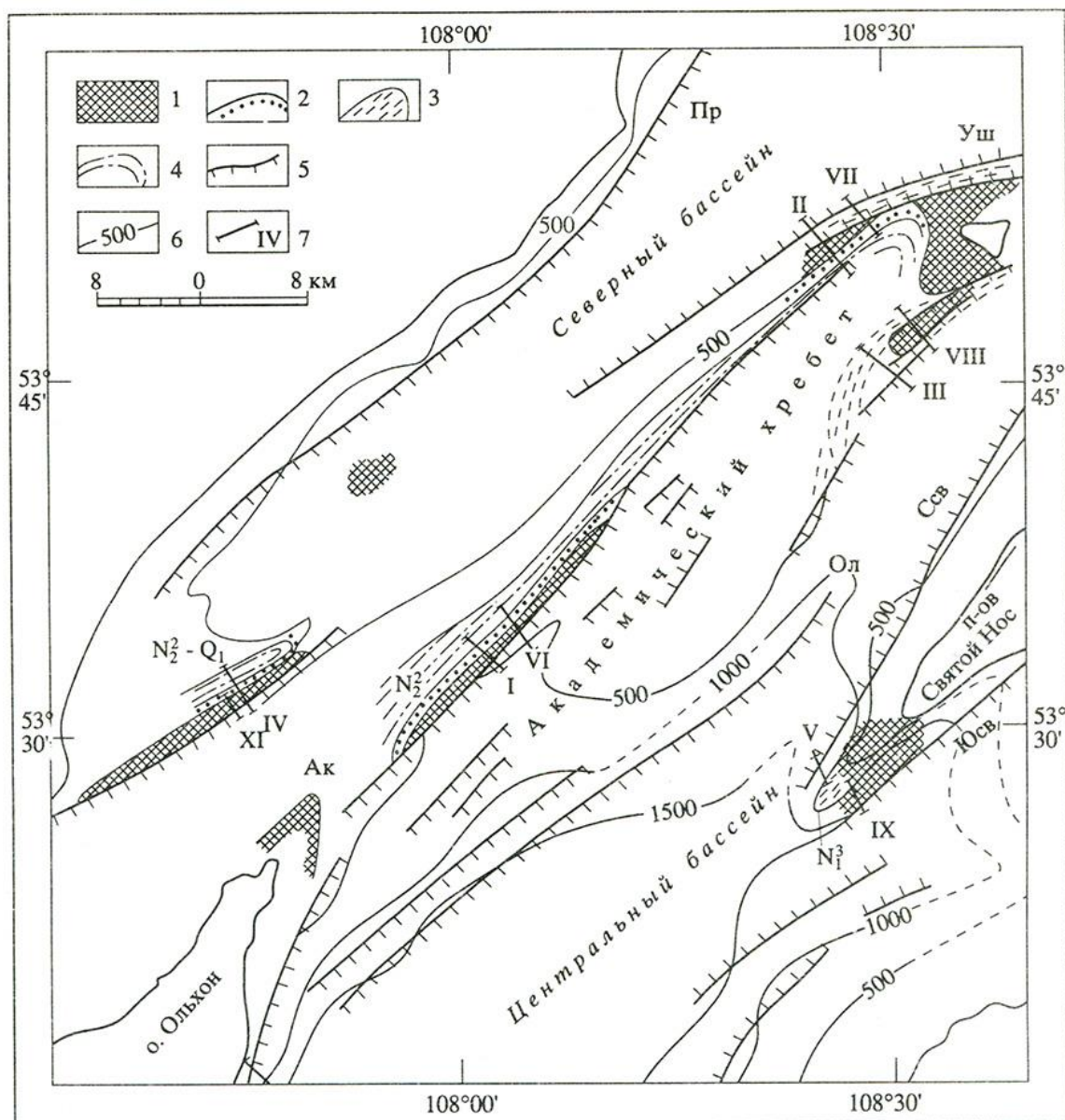


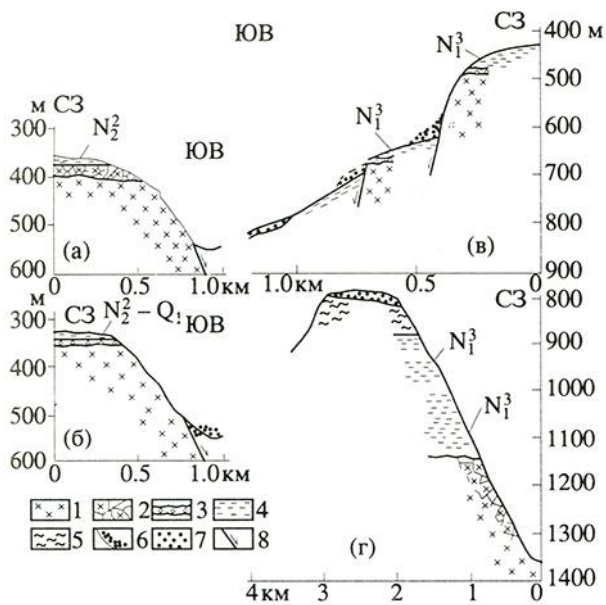
Рис. 1. Геологическая карта Академического хребта (оз. Байкал), построенная на основе подводных погружений. 1 – метаморфические докембрийские породы фундамента; 2 – базальный горизонт; 3 – верхнемиоценовые глины; 4 – верхнеплиоценовые–нижнечетвертичные глины; 5 – сбросы; 6 – изобаты; 7 – маршруты аппарата «Пайсис» и номера спусков.

округлыми или овальными кавернами, порами размером от 1-2 до 5-7, редко 10 см. Происхождение каверн неизвестно. В большинстве взятых колонок глины лишены слоистости, однако она часто видна в обнажениях. Глины достаточно плотны, чтобы удерживать невысокие уступы. Местами они прослоены более плотными зелеными глинами (алевритистыми глинами). Глины слагают вершину Академического хребта, их видимая мощность, судя по наблюдениям с ПОА «Пайсис», составляет 50-75 м, но местами они редуцированы.

Следует отметить, что все поднятые осадки выше галечников отличаются тонкой зернистостью и высокой глинистостью, что

говорит о слабом привносе терригенного материала с берега или о быстром затоплении водой.

