

УДК 550.37

СТРОЕНИЕ МУЙСКОЙ ВПАДИНЫ БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНТЕРПРЕТАЦИИ АРХИВНЫХ ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ

© 2022 г. А. М. Санчаа¹, *, Н. Н. Неведрова¹, **

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения РАН,
г. Новосибирск, Россия

*E-mail: SanchaaAM@ipgg.sbras.ru

**E-mail: NevedrovaNN@ipgg.snras.ru

Поступила в редакцию 28.05.2021 г.

После доработки 13.10.2021 г.

Принята к публикации 20.10.2021 г.

В статье представлены результаты интерпретации архивных данных вертикальных электрических зондирований, полученных в Муйской впадине Байкальской рифтовой зоны. Для верификации результатов выполнено численное моделирование. Выделены области развития многолетнемерзлых пород, установлены глубины до фундамента впадины.

Ключевые слова: Муйская впадина, Байкальская рифтовая зона, вертикальные электрические зондирования, численное моделирование, Байкало-Амурская магистраль.

DOI: 10.31857/S0002333722020107

ВВЕДЕНИЕ

Муйская впадина расположена на северо-восточном фланге Байкальской рифтовой зоны (БРЗ). По своей морфологии, геолого-тектоническому глубинному строению она значительно отличается от других зрелых кайнозойских впадин БРЗ. Впадина является ярким примером еще не законченного слияния субпараллельных депрессий в единую рифтовую структуру. В настоящее время активные современные тектонические процессы продолжают влиять на ее формирование. 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 [San'kov, 2000; Логачев, 2003].

Так как депрессия не является единой структурой, она объединяет несколько котловин различной величины. Выделяется западная локальная Улан-Макитская котловина, соединенная с основной территорией впадины только узким перешейком. Оставшаяся часть Муйской впадины разделена продольной перемычкой на две тектонически изолированные структуры. Из них северная Парамская котловина ограничена с юга выходами кристаллических пород на поверхность вдоль течения р. Муя. Обширная южная часть называется Муйско-Куандинской котловиной [Соотношение..., 1979]. Таким образом, по геологи-

ческим данным Муйская впадина фактически объединяет три отдельные 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. Ее южный склон обретен линией сброса, вертикальный разброс блоков по которому превышает 1000 м. Самая большая Муйско-Куандинская котловина, имеющая сложную конфигурацию с выходами пород фундамента на поверхность, заполнена рыхлыми отложениями, максимальная мощность которых отмечается у северного борта, западнее р. Витим. Парамская котловина имеет более простое строение. Наибольшее прогибание ее 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 [Геология..., 1984б].

Из всех кайнозойских впадин северо-восточного Прибайкалья Муйская имеет наиболее сложное разломно-блоковое строение, определяемое ее общей незавершенной структурой и разрывными нарушениями различных направлений. Судя по всему, усиление тектонических движений в плиоцен-четвертичное время активизировало многие ранее существующие дизъюнктивы, и вместе с новообразованными разрывными нарушениями они составили существующую ныне активную сеть разломов. Палеосейсмологиче-

ские 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 на территории впадины несколько снижена [Лунина, 2008; 2015; Геология..., 1985].

Первые комплексные геофизические исследования Муйской депрессии связаны с началом строительства железнодорожной 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 [Зорин, 1971] она составляет 2100 м; на основании результатов совместной интерпретации гравиметрии, магнитотеллурического зондирования, вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) (1975–1980 гг.) уменьшена до 1200 м; по данным детального глубинного сейсмического зондирования, проведенного Б.П. Мишенькиным в 1981–1983 гг., достигает 1800 м. Такие, по-видимому, средние оценки не несут достоверной информации о реальной мощности осадков, которая в разных частях впадины существенно отличается. В более поздние годы геофизических исследований не проводилось.

Трасса БАМ проходит по разломной зоне между Улан-Макитской и Муйско-Куандинской котловинами и далее пересекает серию разломов в центральной, южной и восточной части депрессии. Геофизические характеристики большинства разломных структур ранее были практически неизвестны. В связи с запланированной модернизацией инфраструктуры БАМ актуально выяснить строение на участках впадины, где проходит магистраль. Цель этой работы еще раз рассмотреть архивные данные электроразведки с привлечением современных программных средств для построения возможных геоэлектрических моделей впадины, получить характеристики разломных зон, оценки мощности многолетнемерзлых пород (ММП) и выявить опасные участки на трассе БАМ.

Архивные ВЭЗ получены в 1981–1983 гг. Муйской электроразведочной партией. Измерения выполнены установкой Шлюмберже, минимальный полуразнос составлял 3 м, максимальный достигал 10 км, что обеспечивало высокую глубину зондирования. Размещение профилей и пунктов измерений в основных структурных элементах исследуемого участка показано на рис. 1. Пункты ВЭЗ 74–70 профиля 1 расположены в Улан-Макитской локальной впадине. Пункты ВЭЗ 66–68 профиля 1, профили 2, 5, значительная часть профиля 3, наиболее протяженного, на-

ходятся в Муйско-Куандинском осадном бассейне. Пункты ВЭЗ 84, 51, 55 профиля 3 и профиль 4 расположены в северной Парамской котловине. На схеме показана трасса БАМ и сеть разломов по геологическим данным [Геологическая..., 1960; 1978а; 1978б].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

По результатам интерпретации сначала с использованием горизонтально-слоистой модели построены геоэлектрические разрезы по всем 6 профилям наблюдений. Затем были выполнены двумерная инверсия и двумерное моделирование для верификации и уточнения полученных результатов. С учетом имеющейся профильной съемки были привлечены двумерные программные средства интерпретации данных метода ВЭЗ. Использованы следующие программы моделирования и инверсии: ZondIP1D, ZondRes2D¹.

Рассмотрим разрезы по профилям 1, 2, 3, 4, которые отражают основные структурные элементы Муйской впадины. На рис. 2 представлены 1D-, 2D-геоэлектрические разрезы по профилю 1. Этот профиль начинается в Улан-Макитской впадине, пересекает с запада на восток межвпадинную перемычку, и выходит в Муйско-Куандинский бассейн. Пункт ВЭЗ 69 расположен в зоне влияния разлома. Мощность ММП по этому профилю увеличивается в его восточной части, достигая 270 м с удельным электрическим сопротивлением (УЭС) более 8000 Ом · м в пункте ВЭЗ 66. Второй геоэлектрический горизонт с неустойчивой мощностью и УЭС от 800 до 2000 Ом · м выделяется не во всех пунктах зондирования. Его максимальная мощность в 300 м получена для ВЭЗ 69. Третий горизонт – относительно проводящий с УЭС 100–500 Ом · м и с мощностью ~1600–1700 м, которая значительно увеличивается в восточной части разреза. Кровля фундамента находится на глубине порядка 2 км в Улан-Макитской котловине и в зоне перемычки, а далее на восток резко погружается по разлому. На разрезе 2D-инверсии черной линией показаны границы слоев 1D-интерпретации.

