

## ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МУЙСКОЙ ВПАДИНЫ БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНТЕРПРЕТАЦИИ АРХИВНЫХ ДАННЫХ ГЕОЭЛЕКТРИКИ

*Айдиса Михайловна Санчаа*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, ведущий научный сотрудник, тел. 8(383)330-49-54, e-mail: SanchaaAM@ipgg.sbras.ru

*Нина Николаевна Неведрова*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, доцент, главный научный сотрудник, тел. 8(383)333-16-39, e-mail: NevedrovaNN@ipgg.sbras.ru

В статье представлены результаты переинтерпретации архивных данных вертикальных электрических зондирований по Муйской впадине Байкальского рифта. Для верификации полученных данных выполнено двумерное математическое моделирование.

**Ключевые слова:** Муйская впадина, вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ), геоэлектрическое строение, БАМ

## GEOELECTRICAL STRUCTURE OF BAIKAL RIFT MUYSKAYA BASIN BASED ON ARCHIVAL GEOELECTRICAL DATA INTERPRETATION

*Aidisa M. Sanchaa*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Akademika Koptyuga Ave., Novosibirsk, 630090, Russia, PhD, Leading Scientist, tel.: +7-913-920-17-48, e-mail: SanchaaAM@ipgg.sbras.ru

*Nina N. Nevedrova*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Akademika Koptyuga Ave., Novosibirsk, 630090, Russia, DSc, Associate Professor, Chief Scientist. tel.: +7-913-890-26-45, e-mail: NevedrovaNN@ipgg.sbras.ru

The article presents the results of reinterpretation of the archive data of the vertical electric soundings on the Muyskaya depression of the Baikal Rift. Two-dimensional mathematical modeling was performed to verify the obtained data.

**Keywords:** Muyskaya basin, geoelectric structure, vertical electric sounding (VES), BAM (Baikal-Amur Mainline)

Один из наиболее сложных участков трассы БАМ проходит в южной части Муйской впадины. Актуальность полученных новых результатов о строении впадины связана с начатой в 2013 г. реконструкцией и модернизацией инфраструктуры этой магистрали. В последнее время значительно увеличился экспорт в страны АТР, поэтому перегружены и устарели коммуникации Транс-

сибирской железной дороги. Кроме того, для роста экономики России назрела необходимость развивать территории, прилегающие к БАМу, богатые полезными ископаемыми.

Муйская впадина расположена на северо-восточном фланге Байкальской рифтовой зоны. По своей морфологии, геолого-тектоническому глубинному строению она значительно отличается от других зрелых кайнозойских впадин рифтовой зоны. Она является ярким примером еще не завершеного слияния субпараллельных депрессий в единую рифтовую структуру. В настоящее время активные современные тектонические процессы продолжают влиять на формирование впадины. Впадина вытянута в широтном направлении и имеет размеры примерно 90\*45 км. Ее продольными ограничениями являются Северо-Муйское сбросо-сводовое и Южно-Муйское сводово-блоковое поднятия, поперечными – горные блоковые сооружения Верхнеангарско-Муйской и Муйско-Чарской межвпадинных перемычек.

Так как депрессия не является единой структурой, она объединяет несколько котловин различной величины. Выделяется локальная Улан-Макитская котловина, соединённая с основной территорией впадины только узким перешейком на юго-западе. Остальная часть Муйской впадины разделена продольной перемычкой на две тектонически изолированные впадины. Из них северная Парамская котловина ограничена с юга вдоль течения р. Муя выходами кристаллических пород на поверхность. Обширная южная часть называется Муйско-Куандинской котловиной [1]. Таким образом, по геологическим данным Муйская впадина фактически объединяет три отдельных депрессии: Парамскую, Муйско-Куандинскую, Улан-Макитскую. Внутривпадинная перемычка, разделяющая Парамскую и Муйско-Куандинскую котловины, сложена архейскими породами. Она субширотно протягивается в виде узкой (4-8 км) низкогорной гряды (рис. 1). Её южный склон обрешан линией сброса, вертикальный разброс блоков по которому превышает 1000 м. Муйско-Куандинская котловина имеет сложную конфигурацию, с выходами пород фундамента на поверхность, выполнена рыхлыми отложениями, максимальная мощность которых отмечается у северного борта, западнее р. Витим. Северная Парамская котловина, имеет более простое строение. Наибольшее прогибание её фундамента предполагается ближе к северному ограничению, в то время как на юге мощность осадков плавно уменьшается к межвпадинной перемычке, возвышающейся всего на 20-400 м над аккумулятивной поверхностью [2].