Возраст кавернозных глин определен Г.Н. Шиловой по спорово-пыльцевым спектрам, полученным из многих проб. В спектрах преобладает пыльца *Pinus cf. sibirica* (31-41%), полыни (6-8%); единична пыльца ели, пихты, сосны, кустарниковых берез, ольхи, широколиственных пород - лещины, дуба, липы, травянистых - злаков, маревых, разнотравья, споры папоротников семейства *Polypodiaceae*, зеленых и сфагновых мхов, плаунов и плаунков. Отмечается сходство спорово-пыльцевых комплексов с 3-м комплексом аносоской свиты на юго-



**Рис. 2.** Геологические разрезы, составленные по маршрутам аппарата "Пайсис" на Академическом хребте. а – Академический разлом; б – Приморский разлом; в – Ольхонский разлом; г – подводная часть полуострова Святой Нос. 1 – метаморфические докембрийские породы фундамента; 2 – дресвяники; 3 – базальный горизонт. 4 – слоистые глины; 5 – неслоистые глины; 6 – осыпи; 7 – современные осадки. Возраст осадков обозначен индексами.

восточном побережье Байкала [Адаменко и др., 1982]. Отложения сформировались в плиоцене, возможно, в конце плиоцена - начале четвертичного периода. Во многих образцах содержится темная, плохой сохранности пыльца и споры мел-палеогенового облика, по-видимому, переотложенные из древних кор выветривания, широко развитых в Прибайкалье [Логачев, 1974].