1D-, 2D-геоэлектрические разрезы, превдо-разрез по профилю 2 показаны на рис. 3. Этот профиль является продолжением профиля 1 в восточном направлении по территории Муйско-Куандинского бассейна. В верхней части разреза мощность ММП составляет ~140 м с УЭС более 5000 Ом · м. Для второго геоэлектрического горизонта максимальная мощность в 520 м получена по данным ВЭЗ 65, значения УЭС отложений меняются в интервале 1100–2400 Ом · м. Для характеристики третьего горизонта и фундамента можно выделить западный (пункты ВЭЗ 65–60) и восточный блоки (пункты ВЭЗ 59–57), разделенные, скорее всего, разломом. Наиболее погруженная часть

¹ <http://zond-geo.com/>

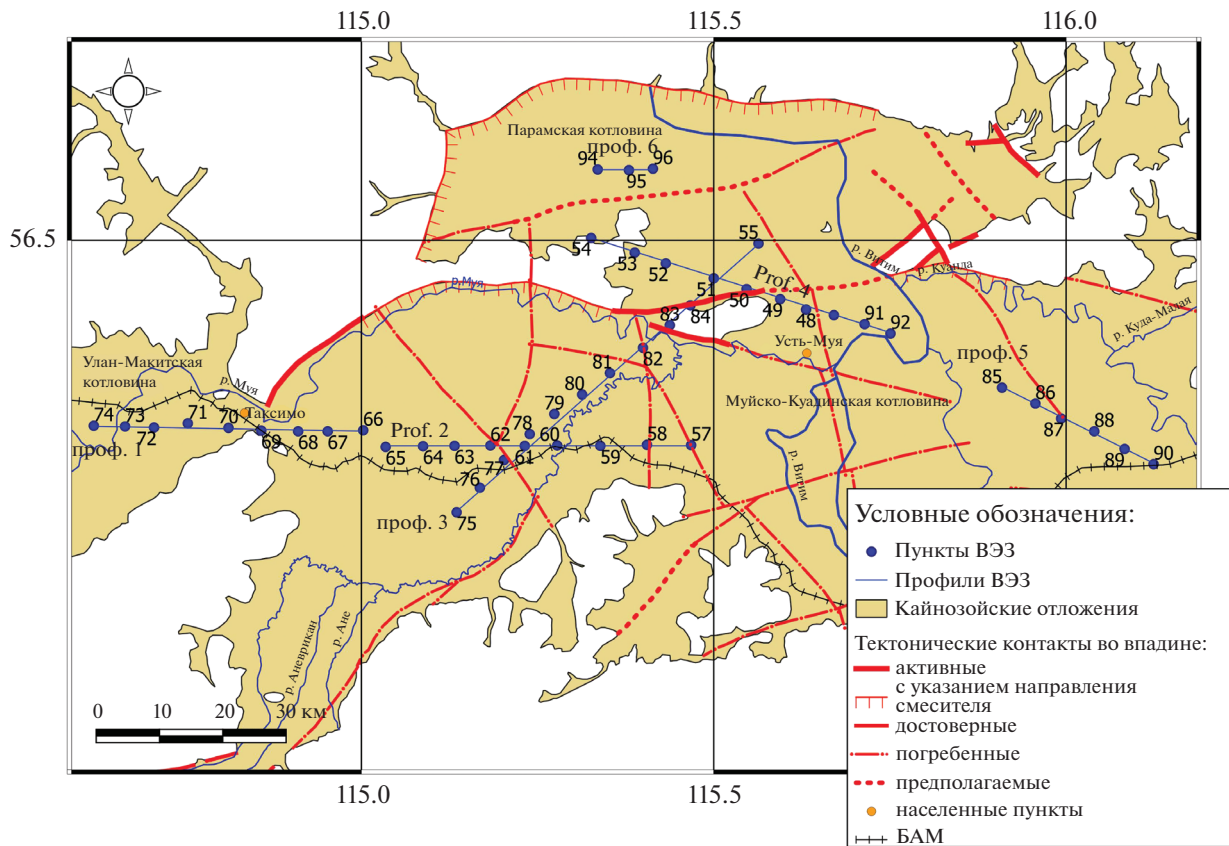


Рис. 1. Схема размещения пунктов ВЭЗ в Муйской впадине.

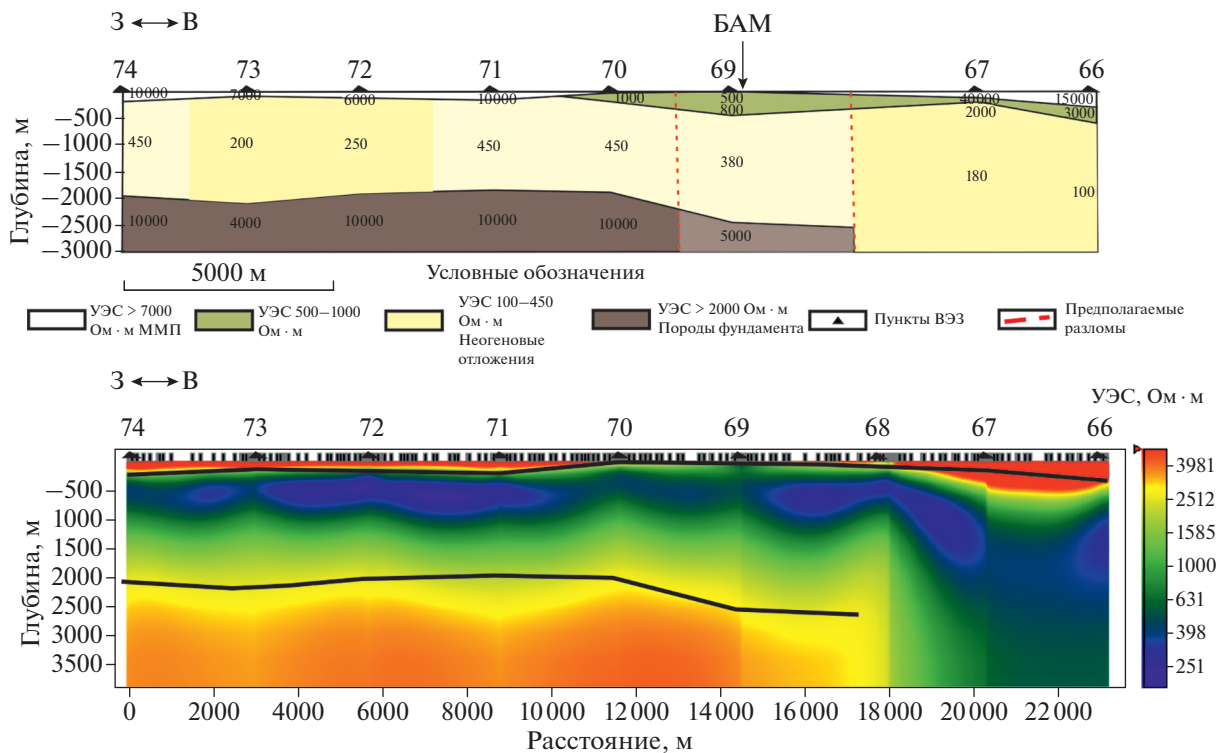


Рис. 2. Геоэлектрические разрезы по профилю 1 (1D-интерпретация, 2D-инверсия).

