

¹*Е. В. Поспеева, ¹В. В. Потанов*

Глубинное строение верхней части земной коры вдоль профиля п. Бурмистрово – п. Маслянино по данным магнитотеллурических зондирований

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Российская Федерация
*e-mail: pospееvaev@ipgg.sbras.ru

Аннотация. Представлены результаты магнитотеллурических исследований, выполненных по профилю п. Бурмистрово - п. Маслянино. Профиль расположен в зоне сопряжения южной окраины Западно - Сибирской плиты и ее горно-складчатого обрамления – Алтае-Саянской складчатой области и включает в себя элементы четырех крупных тектонических структур – Колывань-Томской складчатой зоны, Горловского прогиба, Западного и Восточного Салаира. Показаны основные различия в геоэлектрическом строении верхней части разреза земной коры этих структур, а также блоков, выделяемых в их пределах.

Ключевые слова: магнитотеллурическое зондирование, удельное электрическое сопротивление, геоэлектрический разрез, Колывань-Томская складчатая зона, Горловский прогиб, Хмелевской прогиб, Салаир

E. V. Pospееva^{1}, V. V. Potapov*

Depth structure of the upper part of the Earth's crust along the profile Burmistrovo - Maslyanino according to the data of magnetotelluric soundings

¹Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: pospееvaev@ipgg.sbras.ru

Abstract: The results of magnetotelluric studies carried out along the profile of Burmistrovo - Maslyanino settlement are presented. Burmistrovo - Maslyanino settlement. The profile is located in the zone of conjugation of the southern margin of the West Siberian plate and its mountainous folded frame - the Altai-Sayan folded region and includes elements of four major tectonic structures - the Kolyvan-Tomsk folded zone, Gorlovka trough, Western and Eastern Salair. The main differences in the geoelectric structure of the upper part of the crustal section of these structures, as well as the blocks identified within them, are shown.

Keywords: magnetotelluric sounding, electrical resistivity, geoelectric section, Kolyvan-Tomsk folded zone, Gorlovka trough, Khmelevskoi Trough, Salair

Введение

Магнитотеллурические исследования по профилю п. Бурмистрово – п. Маслянино являются продолжением работ, начатых в 2018 году лабораторией геоэлектрики по изучению глубинного строения юга Западной Сибири. Профиль расположен в зоне сопряжения южной окраины Западно-Сибирской плиты и ее горно-складчатого обрамления – Алтае-Саянской складчатой области и включает в себя элементы трех четырех тектонических структур – Колывань-Томской складчатой зоны (КТСЗ), Горловского прогиба, Западного и Восточного Салаира. В геологическом строении района принимают участие карбонатные, вулканогенно-осадочные и осадочные формации, возраст которых находится в пределах от раннего кембрия до поздней перми [1, 3]. Складчатый фундамент сложен палеозойскими и допалеозойскими образованиями, а отложения чехла представлены слабодислоцированными породами мезозоя и кайнозоя. Широко развиты коры выветривания мел-палеогенового возраста, перекрытые образованиями платформенного чехла [4, 6]. В районе исследования выделяется несколько систем дизъюнктивных дислокаций, наиболее древняя из которых заложилась в конце раннего кембрия. Она представляет собой долгоживущие разрывные нарушения сбросового характера, отделяющие КТСЗ и Северо-западный Салаир от Горловского прогиба, а также ряд разломов в пределах КТСЗ и Салаира, разделяющих его структуры на отдельные блоки. Вторая система разрывных нарушений, сформированная в заключительную фазу герцинского тектогенеза, имеет сдвиго-вбросовой характер и прослеживается, главным образом, в КТСЗ и Горловском прогибе и теряется в структурах Северо-западного Салаира. Третья система разрывных нарушений заложилась на орогенном этапе развития КТСЗ. В обстановке сжатия формировались надвиговые структуры, в результате чего верхнедевонские образования пачинской свиты были надвинуты на нижнекаменноугольные отложения Горловского прогиба, а они в свою очередь надвинуты на структуры северо-Западного Салаира [2]. Развитие этих систем разрывных нарушений, различных по времени их развития и кинематики привело к образованию линейно-блоковой складчатой тектонической структуры и, как следствие, к линейно-блоковому размещению магматических и метаморфических структур. В связи с чем целевым назначением настоящих исследований было изучение блоковой структуры территории исследования методом МТЗ.