Таким образом, вершины сбросовых блоков на гребне Академического хребта и в южной части Северного бассейна были перекрыты трансгрессией в конце плиоцена. При этом следует заметить, что слои, перекрывающие вершины блоков, наклоненных в противоположную сторону от оси рифта, являются наиболее молодыми в трансгрессивной серии и, следовательно, трансгрессия могла начаться значительно раньше. Подтверждение этому можно найти в разрезах на Ольхонском разломе и на подводном продолжении п-ова Святой Нос (маршрут III, VIII, V, IX).

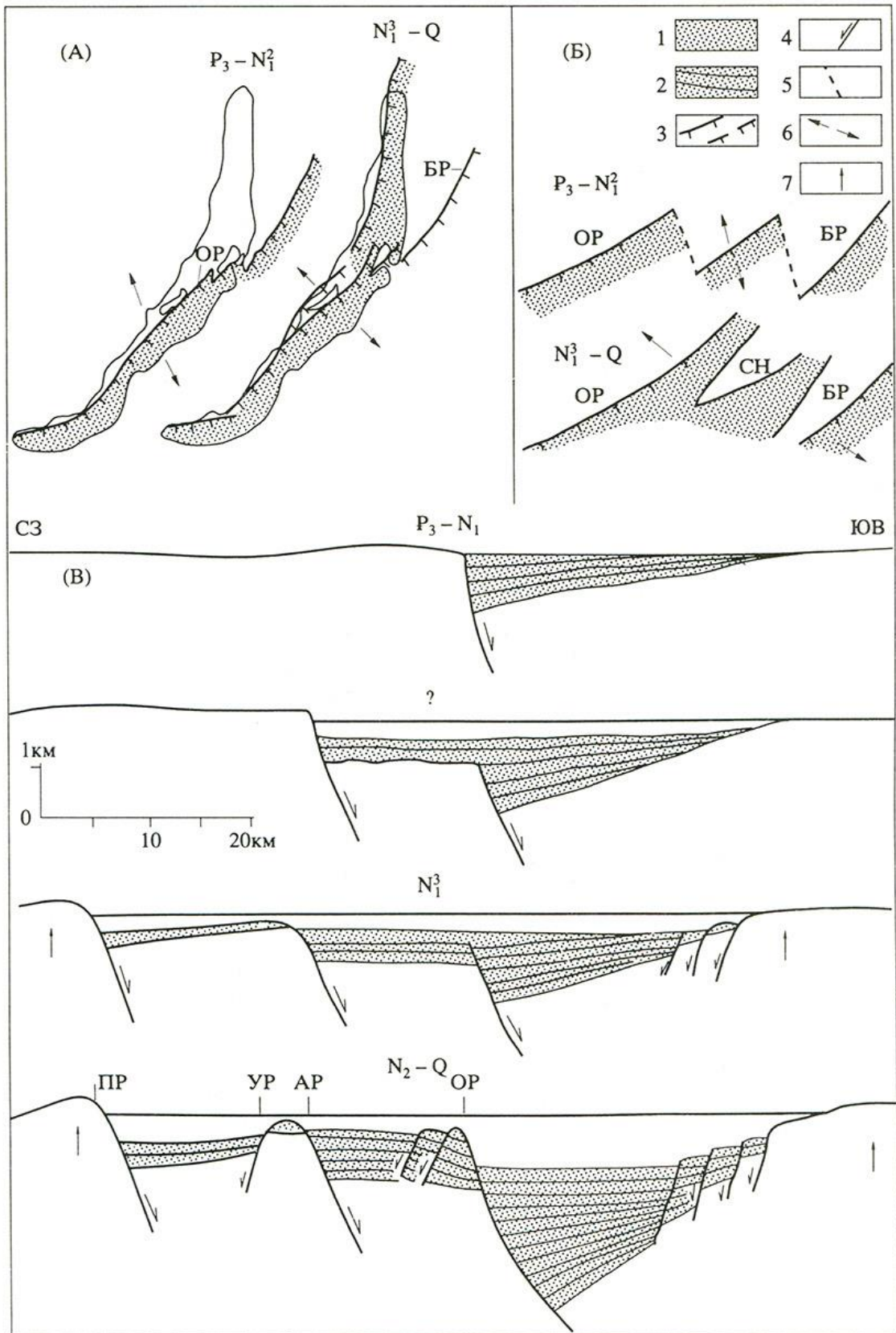
Северное окончание Ольхонского разлома имеет ступенчато-сбросовое строение, причем на каждой ступени вскрыт трансгрессивный, с базальным конгломератом контакт озерных глин с подстилающими породами кристаллического фундамента (рис. 2в). На Святоносском блоке выветрелые породы