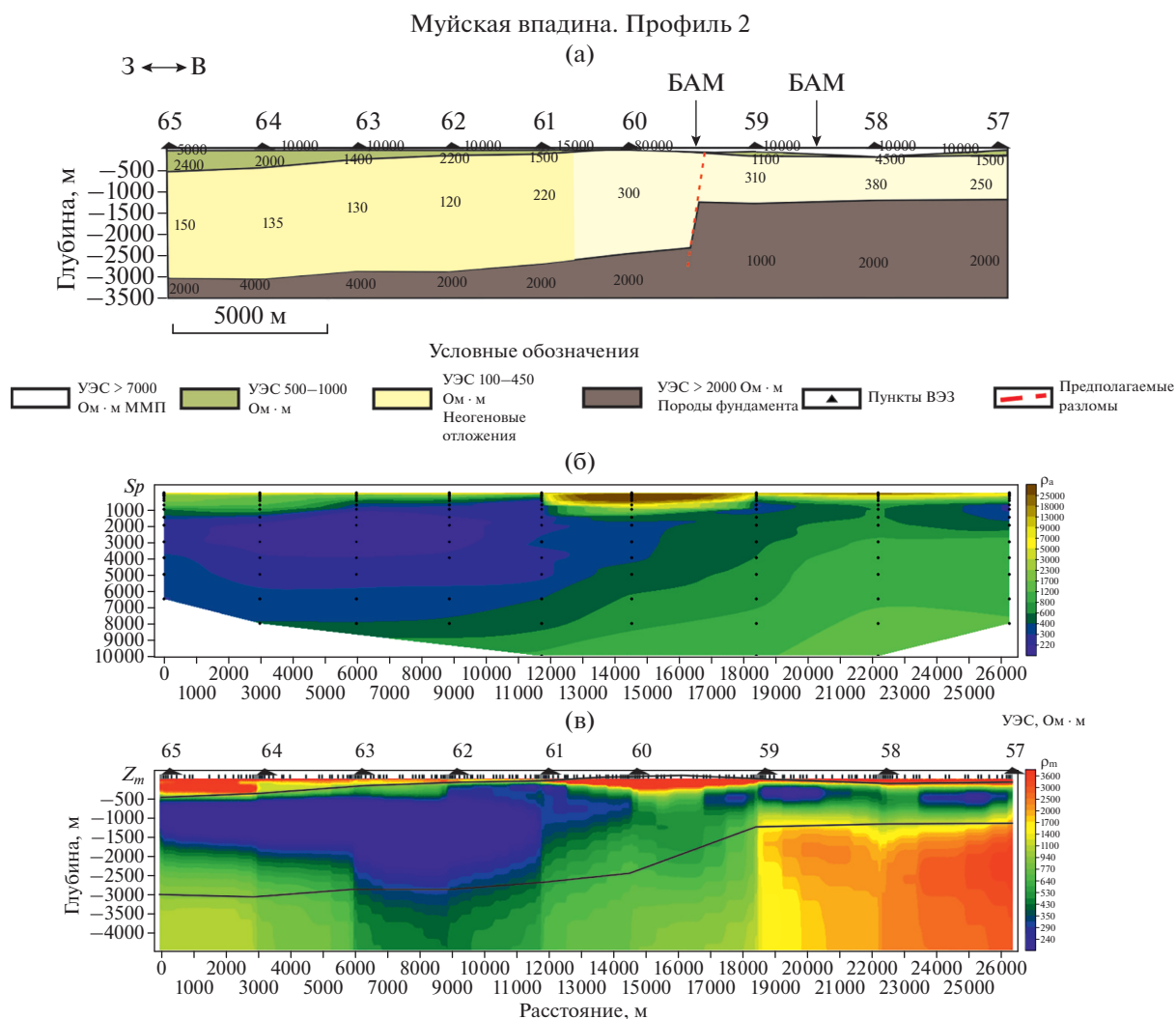


Рис. 3. Профиль 2: (а) – геоэлектрический разрез 1D-интерпретации; (б) – псевдоразрез; (в) – 2D-инверсия.

приходится на западный блок, где УЭС 3-го слоя в основном составляет 120–150 Ом · м, а мощность достигает 2.5 км. Кровля фундамента в западном блоке находится на глубине в 2.5–3 км. В восточном приподнятом блоке мощность проводящего горизонта составляет ~1 км, а кровля фундамента определяется на уровне 1.6–1.7 км (рис. 3а). Такое резкое изменение мощности горизонтов свидетельствует о наличии здесь разломной зоны, что в целом подтверждают результаты двумерной инверсии (рис. 3в). Слишком большое расстояние между ВЭС 60 и ВЭС 59 не дает возможности определить более точно положение разлома. На разрезе 2D-инверсии черной линией показаны границы слоев 1D-интерпретации.

На рис. 4 сопоставляются 1D-, 2D-геоэлектрические разрезы по протяженному профилю 3, который пересекает с юго-запада на северо-восток обширную Муйско-Куандинскую впадину (ВЭС 75–82), внутривпадинную перемычку

(между ВЭС 83 и ВЭС 84, отмечена черной пунктирной линией), выходящую на дневную поверхность и Парамскую котловину (ВЭС 51, 55). На разрезе выделяются 3 блока, отражающие разные структуры, через которые профиль проходит. В юго-западном блоке мощность ММП достигает 330 м с УЭС более 10000 Ом · м, в центральном блоке эта мощность меньше – около 200 м, и минимальна в Парамской котловине. Для второго геоэлектрического горизонта мощность меняется в широких пределах от 110 до 780 м, а УЭС 900–2700 Ом · м. У третьего горизонта с УЭС 180–500 Ом · м толщины в юго-западном блоке составляет 2–2.5 км, в центре более 3 км (в пункты ВЭС 79–81 кривые не вышли на правую асимптоту); и около 1 км и немногим больше на северо-восточном блоке. Резкие изменения мощности отложений и ослабленные блоки фундамента свидетельствуют о наличии разрывных нарушений. Результаты 1D-интерпретации и 2D-инверсии принципиально

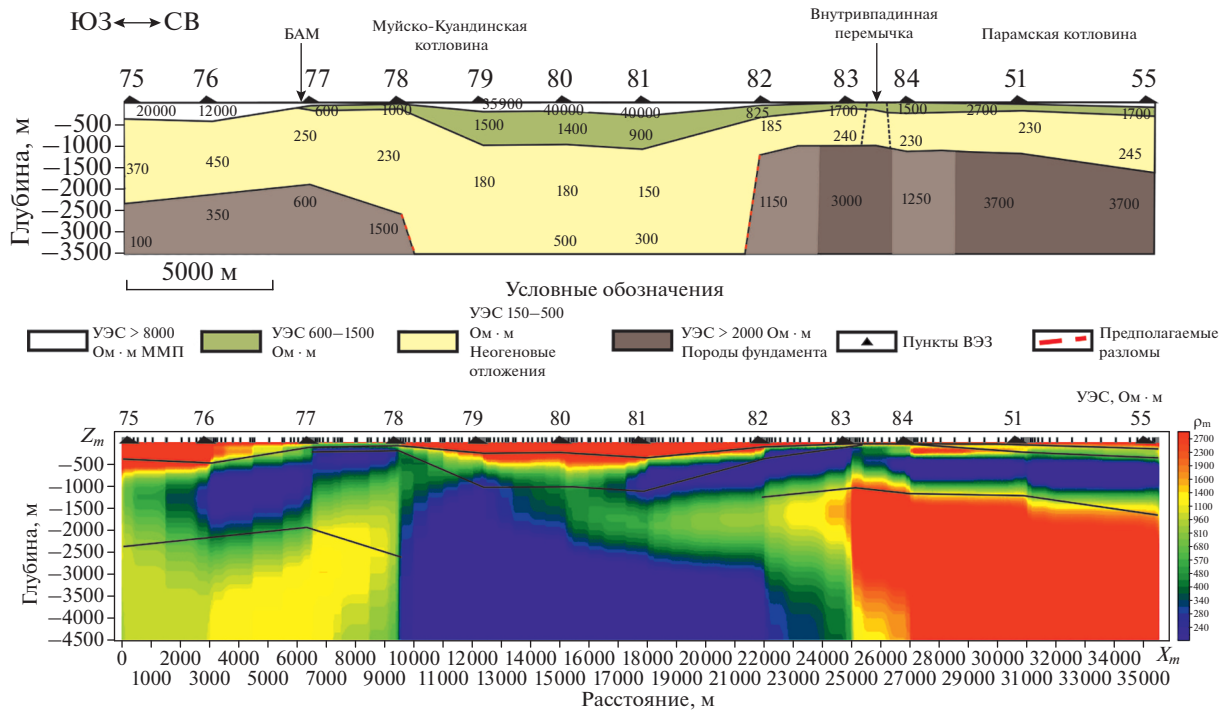


Рис. 4. Геоэлектрические разрезы по профилю 3 (1D-интерпретация, 2D-инверсия).

