

Кузин А.В. (Уральский государственный горный университет)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД БЕРЕЗОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕТОДОМ ВЭЗ

*Предметом исследования являются значения удельного электрического сопротивления глинистой коры выветривания горных пород вблизи золотоносной дайки гранит-порфира. Цель исследования — найти геологическое объяснение фактам повышения и понижения электрического сопротивления делювиальных и элювиальных суглинков на различных глубинах разреза. Методы исследования — детальные работы методом ВЭЗ, построение вертикального разреза сопротивлений, интерпретация кривых ВЭЗ, использование данных бурения скважины, геологических материалов. Установлено повышение электрического сопротивления слоев элювия, обогащенного вторичными минералами кварца, особенно вблизи дайки гранит-порфира. Результаты исследования можно использовать при интерпретации кривых ВЭЗ для выявления и уточнения профиля коры выветривания скальных пород. **Ключевые слова:** коры выветривания, электроразведка ВЭЗ.*

Kuzin A.V. (Ural state Mining University)

### RESEARCH PROFILE OF ROCK WEATHERING CRUST BEREZOVSKY GOLD DEPOSIT BY VEZ

*The subject of research are the values of the electrical resistivity of the weathering crust of clay rocks near the gold-bearing dykes of granite porphyry. The purpose of research — to find a geological explanation of the facts of raising and lowering the electrical resistance of eluvial and diluvial loams at different depths of the cut. Methods of study — detailed work by VES, the construction of the vertical resistivity maps, interpretation of VES curves, the use of drilling data, geological materials. Increase of electrical resistance layers eluvium enriched secondary quartz minerals, especially near the dykes of granite porphyry. Results of the study can be used in the interpretation of VES curves to identify and clarify the profile of the weathering crust rocks. **Key-words:** weathering crust rocks, VEZ electroinvestigation.*

При проведении электроразведочных работ методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) над выветренными скальными породами исследователи часто получают кривые НК-типа. Таким образом, удельное электрическое сопротивление (УЭС) геоэлектрических слоев изменяется сверху вниз в такой последовательности: низкое, высокое, низкое, высокое.

Верхний слой — это обычно делювиальные суглинки с УЭС порядка 20–80 Ом·м. Мощность их, как пра-

вило, составляет первые единицы метров, возраст формирования — четвертичный период.

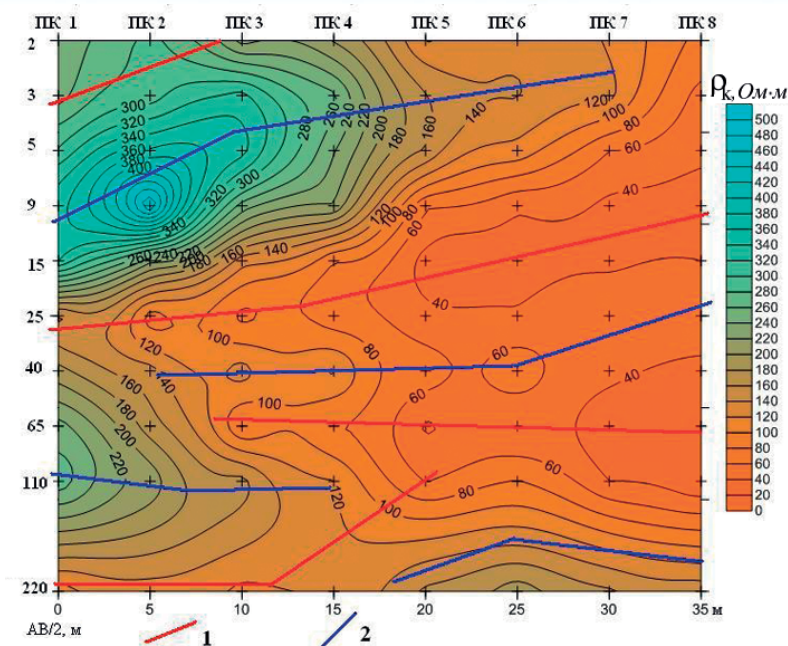
Объектом исследований являются второй и третий геоэлектрические слои. Это элювиальные структурные глины, глинисто-щебенистые грунты. Время их формирования на Урале — меловой период, когда здесь был влажный субтропический климат, способствующий интенсивному физико-химическому преобразованию скальных пород. Их выделяют в качестве единой формации мезозойской коры выветривания [4].