Из всех кайнозойских впадин северо-восточного Прибайкалья Муйская имеет наиболее сложное разломно-блоковое строение, определяемое разрывными нарушениями различных направлений. Судя по всему, активизация тектонических движений в плиоцен-четвертичное время коснулась многих ранее существующих дизъюнктивов и вместе с новообразованными разрывными нарушениями они составили существующую ныне активную сеть разломов. Палеосейсмологические данные свидетельствуют о высокой сейсмической активности Муйской впадины в прошлом. В период инструментальных наблюдений за 1950-2020 гг. непосредственно в Муйской депрессии произошло одно из

сильнейших в Восточной Сибири за последние сто лет Муйское землетрясение (1957 г., с  $M=7,9$ ). В настоящее время по сравнению с другими районами северо-восточного Прибайкалья сейсмическая активность впадины снижена.

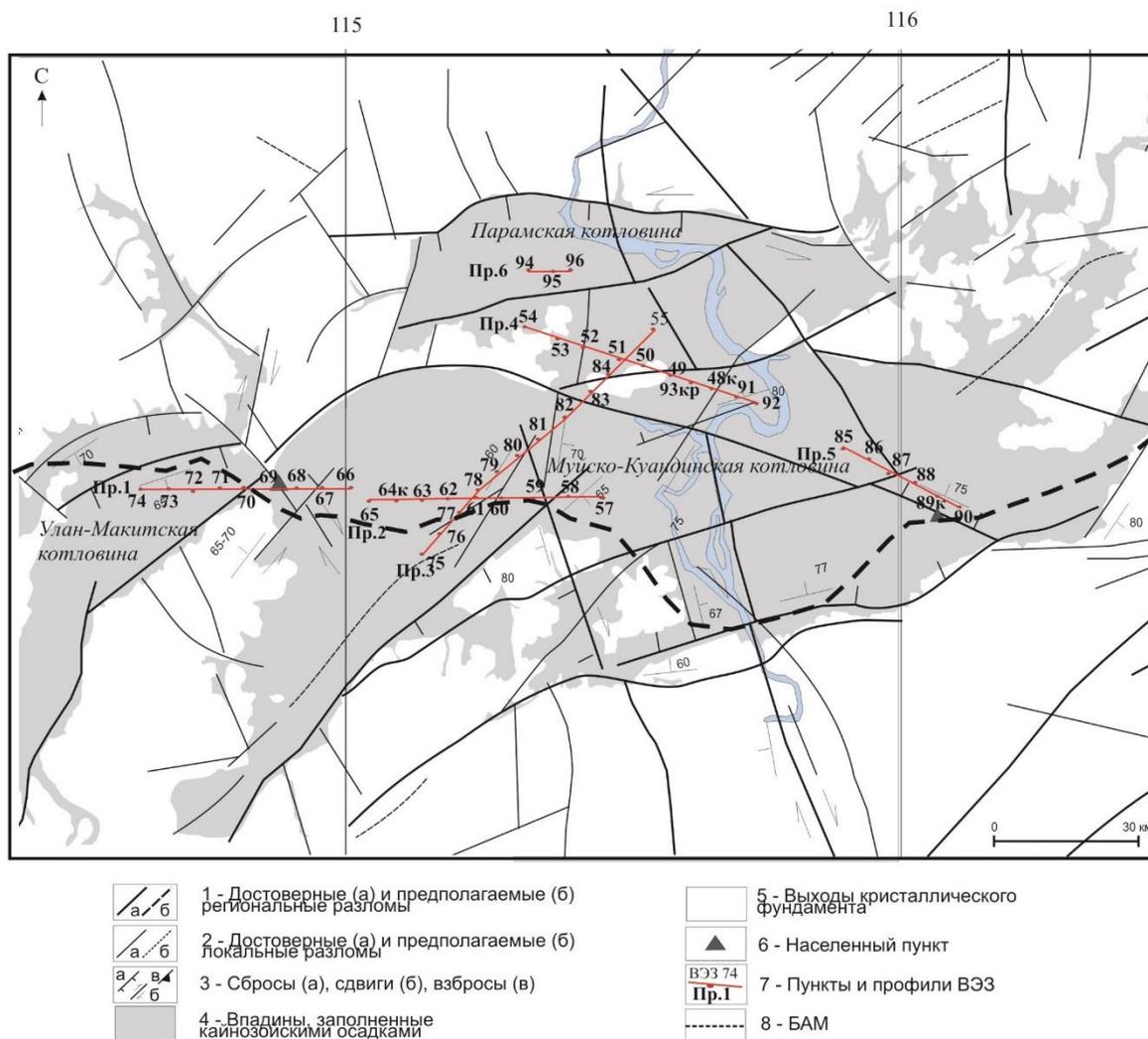


Рис. 1. Расположение профилей ВЭЗ на фрагменте карты разломно-блокового строения в Муйской впадине (по материалам Луниной О.В.)

Комплексные геофизические исследования Муйской депрессии связаны со строительством Байкало-Амурской магистрали (БАМ) и были выполнены в 80-е гг. прошлого века. По результатам этих работ мощность кайнозойских отложений депрессии оценивается крайне неоднозначно. Например, по гравитационным данным Ю.А. Зорина [3] она составляет 2100 м; на основании результатов совместной интерпретации гравиметрии МТЗ, ВЭЗ (1975-1980 гг) снижена до 1200 м; по данным детального ГСЗ, проведенному Б.П. Мишенькиным в 1981-1983 гг., достигает 1800 м. В связи с чем актуально ещё раз рассмотреть

архивные данные электроразведки с привлечением современных программных средств.