согласуются, но требуется численное моделирование на участке с внутривпадинной перемычкой (ВЭЗ 83–84), где строение верхней части непонятно. По результатам 2D-инверсии присутствие этой перемычки не очевидно. На разрезе 2D-инверсии черной линией показаны границы слоев 1D-интерпретации.

Профиль 4 с простираем с северо-запада на юго-восток пересекает северную внутривпадинную перемычку (ВЭЗ 54, 53), Парамскую котловину и выходит в Муйско-Куандинскую впадину. На разрезе также выделяются 3 блока. На северо-западе по данным ВЭЗ 53, 54 наблюдаются выходы пород фундамента на дневную поверхность (внутривпадинная перемычка). Далее можно видеть постепенный переход к отложениям Парамской котловины с глубиной до основания в 1000 м, и, наконец, разрез юго-восточного блока, характеризующий строение северного борта Муйско-Куандинской впадины с максимальной мощностью осадочного заполнения в 2500 м. Мощность ММП в центре и на юго-востоке по этому профилю достигает 150 м с УЭС более 6000 Ом · м. Мощность второго геоэлектрического горизонта меняется в широких пределах от 150 до 500 м, а УЭС 1000–2700 Ом · м. Для проводящего горизонта получены УЭС 180–700 Ом · м. Между пунктами ВЭЗ 93кр и 48, а также между ВЭЗ 52 и 51 по резкому изменению мощности осадочных отложений следует предположить наличие разломной зоны. УЭС фундамента в центральной части разреза меняется практически в каждом пункте.

Ослабленные блоки фундамента характеризуются более низкими значениями УЭС и приурочены, скорее всего, к зонам разломов. Результаты 1D-интерпретации и 2D-инверсии в основном согласуются (рис. 5). На разрезе 2D-инверсии черной линией показаны границы слоев 1D-интерпретации.

Для более простых по строению разрезов по профилям 5 и 6 приведем их описание. Профиль 5 протягивается северо-запада на юго-восток в восточной части Муйской впадины. На этом участке одна из наиболее обширных и мощных зон ММП (250–500 м) с УЭС более 3500 Ом · м. Мощность второго геоэлектрического горизонта всего 50 м за счет развития ММП, а УЭС 600–1300 Ом · м. Проводящий горизонт в этой части впадины имеет повышенные значения УЭС в интервале 400–1300 Ом · м по сравнению с другими участками, а мощность порядка 2000 м. Кривые ВЭЗ 85, 86, 90 не выходят на асимптоту, в связи с чем определить глубину до фундамента на интервалах с этими зондированиями не представляется возможным. Двумерная инверсия подтверждает представленные выше особенности разреза.

Короткий профиль 6 полностью расположен в Парамской котловине. На разрезе выделена относительно маломощная зона ММП в 60–80 м с УЭС более 6000 Ом · м. Для второго горизонта с толщинами в 300–450 м получены значения УЭС в 1000–1500 Ом · м. У проводящего горизонта УЭС составляет около 200 Ом · м с мощностью ~1350 м. Кривая ВЭЗ 94 не выходит на асимптоту,

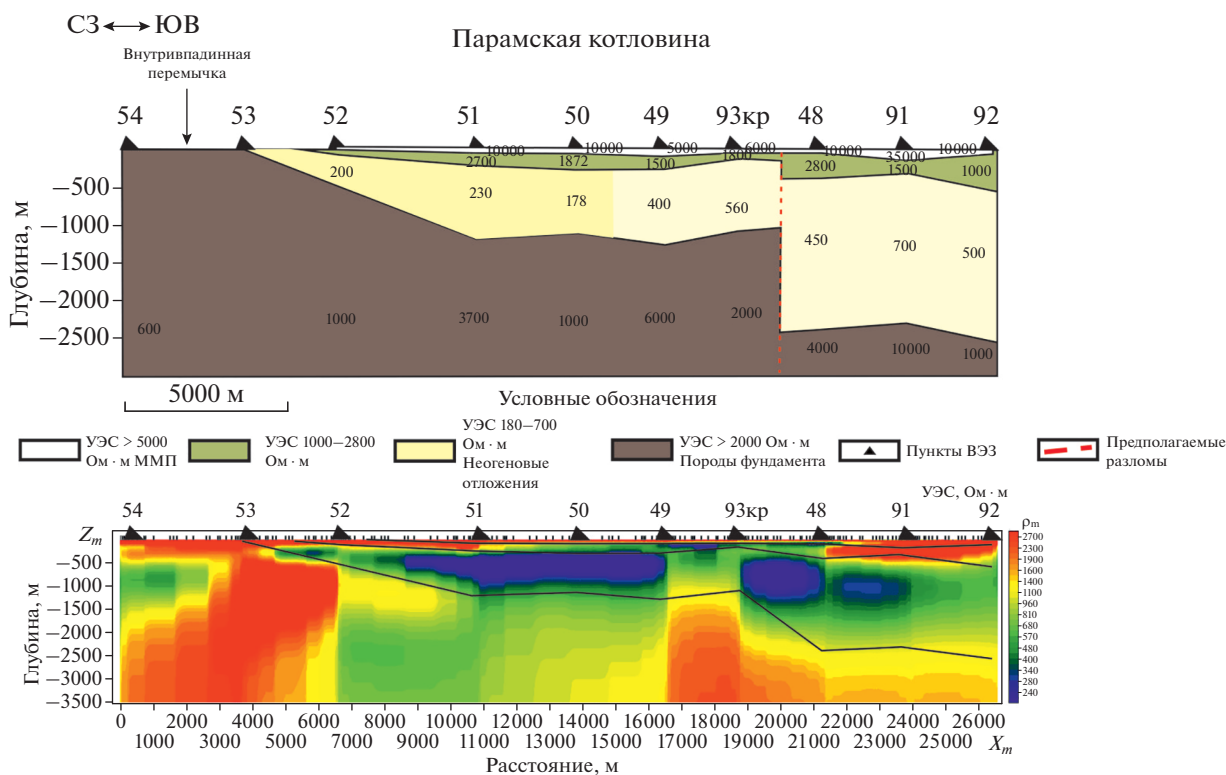


Рис. 5. Геоэлектрические разрезы по профилю 4 (1D-интерпретация, 2D-инверсия).

в связи с чем определить глубину до фундамента в восточной части разреза не представляется возможным.

ДВУМЕРНОЕ ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Для 2D-моделирования с использованием программы ZondRes2D привлечены данные профилей 1 и 3.

Профиль 1. В ходе работы рассмотрено 11 моделей. Моделировалась разломная зона – область межвпадинной перемычки, разделяющей Улан-Макитскую впадину от основной части Муйской депрессии в районе пункта ВЭЗ 69. Следует отметить, что через этот участок проходит Байкало-Амурская магистраль. На рис. 6 представлены сравнительные псевдоразрезы по полевым (а) и модельным данным (б). Наблюдается хорошее согласование. На рис. 7 представлены теоретическая (результат 2D-моделирования) и полевая кривые ВЭЗ 66. Получено хорошее совпадение полевой и теоретической кривой. На рис. 8 представлен геоэлектрический разрез для выбранной 2D-модели. На полученном разрезе более четко выражено ступенчатое погружение фундамента в восточном направлении. Существенный перепад глубин до фундамента на разных интервалах профиля, в частности, в пунктах ВЭЗ 74–69 фундамент расположен на глубине порядка 2 км, в рай-

оне пункта ВЭЗ 69 присутствует разломная зона, фундамент ослабленный с более низким сопротивлением, для ВЭЗ 67–66 – глубина до фундамента не определена (более 3 км).