Методы и материалы

В полевой сезон 2023 года отработан 100 километровый профиль п. Бурмистрово – п. Маслянино. Работы МТЗ выполнялись тремя комплектами Российской аппаратуры «Nord Plus» компании «Северо-Запад», которая осуществляет регистрацию компонент магнитотеллурического поля в расширенном диапазоне периодов: 0.0001 – 1000 секунд. Это позволило детально изучить геоэлектрическое строение верхней части разреза земной коры. Для первичной обработки полученных данных использовалось программное обеспечение «Epi-Kit» и «МТ-корректор», поставляемые в комплекте с аппаратурой. Шаг наблюдений по профилю в среднем составил 5 км, длительность записи 19-22 часов.

Результаты

Изученный профиль пересекает элементы трех крупных тектонических структур КТСЗ, Горловского прогиба, Западного и Восточного Салаира. Северо-восточную часть профиля занимают Колывань-Томская (КТСЗ) и Горловская зоны (рис.1).

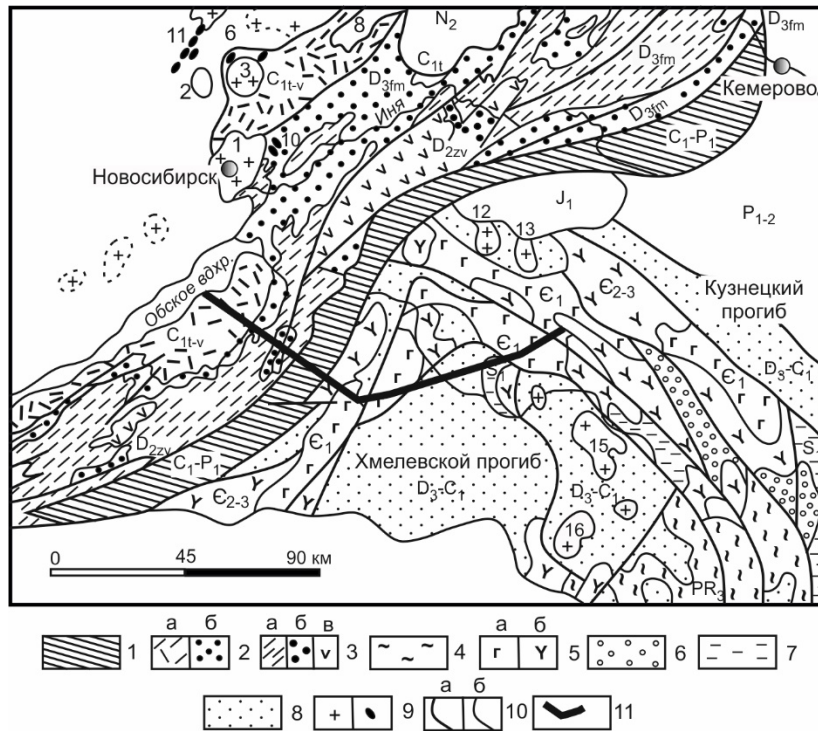


Рис.1 Схема геологического строения Колывань-Томской складчатой зоны и Северо-Западного Салаира [5]

1 – карбонатно-терригенные отложения Горловско-Зарубинского прогиба (C_1-P_1); 2 – флишеидные сланцево-песчано-алевролитовые отложения Новосибирского прогиба (а – C_{1t-v} , б – D_{3fm}); 3 – вулканогенно-карбонатно-терригенные отложения Бугокатско-Митрофановского поднятия (а – D_{3f} , б – D_{2zv2} , в – D_{2zv1}); 4-8 – образования Салаира: 4 – карбонатно-кремнисто-вулканогенные (PR_3), 5 – терригенно-карбонатно-вулканогенные (а – E_1 ; б – E_2-O_1 , 6 – карбонатно-терригенные флишеидные (E_3-O_1), 7 – терригенно-карбонатные (S_1), 8 – карбонатно-терригенные (D_3-C_1); 9 – массивы гранитоидов (а) и габброидов (б): 1 – Новосибирский, 2 – Колыванский, 3 – Барлакский, 4 – Орловский, 5 – Обской, 6 – Седовозаимский, 7 – Алферовский, 8 – Ташаринский, 9 – Шумихинский, 10 – гусинобродские дайки, 11 – паутовский интрузивы, 12 – Улантовский, 13 – Коуракский, 14 – Елбанский, 15 – Выдрихино-Федосеевский, 16 – Залесовский; 10 – границы: а – тектонические, б – стратиграфические; 11 – профиль МТЗ.

