

Е. М. Лобастова¹✉

Структурно-тектонические особенности Салаирского складчато-покровного сооружения по данным магнитотеллурического зондирования

¹ Новосибирский национальный исследовательский университет,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: e.lobastova@g.nsu.ru

Аннотация. Изучение глубинного строения литосферы в связи с тектоникой, магматизмом и размещением полезных ископаемых различного генезиса является одной из актуальных задач современной геологии, решение которой имеет важное практическое значение для расширения минерально-сырьевой базы страны. В связи с исчерпанием фонда «легкораскрываемых» месторождений первостепенное значение приобретают исследования «закрытых» территорий, в пределах которых объекты поисков перекрыты образованиями различного генезиса. При этом на передний план выдвигаются структурно-тектонические критерии прогнозирования потенциально рудных территорий на базе геофизических критериев прогнозирования. Одним из эффективных методов, позволяющих изучать структурно-тектонические особенности земной коры потенциально рудоносных территорий, является метод магнитотеллурического зондирования (МТЗ). Представлены результаты магнитотеллурических зондирований по профилю, пересекающему Западно-Салаирскую зону. Построены и проинтерпретированы глубинный геоэлектрический разрез и разрез верхней части земной коры. Выявлены структурно-тектонические особенности строения Салаира. Определено пространственное положение зоны повышенной электропроводности, ограниченной с двух сторон зонами дробления.

Ключевые слова: магнитотеллурические исследования, геоэлектрический разрез, удельное электрическое сопротивление, проводящие неоднородности, Салаирская полиметаллическая минерагеническая зона

Е. М. Lobastova¹✉

Structural and tectonic features of the Salair fold-cover structure according to magnetotelluric sounding

¹ Novosibirsk National Research University, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: e.lobastova@g.nsu.ru

Abstract. The study of the deep structure of the lithosphere in connection with tectonics, magmatism and location of minerals of different genesis is one of the urgent tasks of modern geology, the solution of which is of great practical importance for the expansion of the mineral resource base of the country. In connection with the exhaustion of the fund of ‘easy-to-discover’ deposits, the research of ‘closed’ territories, within which the objects of prospecting are overlapped by formations of different genesis, is of paramount importance. In this case, structural and tectonic criteria of forecasting potentially ore territories on the basis of geophysical forecasting criteria are brought to the forefront. Magnetotelluric sounding (MTZ) is one of the effective methods that allow studying structural and tectonic features of the Earth's crust of potentially ore-bearing territories. The results of magnetotelluric sounding along the profile crossing the West Salair zone are presented. The deep geoelectric and upper crustal sections are constructed and interpreted. Structural and tectonic features of the Salair structure were

revealed. The spatial location of the zone of increased electrical conductivity, limited on both sides by crushing zones, was determined.

Keywords: magnetotelluric studies, geoelectric section, specific electrical resistivity, conductive heterogeneities, Salair polymetallic mineralogenic zone

Введение

Салаирское покровно-складчатое сооружение (Салаир) расположено на северо-западе Алтае-Саянской складчатой области (АССО) Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП). В плане Салаир имеет форму подковы, обращенной выпуклой стороной на северо-восток. Складчатый фундамент сложен интенсивно дислоцированными породами допалеозойского и палеозойского возраста, сформировавшимися в ходе каледонского и герцинского тектогенеза. Осадочный чехол представлен слабо дислоцированными породами мезозоя и кайнозоя [1].

В пределах Салаирского складчато-покровного сооружения обнаруживаются значительные запасы рудных и нерудных полезных ископаемых. Это связано с многоэтапным геологическим развитием территории. Особую промышленную ценность представляют каменный и бурый уголь, железные, полиметаллические, нефелиновые руды, золото [2]. Золото является ключевым полезным ископаемым региона. Здесь известны его эндогенные, элювиальные и россыпные месторождения. На территории Салаирского кряжа установлено широкое распространение мел-палеогеновых кор выветривания и ассоциированных с ними продуктов ближнего переотложения. Представлены они линейными, линейно-площадными и площадными морфологическими типами [3]. Золото аккумулируется в корях выветривания и их переотложенных производных (карстовых и пролювиальных образованиях) в результате дезинтеграции и глубокого химического разложения рудного субстрата. Важно отметить, что существенная доля золота в четвертичных аллювиальных россыпях образовалась за счет эрозии меловых (первичных) и палеогеновых (переотложенных) кор выветривания. Прогнозные ресурсы золота в корях выветривания Салаирской минерагенической зоны весьма значительны [4].