Нижний — опорный высокоомный слой (200–1000 Ом·м), отражающий УЭС собственно скальных пород различного состава, возраста, степени физического выветривания, прочности.

Нужно найти объяснение физическому парадоксу: почему УЭС второго слоя выше, чем третьего? Ведь в целом степень физического и химического выветривания скальных пород от поверхности в глубину снижается. В рассуждениях мы полагаем, что оба геоэлектрических слоя элювия находятся выше или ниже уровня грунтовых вод. Если последний разделяет элювий на аэрируемый и обводненный слои, то снижение сопротивления на большей глубине обусловлено наличием носителей тока в грунтовых водах.

Превышение УЭС вышележащего слоя в равной степени увлажненных глинисто-щебенистых пород мы должны объяснить особенностями минерального состава коры выветривания. В сборнике [3] приведены материалы исследования профилей коры выветривания палеозойских пород Урала, в том числе полученные на Березовском рудном поле. В верхней части коры выветривания пород кислого и среднего составов среди кор сиалитного типа выделен маршалитовый профиль, образующийся при высвобождении кремнекислоты из цемента кремнистых пород и обогащении ею отдельных продуктов (слоев) выветриваемых пород. В работе [5] приведены материалы о формировании профилей коры выветривания пород различного состава. Опираясь на обе эти работы, особенность различия геоэлектрических характеристик верхнего и нижнего слоев коры можно объяснить тем, что при физико-химическом выветривании силикатных пород из них освобождается кремнекислота, она фильтруется с грунтовыми водами вниз и формирует на определенном уровне гипергенные минералы кварца: халцедон, опал — в смеси с каолином. Формируется верхний слой с силикатным профилем коры выветривания, а под ним — слой глинистого профиля.

Автор в практике применения ВЭЗ при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях часто встречается с регистрацией кривых НК и А-типов, при интерпретации которых в геоэлектрический разрез целесообразно включать третий от поверхности низкоомный слой, отражающий наличие в нижней



**Рис. 1. Вертикальный разрез кажущихся сопротивлений (по ВЭЗ и МСГ) на субширотном профиле: 1 — оси минимумов значений кажущихся удельных электрических сопротивлений (УЭС), 2 — оси максимумов УЭС**

части коры выветривания глин, в то время как выше залегают более высокоомные, более прочные суглинки с гипергенными минералами кварца.

Рассмотрим пример геологической интерпретации результатов вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) детальной площадки в юго-восточной части Березовского золоторудного месторождения на Урале. Субширотный профиль ВЭЗ длиной 35 м включал 9 точек зондирования, расстояние между которыми 5 м. Установка ВЭЗ — трехэлектродная NMA с максимальным разносом 110 м, с питающим электродом В, отнесенным в северном направлении на 500 м. Кривая ВЭЗ № 41 снята симметричной установкой.

Профиль располагался в 7 м восточнее субмеридиональной субвертикальной золотоносной дайки гранит-порфиров Исаевкая. Мощность ее 10 м. Вмещающие породы — туфы базальтов [1]. В зоне контактового воздействия дайки (15–20 м) породы превращены в слюдисто-кварцевые сланцы, лиственитизированы.

На рис. 1 приведен вертикальный разрез сопротивлений, построенный по значениям кажущегося удельного электрического сопротивления (УЭС,  $\rho_k$ ), отнесенным к разносам питающей линии установки ВЭЗ. Как видно, субгоризонтальные зоны повышения и понижения  $\rho_k$  протягиваются от западной до восточной границы разреза. Корреляция зон повышения и понижения  $\rho_k$  от кривой к кривой показывает, что геоэлектрические параметры разреза носят не случайный характер, а обусловлены особенностями строения исследуемой площадки.