В данной работе для построения геоэлектрической модели были привлечены архивные данные ВЭЗ, полученные в 1981-1983 гг. Муйской электроразведочной партией. Измерения выполнены установкой Шлюмберже, минимальный полуразнос составлял 3 м, максимальный достигал 10 км, что обеспечивало высокую глубинность зондирований. Размещение профилей и пунктов измерений в основных структурных элементах исследуемого участка показано на (рис. 1). Большая часть пунктов ВЭЗ профиля 1 расположена в Улан-Макитской впадине. Пункты ВЭЗ 66-68 профиля 1, профили 2, 5, значительная часть профиля 3, наиболее протяженного, находятся Муйско-Куандинском локальном осадном бассейне. Пункты ВЭЗ 84, 51, 55 профиля 3 и профиль 4 расположены в северной Парамской котловине.

Интерпретация выполнена с использованием программ ZondIP, ZondRes2D, СОНЕТ. По результатам интерпретации сначала с использованием горизонтально-слоистой модели построены геоэлектрические разрезы по профилям наблюдений (всего 6 профилей), затем выполнены двумерная инверсия и двумерное моделирование для верификации и уточнения полученных результатов. Горные породы, выполняющие впадину, в целом высокоомны, даже минимальные значения УЭС превышает 150-200 Ом·м. Для всех разрезов характерны мощные слои вечномерзлых пород, достигающие 300-450 м. Осадочный чехол и фундамент Муйской впадины имеет ярко выраженное блоковое строение. В качестве примера рассмотрим результаты по одному из профилей.

На рисунке 2 представлены 1D, 2D геоэлектрические разрезы по профилю 3, пересекающему Муйско-Куандинскую впадину (ВЭЗ 75-82), внутривпадинную перемычку (между ВЭЗ 83, 84) и Парамскую котловину (ВЭЗ 51, 55). Общая протяженность профиля 35.5 км. Результаты 1D и 2D инверсий полевых данных принципиально согласуются. Полевые геолого-структурные исследования в Муйско-Куандинской (Мудирикканской) впадине (Лунина, Гладков, ИЗК СО РАН [4]) свидетельствуют о высокой деформированности четвертичных осадков и преимущественно сбросовом типе смещений по разломам субширотного, запад-северо-западного и северо-восточного простирания, сопровождающихся менее значительной левосторонней сдвиговой компонентой.