Профиль магнитотеллурических исследований пересекает структуры севера Западно-Салаирской зоны и частично структуры Восточного Салаира в юго-восточном направлении (рис.1). Северо-Западный Салаир является старейшим горнорудным регионом в Сибири [5]. Пункты зондирования 27 и 26 расположены в зоне развития Салаирской полиметаллической минерагенической и пространственно совпадают с контурами Егорьевского рудного узла. Это наиболее известное месторождение коры выветривания Салаирской минерагенической области.

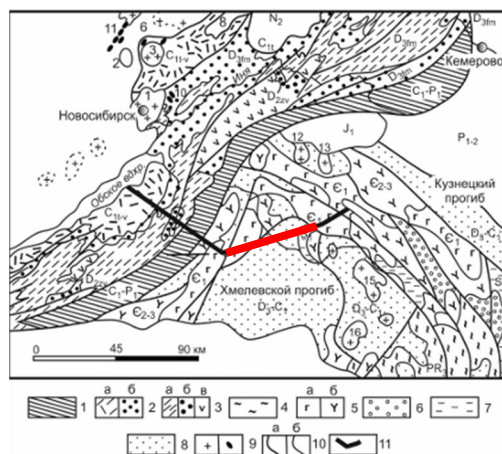


Рис.1. Схема геологического строения Колывань-Томской складчатой зоны и Северо-Западного Салаира [6]. 1 – карбонатно-терригенные отложения Горловско-Зарубинского прогиба ($C1-P1$); 2 – флишoidные сланцево-песчано-алевролитовые отложения Новосибирского прогиба (а – $C1t-v$, б – $D3fm$); 3 – вулканогенно карбонатно-терригенные отложения Бугокатско-Митрофановского поднятия (а – $D3f$, б – $D2zv2$, в – $D2zv1$); 4-8 – образования Салаира: 4 – карбонатно-кремнисто-вулканогенные ($PR3$), 5 – терригенно-карбонатно-вулканогенные (а – $C1$; б – $C2-O1$, 6 – карбонатно-терригенные флишoidные ($C3-O1$), 7 – терригенно-карбонатные ($S1$), 8 – карбонатно-терригенные ($D3-C1$); 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, красная линия – исследуемый профиль.

Целью настоящего исследования является выявление особенностей структурно-тектонического строения Салаира по данным магнитотеллурического зондирования в связи с высоким металлогеническим потенциалом изучаемой территории.

Методы и материалы

В рамках настоящего исследования рассматривается фрагмент профиля (п.п. 37-26) п.Маслянино-п.Бурмистрово [6]. Данный фрагмент имеет протяженность 55 км и полностью располагается в пределах Салаирской полиметаллической зоны. Измерения проводились Российской аппаратурой «Nord Plus» компании «Северо-Запад», обеспечивающей регистрацию компонент магнитотеллурического поля в расширенном диапазоне периодов: 0.0001 – 1000 секунд. Это позволило детально изучить геоэлектрическое строение верхней части разреза земной коры. Расстояние между пунктами зондирования 5 км. На этапе первичной обработки использовались стандартные программы обработки данных, входящие в комплект аппаратуры. Одномерная и двумерная инверсия выполнены в программном комплексе «WinGLink». Качественная и количественная интерпретация проводилась по методике, подробно рассмотренной в [7].

Результаты

По результатам качественной и количественной интерпретации данных магнитотеллурического зондирования определены параметры геоэлектрического разреза (удельное электрическое сопротивление (ρ) и мощность). Итоговый геоэлектрический разрез верхней части земной коры Салаирского складчато-покровного сооружения построен в рамках двумерной инверсии продольных кривых МТЗ (рис.2)