На рис. 2 приведены некоторые кривые ВЭЗ, номера их совпадают с номерами пикетов профиля. Кривая № 1 КНК-типа в западной части, вблизи дайки гранит-порфиров, характеризуется самыми высокими

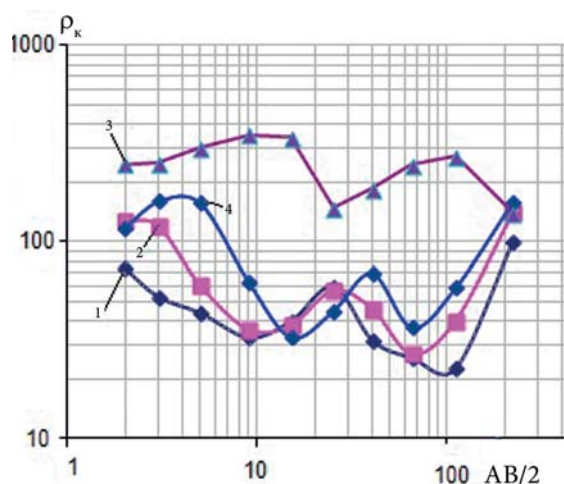
значениями  $\rho_k$ , ее нижняя часть показывает снижение УЭС. Таким образом, на этом пикете зондирование не достигло кровли высокоомного опорного слоя скальных пород. Кривые КНК-типа восточной половины профиля располагаются в более низкоомном разрезе, на забое обнаруживают высокоомный слой скальных пород. Наклон правых ветвей кривых 5, 7, 8 превышает  $45^\circ$ . Это можно объяснить тем, что последние значения  $\rho_k$  на полуразносе  $AB/2=220$  м добавлены на кривую с планшета метода срединного градиента, ориентированного в субмеридиональном направлении, т.е. условия растекания тока от питающих заземлений были несколько иные, чем в методе ВЭЗ.

Интерпретация кривых проведена в программе ipi2win в интерактивном режиме. По данным интерпретации построен геоэлектрический разрез (рис. 3).

Верхние два геоэлектрических слоя вскрыты канавами глубиной 1,5 м, вырытыми под столбы ограды, которая располагается вдоль профиля. Верхний геоэлектрический слой мощностью около 1 м с УЭС 113–250 Ом·м представлен делювиальным пластичным темно-коричневым суглинком.

Второй, мощностью 1–2 м, с УЭС 260–1260 Ом·м сложен светлой каолиновой глиной с большой долей кварцевого щебня. Это делювиально-коллювиальные отложения (переотложенная кора выветривания [3]) — продукты экзогенного разрушения дайки гранит-порфира и кварцевых жил в ней. Местность в районе профиля имеет уклон с запада на восток. На геоэлектрическом разрезе видно, что по мере удаления точек зондирования от дайки мощность этого слоя и его УЭС снижаются вместе с выклиниванием слоя.

Время формирования делювиально-коллювиальных продуктов разрушения гранит-порфировых даек, предположительно, начало четвертичного периода.



**Рис. 2. Кривые ВЭЗ на пикетах профиля исследований (указаны номера точек ВЭЗ, совпадающие с номерами пикетов, см. рис. 3)**



Наконец, обратимся к особенностям геоэлектрических параметров слоев, представляющих мезозойские коры выветривания. Таких слоев в исследуемом разрезе три.