Профиль 3. С учетом данных геолого-структурных исследований было выполнено двумерное моделирование разломных структур по данным ВЭЗ профиля 3. При 2D-моделировании рассматривались две основные модели: перемычка в виде высокоомного блока, и перемычка, выполненная более низкоомными горными породами. На рис. 9 сопоставляются полевые и синтетические кривые 2D-моделирования ВЭЗ 79, 82, полученные в зонах разломов для одной оптимальной модели. В целом результаты неплохо согласуются. Конечно, следует предположить, что и здесь влияет трехмерная неоднородность среды, но, к сожалению, нет площадных измерений, только профильные.

Далее по результатам 2D-моделирования была выполнена двумерная инверсия модельных данных и построен итоговый геоэлектрический разрез (рис. 10). Результат инверсии проблематичен. Здесь можно предположить, что размеры перемычки недостаточно велики или у нее пониженные значения УЭС (трещиноватость, раздробленность массива). Кроме того, она перекрыта сверху высокоомником. Как следует из геологической информации, амплитуда смещения по разрыву внутрипадинной перемычки (ВЭЗ 83–84) может достигать 1000 м и она выходит на дневную поверхность. Иг-

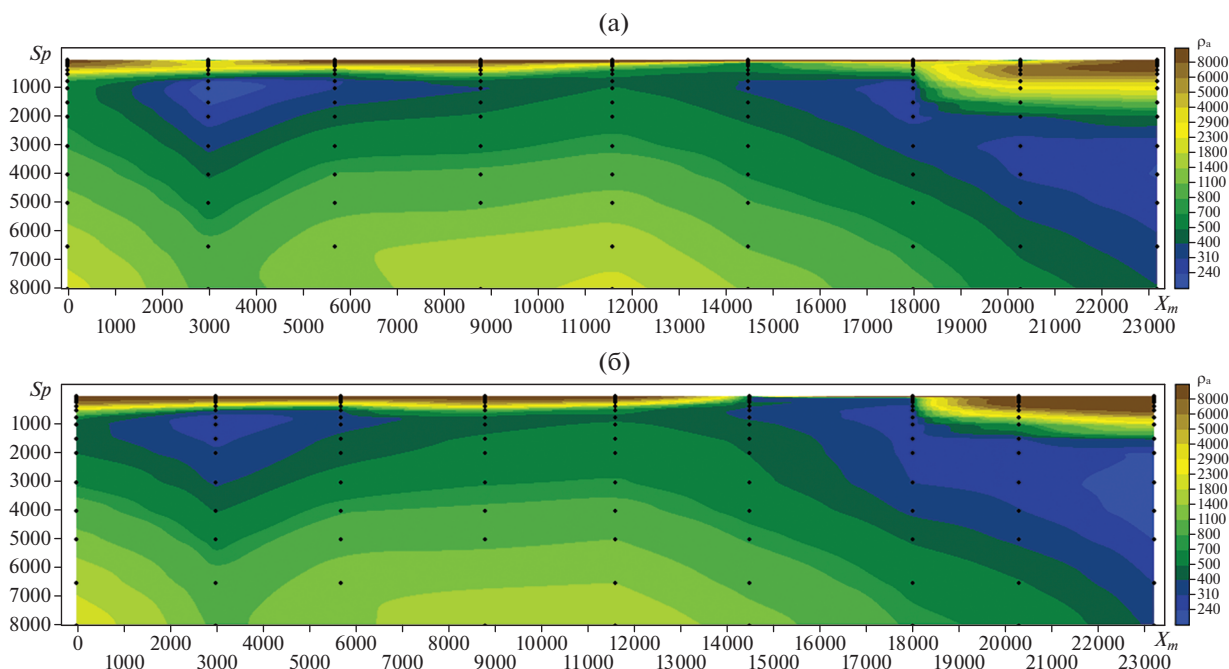


Рис. 6. Псевдоразрезы по профилю 1: (а) – полевые данные; (б) – расчетные данные 2D-моделирования.

норировать эту перемичку, выходящую на дневную поверхность, мы не можем, т.к. это априорная информация. На двумерных разрезах хорошо видны как ослабленные, так и более консолидированные блоки фундамента.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Горные породы, выполняющие Муйскую впадину, в целом высокоомны, даже минимальные значения УЭС превышает 100–200 Ом·м. Для всех разрезов характерно присутствие слоев многолетнемерзлых пород (ММП), достигающих по мощности 300–450 м на отдельных участках профилей 2, 3, 5. В настоящее время особенно в северных регионах России наблюдается процесс деградации ММП, приводящий к нарушениям жилой и промышленной инфраструктуры и другим экологическим опасностям [Джурик, 2019]. В статье сделана попытка оконтурить участки развития многолетней мерзлоты (рис. 11). Карта распределения ММП на территории впадины построена с использованием интерполяции, тем не менее, отражает реальную картину на момент электроразведочных работ в 80-е гг. прошлого столетия. Карта может быть полезна для современных наблюдений за состоянием мерзлоты. Построенное распределение согласуется с геологическими данными об отсутствии мерзлоты в значительной части Парамской котловины, а также о ее максимальном развитии в долине рек Мудирикана (профиль № 3 ВЭЗ 75, 74), долины

р. Конды (профиль 5), а также в Койринских болотах.

По предшествующим геологическим исследованиям отмечается, что кривые ВЭЗ в пунктах 91, 92 профиля 4 у реки Витим, профиля 5 вдоль поймы р. Конда искажены влиянием зон реликтовой мерзлоты [Геология..., 1984а].

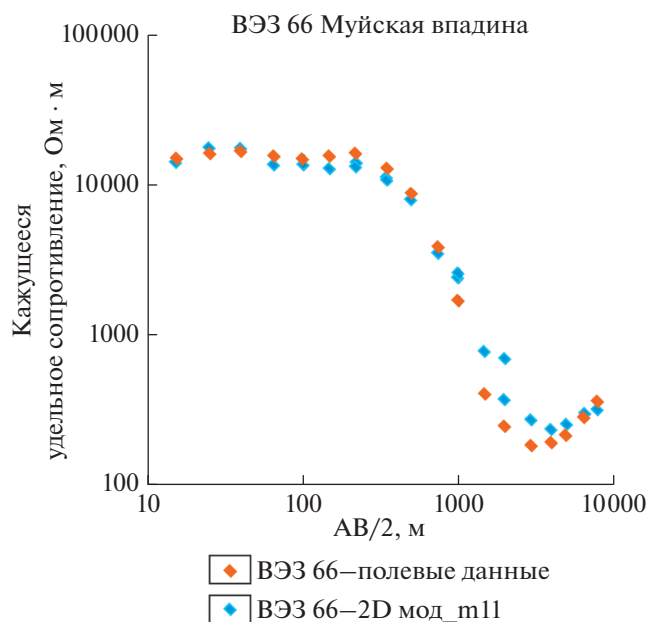


Рис. 7. Кривая ВЭЗ 66. Сравнение результатов 2D-моделирования с полевыми данными (Модель 11). Средняя погрешность 7.9%.