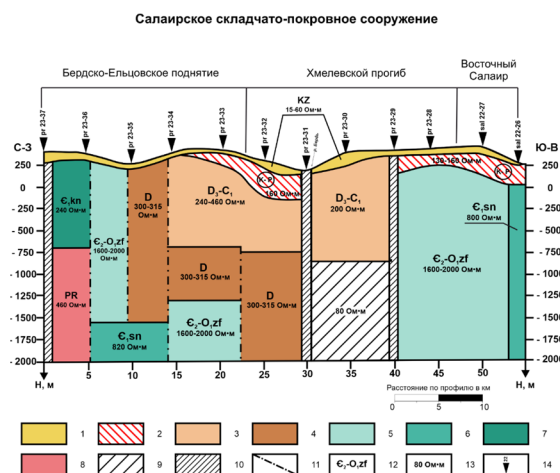


Рис. 2. Геоэлектрический разрез верхней части земной коры Салаирского покровно-складчатого сооружения. 1 – кайнозойские отложения, 2 – мел-палеогеновая кора выветривания, 3 – нерасчленённые отложения верхнего девона и нижнего карбона, 4 – нерасчлененные отложения девона, 5 – отложения среднего кембрия и нижнего ордовика, 6 – отложения нижнего кембрия суенгинской свиты, 7 – отложения нижнего кембрия кинтерепской свиты, 8 – протерозой, 9 – области пониженных значений удельного сопротивления, 10 – зоны дробления, 11 – разломные зоны, 12 – геологический возраст отложений, 13 – значения удельного электрического сопротивления в Ом·м, 14 – пункты МТ-зондирований

Глубинный геоэлектрический разрез был построен по алгоритму сглаживающей инверсии Оссам в программном комплексе WinGLink (рис.3).

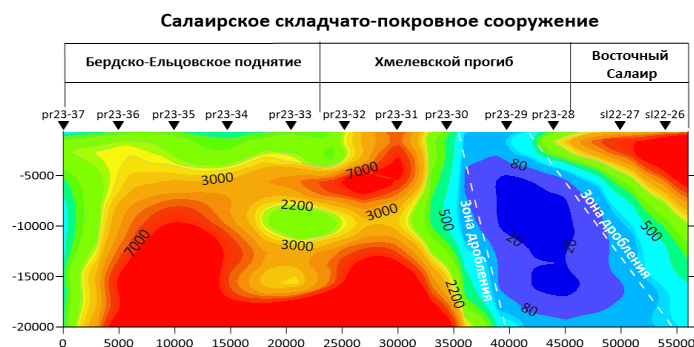


Рис. 3. Глубинный геоэлектрический разрез Салаирского складчато-покровного сооружения.

Обсуждение

Изученный профиль верхней части земной коры пересекает с северо-запада на юго-восток структуры Западного Салаира, частично затрагивая Восточный Салаир (рис.2). Западно-Салаирская зона представляет собой сложноскладчатую структуру регионального масштаба, которая имеет антиформную конфигурацию. Западный Салаир разделяется на Бердско-Ельцовское поднятие и Хмелевской прогиб. Хмелевской прогиб является раннегерцинской наложенной структурой Западно-Салаирской зоны. В пределах этих структур выделяют два яруса: салаирский, представленный кембрийскими и нижнеордовикскими вулканогенно-карбонатно-терригенными отложениями, и герцинский, сформированный девон-нижнекарбонскими вулканогенно-карбонатно-терригенными образованиями. Структурные ярусы разобщены стратиграфическим и угловым несогласиями. Наблюдаемые различия в степени нарушенности пород указывают на их формирование в различных геодинамических обстановках [2].

Первый геоэлектрический горизонт сложен кайнозойскими отложениями незначительной мощности от 50 до 130 м (15-60 Ом·м), перекрывающие мощную мел-палеогеновую кору выветривания (130-160 Ом·м) в области п.п. 33-32 и п.п. 28-26. Структуры Бердско-Ельцовского поднятия и Хмелевского прогиба характеризуются блоковым строением.

В строении Бердско-Ельцовского поднятия преобладает мелкоблоковая тектоника, что отчетливо проявляется в особенностях его геоэлектрического строения. Блоки разделены дизъюнктивными нарушениями. В северо-западной части поднятия (п.п. 37-36) наблюдаются выходы нижнего кембрия кинтерепской свиты (ϵ_{1kn}), сложенные серыми и темно-серыми известняками с прослоями зеленовато-серых разнотерригенных песчаников. На глубине 750 м выявлена зона повышенных значений УЭС 460 Ом·м, предположительно обусловленных наличием метаморфизированных образований. В районе п.п. 36-35 и п.п. 34-33 на глубине 1250 м выявляется серднекембрийская-нижнеордовикская зелёно-фиолетовая серия (ϵ_2-O_1zf), характеризующаяся интенсивно-дислоцированными терригенно-вулканическими отложениями, обуславливающих аномально высокие значения УЭС, которые варьируют от 1600 до 2000 Ом·м. На глубине 1500 м под п.п. 36-34 картируются породы нижнего кембрия суенгинской свиты (ϵ_{1sn}), удельное электрическое сопротивление которых составляет 820 Ом·м. В юго-восточной части прослеживаются нерасчленённые девонские (D) и верхнедевонские-нижнекаменноугольные (D_3-C_1) отложения, представленные карбонатно-терригенными породами с удельным электрическим сопротивлением от 240 до 460 Ом·м и мощностью более 1750 м (п.п. 35-31).