Верхний из них (третий от поверхности) низкоомный. В западной половине профиля имеет мощность 7–11 м, его УЭС порядка 29–50 Ом·м. В восточной половине мощность его 3–4 м, УЭС — 10–15 Ом·м. По данным бурения скважины № 1, слой в интервале глубин 2,5–6 м представлен пластичными глинами бурого цвета с редким щебнем кварца. Судя по низким значениям сопротивления, консистенции глин, восточная половина слоя образовалась по породам среднего или основного состава [1]. Увеличение мощности и УЭС слоя в западной половине профиля исследований указывает на иной состав пород, подвергшихся выветриванию. Здесь вмещающие гранитную дайку туфы базальтов подверглись метасоматическому преобразованию, превращены в слюдисто-кварцевые сланцы, лиственитизированы, могли включать вкрапленность сульфидов. Известно, что в эндоконтактных зонах даек проходили метасоматические процессы с привнесением углерода, серы, калия, кальция, марганца [1, 2]. Продукты выветривания мета-

морфизованных пород более агрессивны, активны в процессах химического воздействия на скальную породу.

Средний слой элювиальных суглинков характеризуется мощностью от 20 м в западной половине до 4 м — в восточной, значениями УЭС 340–1420 Ом·м в западной, 157–316 Ом·м — в восточной. Это и есть слой маршалитового профиля коры выветривания. При бурении скважины шарошкой с продувкой воздухом в интервале 6–10 м шлам представлял собой кварцевую сыпучку. В литологической колонке по скважине интервал обозначен кварцевым песком. Но на восточной окраине г. Березовск нет аллювиальных кварцевых песков [3]. Кварцевая сыпучка получилась при разрушении коры выветривания, включающей существенную долю халцедона, опала. При инженерно-геологических изысканиях такой слой характеризуется относительно повышенной прочностью, не позволяет провести в нем динамическое зондирование.

Нижний слой элювия представлен структурными глинами по слюдистым сланцам и туфам базальтового состава. В западной части их УЭС достигает 60–70 Ом·м., в восточной — 10–17.

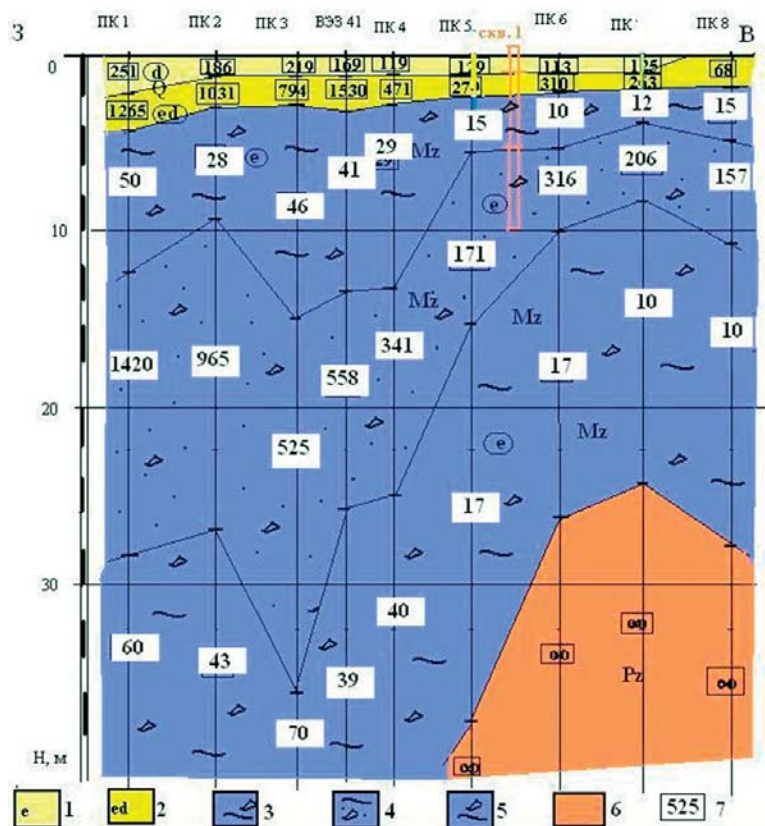
Опорный высокоомный геоэлектрический слой установлен при интерпретации кривых №№ 5–8. Глубина до его кровли составляет порядка 25–37 м. Этот выступ скальных пород проявляется повышением  $\rho_k$  до 200 Ом·м (на фоне значений 70–140 Ом·м) на планшете метода срединного градиента с разном питающей линии 440 м, снятом на участке размером 35×30 м по сети 5×5 м.