КТСЗ является северной обнаженной частью Обь-Зайсанской складчатой системы Центрально-Азиатского складчатого пояса с возрастным диапазоном стратифицированных комплексов пород от среднего девона до раннего карбона. В составе зоны установлены среднедевонская вулканогенно-карбонатная формация (бугокатская и тогучинская свиты нерасчлененные), алевролито-глинистая битуминозная (пачинская свита) и песчано-алевролитовая (юргинская свита) формации верхнего девона, а также карбонатно-терригенная формация (инская серия). Эти формации характеризуют герцинский структурный ярус. В пределах КТСЗ выделен Новосибирский прогиб и Бугокатско-Митрофановское поднятие, контрастно различающиеся по особенностям распределения удельного электрического сопротивления (УЭС). В *Новосибирском прогибе* широко распространены глинистые сланцы, аргиллиты, алевролиты с прослоями мергелей и известняков, углистых сланцев, которые подразделяются на четыре геоэлектрических горизонта (рис.2).

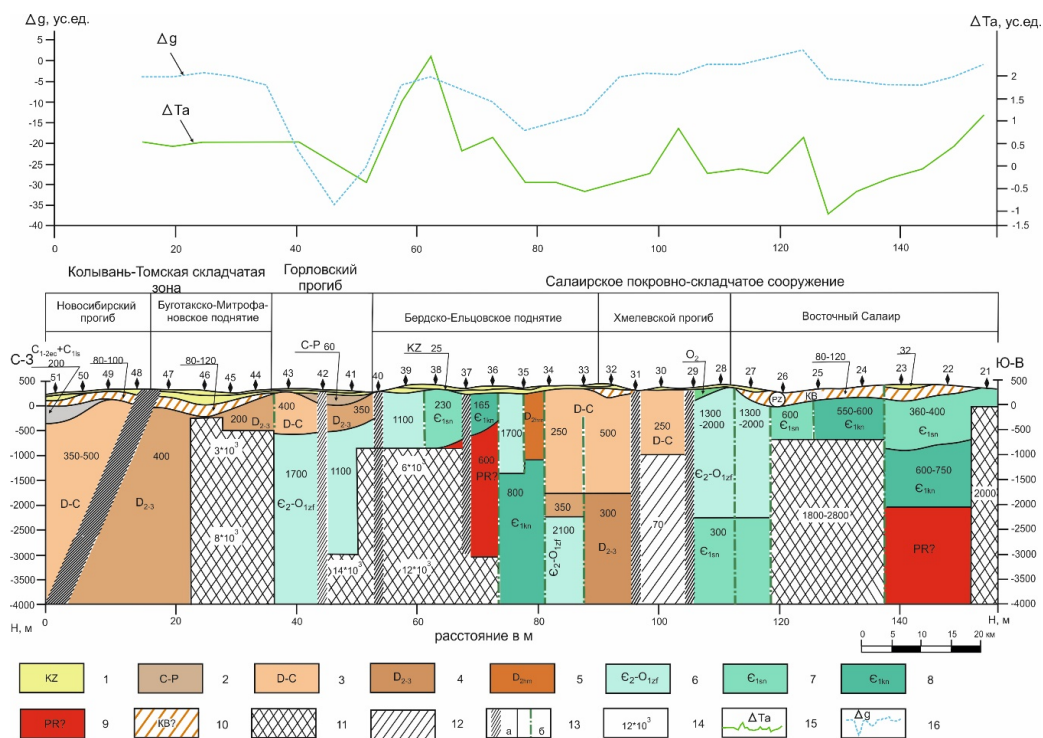


Рис.2 Геоэлектрический разрез по данным МТЗ

1 – современные отложения; 2 – отложения карбона-перми; 3 – отложения девона-карбона; 4 – отложения среднего-верхнего девона; 5 – отложения хмелевской свиты среднего девона; 6 – зелено-фиолетовая серия: покровные фации и осадочные породы; 7 – отложения суенгенской свиты нижнего кембрия; 8 – отложения кинтерепской свиты нижнего кембрия; 9- отложения докембрия; 10 – кора выветривания; 11 – области повышенных значений УЭС; 12– область пониженных значений УЭС; 13 – разрывные нарушения, выделенные по данным МТЗ: а – зоны трещиноватости, б - разломы; 14 – значения УЭС в Ом·м, 15- график магнитного поля, 16 – график гравитационного поля.

Самый верхний представлен маломощными (25-80 м) современными осадками со значениями УЭС 25-35 Ом·м, которые подстилаются отложениями коры выветривания с сопротивлением 70-100 Ом·м. Третий геоэлектрический горизонт представлен объединенными отложениями елбашинской и ельцовской свит нижнего-среднего карбона с УЭС 200 Ом·м, мощность которых уменьшается в юго-восточном направлении с 400 м до полного выклинивания на границе с Бугокатско-Митрофановским поднятием. Нижний горизонт представлен объединенными отложениями девона-карбона с УЭС 350-500 Ом·м и мощностью около 3000 м. В пределах *Бугокатско-Митрофановского поднятия* породы представлены переслаивающимися песчаниками и алевролитами среднего-верхнего девона, которые объединяются в третий геоэлектрический горизонт (рис.2). Мощность горизонта более 3000м, УЭС изменяется от 200 до 400 Ом·м. Выше по разрезу, как и в пределах Новосибирского прогиба, выделяются второй и первый геоэлектрические горизонты, приуроченные к отложениям коры выветривания и кайнозойским осадкам (рис.2). На глубине 300-500 м в районе п.