Общая мощность осадков в центральной части разреза по профилю 3 превышает 3000 м (ВЭЗ 79-81). Далее с учетом данных геолого-структурных исследований было выполнено двумерное моделирование разломных структур. Для данного профиля рассмотрены 14 моделей. На рис. 3, 4 представлены кривые ВЭЗ 79 и 82, полученные в зонах разломов, и результаты 2d моделирования. В целом результаты неплохо согласуются. Конечно, следует предположить, что здесь влияет трехмерная неоднородность среды, но, к сожалению, нет площадных измерений, только профильные.

Далее результаты 2d моделирования использовались для построения разреза двумерной инверсии (рис. 5), который неплохо согласуется с разрезом двумерной инверсии полевых данных на рис. 2. В результате уточнен геоэлектрический

разрез в районе пунктов ВЭЗ 82-84, построен итоговый (рис. 5). Как следует из геологической информации амплитуда смещения по разрыву внутривпадинной перемычки может достигать 1000 м, что и подтверждается по данным геоэлектрики. На двумерных разрезах хорошо видны как ослабленные, так и консолидированные блоки фундамента.

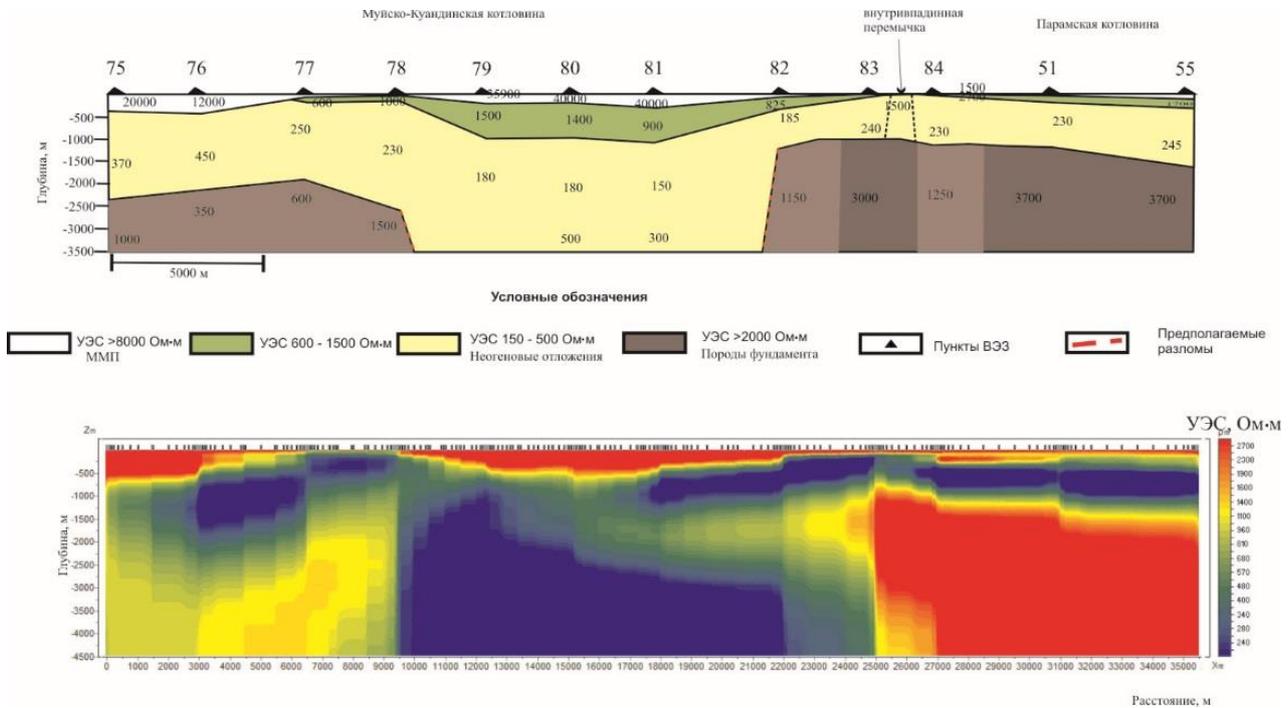


Рис. 2. Результаты 1D, 2D инверсий полевых данных по профилю 3 в Муйской впадине

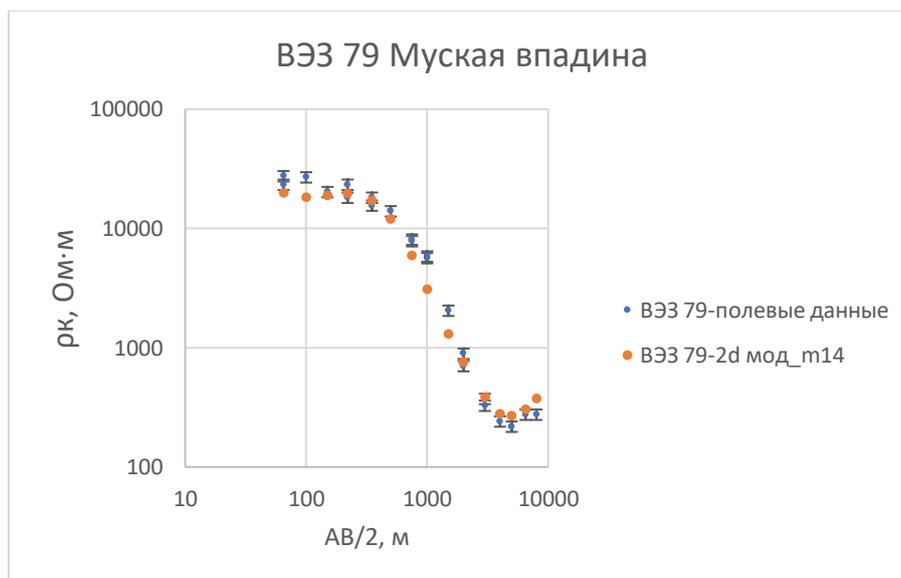


Рис. 3. Кривая ВЭЗ 79. Сравнение результатов 2D моделирования с полевыми данными. Ворота – 10%. Средняя погрешность 10,24%.

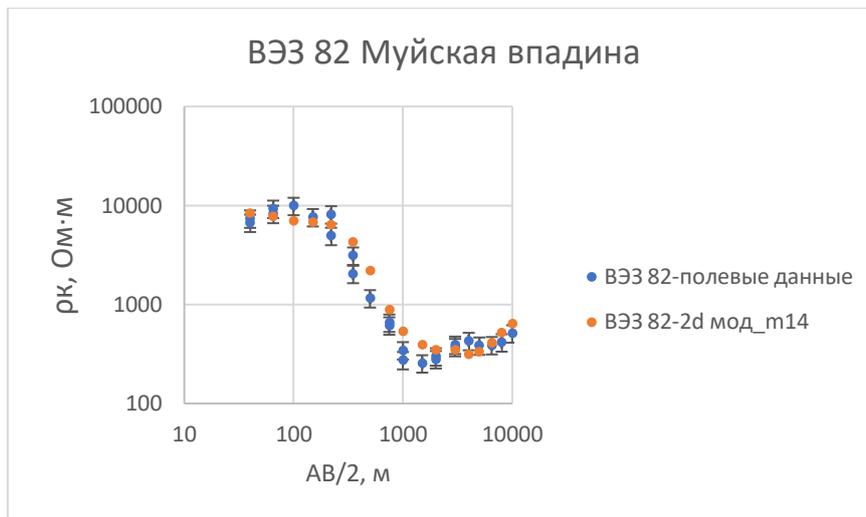


Рис. 4. Кривая ВЭЗ 82. Сравнение результатов 2D моделирования с полевыми данными. Ворота – 20%. Средняя погрешность 13,3%.