В пределах Хмелевского прогиба картируются зоны дробления (п.п. 31; п.п. 29), между которыми выявляется зона пониженных значений УЭС 80 Ом·м (п.п.30). Прогиб сложен нерасчленёнными девонскими (D) и верхнедевон-нижнекарбонными (D_3-C_1) породами с приведёнными ранее параметрами УЭС. В районе п.п. 29 прослеживаются геоэлектрический горизонт, представленный отложениями зелено-фиолетовой серии (ϵ_2-O_1zf).

Юго-Восточная часть геоэлектрического разреза в области структур Восточного Салаира (п.п. 27-26) выделяются блоки, сложенные породами зеленофиолетовой серии ($\epsilon_2\text{-O}_{1zf}$) и суенгинской свиты (ϵ_1sn). Разрез консолидированной коры характеризуется высокими значениями УЭС, достигающими более 7000 Ом·м (рис.2). В юго-восточной части профиля (п.п. 29) выделяется область аномально низких значений УЭС, контролируемая с двух сторон разломными нарушениями. Она представляет интерес в плане рудной специализации.

Заключение

Полученные результаты позволили выявить основные особенности геоэлектрического строения Салаирской полиметаллической минерагенической зоны.

В строении Бердско-Ельцовского поднятия преобладает мелкоблоковая тектоника, что отчетливо проявляется в особенностях его геоэлектрического строения. Блоки разделены дизъюнктивными нарушениями. В разрезе консолидированной коры в районе п.п. 31-29 выделена проводящая зона со значениями сопротивления менее 80 Ом·м, ограниченная с обеих сторон зонами дробления. Эта область может представлять интерес в плане рудной специализации.

Благодарности

Работа выполнялась под руководством д.г.-м.н., ведущего научного сотрудника Поспеевой Елены Валентиновны с использованием материалов предоставленных лабораторией геоэлектрики ИНГГ СО РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жимулев Ф.И., Поспеева Е.В., Новиков И.С., Потапов В.В. Глубинное строение Салаирского складчато-покровного сооружения (Северо-запад Центрально-Азиатского складчатого пояса) по данным магнитотеллурического зондирования. *Geodynamics & Tectonophysics* Volume 12 Issue 1, 2021. – 125-138 с.
2. Беляев В.И., Нечаев В.В., Дергачев В.Б., Зудин А.Н., Дагаев Ю.Г. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. 2-е изд. Серия Кузбасская. Лист N-45-ХІІІ (Маслянино). Объяснительная записка. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2015. – 276 с.
3. Росляков Н.А., Щербаков Ю.Г., Алабин Л.В. и др. Минерагения области сочленения Салаира и Колывань-Томской складчатой зоны. Новосибирск: Изд-во СО РАН. Филиал «ГЕО», 2001. – 243 с.
4. Бабин Г.А., Гусев Н.И., Юрьев А.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Алтай-Саянская. Лист N-45 – Новокузнецк. Объяснительная записка. – СПб.: картфабрика ВСЕГЕИ, 2007. – 665 с.
5. Росляков Н. А., Нестеренко Г. В., Калинин Ю. А., Васильев И. П. и др. Золотоносность кор выветривания. РАН, Сиб. отд-ние, Объед. ин-т геологии, геофизики и минералогии. Новосибирск: НИЦ ОИГГМ, 1995. – 170 с.
6. Е. В. Поспеева, В. В. Потапов. Глубинное строение верхней части земной коры вдоль профиля п. Бурмистрово – п. Маслянино по данным магнитотеллурических зондирований. Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XX Международный научный конгресс, 15–17 мая 2024 г., Новосибирск: сборник материалов в 8 т. Т. 2: Междуна родная научная конференция «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных иско паемых. Экономика. Геоэкология». – Новосибирск: СГУГиТ, 2024. № 4. – 266 с.
7. Неведрова Н.Н., Поспеева Е.В., Санчаа А.М. Интерпретация данных комплекса электромагнитных методов в сейсмоактивных районах (на примере Чуйской впадины Горного Алтая). *Физика земли*, 2011 год. №1. – 63-75 с.

© Е. М. Лобастова, 2025