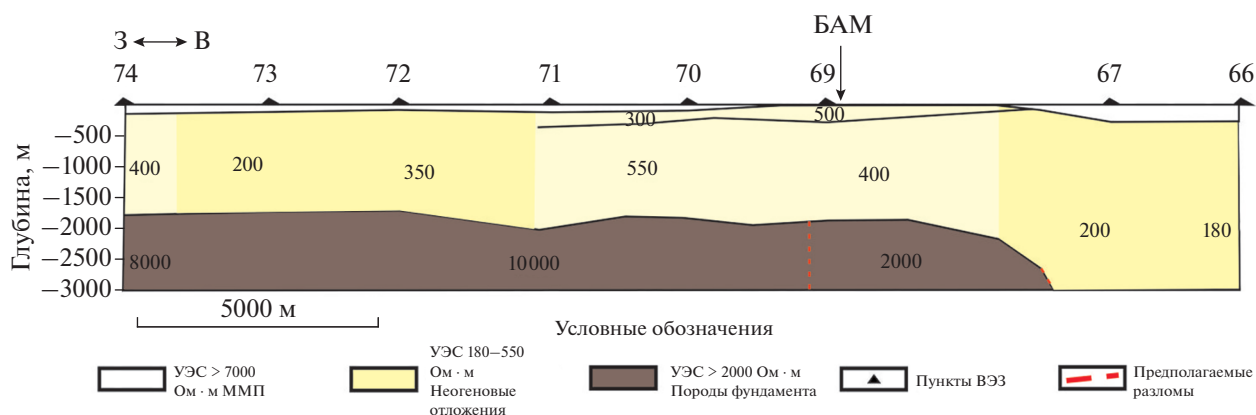


Рис. 8. 2D-модель по профилю 1 (m11).

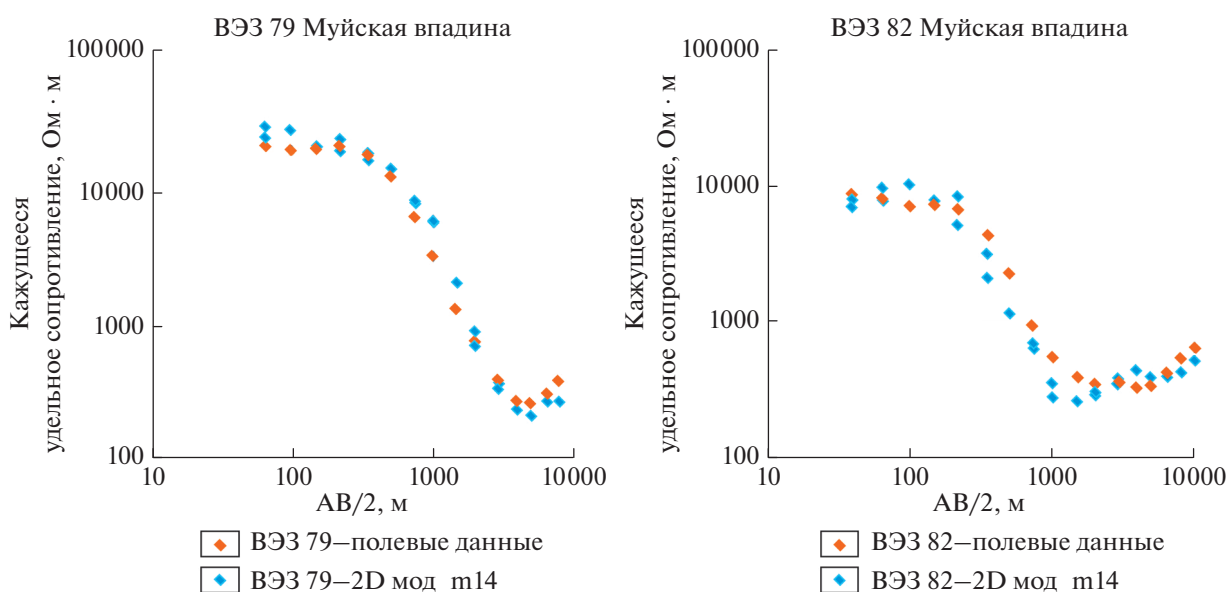


Рис. 9. Кривые ВЭЗ 79, 82. Сравнение результатов 2D-моделирования с полевыми данными. Средняя погрешность для ВЭЗ 79 – 10.24%, для ВЭЗ 82 – 13.3%.

Осадочный чехол и фундамент Муйской впадины имеет ярко выраженное блоковое строение (рис. 12). Совместный анализ мощности осадочного заполнения впадины по представленным разрезам и карте глубин до фундамента позволяет сделать вывод, что нельзя говорить о какой-либо средней глубине до кровли коренных пород во впадине. Для каждого из локальных бассейнов, образующих Муйскую депрессию, имеется свой диапазон глубин, причем они существенно меняются при переходе от одного блока к другому в каждом из бассейнов. Наибольшая мощность осадочного заполнения выявлена в северо-западной части Муйско-Куандинской впадины, где присутствует блок с мощностью осадков более 3500 м. Эта же часть впадины характеризуется чередованием блоков разной ширины, которые граничат между собой по разломам со значительным сдвигом по сместителю. Эти сдвиги достигают

1000 м и более, например, на разрезах по профилю 2 (ВЭЗ 66, 65), профилю 3 (ВЭЗ 83, 82), а также по профилю 4 (ВЭЗ 52, 51; ВЭЗ 93, 48).

На участках, где не получены глубины до фундамента сдвиги по сместителям могут быть еще больше (профили 2, 3). Глубины до фундамента, превышающие 2000 м, получены в восточной части Муйско-Куандинского бассейна, где трасса БАМ пересекает участок профиля 5. На этом участке ширина чередующихся разломных блоков составляет всего 2000–2500 м с присутствием в верхней части ММП. Можно отметить, что восточную и западную части этого бассейна разделяет приподнятый блок с мощностью осадков ~1000–1200 м.

Парамская котловина, северная часть локальной Улан-Макитской впадины характеризуются мощностью осадков в 1600–2000 м. Учитывая большое расстояние между пунктами ВЭЗ, для ряда разломных структур можно уверенно опре-