фундамента непосредственно перекрыты толщей мелкослоистых, кавернозных глин около 300 м мощностью. Выше залегают неслоистые глины мощностью 55 м (рис. 2г).

По определениям Г.Н. Шиловой спорово-пыльцевые комплексы в глинах включают темную пыльцу плохой сохранности *Pinus siberica formis* (13-30%), *Pinus sect. Cembra* (2 - 10%), единичную пыльцу ели, пихты, *Picea sect. otonica*, *Podocarpus*, березы, крупных форм ольхи, широколиственных пород, субтропических пород, спор папоротников *Conopteris*, *Filicalis*, плауна *Licopodium* sp. Спектры свидетельствуют о распространении хвойных лесов. По долинам были развиты березовые леса с участками широколиственных и субтропических пород. Климат был мягче современного. Вероятно, вмещающие глины отлагались в позднем миоцене. К этому следует добавить, что на западном побережье Святого Носа известны выходы маломощных верхнемиоценовых угленосных отложений, залегающих на породах докембрия [Попова и др., 1989].

С учетом изложенного выше восстанавливается следующая последовательность геологических событий. Блок п-ова Святой Нос до позднего миоцена составлял единое целое с Академическим хребтом, а Ольхонский разлом соединялся, скорее всего, с разломом вдоль юго-восточной окраины полуострова и далее с Баргузинским разломом (рис. 3б). Погружения в Баргузинском рифте начались, возможно, синхронно с погружениями в Южной и Центральной котловинах Байкала (рис. 3а), о чем говорит развитие мощной толщи угленосных миоценовых отложений [Логачев, 1958; Базаров, 1986]. Погружения вдоль западной окраины блока и на Академическом хребте начались синхронно в позднем миоцене и привели к заложению грабена, разделившего обе структуры. В то же время, скорее всего, начались погружения и трансгрессия в Северном бассейне. Своего максимума они достигли в конце плиоцена - начале четвертичного периода, когда оказались перекрытыми вершины наклонных сбросовых блоков. Образование сбросов, смещающих верхнемиоценовые осадки (рис. 2в), следует датировать плиоценом. На сейсмических профилях МОВ [Зоненшайн и др., 1992] видно, как сбросы смещают молодые осадки, иногда вплоть до современных. Подтверждается, таким образом, представление об увеличении интенсивности тектонических движений в позднем плиоцене и в четвертичное время





**Рис. 3.** Структурная эволюция Байкальского рифта. А – этапы развития Байкала; Б – предполагаемая эволюция Ольхонского и Баргузинского разломов; В – последовательность опускания блоков при формировании Байкальской котловины. 1, 2 – осадки; 3, 4 – сбросы; 5 – поперечные разломы; 6 – направление раскрытия рифтовой впадины; 7 – направление вертикального движения.

[Логачев, 1958; Флоренсов, 1960; Mats, 1992; Логачев и Флоренсов, 1977; Попова и др., 1989 и др.].

Таким образом, исследования сбросовых уступов непосредственно с ПОА «Пайсис» выявили по крайней мере два крупнейших тектонических события в истории формирования Академического хребта (рис. 3в): первое - в позднем миоцене, когда началось крупномасштабное спускание северной части Байкала от Академического хребта на север, и второе, очевидно, в плиоцене (оно продолжается и сейчас), когда шло расчленение сбросовых блоков на более частные структуры с их вертикальными перемещениями друг относительно друга на несколько сотен метров.