п. 46-44, среди вулканогенно-осадочных пород среднего девона залегают породы бугокатского интрузивного комплекса ($\beta\alpha\lambda$) D₂, представленные базальтовыми, диабазовыми порфиридами и плагиориолитовыми гранитами. Они формируют в геоэлектрическом разрезе неоднородность с высокими значениями УЭС, которые изменяются от $3 \cdot 10^3$ до $18 \cdot 10^3$ Ом·м. Это хорошо согласуется с данными гравиразведки, согласно которым, неоднородности соответствуют повышенные значения гравитационного поля (рис.2). Границей между Новосибирским прогибом и Бугокатско-Митрофановским поднятием служит разломная зона северо-восточного простирания, представляющая собой мощную зону дробления.

К востоку от КТСЗ располагается *Горловский прогиб*, который является структурой второго порядка Горловской зоны, которая представляет собой глубокую и очень узкую, шириной 12-15 км грабен-синклиналь, вытянутую в северо-восточном направлении более чем на 200 км. В пределах изученного профиля Горловский прогиб сложен породами верхнегерцинского подъяруса, представленного нижнемолассовой формацией (елбашинская свита) и угленосной формацией (балахонская серия) которые формируют второй геоэлектрический горизонт со значениями сопротивления 60-90 Ом·м и мощностью 300 м, которая постепенно уменьшается в северо-западном направлении до полного выклинивания в районе п.п. 44-43. Сверху породы второго горизонта перекрыты кайнозойскими осадками первого геоэлектрического горизонта, а снизу подстилаются породами третьего геоэлектрического горизонта. Последние представлены объединенными отложениями среднего и верхнего девона с УЭС 350-400 Ом·м и мощностью 500 - 800 м. Четвертый геоэлектрический горизонт приурочен к зелено-фиолетовой серии верхнего кембрия – нижнего ордовика, представленными аргиллитами, лавами базальтов, дайкообразными телами габбро-порфиритов, характеризуется самыми высокими значениями УЭС, варьирующими от 1100 до 1700 Ом·м. Мощность горизонта составляет около 2500 м (рис. 2). В центральной части Горловского прогиба картируется разломная зона, разделяющая прогиб на восточную и западную части.