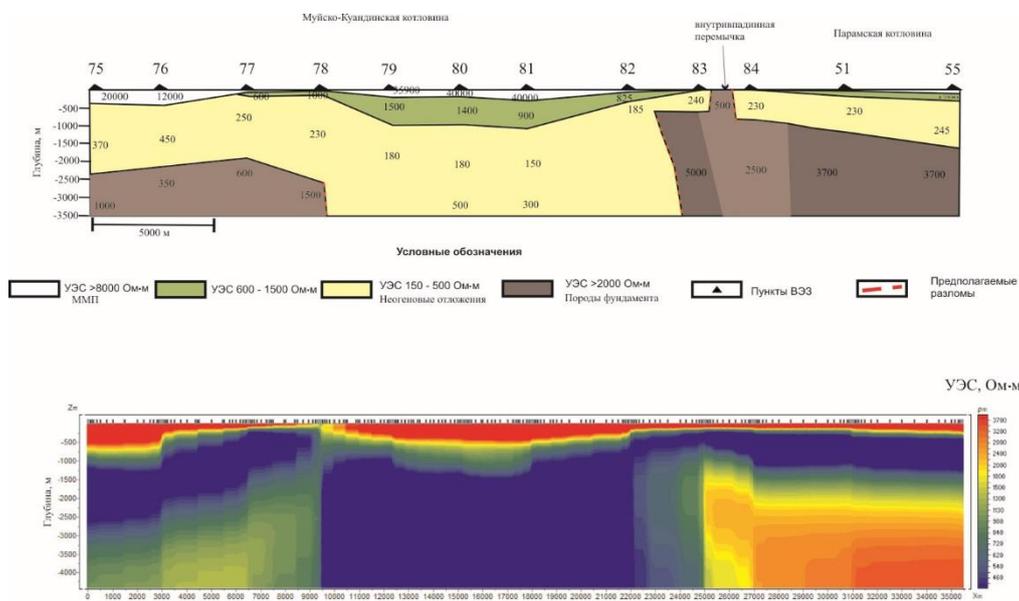


Рис. 5. Геоэлектрический разрез и результат двумерной инверсии модельных данных

Таким образом, построенные геоэлектрические разрезы отражают существенно блоковое строение фундамента впадины. УЭС пород фундамента, глубины до него меняется в широком диапазоне, что обусловлено как присутствием разломных зон, так и различной литологией горных пород. На всех разрезах выделены мощные слои многолетней мерзлоты.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта ИНГГ СО РАН №0331-2019-0015.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соотношение древней и кайнозойской структур в Байкальской рифтовой зоне / С.М. Замараев, Е.П. Васильев, А.М. Мазукабзов и др.; отв. ред. С.Ф.Павлов. - Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1979. – 126 с. – Библиогр.: 121-124. – 1000 экз.
2. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Неотектоника / С.И. Шерман, К.Г. Леви, В.В. Ружич и др.; отв. ред. Н.А. Логачев. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1984. – 207 с. – Библиогр.: с. 195–206. – 1000 экз.
3. Новейшая структура и изостазия Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий / Зорин Ю.А. – Москва: Наука, 1971. – 168 с.
4. Лунина О.В., Гладков А.С. Активные разломы и поля напряжений северо-восточного фланга Байкальской рифтовой зоны / О. В. Лунина, А. С. Гладков // Геология и геофизика. – 2008. – Т. 49, № 2. – С. 146–160.

## REFERENCES

1. Sootnoshenie drevnej i kajnozojskoj struktur v Bajkal'skoj riftovoj zone / S.M. Zamaraev, E.P. Vasil'ev, A.M. Mazukabzov i dr.; отв. red. S.F.Pavlov. - Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe otdelenie, 1979. – 126 s. – Bibliogr.: 121-124. – 1000 ekz.
2. Geologiya i sejsmichnost' zony BAM. Neotektonika / S.I. SHERman, K.G. Levi, V.V. Ruzhich i dr.; отв. red. N.A. Logachev. – Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe otdelenie, 1984. – 207 s. – Bibliogr.: s. 195–206. – 1000 ekz.
3. Novejshaya struktura i izostaziya Bajkal'skoj riftovoj zony i sopredel'nyh territorij / Zorin YU.A. - Moskva: Nauka, 1971. – 168 s.
4. Lunina O.V., Gladkov A.S. Aktivnye razlomy i polya napryazhenij severo-vostochnogo flanga Bajkal'skoj riftovoj zony // Geologiya i geofizika. – 2008. – Т. 49, № 2. – S. 146–160.

© А. М. Санчаа, Н. Н. Неведрова, 2021