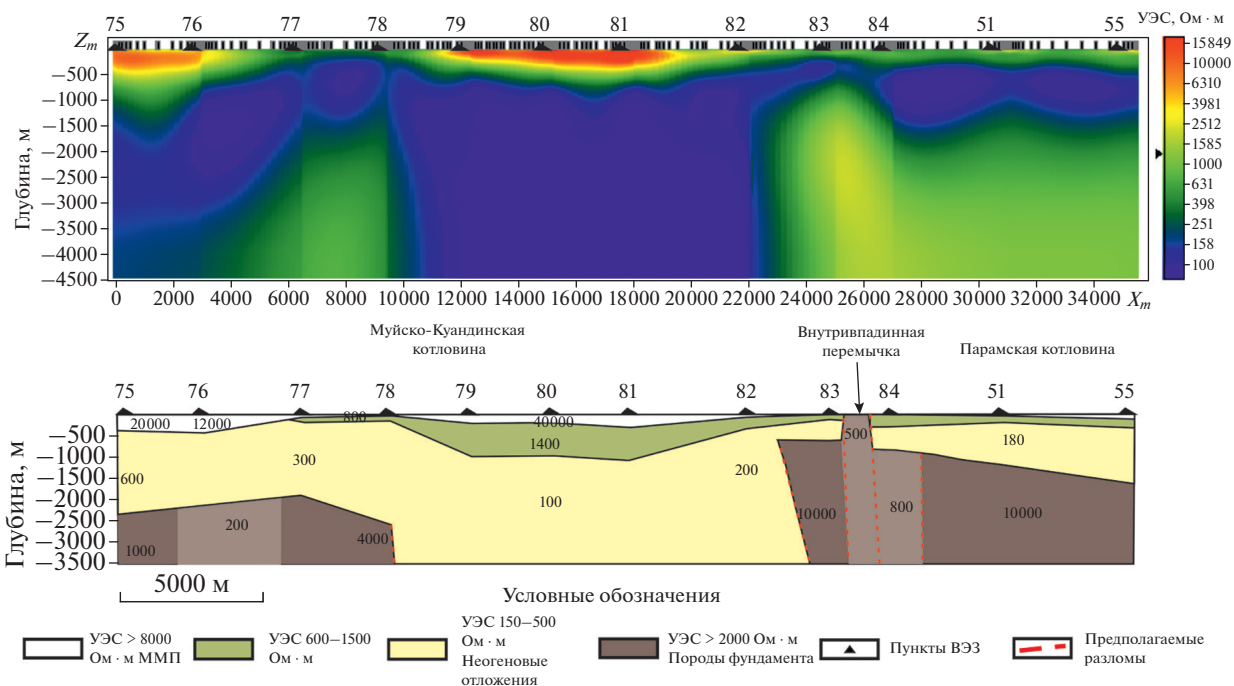


Рис. 10. Геоэлектрический разрез 1D- и результат двумерной инверсии модельных данных.

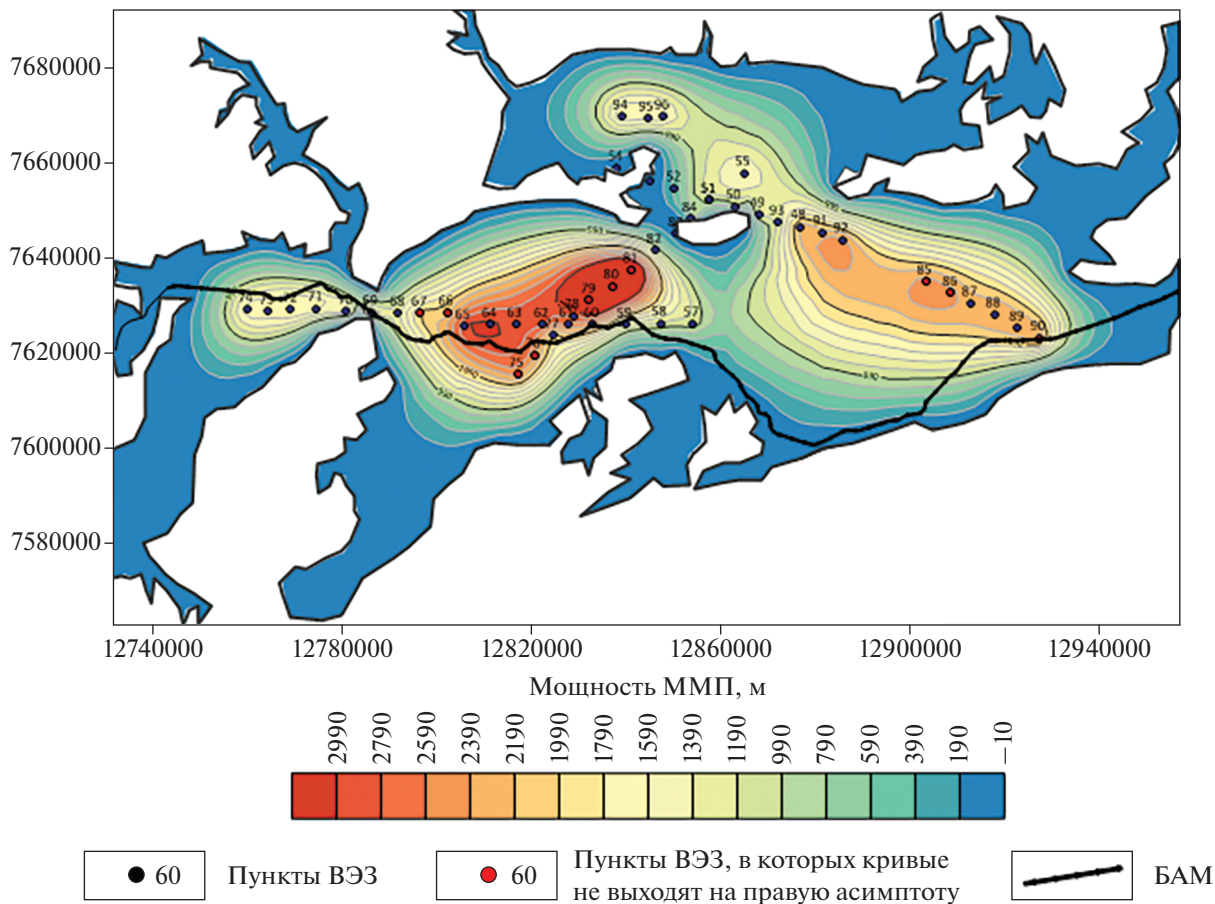


Рис. 11. Карта распределения многолетнемерзлых пород.

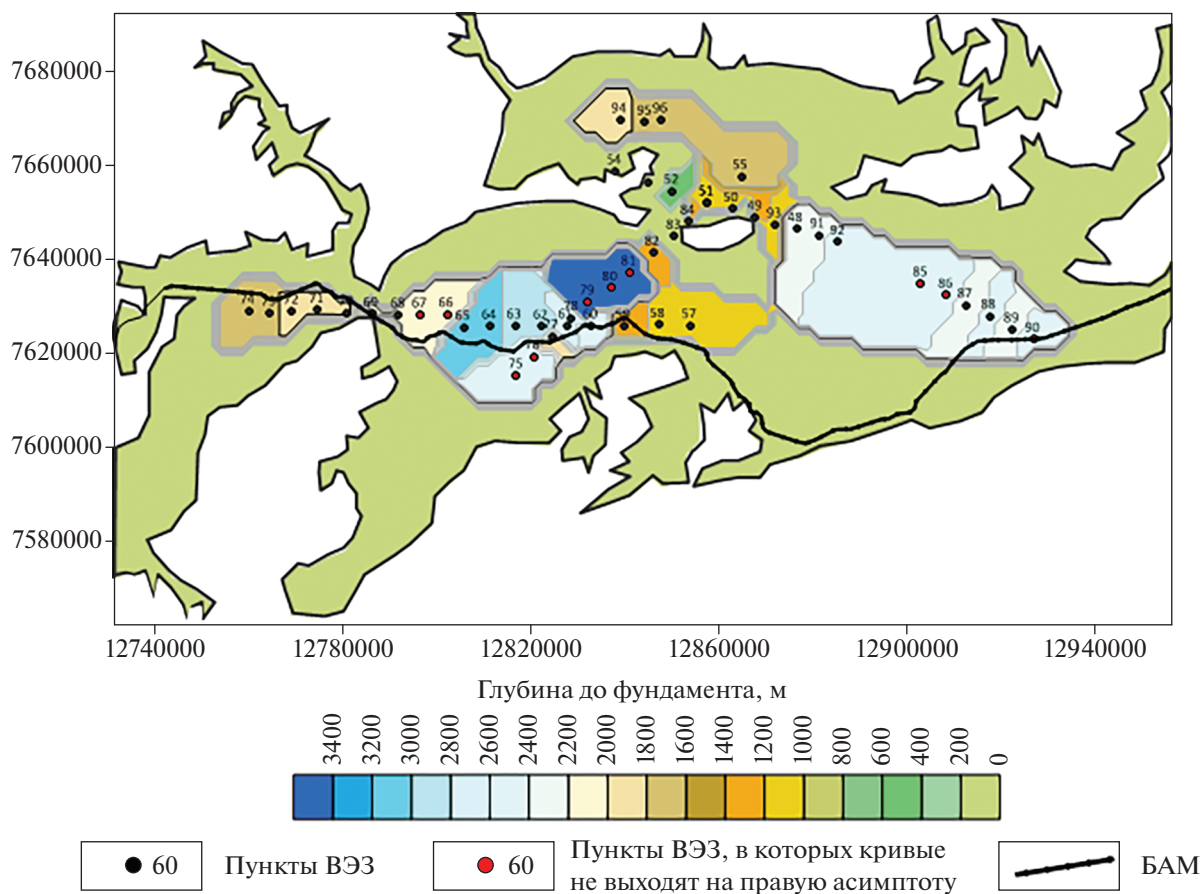


Рис. 12. Карта глубин до кровли фундамента.