На этом весьма сложном в геологическом отношении разрезе видно, что мощность слоев различного профиля выветривания зависит от состава материнских пород, контрастность разреза по электрическим (и другим) свойствам может быть существенной.

При наличии в кровле палеозойских и протерозойских скальных пород коры выветривания мощностью в единицы-десятки метров интерпретация кривых ВЭЗ должна проводиться с учетом закономерного изменения профиля выветривания с глубиной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бородаевский, Н.И. Березовское рудное поле / Н.И. Бородаевский, М.Б. Бородаевская. — М.: Metallurgizdat, 1947. — 264 с.
2. Золотооруденение Екатеринбургского геологического полигона / В.Н. Сазонов, В.Н. Огородников, Ю.А. Поленов и др. — Екатеринбург: Изд. УГГА, 1997. — 226 с.
3. Коры выветривания Урала: Матер. совещ. 1966 г. г. Свердловск. — Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1969. — 328 с.
4. Сигов, А.П. Металлогения мезозоя и кайнозоя Урала / А.П. Сигов. — М.: Недра, 1969. — 296 с.
5. Полевая геология: Справочное руководство. Кн. 2. / Под ред. В.В. Лаврова, А.С. Кумпана. — Л.: Недра, 1989. — 455 с.



**Рис. 3. Геоэлектрический разрез:** 1 — делювиальные суглинки четвертичного возраста; 2 — делювиально-коллювиальные суглинки четвертичного возраста; 3–5 — коры выветривания мезозойского (мелового) возраста: 3 — элювиальные бурые глины со щебнем, 4 — кора выветривания силикатного профиля (агрегат минералов халцедона, опала, каолина), 5 — элювиальные структурные глины со щебнем коренных пород; 6 — коренные скальные выветренные породы (предположительно туфы базальтового состава); 7 — значения УЭС слоев по результатам интерпретации кривых ВЭЗ

© Кузин А.В., 2019

Кузин Алексей Васильевич // Kuzin-av@mail.ru

УДК 622.243.2

Трушин С.И.<sup>1</sup>, Осецкий А.И.<sup>1</sup>, Малых М.Ю.<sup>1</sup>,  
Пак А.В.<sup>2</sup>, Шенгальц А.И.<sup>2</sup> (1 — АО «Полиметалл  
Управляющая Компания», 2 — АО «Объединенная  
геологоразведочная компания»)

**УПРАВЛЕНИЕ ТРАССАМИ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН ПРИ БУРЕНИИ В МНОГОЛЕТНЕ-МЕРЗЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ СО СЛОЖНОЙ ТЕКТОНИКОЙ**

*В статье приведены результаты применения технологии пассивного управления траекториями наклонно-направленных скважин при бурении в многолетнемерзлых горных породах со сложной тектоникой на серебряно-полиметаллическом месторождении Прогноз. Основной целью буровых работ является доразведка известных рудных зон, их оконтуривание по падению и простиранию, геологическое изучение рудных зон, а также оценка распространения оруденения на глубину. **Ключевые слова:** бурение, траектории скважин, пассивный метод.*

Trushin S.I.<sup>1</sup>, Osetskiy A.I.<sup>1</sup>, Malykh M.Yu.<sup>1</sup>, Pak A.V.<sup>2</sup>,  
Shengalts A.I.<sup>2</sup> (1 — Polymetal of UK, 2 — OGK of Groups)

**MANAGEMENT OF ROUTES OF THE INCLINED DIRECTED WELLS WHEN DRILLING IN PERMAFROST ROCKS WITH DIFFICULT TECTONICS**

*The article presents the results of the passive control technology of the directional wells trajectory during drilling in permafrost rocks with complex tectonics at the silver-polymetallic Deposit Prognoz. The main purpose of drilling is further exploration of known ore zones, their delineation by fall and strike, geological study of ore zones, as well as assessment of mineralization distribution to depth. **Keywords:** drilling, well paths, passive method.*