Последовательное погружение сбросовых ступеней, распространявшееся с юго-востока на северо-запад (рис. 3в), можно связывать с изменениями кинематики и ориентировки вектора раскрытия Байкала. Это могло привести сначала к активизации древних разломов, имевших субмеридиональное или северо-восточное, затем субмеридиональное простирание (рис. 3а и б). Наши данные и

данные других исследователей [Mats, 1992; Базаров, 1986] свидетельствуют о том, что усиление темпа движений и, главное, начало контрастных движений в Байкальском рифте (не только погружение котловин, но и воздымание окружающих поднятий) следует относить к позднему миоцену (датирование требует дополнительного обоснования). Подобный разрыв во времени между началом рифтообразования и воздыманием плечей рифта отмечается и в других рифтовых системах, в частности в рифтах Восточной Африки [Казьмин, 1987]. Указанный разрыв может соответствовать времени, необходимому для миграции расплава из выступа аномальной мантии под рифтом к подошве коры и образования «рифтовой подушки» [Крылов и др., 1981]. Возможно также, что усиление контрастных движений связано с повторным подъемом и, возможно, смещением астеносферного выступа после очередного импульса растяжения. Такой импульс, судя по вспышке вулканизма и нашим данным, имел место в Байкальской рифтовой зоне во второй половине миоцена.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зоненшайн Л.П., Гольмиток А.Я., Хатчисон Д. Структура Байкальского рифта // Геотектоника. 1992. № 5. С. 63-77.
2. Богданов Ю.А., Зоненшайн Л.П. Обнажение миоценовых осадков на дне озера Байкал и время сбросообразования (по наблюдениям с подводных обитаемых аппаратов «Пайсис») // ДАН. 1991. Т. 320. С. 931-933.
3. Логачев А.Н. Кайнозойские континентальные отложения впадин байкальского типа // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1958. №4. С. 18-29.
4. Флоренсов Н.А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья. М.: Л: Изд-во АН СССР, 1960. 268 с.
5. Логачев Н.А. В кн.: Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. М.: Наука, 1974. С. 16-162.
6. Крылов С.В., Мандельбаум М.М., Мишенькин Б.П. и др. Недра Байкала по сейсмическим данным. Новосибирск: Наука, 1981. 105 с.
7. Mats V.D. The structure and development of the Baikal rift depression. Baikal Intern. Center for ecol. res. Preprint. Irkutsk, 1992. 70 p.
8. Логачев Н.А., Флоренсов Н.А. В кн.: Роль рифтогенеза в геологической истории Земли. Новосибирск: Наука, 1977. С. 19 - 29.
9. Лут Б.Ф. В кн.: Геоморфология дна Байкала и его берегов. М.: Наука, 1964. С. 5-123.
10. Николаев В.Г., Ванякин Л.А., Калинин В.В., Милановский В.Е. Стрoение осадочного чехла озера Байкал // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1985. Т. 60. В. 2. С. 43-54.
11. Попова С.М., Мац В.Д., Черняева Г.П. и др. Палеолимнологические реконструкции, Байкальская рифтовая зона. Новосибирск: Наука, 1989. 111 с.
12. Адаменко О.М., Белова В.А., Ендрихинский А.С. В кн.: Позднекайнозойская история озер в СССР. Новосибирск: Наука, 1982.
13. Базаров Д.Б. Кайнозой Прибайкалья и Западного Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1986. 180 с.
14. Zonenshain L.P., Savostin L.A. [Geodynamics of the Baikal rift zone and plate tectonics of Asia](#) // Tectonophysics. 1981. V. 76. P. 1-45.
15. Казьмин В.Г. Рифтовые структуры Восточной Африки: раскол континента и зарождение океана. М.: Наука. 1987. 206 с.

## Ссылка на статью:



Зоненшайн Л.П., Казьмин В.Г., Кузьмин М.И., Добрецов Н.Л., Баранов Б.В., Кононов М.В., Мац В.Д., Балла З., Фиалков В.А., Харченко В.В. Геология дна Байкала, изученная с подводных аппаратов «Пайсис» // Доклады Академии Наук. 1993. Т. 330. № 1. С. 84-88.