Юго-восточная часть профиля располагается в пределах Западно-Салаирской зоны, которая представляет собой крупный, сложно построенный антиклинорий и характеризуется блоковым строением [2, 3]. Она разделяется на Бердско-Ельцовское поднятие и Хмелевской прогиб (рис.2). Блоки имеют различные размеры, ограничены крупными дизъюнктивными нарушениями и содержат пликативные дислокации различного порядка и морфологии.

В пределах Западно-Салаирской зоны выделяются два структурных яруса: салаирский и герцинский. *Салаирский ярус* представлен карбонатной (кинтерепская свита), вулканогенно-карбонатной терригенной (суенгинская и печеркинская свиты) и флишоидной (зелено-фиолетовая серия) формациями, которые прорваны дайками и малыми интрузиями трахиандезибазальтовой формации. *Герцинский ярус* представлен мелководной карбонатно-терригенной (шандинская и мамонтовская свиты), вулканогенно-карбонатно-терригенной (соболевская свита) формациями, которые прорваны дайками и телами малых интрузий габбродиоритов андезит-базальтовой формации и карбонатно-терригенной формацией с дайками гранитоидной формации [2,3].

Бердско-Ельцовское поднятие

| ЭРА | ПЕРИОД | ОТДЕЛ | ЛИТОЛОГИЯ | Номер горизонта | Параметры геоэлектрических горизонтов | |
|----------------|--------------------------------|--|---|-----------------|---------------------------------------|-----------|
| | | | | | ρ , Ом.м | h, м |
| КАЙНОЗОЙ KZ | | | глины, пески с прослоями глин, алевролиты, глины алевролитистые с пиритом и сидеритом | 1 ¹ | 25-30 | 25-80 |
| | | | | 1 ² | 45 | 25-80 |
| ПАЛЕОЗОЙ PZ | D-C | объединенные отложения верхнего девона-нижнего карбона | известняки, аргиллиты, песчаники | 2 | 250 | 2500 |
| | D _{2hm} | хмелевская свита | песчаники, алевролиты, сланцы, гравелиты, мергели | 3 | 550 | 800 |
| | Є _{1sn} | суенгинская свита | переслаивание песчаников, гальки, мрамора, метабазаальты | 4 | 250 | 1100 |
| | Є _{1kn} | кинтерепская свита | известняки, гравелиты, песчаники | 5 | 160-200 | 1000 |
| | Є _{2-O_{1zf}} | зелено-фиолетовая серия | покровные фации и осадочные породы: алевролиты, аргиллиты, туфы, лавы базальтов | 6 | 500-1000 | 1100-2100 |
| ДОКЕМБРИЙ | | | карбонатные толщи | | | |

Рис.3 Литологический состав и параметры геоэлектрических горизонтов Бердско-Ельцовского поднятия

Бердско-Ельцовское поднятие характеризуется сложным геоэлектрическим строением с мелкоблоковой структурой. Блоки, разделенные между собой разрывными нарушениями, в основном представлены породами нижнего-среднего кембрия и только в районе п.п. 34-35 на поверхность выходят отложения хмелевской свиты среднего девона и в районе п.п. 33-34 нерасчлененные породы верх-

него девона – нижнего карбона (рис.2). Геоэлектрические характеристики и литологический состав блоков приведены на рисунке 3. На глубинах порядка 950-1000 м выделяется область с высокими значениями УЭС, вероятно обусловленная наличием в этом интервале разреза высокометаморфизованных пород.