Месторождение Прогноз является одним из крупных неразработанных месторождений первичного серебра в Евразии. Месторождение расположено в 450 км от г. Якутск. Это удаленный объект, доступ к которому на сегодняшний день осуществляется по зимнику и авиатранспортом. Развитая инфраструктура на месторождении и вокруг него отсутствует.

Месторождение открыто Ю.Н. Бадархановым, первоначально разведывалось В.С. Проккопьевым и Б.П. Подьячевым (1973–1977 гг.). По состоянию на май 2018 г. 50 % акций месторождения принадлежат компании Polar Silver и 50 % — компании «Полиметалл» (Россия, СПб). Запасы серебра на 01.01.2014 г. составляли: разведанные (кат. А+В+С<sub>1</sub>) — 4224,5 т, при среднем содержании серебра в рудах 906,3 г/т, предварительно оцененные (С<sub>2</sub>) — 4966,0 т. На 01.01.2014 г. по балансовым

запасам серебра Прогноз являлся крупнейшим собственно серебряным месторождением России (опередив Дукат). Больше серебра в России сосредоточено только в серебряно-содержащем месторождении Удокан (первое место по балансовым запасам). Но среднее содержание серебра в рудах Удокана в 90 раз ниже, чем в рудах Прогноза, и серебро на Удокане может добываться только попутно при разработке его на основной компонент руд — медь\*.

**История изучения месторождения Прогноз**

Начало изучения района месторождения относится к 1967–1971 гг. и проводилось в процессе геологической съемки м-ба 1:200 000 для целей государственного картирования листов Q-53-XIX, XX. Позднее отдельные площади района были дополнительно изучены при поисково-съёмочных работах м-ба 1:50 000, в результате которых в Сартанг-Нельгесинском междуречье были выявлены минерализованные серебряно-содержащие зоны дробления и установлен наиболее перспективный объект — непромышленное свинцово-цинковое месторождение Прогноз.

В 1985–1986 гг. при анализе материалов по серебряности территории работами ГУГГП «Янгеология» была подтверждена перспективность на серебро площади Сартанг-Нельгесинского междуречья, а участок Прогноз определен геологом Г.Д. Золотилиной в качестве первоочередного для дополнительного изучения. Затем в 1990–1998 гг. силами ГУГГП «Янгеология» на месторождении были проведены поисково-оценочные работы.

Дальнейшие геологоразведочные работы на месторождении проводились в 2006–2009 гг. силами ОАО «Бурятзолото», в ходе которых были изучены структурные особенности и морфология основных рудных тел — зон Главное и Болото. Одновременно было проведено изучение с поверхности канавами и скважинами на глубину нескольких более мелких рудных зон. В 2017 г. АО «Полиметалл УК» возобновило геологоразведочные работы на месторождении. В этот период (2017–2018 гг.) была проведена доразведка и оконтуривание рудных тел на рудных зонах — Главная, Болото и Южная, начаты поисково-оценочные работы на рудных зонах — Весенняя, Тихая, Дальняя. Работы в основном осуществлялись путем бурения наклонно-направленных скважин силами ООО «Хабаровское ГРП», дочерним предприятием АО «Объединенная геологоразведочная компания» (в дальнейшем — ОГК-Групп).

**Геологическая характеристика месторождения**

Месторождение Прогноз расположено на площади Улахан-Чайдахского рудного узла в верховьях руч. Сытыган — левого притока р. Нельгесе. Его западная граница определяется взбросо-надвиговой зоной Аллаха-

\* [http://hera.wdcb.ru/tols/tecton/db\\_paleo\\_prognoz.html](http://hera.wdcb.ru/tols/tecton/db_paleo_prognoz.html)