делять только сдвиги по сместителям, а геоэлектрические характеристики непосредственно разломной зоны определить сложно. Хорошо выделяются блоки с пониженными значениями УЭС, скорее всего, их следует отнести к трещиноватым ослабленным зонам. Например, на рис. 8 приведен разрез по профилю 1 с учетом результатов 2D-моделирования. На этом разрезе наблюдается ступенчатое погружение в восточном направлении по разломным нарушениям серии блоков с пониженными значениями УЭС.

Можно охарактеризовать интервалы профилей, по которым проходит железнодорожная магистраль. Для участка трассы БАМ в районе профиля 1 (ВЭЗ 69, 68) значения УЭС опорного горизонта понижаются до 2000 Ом·м, по сравнению с западными блоками, что может быть связано с повышенной трещиноватостью геологической среды, присутствием дизъюнктивов. Если рассмотреть аналогичные участки пересечения трассой БАМ профиля 2 (ВЭЗ 59, 60) и профиля 3 (ВЭЗ 76, 77), на них геоэлектрические параметры также резко меняются, в частности УЭС фундамента падает до 600–400 Ом·м, что свидетельствует о присутствии повышенной трещиноватости. Кроме того, на профиле 2 в районе трассы

БАМ мощность ММП составляет 200 м (ВЭЗ 59, а на профиле 3 выделяется зона ММП достигающая 400 м (ВЭЗ 76, 77). Восточный участок магистрали также проходит по мерзлым породам (ВЭЗ 89, 90 профиля 5), рис. 11. Геоэлектрический разрез по профилю 5 в восточной части характеризуется раздробленным фундаментом, на карте глубин до поверхности фундамента наблюдается чередование мелких блоков, разделенных разломами (рис. 12).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для статьи привлечены уникальные данные ВЭЗ с максимальными разносами генераторной линии АВ/2 до 10 км. Следует отметить, что качество архивных материалов высокое, так как исполнители скрупулезно следовали инструкциям и регламенту полевых работ методами электро-разведки. Погрешности измерений по повторным зондированиям не превышали 5%. Полагаем, что в настоящее время такие работы невозможны по целому ряду причин. В первую очередь, зондирования на постоянном токе с большими разносами очень трудоемки, в ходе съемки следует учитывать топографию, климат северных территорий, сложные условия заземле-

ния. Кроме того, на сегодня имеются развитые технологии нестационарных электромагнитных зондирований, которые можно выполнить с меньшими затратами. Но так как после 80 гг. прошлого столетия геофизических работ на территории Муйской впадины не проводилось, современная интерпретация архивных данных ВЭЗ дает возможность получить наглядные представления о строении впадины, количественные оценки геоэлектрических параметров осадочного заполнения и фундамента. Поставленная цель исследования была достигнута. В результате интерпретации построены геоэлектрические двумерные разрезы по профилям наблюдений, верифицированные численным моделированием, выделены ослабленные блоки фундамента, разделенные разломами, подтверждены предполагаемые по геологическим данным смещения по разломам, достигающие 1000 м. Представлены карты глубин до кровли фундамента и зон развития многолетнемерзлых пород. Разрезы и карты могут быть интересны широкому кругу специалистов-геологов, которые занимаются структурной геологией, геодинамикой, исследованиями многолетнемерзлых отложений. Железнодорожный путь БАМ, обеспечивающий доступ к месторождениям Забайкалья и перевозку грузов на Дальний Восток, частично разгружает Транссибирскую магистраль. В связи с началом модернизации обеих магистралей актуальны сведения о строении Муйской депрессии по территории которой проходит более 150 км Байкало-Амурской магистрали.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200000. Серия Бодайбинская. Лист О-50-XXXI. Объяснительная записка, А.А. Малышев / С.А. Гурулев (ред.). М. 1960.

Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200000. Серия Бодайбинская. Лист О-50-XXXII. Объяснительная записка, Е.Е. Зеленский / А.А. Малышев (ред.). М. 1978.

Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200000. Серия Бодайбинская. Лист О-50-XXXIII. Объяснительная записка, Ю.В. Алешко, И.В. Стоблина / А.Л. Ставцев (ред.). М. 1978.

Геология и сейсмичность зоны БАМ. Глубинное строение / Н.Н. Пузырев, М.М. Мандельбаум. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение. 1984. 172 с.

Геология и сейсмичность зоны БАМ. Кайнозойские отложения и геоморфология. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение. 1983. 170 с.

Геология и сейсмичность зоны БАМ. Сейсмогеология и сейсмическое районирование. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение. 1985. 190 с.

Геология и сейсмичность зоны БАМ. Неотектоника. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение. 1984. 207 с.

Джурик В.И., Брыжак Е.В., Серебренников С.П. К разработке региональной методики прогноза параметров сейсмических воздействий восточного фланга Байкальской сейсмической зоны при деградации мерзлоты // Международный научно-исследовательский журн. 2019. № 11(89). Ч. 1. С. 92–97.

Зорин Ю.А. Новейшая структура и изостазия Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий. М.: Наука. 1971. 168 с.

Логачев Н.А. История и геодинамика Байкальского рифта // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 5. С. 391–406.

Лунина О. В., Гладков А.С. Активные разломы и напряженное состояние земной коры северо-восточного фланга Байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 2. С. 146–160.

Лунина О.В. Разломы плиоцен-четвертичной активизации юга Восточной Сибири и их роль в развитии сейсмически индуцированных геологических процессов. Дисс., докт. геол.-мин. наук. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2015. 359 с.

Соотношение древней и кайнозойской структур в Байкальской рифтовой зоне. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение. 1979. 126 с.

San'kov V., Deverchere J. et al. Geometry and rate of faulting in the North Baikal Rift, Siberia // Tectonics. 2000. V. 19. № 4. P. 707–722.

The Structure of the Muya Basin of the Baikal Rift Based on the Interpretation of the Archival Vertical Electrical Sounding Data

A. M. Sanchaa^{a, *} and N. N. Nevedrova^{a, **}

^aTrofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

*e-mail: SanchaaAM@ipgg.sbras.ru

**e-mail: NevedrovaNN@ipgg.snras.ru

Results of the interpretation of the archival vertical electrical sounding data obtained in the Muya Basin of the Baikal Rift Zone are presented. Numerical modeling is carried out to verify the results. The zones of the permafrost rocks are identified; the depths to the basin's basement are established.

Keywords: Muya Basin, Baikal Rift Zone, vertical electrical soundings, numerical modeling, Baikal-Amur Mainline