Хмелевской прогиб является наложенной раннегерцинской структурой Западно-Салаирской зоны. Прогиб сложен комплексом отложений, имеющих возраст от раннего ордовика до раннего карбона. В пределах изученного профиля выделяется шесть геоэлектрических горизонта. Самый верхний представлен маломощными (25-80 м) современными осадками со значениями УЭС 20-40 Ом·м, которые подстилаются отложениями коры выветривания с сопротивлением 80 Ом·м (рис.2). Ниже залегают объединенные породы верхнего девона – нижнего карбона, которые формируют третий геоэлектрический горизонт с УЭС 500 Ом·м и мощностью около 1800 м. Четвертый геоэлектрический горизонт представлен нерасчлененными породами девона мощностью более 2000 м и УЭС 300-350 Ом·м. Подошва девонских отложений рассматривается как основание наложенного прогиба. В районе пунктов 28-29 на поверхность выходят отложения ордовика со значениями УЭС 60 Ом·м и мощностью 150 м. Ниже по разрезу залегают отложения шестого геоэлектрического горизонта, представленные зелено-фиолетовой серией среднего кембрия – нижнего ордовика. Сопротивление слоя составляет 1300-200 Ом·м, мощность более 2500 м. В центральной части Хмелевского прогиба выделяется область пониженных значения УЭС (70 Ом·м) с двух сторон ограниченная зонами дробления.

Восточный Салаир

| ЭРА | ПЕРИОД | ОТДЕЛ | ЛИТОЛОГИЯ | Номер горизонта | Параметры геоэлектрических горизонтов | |
|----------------|------------------|--------------------|--|-----------------|---------------------------------------|---------|
| | | | | | ρ , Ом·м | h, м |
| КАЙНОЗОЙ KZ | | | глины, пески с прослоями глин, алевроиты, глины алевролитистые с пиритом и сидеритом | 1 | 25-35 | 25-80 |
| | PZ | | кора выветривания | 2 | 80 | 100-120 |
| ПАЛЕОЗОЙ PZ | ϵ_{1sn} | суенгинская свита | переслаивание песчаников, гальки, мрамора, метабаазальты | 3 | 500 | 1800 |
| | ϵ_{1kn} | кинтерепская свита | известняки, гравелиты, песчаники | 4 | 500-700 | 1100 |
| ДОКЕМБРИЙ? | | | карбонатные толщи | | | |

Рис. 4. Литологический состав и параметры геоэлектрических горизонтов Восточного Салаира

Юго-восточное окончание профиля пересекает территорию Восточного Салаира, сложенную нижнекембрийскими отложениями суенгинской и кинтерепской свит (рис.2). Геоэлектрические характеристики и литологический состав геоэлектрических горизонтов приведены на рисунке 4.

Заключение

Основной особенностью геоэлектрического строения зоны сопряжения южной окраины Западно-Сибирской плиты и ее горно-складчатого обрамления – Алтае-Саянской складчатой области является ее принадлежность к четырем типам тектонических структур, принципиально различающихся по геологическому строению, времени формирования и типу тектонического развития. Проведенные исследования свидетельствуют о сложном блоковом строении земной коры изученной территории в целом, а также внутренних полей изученных тектонических структур (КТСЗ, Горловского прогиба, Западного и Восточного Салаира). В пределах последних выделена серия дизъюнктивных нарушений, образующих систему структурных блоков с различным типом геоэлектрического разреза.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных научных исследований (ФНИ) № FWZZ-2022-0024.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Колывань-Томской складчатой зоны, 1999. Издательство СО РАН, г. Новосибирск. – 231 с.
2. Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири. Т. 1. Геологическое строение. Новосибирск: Изд-во СО РАН НИЦ ОИГГМ, 1999, 228 с.
[Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Кузбасская. Масштаб 1:200000. Лист N-45-XIII (Маслянино): Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015. 276 с.].
3. Мегакомплексы и глубинная структура земной коры Алтае-Саянской складчатой области / В.С. Сурков, В.П. Коробейников, А.В. Абрамов и др. М:Недра, 1988, 195 с.
4. Металлогения кор выветривания Сибири (золото, бокситы, марганец и др.)/ Родин Р.С., Кужельный Н.М., Гесс Л.В. и др.//Проблемы золотоносных кор выветривания Сибири. Красноярск, 1998, С. 13-17.
5. Минерагения области сочленения Салаира и Колывань-Томской складчатой зоны. 2001, Новосибирск. Издательство СО РАН Филиал «ГЕО». 243 с.
6. Обрамление Западно-Сибирской равнины – новая провинция золоторудных месторождений коры выветривания/ Калинин Ю.А., Росляков Н.А., Нестеренко Г.В. и др. // Геология и геофизика, 1999. Т. 40, № 6, С. 884-895.

© *Е. В. Поснеева, В. В. Потанов, 2024*